



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Cálculo estructural de nave guardamuebles de 3168 m<sup>2</sup>  
situada en el Polígono Industrial de LAndana (Valencia)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

AUTOR/A: Pérez Hernández, Gemma

Tutor/a: Ibáñez Usach, Carmen

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia: por estar siempre a mi lado, apoyándome en todas mis decisiones. Por cuidarme y creer en mí. En especial mi madre y mis hermanos, mis iaios y mis tías y primos.

A mi pareja: por quererme, ayudarme y motivarme a seguir adelante.

A mis amigos: por ser un apoyo incondicional, hacerme reír y escucharme. En especial mis amigos Miguel y Leila.

A mi tutora: por confiar en mí y estar presente. Por tener paciencia y ser tan buena profesora.

## **RESUMEN**

El principal objetivo de este Trabajo de Fin de Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales es el diseño y cálculo estructural de una nave industrial de 3168 m<sup>2</sup> situada en el Polígono Industrial de L'Andana (Valencia) y cuyo propósito es servir de almacén guardamuebles para una empresa de mudanzas.

Dicha estructura metálica estará compuesta por dos naves adosadas de pórticos rígidos a dos aguas, una de ellas retranqueada. Asimismo, este edificio industrial contendrá en su interior un altillo dividido en dos zonas, para ubicar las oficinas y un almacén.

El cálculo estructural se realizará aplicando la normativa del Código Estructural y de Código Técnico de la Edificación.

Para el dimensionado y cálculo de la nave se utilizará el software de cálculo CYPE Ingenieros, en concreto los programas Generador de Pórticos, CYPE 3D, CYPECAD y CYPE Architecture. También, se hace uso de herramientas como AUTOCAD para el trazado de los planos y Arquímedes para realizar el presupuesto.

**Palabras clave:** cálculo estructural; nave metálica; guardamuebles; pórticos a dos aguas; altillo; CYPE.

## **RESUM**

El principal objectiu d'aquest Treball de Fi de Grau d'Enginyeria en Tecnologies Industrials és el disseny i càlcul estructural d'una nau industrial de 3168 m<sup>2</sup> situada al Polígono Industrial de L'Andana (València), el propòsit de la qual és servir de magatzem guardamobles per a una empresa de mudances.

La dita estructura metàl·lica estarà composta per dos naus adossades de pòrtics rígids a dos aigües, una d'elles reculada. Així mateix, aquest edifici industrial contindrà en el seu interior un entresolat dividit en dos zones, per a ubicar les oficines i un magatzem.

El càlcul estructural s'ha realitzat aplicant la normativa del "Código Estructural" i del "Código Técnico de la Edificación".

Per al dimensionat i càlcul de la nau s'ha utilitzat el programa de càlcul CYPE Enginyers, en concret els programes "Generador de pórticos", CYPE 3D, CYPECAD i CYPE Architecture. També, es fa ús de ferramentes com AUTOCAD per al traçat dels plans i Arquímedes per a realitzar el pressupost.

**Paraules clau:** càlcul estructural; nau metàl·lica; guardamobles; pòrtics a dos aigües; entresolat; CYPE.

## **ABSTRACT**

The main objective of this final project of the degree in Industrial Technologies Engineering is the design and structural calculation of an industrial warehouse of 3168 m<sup>2</sup> located in the Industrial area of L'Andana (Valencia) and whose purpose is to serve as storage for a moving company.

This steel structure shall be composed of two adjoining warehouses with rigid gabled gantries, one of them retracted. Furthermore, the industrial building will also contain a mezzanine divided in two areas, in order to hold the offices and a warehouse.

The structural calculation has been developed by applying the regulations of the "Código Estructural" and "Código Técnico de la Edificación".

The calculation software "CYPE Ingenieros" will be used for the design and calculation of the structure, specifically programs such as the "Generador de Pórticos", CYPE 3D, CYPECAD and CYPE Architecture. Also, tools such as AUTOCAD are used for drawing up the plans and Archimedes to create the budget.

**Keywords:** structural calculation; steel structure; storage; rigid gabled gantries; mezzanine; CYPE.

## **ÍNDICE DEL TFG**

### **DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG:**

- Documento I. Memoria Descriptiva.
- Documento II. Anexo de Cálculo.
- Documento III. Presupuesto.
- Documento IV. Planos.

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

# Documento I:

# **MEMORIA**

# **DESCRIPTIVA**

Autor: Gemma Pérez Hernández

Tutor: Carmen Ibáñez Usach

## ÍNDICE DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

1.	Objeto del proyecto .....	3
2.	Introducción al proyecto.....	3
2.1.	Antecedentes .....	3
2.2.	Motivación .....	3
2.3.	Justificación .....	4
3.	Situación y emplazamiento .....	4
3.1.	Selección del polígono industrial .....	4
3.2.	Selección de la parcela.....	5
4.	Normativa aplicada .....	6
4.1.	Normativa para el desarrollo de la estructura .....	6
4.2.	Normativa urbanística .....	7
5.	Distribución en planta .....	8
5.1.	Descripción de la actividad .....	8
5.2.	Nave modelo ya existente .....	9
5.3.	Layout y asignación de espacios.....	11
6.	Descripción de la solución adoptada.....	12
6.1.	Actuaciones previas .....	13
6.2.	Cimentación .....	14
Zapatas .....	14	
Vigas de atado.....	16	
6.3.	Placas de anclaje.....	16
6.4.	Estructura metálica.....	18
Pórticos de fachada .....	18	
Pórtico mixto .....	19	
Pórticos interiores .....	19	
Fachadas laterales .....	20	
Cubierta.....	22	
Altillo.....	22	
Correas.....	23	
Tabla resumen de los perfiles empleados .....	24	
6.5.	Cerramientos de la nave .....	24
6.6.	Elementos constructivos.....	24
Solera y pavimento .....	25	
Forjado, cerramiento y escalera del altillo .....	25	
Carpintería .....	26	
7.	Resumen del presupuesto.....	27
7.1.	Resumen del presupuesto.....	27
7.2.	Análisis del presupuesto .....	27
8.	Bibliografía .....	28

## 1. Objeto del proyecto

El objetivo de este trabajo es el cálculo estructural de un edificio industrial de 3168 m<sup>2</sup> compuesto por dos naves adosadas, una de ellas retranqueada, y que, además, cuenta con un altillo. La actividad que acoge la nave es la de guardamuebles para servicios de mudanzas y esta se localiza en el polígono industrial L'Andana (Paterna).

En el ámbito académico, este proyecto, que constituye el Trabajo Final de Grado (TFG) de la alumna, tiene como fin aplicar los conocimientos adquiridos durante el mismo en la materia de Estructuras y Construcciones Industriales. Asimismo, durante el desarrollo del trabajo se ganará experiencia en la aplicación de normativa en este campo y, paralelamente, se profundizará en el manejo de programas específicos de cálculo estructural (CYPE Ingenieros), gestión de presupuestos (Arquímedes) y de edición de planos (AutoCAD).

Este trabajo consta de los siguientes documentos: Memoria Descriptiva, Anexo de Cálculo, Presupuesto y Planos.

## 2. Introducción al proyecto

### 2.1. Antecedentes

Según un estudio de la Generalitat Valenciana [1], en 2022 la población ha sufrido un aumento mayor de lo esperado y se predice que en los próximos años seguirá en auge. Esto lleva asociado el crecimiento de las grandes ciudades, que acabarán expandiéndose hacia la periferia y generando obras de nueva construcción. Además, la ciudad de Valencia y el extrarradio de la ciudad verán incrementada su inmigración en detrimento de los municipios del interior de la provincia debido al éxodo rural.

Por otro lado, como consecuencia de los confinamientos prolongados en el tiempo provocados por la reciente pandemia, gran parte de la población de las grandes ciudades, residentes en edificios de pisos, sufrieron las consecuencias de vivir en espacios reducidos, no disponer de zonas al aire libre, etc. Esto ha provocado que se revaloricen las viviendas unifamiliares con zonas privadas al exterior, y que, tras finalizar la etapa más complicada de la pandemia, muchos habitantes busquen espacios más amplios para vivir cerca de la ciudad. Precisamente, cerca de Paterna hay mucho terreno sin edificar que se prevé que próximamente sea una ampliación de la ciudad de Valencia [2].

En consecuencia, se vaticina que se produzcan un gran número de mudanzas alrededor de las grandes urbes como Valencia y que, por lo tanto, la demanda de los servicios de las empresas de mudanzas aumentará.

Ante esto, se detecta un nicho de mercado que obedece a la necesidad de dar servicio de guardamuebles a todo aquel que inicie una mudanza en un futuro cercano.

### 2.2. Motivación

En este TFG se busca plasmar los conocimientos y competencias adquiridos en la asignatura Tecnología de la Construcción, la cual ha despertado en la estudiante un gran interés y afán de aprender, así como tener una experiencia más cercana a la realidad de las oficinas de proyectos.

Cabe mencionar que recientemente la alumna se ha mudado a la ciudad de Valencia y esto le ha permitido tener un contacto cercano y directo con la empresa de mudanzas, *Valenciana de Mudanzas, SL* [3]. Dicha empresa accedió a la realización de una visita de campo a una de sus instalaciones por parte de la estudiante para que pudiera conocer de primera mano el tipo de construcción, la distribución en planta de la misma, así como la colocación de todo el mobiliario y otros enseres que estaban siendo almacenados en ese momento. Además, el responsable de la empresa con el que se ha tenido contacto comentaba la intención de ampliar el negocio en un futuro cercano con la implantación de un nuevo almacén guardamuebles. Esta experiencia resultó ser muy enriquecedora y sirvió para materializar muchos de los conceptos aprendidos en la asignatura de Tecnología de la Construcción.

Por todo ello, la estudiante decidió plantear el proyecto objeto de este TFG, ya que este aún su interés por la construcción y la interesante experiencia que tuvo en el mundo de las mudanzas no hace mucho tiempo.

### **2.3. Justificación**

Por todo lo comentado anteriormente, este TFG versa sobre el cálculo estructural de una nave metálica que albergará una nueva sede de una empresa de guardamuebles que ha decidido ampliar su negocio y localizar un nuevo punto de servicio en Paterna, para estar cercana a nuevos potenciales clientes. En este proyecto se propone dicha expansión siguiendo el mismo modelo de las instalaciones que dicha empresa ya dispone en el municipio de Alfafar (Valencia).

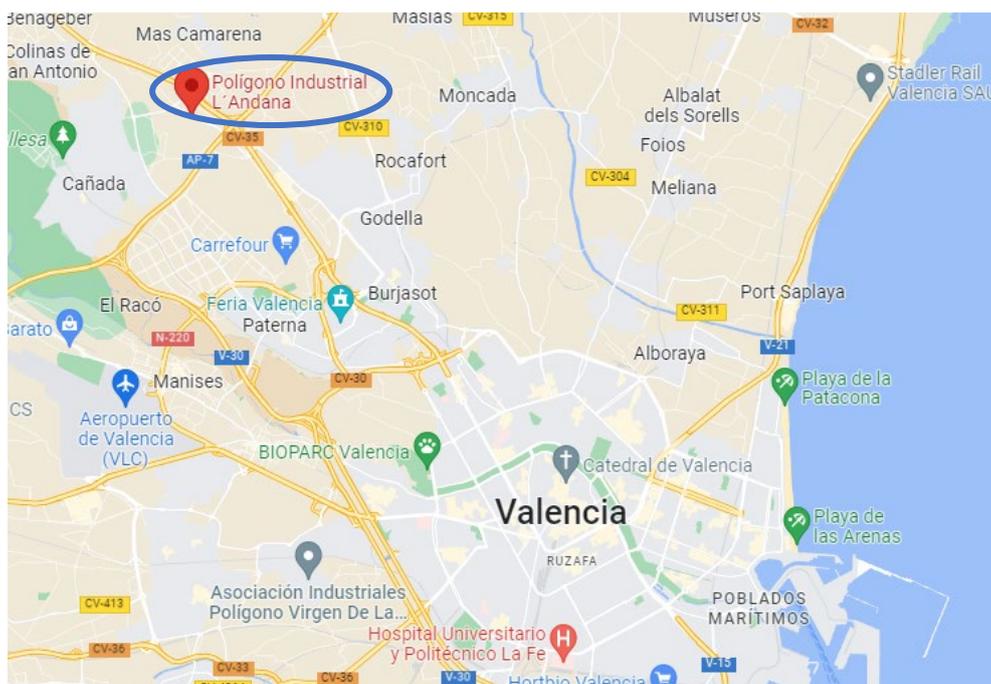
## **3. Situación y emplazamiento**

### **3.1. Selección del polígono industrial**

La localización de la nave industrial ha sido cuidadosamente seleccionada. Se ha escogido el Polígono Industrial L'Andana, perteneciente al municipio de Paterna, en el extrarradio de la ciudad de Valencia. Su emplazamiento geográfico se observa en la Ilustración 1M.

A continuación se explican los motivos de la elección de la ubicación.

- Está cercano a urbanizaciones no muy lejanas a la ciudad, que están en proceso de construcción y a terrenos edificables.
- Está bien conectado por carretera. Por su lado cruzan la AP-7 (Autopista del Mediterráneo) con la que se llega rápidamente a otros municipios cercanos a la costa, la CV-35 (Pista de Ademuz) que conecta con la ciudad de Valencia y la A-7 (Autovía del Turia) que finaliza en Barcelona. No muy lejos, también cruza la V-30 (Circunvalación Sur de Valencia).
- El aeropuerto está relativamente cerca, esto es positivo ya que si se decidieran en un futuro nuevas ampliaciones de negocio en mudanzas internacionales, sería una ventaja.
- Está cerca de otros polígonos industriales (Polígono Industrial Fuente del Jarro y Parque Tecnológico de Paterna).



*Ilustración 1M. Localización del Polígono Industrial L'Andana. (Google Maps)*

### **3.2. Selección de la parcela**

Debido a la gran necesidad de espacio requerido para la nave y la restrictiva normativa del polígono respecto a los lindes, ha sido necesario unificar 3 parcelas contiguas. Una de ellas de gran tamaño, de 7873 m<sup>2</sup> y otras dos mucho más reducidas, de 1601 m<sup>2</sup> y de 517 m<sup>2</sup>. Por lo tanto, se dispone de un terreno total de 9991 m<sup>2</sup> donde colocar la nave, los aparcamientos de coches y camiones y zonas verdes, así como para permitir la circulación de vehículos y maquinaria de carga y descarga por la parcela.

Estas parcelas están situadas en la Ronda de la Química números 4, 6 y 8, en un lateral del polígono justo en su entrada. Como se observa en la Ilustración 2M, en esa zona se encuentran todas las conexiones por carretera con el polígono, lo que facilita enormemente el tráfico de vehículos, necesario para el servicio de mudanzas.

Asimismo, este grupo de parcelas tienen dos lindes con carreteras del polígono, en concreto, la Ronda de la Química y la Calle de la Metalurgia. Esto le permite tener varias entradas y salidas de vehículos a la parcela y favorece la fluidez de la actividad.

Gracias a la Sede Electrónica del Catastro se ha podido obtener información de las parcelas, como sus referencias catastrales: 8601105YJ1880S, 8601101YJ1880S y 8601104YJ1880S respectivamente o si las parcelas se encuentran o no anteriormente construidas.

En la Ilustración 3M se muestra de forma más clarificadora la unión de las parcelas que componen la ubicación de la obra.

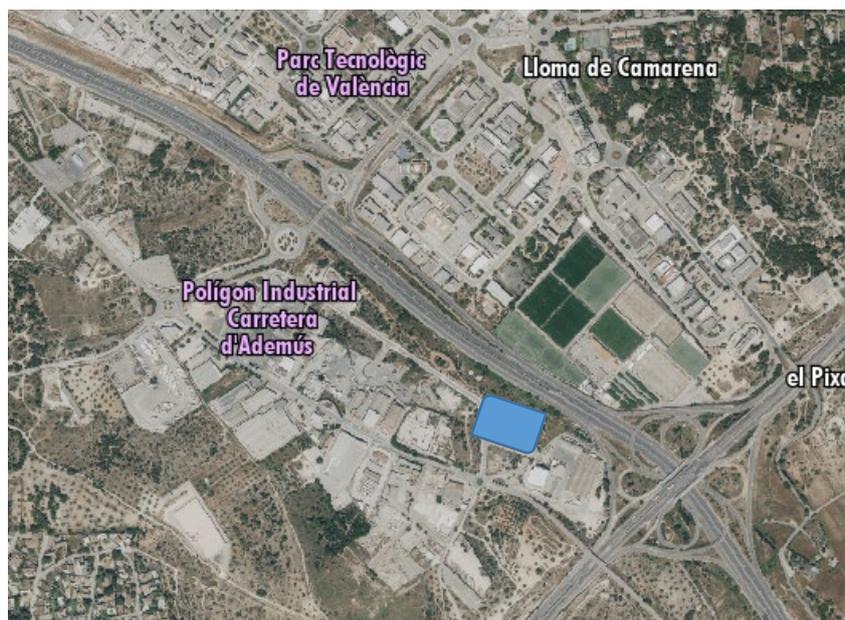


Ilustración 2M. Situación de la parcela en el Polígono Industrial L'Andana. (Instituto Cartográfico Valenciano)

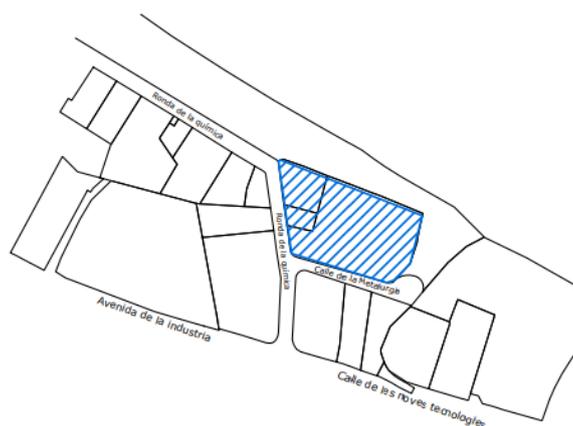


Ilustración 3M. Formación de la parcela unificada. (Sede Electrónica del Catastro).

## 4. Normativa aplicada

A continuación, se expone la normativa exigida para la construcción de la nave, así como la debida al emplazamiento seleccionado (Paterna), previamente comentado.

### 4.1. Normativa para el desarrollo de la estructura

La normativa de cálculo considerada a la hora de confeccionar esta estructura es la siguiente:

- **Código Técnico de la Edificación (CTE).** Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo de 2006. En concreto, el Documento Básico Seguridad Estructural (DB SE), el Documento Básico Seguridad Estructural Acciones en la Edificación (DB

SE-AE), el Documento Básico Seguridad Estructural Acero (DB SE-A) y el Documento Básico Seguridad Estructural Cimientos (DB SE-C).

En el CTE DB SE se establecen los requisitos relativos a la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio, así como la aptitud al servicio y durabilidad.

- **Código Estructural (CE).** Real Decreto 470/2021, de 29 de junio de 2021.

El CE contiene los reglamentos que han de ser aplicados al realizar estructuras de acero, de hormigón, o mixtas de hormigón-acero. Debido a ello, ha sido empleada en el cálculo de los elementos de cimentación.

## 4.2. Normativa urbanística

Debido a la antigüedad del Polígono Industrial L'Andana, este no posee una normativa urbanística propia como sí lo hacen otras zonas industriales. Por tanto, hay que acogerse al Plan General de Ordenación Urbana del Ayuntamiento de Paterna (PGOU) [4], establecido en el año 1990 pero modificado posteriormente en varias ocasiones [5].

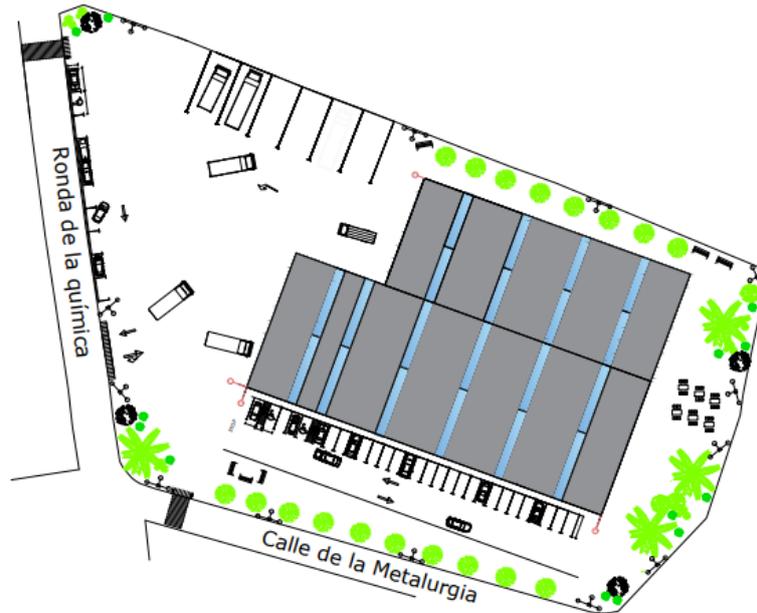
A continuación, se resume la normativa en la Tabla 1M, en concreto, el Artículo 189 que regula las condiciones de edificación para uso industrial y el Artículo 112 que establece las necesidades de aparcamiento.

Tabla 1M. Normativa del Plan General de Ordenación Urbana de Paterna.

Normativa PGOU		Estructura diseñada	
Superficie mínima de la parcela (m <sup>2</sup> )	500	Superficie de la parcela seleccionada (m <sup>2</sup> )	9991
Ocupación máxima de la parcela (%)	70	Ocupación real de la parcela (%)	31.7
Longitud mínima de fachada (m)	15	Longitud real de fachada (m)	Frontal:49.5 Lateral:72
Altura máxima edificación (m)	13.5	Altura de cumbrera de la nave (m)	10.445
Retranqueos mínimos con el viario (m)	10	Lindes de la parcela con el viario reales (m)	37 23.2
Retranqueos mínimos con otros terrenos (m)	3	Lindes de la parcela con otros terrenos reales (m)	18.4 7.35
Plazas de aparcamiento mínimas	1 plaza cada 100 m <sup>2</sup> = 32 plazas	Plazas de aparcamiento reales	40 plazas

Como se comprueba, la distribución de la parcela propuesta en la Ilustración 4M cumple con creces todas las normas exigidas por el Ayuntamiento de Paterna.

La parcela contendrá la nave de 3168 m<sup>2</sup>, 40 plazas de aparcamiento para turismos y entre ellos, tres serán de minusválidos. Un total de seis plazas de aparcamiento para camiones. Habrá una zona de carga y descarga enfrente de las entradas a la nave y una zona de circulación de vehículos que facilitará la prestación del servicio simultánea a varios clientes. Asimismo, posee zonas verdes ajardinadas con bancos y mesas.



*Ilustración 4M. Distribución de la parcela.*

## 5. Distribución en planta

A continuación, se procederá a explicar el desarrollo de la actividad de la empresa y a justificar el reparto de las áreas de trabajo que alberga la nave.

### 5.1. Descripción de la actividad

La actividad principal para la cual ha sido diseñada la nave es la de almacén guardamuebles para mudanzas de larga y corta duración. La misma empresa que dispone de las instalaciones de almacenaje también se encarga de la logística que requiere realizar las mudanzas y entregar el material necesario para ello.

La dinámica del servicio es la siguiente: personal de la empresa se presenta en las viviendas de los clientes, observa la cantidad de muebles a transportar y presupuesta el coste de la asistencia en la mudanza. Una vez han sido contratados sus servicios, se acuerda una fecha con el cliente para acudir de nuevo a su vivienda a desmontar los muebles y clasificarlos según si el cliente quiere mantenerlos en su nuevo hogar, si el cliente los quiere tener en propiedad pero no colocarlos en su casa (en este caso se almacenan durante más tiempo hasta su venta o reorganización), o si el cliente desea deshacerse de ellos. Por tanto, primero se transportan los muebles que se desean conservar y no reutilizar puesto que serán los de larga estancia. Posteriormente, se llevan los muebles cuyo destino será la nueva vivienda para colocarlos en las parcelas guardamuebles encima de los anteriores, ya que pronto se producirá su salida a su nuevo destino. Por último, recogen los enseres cuyo destino será el ecoparque donde se clasifican apropiadamente. Según el volumen de la mudanza se realizan varias cargas y descargas y/o se propone otra fecha para terminar la mudanza. Una vez finalizada esta mudanza, se acuerda la fecha para colocar los muebles de vuelta.

Durante todo este proceso, se van cargando camiones que van a la nave industrial. Una vez llegan, hay personal presente que se encarga de decidir la mejor ubicación para ellos y gestionar el espacio que ocuparán. Los bultos grandes se almacenan en parcelas y según el tiempo de permanencia se apilan dentro de un box de madera que se coloca en la parcela como se muestra en la Ilustración 5M o se apilan cubiertos solamente con plásticos en la misma parcela como se observa en la Ilustración 6M. Las cajas más pequeñas y que permanecerán pocos días se pueden colocar en unas estanterías industriales paletizadas como en la Ilustración 7M de forma que se aproveche el espacio de la forma más eficiente.



*Ilustración 5M. Boxes para almacenar bultos grandes.*



*Ilustración 6M. Mobiliario cubierto con plásticos.*



*Ilustración 7M. Mobiliario en estanterías paletizadas.*

Una vez se terminan los servicios de mudanza, si el cliente decide dejar mobiliario en la nave industrial por más tiempo hasta decidir qué hacer con ellos, se procederá a cobrar por el volumen ocupado.

Asimismo, la empresa de mudanzas también puede tener acuerdos con autónomos o pequeñas empresas para almacenar y transportar sus productos no perecederos.

Entre la maquinaria utilizada para el manejo del mobiliario cabe destacar:

- Jaulas con ruedas de diferentes tamaños como la de la Ilustración 8M para transportar los muebles del camión a las parcelas o viceversa.
- Carretillas elevadoras como se observa en la Ilustración 9M para poder apilar boxes o cajas.
- Plataformas móviles como la de la Ilustración 10M para poder organizar los boxes que están apilados.



*Ilustración 8M. Jaulas para transporte de muebles.*



*Ilustración 9M. Carretilla elevadora.*



*Ilustración 10M. Plataforma móvil.*

## 5.2. Nave modelo ya existente

Como se ha explicado previamente, *Valenciana de Mudanzas SL.* desea ampliar su negocio y abrir una nueva sede cerca de sus potenciales clientes además de abaratar sus costes de transporte. Esta empresa, desea mantener el modelo de nave que ya tiene en Alfafar, el cual se muestra en la Ilustración 11M, puesto que su distribución en planta obedece muy bien al funcionar diario de la empresa y resulta muy práctica.

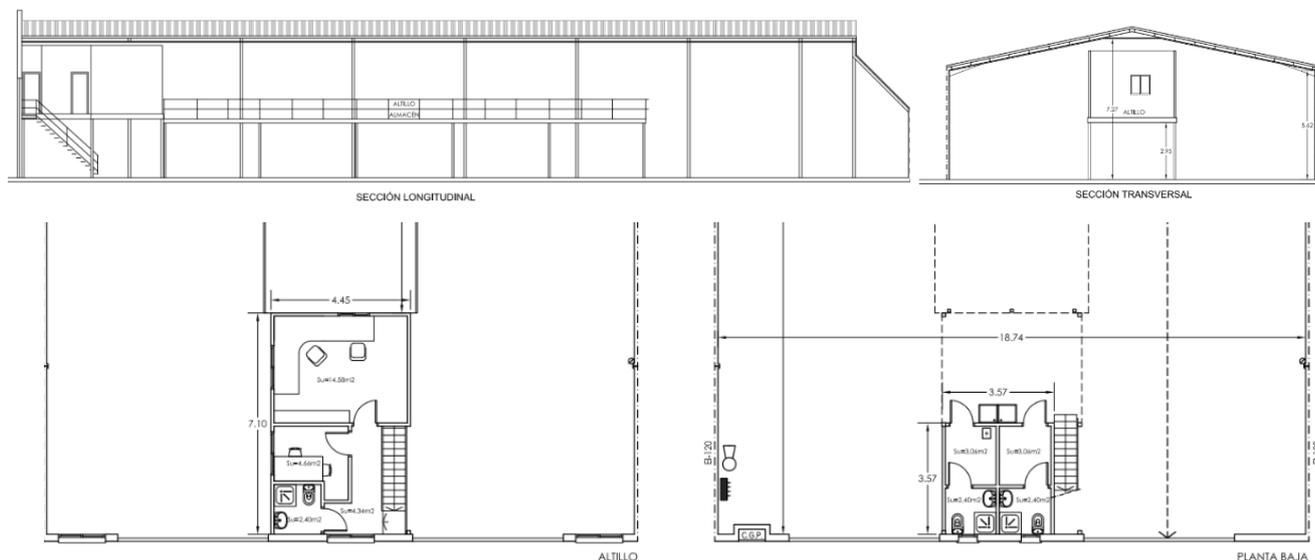


Ilustración 11M. Aspecto de la nave situada en Alfafar. (*Valenciana de Mudanzas*)

Fruto de la reciente visita de campo realizada por la estudiante son las fotografías de la Ilustración 12M, Ilustración 13M, e Ilustración 14M que muestran el estado de las actuales instalaciones -del exterior, entrada y zona de carpintería respectivamente-.



Ilustración 12M. Foto del exterior de la nave de Alfafar.



Ilustración 13M. Foto de la entrada a la nave con vistas a las oficinas.



Ilustración 14M. Foto de la zona de carpintería.

### 5.3. Layout y asignación de espacios

A pesar de que el diseño de la obra se basa en el previamente expuesto, la nave ubicada en Paterna tiene mayores dimensiones pues se prevé un mayor volumen de negocio en la zona. Al variar las dimensiones con respecto a la de Alfafar, cambia ligeramente su distribución en planta añadiendo nuevos espacios como un comedor o un almacén de maquinaria.

En la Ilustración 15M se puede observar la distribución en planta sugerida para la nueva sede.

En esta distribución se contempla un altillo, como en la nave de Alfafar -centrado a lo ancho de la nave principal y lindando con la fachada frontal (números 1 y 2 en la Ilustración 15M)-, que alberga unas oficinas con aseos y un almacén de material de embalaje. Debajo de este, se encuentran los vestuarios con duchas, aseos y una zona de taquillas para que los trabajadores se puedan cambiar a la ropa de trabajo y guardar sus pertenencias (número 3). También hay una zona de carpintería para arreglar aquellos muebles que puedan ser dañados durante su manipulación (números 4 y 5). Asimismo, la zona de guardamuebles se repartirá en parcelas de diferentes tamaños para atender a diferentes volúmenes de mobiliario (números 6, 7, 10 y 12) y una zona de estanterías paletizadas (número 11). Como novedad, se ha introducido en el diseño de la distribución en planta un comedor para dar servicio a los trabajadores (número 9). Además, se ha incluido un almacén de maquinaria que facilita mantener la nave más ordenada (número 8), así como áreas para permitir el aparcamiento de los camiones en el interior de la nave cuando haga falta.

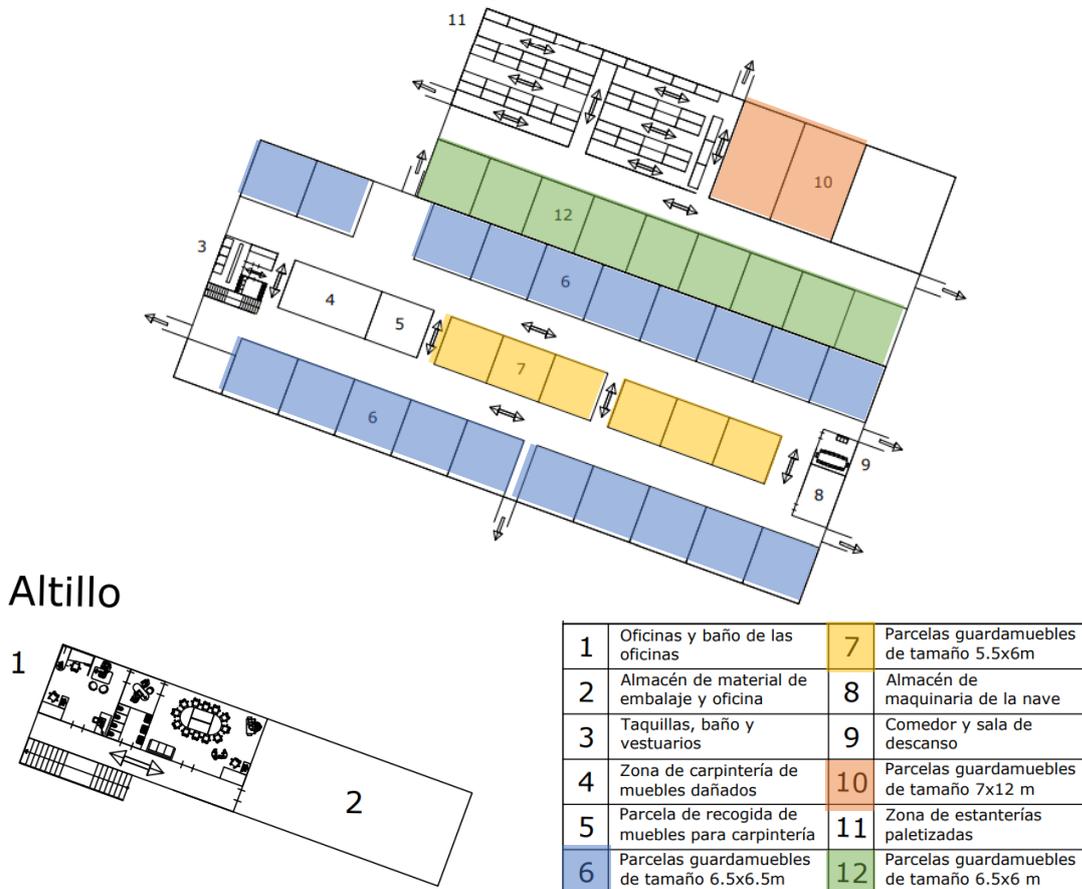


Ilustración 15M. Distribución en planta de la nueva sede.

El espacio ocupado por cada una de las superficies se ha realizado según la Tabla 2M.

Tabla 2M. Reparto de superficies en la nave.

Área de trabajo	Superficie
Oficinas	66 m <sup>2</sup>
Baños oficinas	4.5 m <sup>2</sup>
Almacén altillo	66 m <sup>2</sup>
Vestuarios	16.5 m <sup>2</sup>
Aseos planta baja	6 m <sup>2</sup>
Zona de taquillas	6 m <sup>2</sup>
Zona de carpintería de muebles	55 m <sup>2</sup>
Parcela de recogida para carpintería	33 m <sup>2</sup>
Comedor	16 m <sup>2</sup>
Almacén de maquinaria	24 m <sup>2</sup>
Zona de estanterías paletizadas	310.5 m <sup>2</sup>
Parcelas para guardamuebles	1700 m <sup>2</sup>

El resto de las superficies se consumen en zonas de paso tanto de vehículos como de peatones.

Teniendo en cuenta el anterior cuadro, esto resulta en un área total para la planta de 3168 m<sup>2</sup>, que como se ha comentado anteriormente, se resuelve con una geometría en L de las naves, además de albergar un altillo.

En el siguiente apartado, se describe la solución estructural adoptada.

## 6. Descripción de la solución adoptada

Para llegar a la solución estructural final se ha realizado el cálculo con el software CYPE 3D donde se ha introducido el modelo estructural con una geometría inicial concreta y las acciones a las que está sometido. Aplicando la normativa vigente previamente expuesta, se ha procedido al dimensionado de la estructura condicionado por los materiales utilizados. Todo este proceso de cálculo queda explicado en el Documento II. Anexo de Cálculo.

Por tanto, se procede a exponer la solución obtenida como resultado de las necesidades del promotor y del análisis estructural.

Se trata de dos naves adosadas, una de ellas retranqueada, compuestas por pórticos rígidos a dos aguas. La nave de mayor envergadura se denominará nave 1 y la más pequeña nave 2, como se puede observar en la Ilustración 16M.

Con respecto a la nave 1, está formada por 13 pórticos paralelos, equidistantes entre sí 6 m, hasta una profundidad de 72 m. Esta nave posee una luz de 27.5 m y tres pilares intermedios en el pórtico de fachada.

Por otro lado, la nave 2 posee una luz de 22 m con tres pilares intermedios de fachada y una profundidad de 54 m, formada por nueve pórticos consecutivos separados también 6 m entre sí.

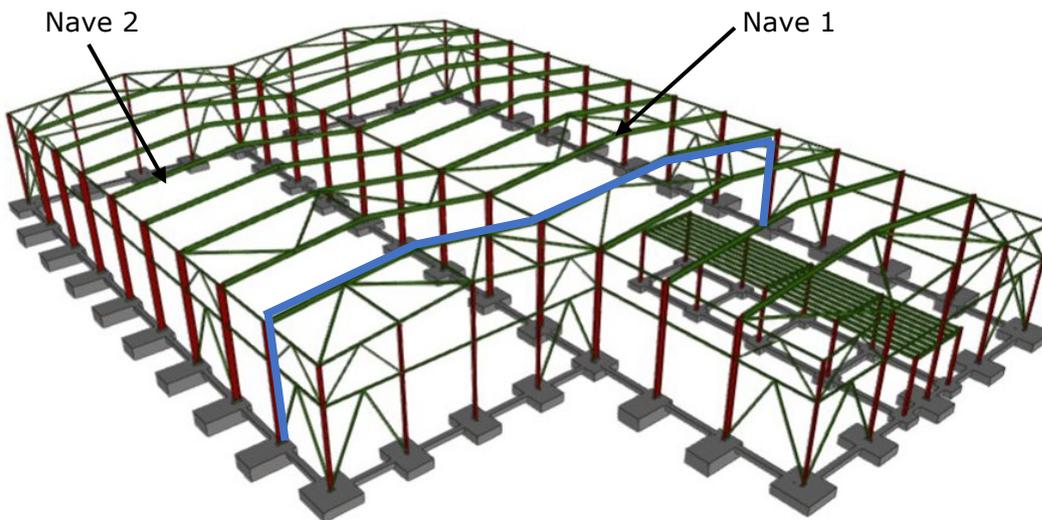
Ambas naves tienen una altura de pilar de 9 m y de cumbrera de 10.445 m. Presentan vigas contraviento tipo Warren en cubierta y arriostramientos tipo V invertida en las fachadas que se encargarán de transmitir los esfuerzos a la cimentación y conservar la intraslacionalidad de la nave, limitando los desplazamientos de sus nudos por la

acción del viento. Los montantes del arriostramiento en fachada se encuentran a 6.15 m del suelo para permitir la entrada de camiones a la nave. La unión de los pórticos que no presentan arriostramientos se realiza mediante vigas perimetrales a la altura de la cabeza del pilar y a la de los montantes del arriostramiento.

Asimismo, la nave 1 alberga un altillo de planta rectangular con un forjado unidireccional de viguetas metálicas de 5.5 m de ancho y 24 m de largo. Este forjado se sustenta mediante cinco vigas y diez pilares de longitud 4.5 m.

Cabe destacar que, debido a que la longitud de las naves supera los 40 m, es necesario realizar una junta de dilatación para evitar que las dilataciones térmicas produzcan sobreesfuerzos en la estructura. Es por ello que, en la alineación marcada en azul en la imagen, se han realizado dichas juntas a través de la conexión con agujeros tipo coliso y arriostramientos intermedios en fachada y cubierta.

La estructura está construida sobre una cimentación compuesta de zapatas aisladas cuadradas centradas, rectangulares centradas y rectangulares excéntricas, arriostradas entre sí mediante vigas de atado. El nexo entre la cimentación y la estructura son las placas de anclaje, que están diseñadas para tener pernos roscados con patilla a 90°.



*Ilustración 16M. Vista 3D de la solución estructural.*

A continuación, se procede a explicar individualmente y con mayor detalle, los elementos de los que se compone la estructura y cimentación, así como algunos procesos necesarios para su construcción dentro de la parcela escogida.

### **6.1. Actuaciones previas**

Previamente a la construcción de la obra, se realizan varios procesos para acondicionar la parcela de forma que pueda albergar la estructura y sus cimientos. En primer lugar, se produce la limpieza y desbroce del terreno por medios mecánicos para eliminar plantas y residuos vegetales. Posteriormente, se realiza el replanteo general de los puntos de referencia de la nave dentro de la parcela y se procederá a excavar las zanjas y pozos de cimentación donde se colocarán las zapatas y vigas de atado. Por último, las tierras recogidas de la excavación serán transportadas en camión al vertedero autorizado más cercano.

## 6.2. Cimentación

La cimentación de la nave, formada por zapatas aisladas y vigas de atado, recibe las cargas que actúan sobre la estructura y las transmite al terreno, previniendo así posibles daños y deformaciones excesivas causadas por las acciones actuantes sobre ella. Se realiza siguiendo las directrices del Código estructural y del CTE DB-SE-C en cuanto a cimentaciones directas, esto es, que al recibir dichas cargas, las reparte en un plano horizontal. Se diseñará para evitar que se produzca su rotura, su hundimiento o deslizamiento.

Para poder colocar las zapatas, es necesario verter primero una capa de hormigón de limpieza HL-150/F/20 de 10 cm de espesor para regularizar y nivelar el terreno. También sirve para evitar la contaminación o la pérdida de agua del hormigón estructural.

Posteriormente, se vierte sobre el hormigón de limpieza y dentro de las zanjas, el hormigón armado que conformará las zapatas y vigas de atado. La cimentación de la nave tiene el aspecto que se muestra en la Ilustración 17M.

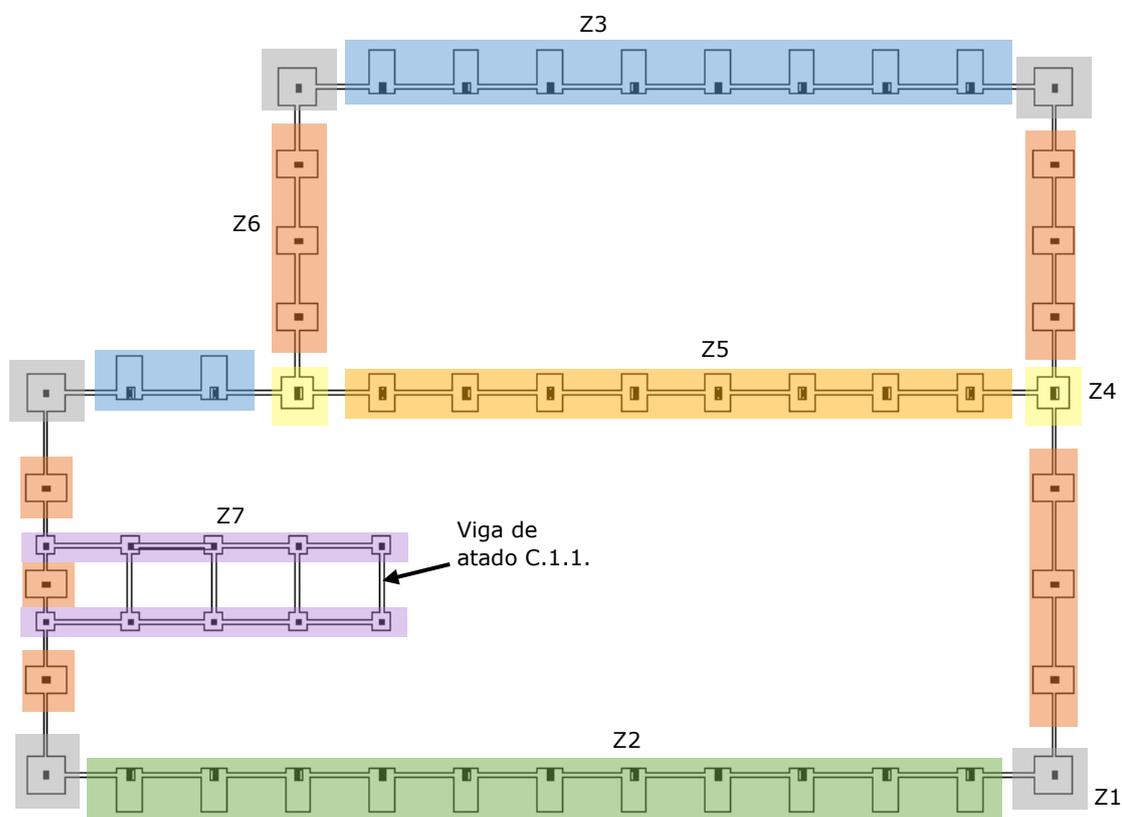


Ilustración 17M. Cimentación de la estructura.

### Zapatas

Las zapatas se realizan vertiendo hormigón armado del tipo HA-25/F/20/XC2, y para las armaduras se emplea acero B 500 S. En la cimentación, como se observa en la imagen anterior, hay siete tipos diferentes de zapatas que sirven para garantizar la estabilidad de la estructura. Dichas zapatas, según los esfuerzos que reciben de la estructura, tienen distintas disposiciones y geometría.

Las zapatas Z1 de los pilares de esquina de la nave, las zapatas Z4 y las zapatas Z7, que sirven de base para los pilares del altillo, son zapatas cuadradas centradas. Por otro lado, las zapatas Z6, base de los pilares intermedios del pórtico de fachada y las zapatas Z5 que sustentan los pilares compartidos de los pórticos interiores de la nave son zapatas rectangulares centradas. Por último, las zapatas Z2 y Z3 (iguales pero con orientación opuesta en planta) que pertenecen a los pilares exteriores de los pórticos interiores, se resuelven mediante zapatas rectangulares excéntricas hacia fuera de la nave y con la dirección de crecimiento igual a la de mayor momento, en aras de optimizar la geometría y aprovechar al máximo el volumen de hormigón empleado. La vista 3D de cada tipo de zapata se presenta en la Ilustración 18M.

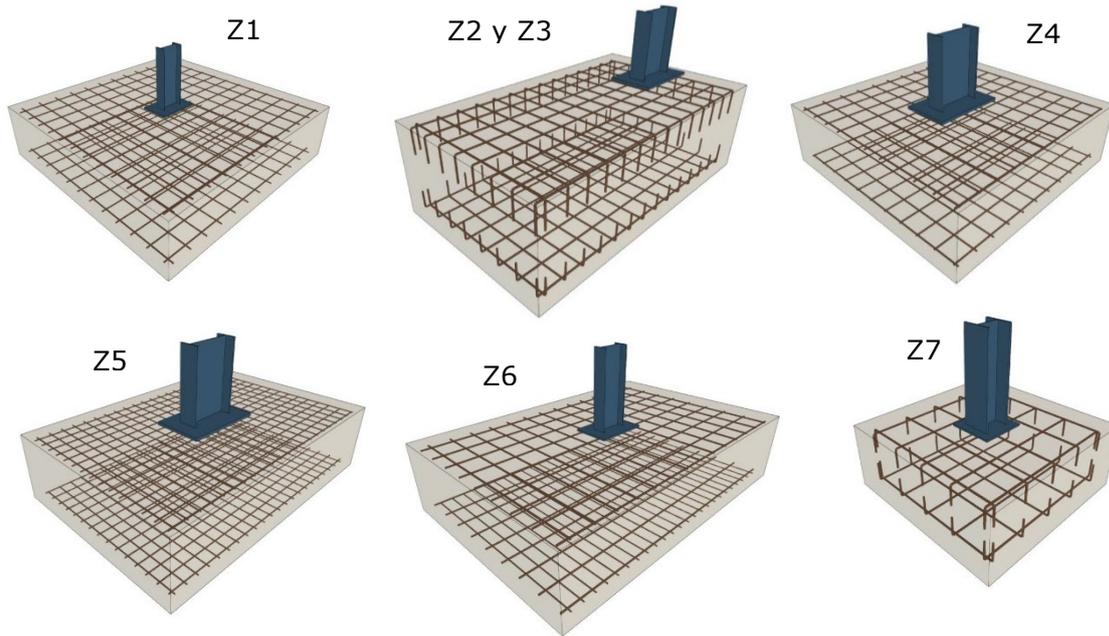


Ilustración 18M. Vista 3D de las zapatas de la nave.

Para asegurarse de que las zapatas de la cimentación alcanzan su vida útil, se le asigna unas características en función de la agresividad del ambiente al que están sometidos. La clase de exposición de estas zapatas es la XC2: húmedo, raramente seco, por estar enterradas bajo tierra en Valencia expuestas a corrosión inducida por carbonatación. Asimismo, al colocar la parrilla de acero corrugado en el interior del hormigón, hay que dejar recubrimientos nominales inferior y superior de 5 cm y laterales de 8 cm para protegerla de la oxidación.

En la Tabla 3M se exponen las dimensiones de las zapatas y de sus armados.

Tabla 3M. Dimensiones de las zapatas y sus armados.

Tipo de zapata	Dimensiones (cm)	Canto (cm)	Armado superior X	Armado superior Y	Armado inferior X	Armado inferior Y
Z1	280 x 280	70	12Ø16c/23	12Ø16c/23	12Ø16c/23	12Ø16c/23
Z2	190 x 330	105	14Ø20c/23	8Ø20c/24	14Ø20c/23	8Ø20c/24
Z3	190 x 330	105	14Ø20c/23	8Ø20c/24	14Ø20c/23	8Ø20c/24
Z4	240 x 240	70	11Ø16c/22	11Ø16c/22	11Ø16c/22	11Ø16c/22
Z5	195 x 285	70	22Ø12c/12.5	15Ø12c/12.5	22Ø12c/12.5	15Ø12c/12.5
Z6	205 x 305	70	14Ø16c/21	9Ø16c/23	24Ø12c/12	9Ø16c/23
Z7	140 x 140	55	5Ø16c/29	5Ø16c/29	5Ø16c/29	5Ø16c/29

### Vigas de atado

Para arriostrar e impedir el desplazamiento de cada una de las zapatas aisladas de la cimentación se usan las vigas de atado. Todas las de la nave son del tipo C.1.1 y tienen la misma geometría, difiriendo únicamente en su longitud como se puede observar en la Ilustración 17M. Las vigas de atado están construidas con el mismo hormigón armado y acero que las zapatas, HA-25/F/20/XC2 y B 500 S. En la Ilustración 19M se muestra el aspecto de la viga de atado de mayor longitud de la nave y en la Ilustración 20M la geometría común a todas ellas.

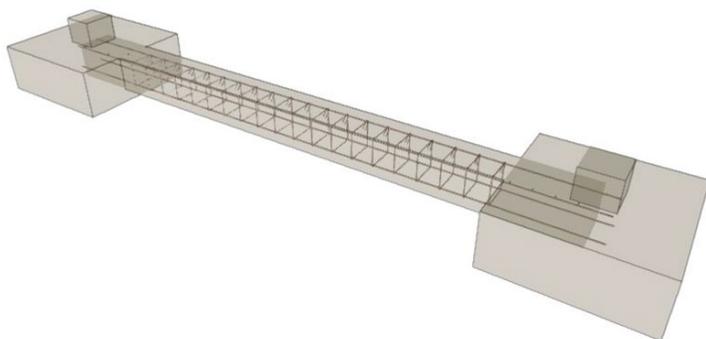


Ilustración 19M. Vista 3D de las vigas de atado.

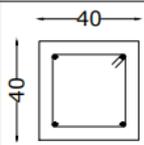
CUADRO DE VIGAS DE ATADO	
	C.1.1 Arm. sup.: 2Ø12 Arm. inf.: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/25

Ilustración 20M. Sección transversal de las vigas de atado.

### 6.3. Placas de anclaje

El punto de unión de los pilares con la cimentación se materializa con las placas de anclaje que aseguran su posición y empotramiento. Por tanto, las acciones que deberá absorber la cimentación serán transmitidas a través de ellas. Las placas de anclaje de la estructura se han de dimensionar de forma que no se superen los Estados Límite Últimos de Agotamiento del Apoyo, Agotamiento de la Placa a Flexión, Agotamiento de los pernos y Anclaje de los Pernos.

Dichos elementos se componen de una placa base de acero a la que se suelda el pilar, los pernos de anclaje que sujetan la placa al hormigón de las zapatas ayudando a transmitir los esfuerzos a tracción y las cartelas rigidizadoras soldadas a la placa para hacerla más resistente ante la flexión. Para evitar un excesivo espesor de la placa base, que dificultaría su trabajabilidad y aumentaría su coste, se recurre a añadir cartelas de rigidización en el caso de que sea necesario aumentar la resistencia a flexión de la placa. Asimismo, se emplean pernos roscados con patilla a 90° para disminuir la longitud de anclaje y mejorar su agarre.

En la estructura hay tres tipos de placas de anclaje diferentes según la Ilustración 21M. Las placas de anclaje tipo 1 son las que están en las bases de los pilares de los pórticos interiores IPE 500. Las placas de anclaje tipo 2 están presentes en los pórticos de fachada con pilares IPE 270. Por último, las placas de anclaje tipo 3 son las de los pilares tipo HEB 220 que sustentan el altillo.

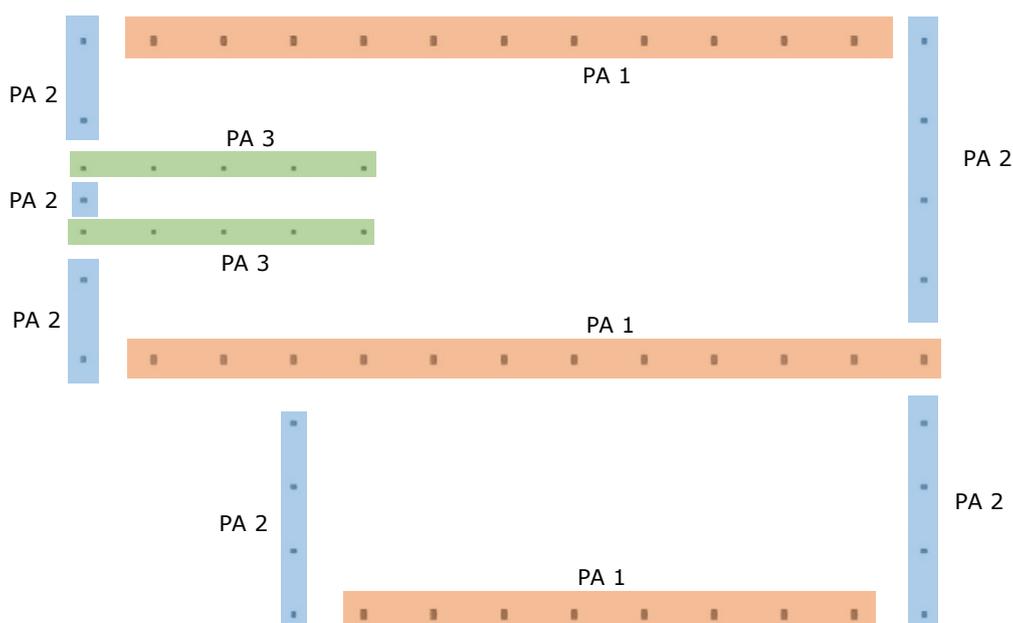


Ilustración 21M. Tipos de placas de anclaje de la estructura.

A continuación, en la Tabla 4M, se muestran las características de cada tipo de elementos de arranque.

Tabla 4M. Características de las placas de anclaje de la nave.

Tipo	Placa base			Cartelas	Pernos de anclaje	
	Anchura en X (mm)	Anchura en Y (mm)	Espesor (mm)	Medidas (mm)	Número	Diámetro (mm) y longitud (L) (cm)
PA1	500	800	30	2x(200x55x9)	6	Ø32, L=50
PA2	350	500	18	2x(150x40x7)	6	Ø20, L=40
PA3	350	350	15	2x(100x40x5)	4	Ø16, L=45

La geometría de los tipos de placas de anclaje se ve con mayor claridad en la Ilustración 22M.

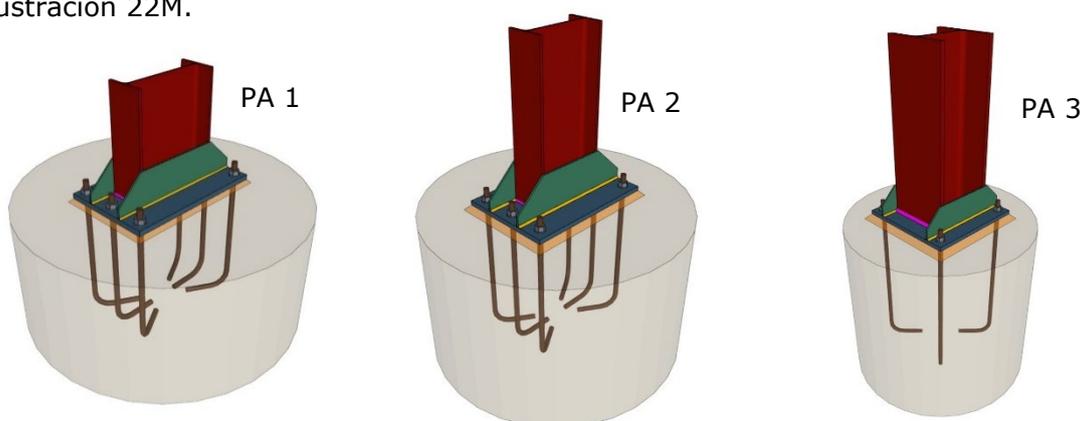


Ilustración 22M. Vista 3D de las placas de anclaje.

## 6.4. Estructura metálica

A continuación, se detallará cada uno de los elementos que conforman la estructura metálica de la nave industrial. En la Ilustración 16M, se aprecia dicha estructura a falta de las correas.

### Pórticos de fachada

Debido a que la estructura está formada por dos naves adosadas y una de ellas está retranqueada, el pórtico trasero sí que contiene las fachadas de ambas naves en la misma alineación. En cambio, existen dos fachadas frontales, la de la nave 1 (alineación A) y la de la nave 2 (alineación D) que además se encuentra conectada con el pórtico interior de la nave 1 de esa alineación.

En primer lugar, en la Ilustración 23M se muestra el pórtico de fachada trasero de la nave.

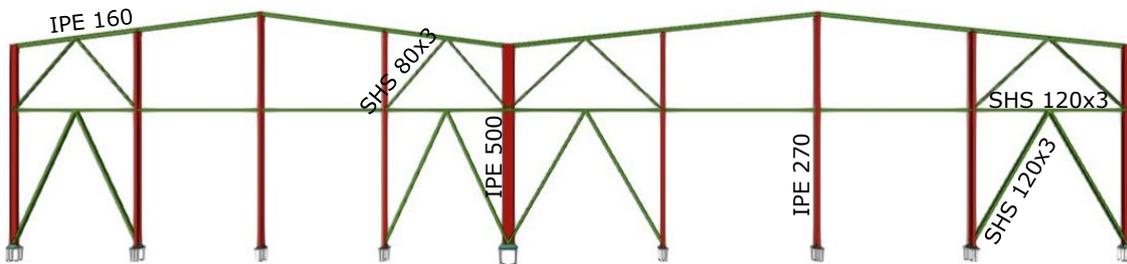


Ilustración 23M. Pórtico de fachada trasero de la nave.

Este pórtico está compuesto por las fachadas de ambas naves y las barras que las componen tienen idénticos perfiles, aunque no son de igual longitud puesto que las naves no tienen la misma luz. Cada fachada está formada por tres pilares intermedios, que están girados 90° respecto del resto de pilares de la fachada. De esa manera, la nave 1 tiene una separación entre pilares de fachada de 6.88 m y la nave 2 de 5.5 m. Además, la nave cuenta con un pilar compartido y dos de esquina. Los perfiles más adecuados para dichos pilares son IPE 270 para los interiores y de esquina e IPE 500 para el pilar compartido, puesto que recibe mucha carga.

Se ha seleccionado un IPE 160 para las jácenas de fachada de ambas naves y la altura de cumbrera es 10.445 m.

Como la función principal del pórtico de fachada es absorber la carga del viento sobre la nave para que sus efectos no lleguen a los demás pórticos, este presenta un arriostramiento de tipo V invertida que se encarga de ello. Este arriostramiento se materializa con barras de sección cuadrada hueca formando montantes y diagonales. Los montantes unen los pilares de fachada entre sí pero dividen cada pilar en dos tramos, y se colocan a una altura de 6.15 m. El perfil mediante el cual están resueltos es SHS 120x3. Por otro lado, las diagonales son barras que se colocan uniendo los pilares con los montantes. Las diagonales colocadas por encima de los montantes presentan menor longitud y por tanto perfil, SHS 80x3 que las colocadas por debajo que se forman con perfiles SHS 120x3.

Por otro lado, en la Ilustración 24M se presenta el pórtico de fachada frontal de la nave 1, cuyas características, perfiles y geometría son exactamente idénticas a la de su simétrico en la fachada trasera. La única excepción es que en la parte central de este pórtico se encuentra el altillo, cuya disposición permite colocar puertas a sus lados.

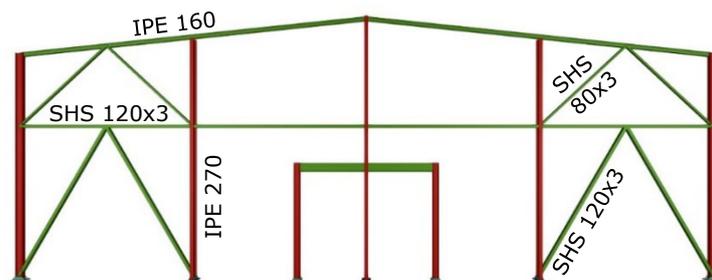


Ilustración 24M. Pórtico de fachada frontal de la nave 1.

### Pórtico mixto

Como se ha comentado previamente, en la alineación donde la nave retranqueada tiene su fachada frontal, se genera una alineación mixta. Esto se observa en la Ilustración 25M, donde se ve que está unido a un pórtico interior de la nave 1.

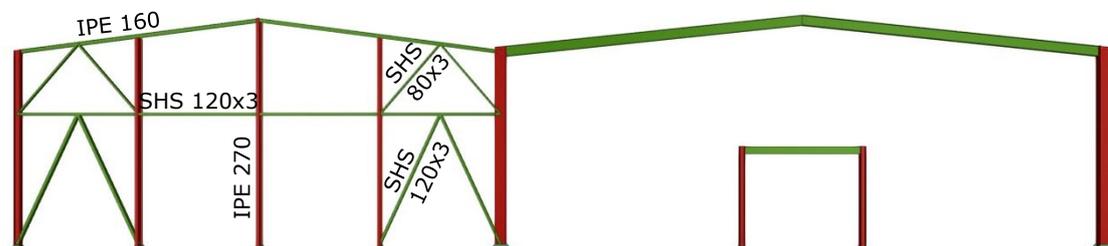


Ilustración 25M. Pórtico mixto de la estructura.

Al igual que ocurre con el pórtico de fachada de la nave 1, este pórtico de fachada es idéntico a su simétrico de la fachada trasera. Por otra parte, el pórtico interior es igual que el resto de los pórticos interiores de la nave 1, que se explican en el siguiente apartado.

### Pórticos interiores

De nuevo, se pueden diferenciar dos tipologías de pórtico interior. Los pórticos interiores de la nave 1 que se encuentran en las alineaciones donde la nave 2 no existe (Ilustración 26M) y los pórticos interiores compartidos por ambas naves (Ilustración 27M).

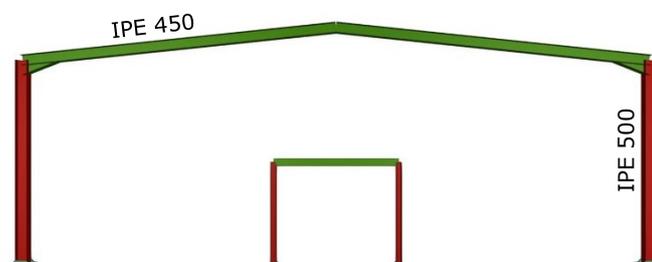


Ilustración 26M. Pórtico interior de la nave 1 simple.

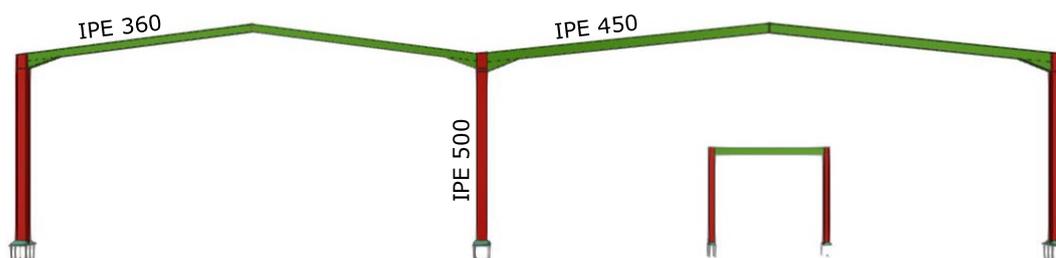


Ilustración 27M. Pórtico interior compartido.

Cabe destacar que, a diferencia de lo ocurrido en los pórticos de fachada, en los interiores no se usan los mismos perfiles para todas las barras de ambas naves.

En los extremos de los pórticos de ambas naves encontramos 2 pilares realizados con perfiles IPE 500. Para el caso del pórtico interior común a ambas naves, el pilar compartido también se ha dimensionado con el mismo perfil. En cambio, en las jácenas se hace diferenciación entre los pórticos que pertenecen a una nave u otra. Para las jácenas de la nave 1 se ha seleccionado un perfil IPE 450 con cartelas de 1.5 m soldadas en los extremos de la jácena con el pilar. Las jácenas de la nave 2 se han resuelto con un perfil IPE 360 con cartelas de 1.5 m soldadas en la misma disposición que las de la nave 1. Las cartelas se realizan recortando perfiles IPE y aportan rigidez a la unión entre el pilar y la jácena permitiendo aportar los requerimientos de inercia en el tramo donde es necesario y así evitar aumentar el perfil al siguiente de la serie, ahorrando así acero. Para elegir la longitud de las cartelas se han aplicado los criterios de resistencia y de geometría.

### Fachadas laterales

Como ha ocurrido en los anteriores casos, el hecho de tener dos naves adosadas de diferente profundidad, ha provocado la presencia de diferentes tipologías de fachadas laterales, las propias de cada nave y una tercera, con un tramo que no es fachada, puesto que pertenece a la alineación de pilares compartida por ambas.

En primer lugar, en la Ilustración 28M se muestra la fachada lateral de la nave 1 de 72 m de profundidad y que da al exterior. Siguiendo la misma dinámica que para los demás elementos estructurales, la fachada lateral de la nave 2, presente en la Ilustración 29M, contendrá los mismos perfiles y geometría que la anterior. La única diferencia entre ambas será la longitud que abarca, dado que la fachada lateral de la nave retranqueada mide 54 m de largo.

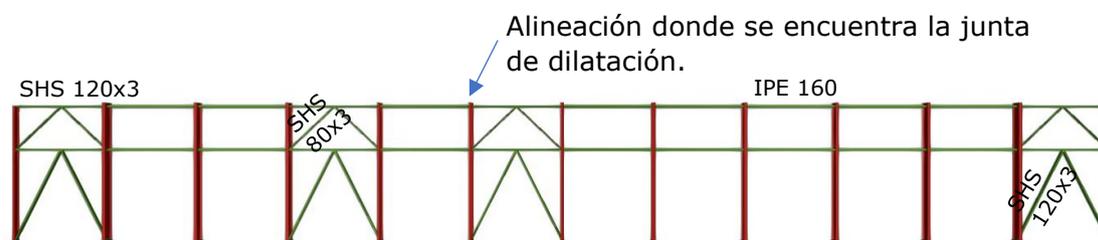


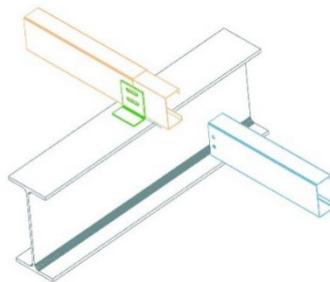
Ilustración 28M. Fachada lateral de la nave 1.



*Ilustración 29M. Fachada lateral nave 2.*

Dichas fachadas laterales contienen vigas perimetrales que se emplean para atar las cabezas de los pilares, solidarizando sus movimientos y haciendo que la estructura actúe como un conjunto para transmitir los esfuerzos hacia los arriostramientos. Las vigas perimetrales se han dispuesto de manera que se colocan en cada vano no arriostrado, dos barras de perfil IPE 160 paralelas al suelo, una a la altura de la cabeza del pilar exterior, 9 m y otra a la misma altura que los montantes del pórtico de fachada frontal, 6.15 m.

Por otro lado, entre el pórtico de fachada y el primer pórtico interior, se coloca un arriostramiento lateral, igual que el de la fachada frontal, de tipo V invertida, para conseguir transmitir a la cimentación los efectos de la acción del viento sobre la estructura y asegurar la intraslacionalidad de la estructura en ese plano. Este arriostramiento se repite entre pórticos interiores, debido a que como las naves presentan gran longitud, es necesario colocar juntas de dilatación e independizar ambas partes de la estructura y así permitir su libre dilatación. Estas juntas se materializan con agujeros tipo coliso en las uniones entre correas como se muestra en la Ilustración 30M. Dichos arriostramientos poseen montantes a 6.15 m de altura realizados con perfiles SHS 120x3 y dos pares de diagonales. Las diagonales que se encuentran por encima del montante están resueltas con perfiles SHS 80x3 y las que se sitúan por debajo, SHS 120x3. Se han empleado los mismos perfiles que para el arriostramiento de fachada frontal.



*Ilustración 30M. Agujeros tipo coliso para las correas en las juntas de dilatación.*

Por último, en la Ilustración 31M se muestra el pórtico lateral mixto que se encuentra entre ambas naves, de forma que solo parte de él es fachada lateral (nave 1) por el retranqueo de la nave 2 y la otra parte es la alineación de pilares compartida por ambas naves. El tramo de la fachada lateral de la nave 1 se realiza de la misma forma que la comentada anteriormente, mientras que la alineación de pilares compartidos solo contiene vigas perimetrales de perfil IPE 160 que unen la cabeza de los pilares compartidos para que todos los pórticos de la nave trabajen al unísono.

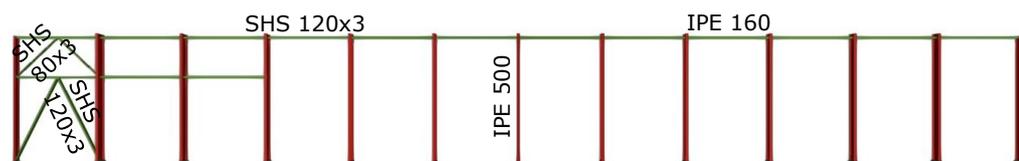


Ilustración 31M. Fachada lateral mixta compartida por ambas naves.

### Cubierta

La cubierta de la nave se compone de las jácenas de todos los pórticos, las vigas perimetrales y las vigas contraviento como se observa en la Ilustración 32M. La viga contraviento se encuentra en aquellos vanos donde hay también arriostramiento de fachada lateral, ya que actúan conjuntamente para conseguir transmitir las cargas de la estructura a la cimentación. Se ha decidido colocar vigas contraviento tipo Warren en cubierta, con montantes del tipo SHS 120x3 para ambas naves como el resto de los montantes de los arriostramientos. En las diagonales, se coloca un perfil SHS 140x4. Cabe destacar que en la viga contraviento del pórtico de fachada frontal de la nave 2, se han añadido más montantes que en el resto (los destacados en naranja). Esto es debido a que todas las cabezas de los pilares del pórtico de fachada han de estar arriostradas para asegurar su buen funcionamiento de transmisión de cargas.

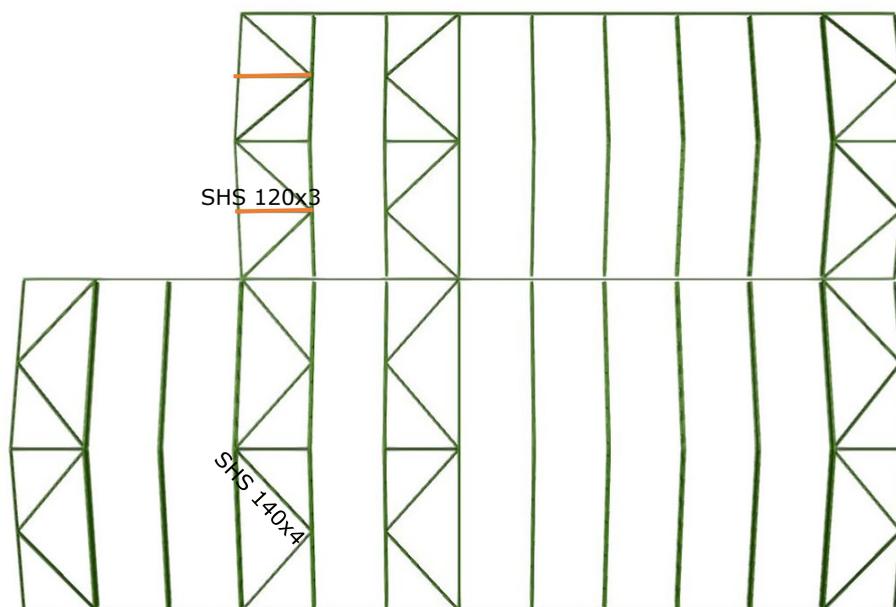


Ilustración 32M. Cubierta de la nave.

### Altillo

La nave 1 alberga en su interior un altillo de planta rectangular de 5.5 m de ancho, 24 m de largo y 4.5 m de altura. Su forjado unidireccional de viguetas metálicas de 132 m<sup>2</sup> se desarrolla a lo largo de las 4 primeras crujías de la nave 1. El altillo se ubica en contacto con el centro del pórtico de fachada frontal de la nave 1 como se observa en la Ilustración 33M.

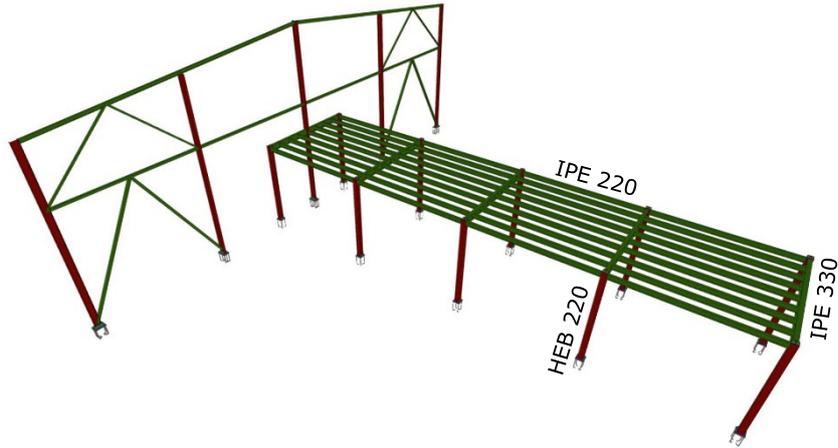


Ilustración 33M. Disposición del altillo de la nave 1.

El altillo se compone de pilares, vigas y viguetas. Los diez pilares del altillo se han resuelto con perfiles HEB 220. En cuanto a las vigas, a ellas quedan conectadas las viguetas para transmitir la carga y estas descansan sobre los pilares. Los perfiles empleados para las vigas son IPE 330. Por último, las viguetas se materializan con perfiles IPE 220, colocadas dejando una separación de 0.688 m entre una y la siguiente y en dirección perpendicular a las vigas. Sirven para recoger la carga que actúa sobre la superficie del altillo y transmitirla a las vigas. Se dispondrá una escalera metálica prefabricada para poder acceder al altillo.

### Correas

Las correas de la nave se sitúan tanto en la cubierta como en todas las fachadas ya que su función es soportar los cerramientos de la nave y transmitir las cargas de estos a la estructura. Todas ellas son construidas con el perfil CF 180x3, porque el labio rigidizador de los perfiles CF permite un mayor rendimiento a flexión.

Para elegir un perfil adecuado, mediante CYPE 3D, se impuso una separación de correas máxima en cubierta de 2 m y se escogió el primer perfil de menor peso que cumplía. Para las correas de los laterales se le impuso la condición de que tuviese el mismo perfil que las de cubierta y se dimensionó su separación.

Hay colocadas un total de 30 correas en cubierta separadas entre sí 1.88 m y orientadas de forma que la cara abierta de la correa mire hacia la cumbre de la nave, como se muestra en la Ilustración 34M.

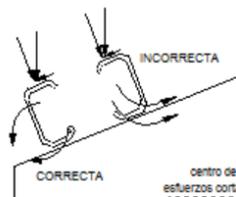


Ilustración 34M. Colocación correcta de las correas de cubierta.  
*Apuntes de Tecnología de la Construcción.*

Por cada fachada hay distribuidas siete correas separadas 1.2 m entre sí y colocadas de forma que la cara abierta mire hacia arriba. Las correas se unen a los perfiles de la nave mediante ejiones, chapas con forma de L. Como se ha comentado previamente, en las juntas de dilatación, los ejiones presentan agujeros tipo coliso.

## Tabla resumen de los perfiles empleados (Tabla 5M)

Tabla 5M. Resumen de los perfiles de la nave.

Situación	Tipo		Perfil
	Barras		
Pórticos de fachada	Pilares interiores y de esquina		IPE 270
	Pilar compartido		IPE 500
	Jácnas		IPE 160
Pórticos interiores	Pilares		IPE 500
	Jácnas nave 1		IPE 450 (con cartelas)
	Jácnas nave 2		IPE 360 (con cartelas)
Fachada lateral	Vigas perimetrales		IPE 160
Arriostramientos de fachada frontal y lateral	Montantes arriostramiento		SHS 120x3
	Diagonales inferiores		SHS 120x3
	Diagonales superiores		SHS 80x3
Viga contraviento cubierta	Montantes		SHS 120x3
	Diagonales		SHS 140x3
Altílo	Pilares		HEB 220
	Vigas		IPE 330
	Viguetas		IPE 220
Correas	Laterales y cubierta		CF 180x3

### 6.5. Cerramientos de la nave

Los cerramientos de la nave se materializan utilizando paneles prefabricados de panel sándwich de acero grecado en su cara exterior y alma de poliuretano como los de la Ilustración 35M. Estos paneles son muy ligeros y fáciles de instalar, aseguran la impermeabilidad y tienen muy buenas características para aislar térmica y acústicamente. En las fachadas laterales se coloca un cerramiento de paneles de 35 mm de espesor y 1100 mm de anchura. En cambio, en cubierta se usan paneles de 30 mm de espesor y 1000 mm de anchura para poder combinarlos con paneles de policarbonato celular grecados y translúcidos del mismo espesor y que actúen como entradas de luz natural como los de la Ilustración 36M.

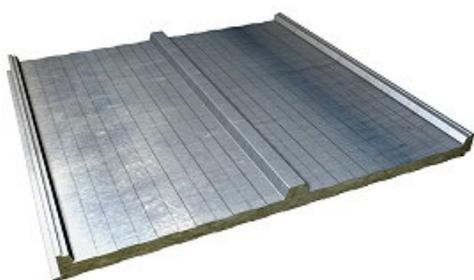


Ilustración 35M. Placa de panel sándwich grecada. (Generador de Precios).

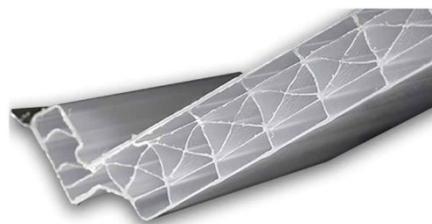


Ilustración 36M. Placa de policarbonato celular grecada. (Panelya).

### 6.6. Elementos constructivos

En este apartado, se explicarán algunos de los elementos tenidos en cuenta en el presupuesto de la nave.

### **Solera y pavimento**

Sobre la cimentación de la nave, se realiza una base de pavimento de espesor 15 cm de zahorra natural caliza, mediante relleno a cielo abierto y compactación con bandeja vibrante de guiado manual.

Posteriormente, se ejecuta la solera de hormigón armado del mismo espesor, 15 cm. El hormigón que se emplea es del tipo HA-30/F/20/XC2+XM1, ya que sobre la solera habrá tránsito de vehículos y maquinaria, y la armadura mediante malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5. Entre la solera y la capa de zahorra, se extiende una capa de poliestireno de 3 cm para evitar la fricción y de manera complementaria proteger la solera de humedades y contaminantes.

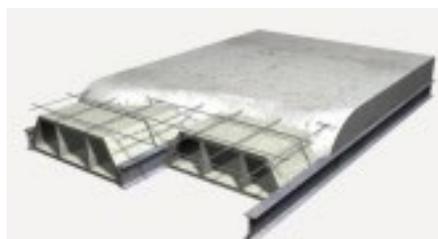
Encima de la solera, se aplica un revestimiento de pavimento industrial de color gris como el de la Ilustración 37M, apto para industrias con desgaste intenso para mejorar la resistencia mecánica del suelo de la nave industrial.



*Ilustración 37M. Pavimento industrial. (Generador de Precios).*

### **Forjado, cerramiento y escalera del altillo**

El forjado unidireccional del altillo tiene un canto de 30 cm y se compone de viguetas de acero IPE 220 como se ha explicado previamente, bovedilla de hormigón de dimensiones 60x20x25 cm como la que se muestra en la Ilustración 38M. A lo anterior, se le aplicará una capa de compresión de hormigón armado de 5 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25/F/20/XC1, ya que en el interior de la nave el forjado no se ve sometido a tanta humedad, y acero corrugado B 500 S.



*Ilustración 38M. Bovedilla de hormigón del forjado del altillo. (Generador de precios).*

Asimismo, para aislar las oficinas del altillo del resto de áreas de trabajo, se emplean unos paneles aligerados de yeso reforzado con fibra de vidrio del sistema tabique TC-7 "PANELSYSTEM" de 70 mm de espesor, 500 mm de anchura y 2900 mm de longitud máxima. Este cerramiento permite aislar la estancia acústicamente.

Por último, para poder acceder al altillo, se hará uso de una escalera metálica prefabricada similar a la de la Ilustración 39M, compuesta de zancas y mesetas, y formada por perfiles de la serie UPN 200. A la escalera se le dará un acabado con

imprimación antioxidante y se le añadirán barandillas por seguridad como al almacén del attillo. Las características concretas de la escalera que se quiere adquirir para la nave son:

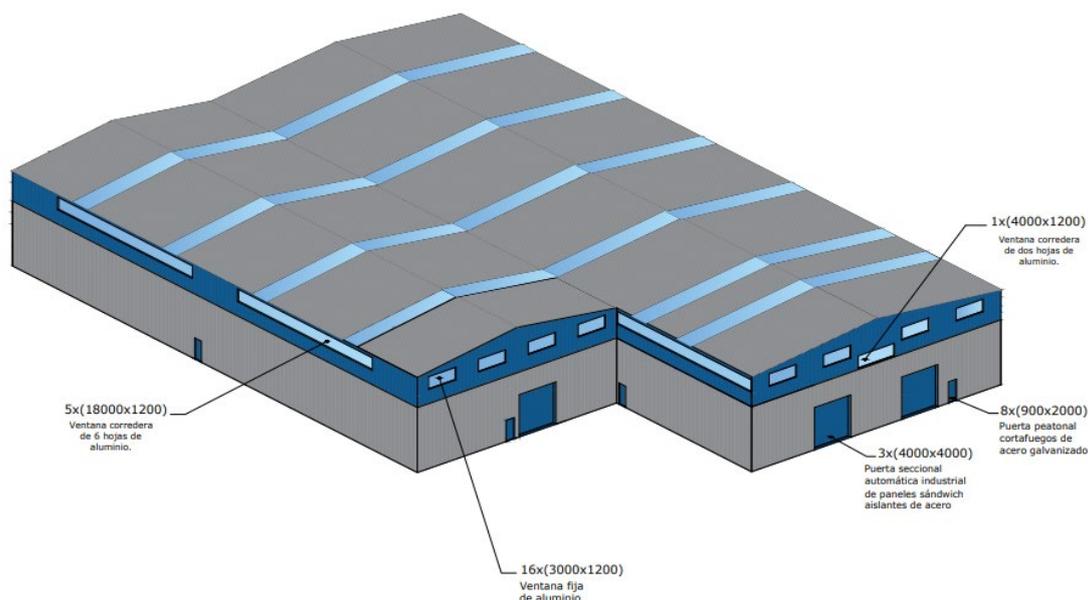
- Número de peldaños: 25
- Número de descansillos: 2
- Altura del escalón: 0.18 cm
- Anchura del escalón: 0.3 cm
- Altura: 4.5 m
- Longitud en planta: 7.5 m



*Ilustración 39M. Escalera metálica. (Generador de Precios).*

## Carpintería

Los elementos de carpintería que contiene la nave se pueden observar en la Ilustración 40M.



*Ilustración 40M. Huecos de la nave.*

En la nave se distinguen:

- Tres puertas automáticas seccionales industriales de 4x4 m formadas por paneles sándwich con alma de poliuretano. Estas puertas se encuentran en las fachadas frontales de la nave, para permitir la entrada de camiones en el interior de la nave.
- Un total de ocho puertas cortafuegos pivotantes homologadas de 900x2000 mm, con ajuste y fijación en obra. Se usarán para la entrada y salida de trabajadores de la nave.
- Diversos tipos de ventana. Ventanales fijos de aluminio de 3000x1200 mm para las fachadas frontales de la nave. Ventanales correderos de 18000x1200 mm para las fachadas laterales con el fin de que entre la mayor luz natural posible. Por último, una ventana corredera de 4000x1200 mm que se coloca en la fachada frontal de la nave 1 a la altura de las oficinas.

## 7. Resumen del presupuesto

### 7.1. Resumen del presupuesto

<b>Cap 1. Acondicionamiento del terreno.</b>	<b>144409.25</b>	<b>€</b>
<b>Cap 2. Cimentación.</b>	<b>63243.63</b>	<b>€</b>
<b>Cap 3. Estructura.</b>	<b>377511.92</b>	<b>€</b>
<b>Cap 4. Cerramientos de fachada y particiones.</b>	<b>126925.02</b>	<b>€</b>
<b>Cap 5. Cerramientos de cubierta.</b>	<b>129270.63</b>	<b>€</b>
<b>Cap 6. Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares.</b>	<b>30203.20</b>	<b>€</b>
<b>Cap 7. Pavimentos.</b>	<b>161409.60</b>	<b>€</b>
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>	<b>1032973.25</b>	<b>€</b>
13% Gastos generales	134286.52	€
6% Beneficio industrial	61978.4	€
<b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)</b>	<b>1229238.17</b>	<b>€</b>
21% IVA	258140.02	€
<b>Presupuesto base de licitación (PBL)</b>	<b>1487378.18</b>	<b>€</b>

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de **UN MILLÓN CUATROCIENTOS OCHENTA Y SIETE MIL TRESCIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS.**

### 7.2. Análisis del presupuesto

Con la ayuda de las siguientes figuras, se observa claramente el peso de cada uno de los capítulos del presupuesto sobre el coste total de la obra.

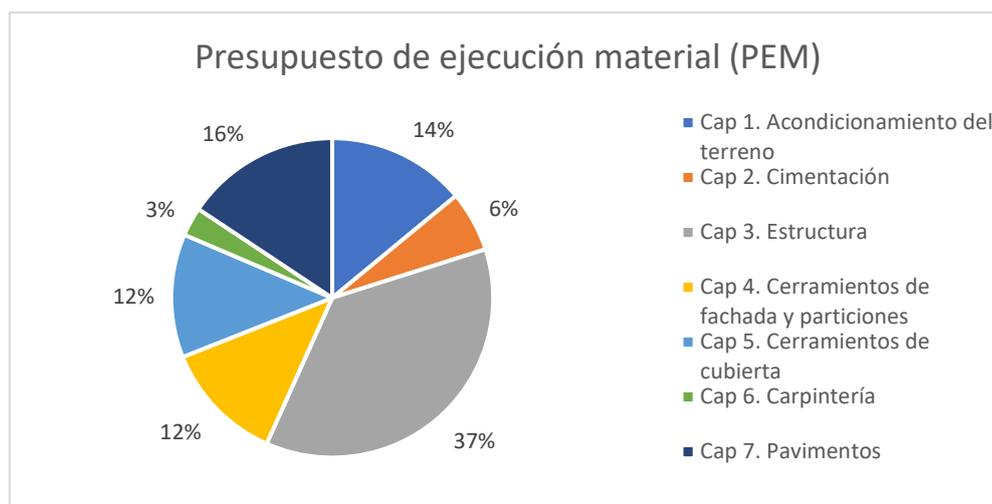


Ilustración 41M. Gráfico de reparto del PEM por capítulos.

Como se puede observar en la Ilustración 41M y como era de esperar, la estructura es lo que más encarece la obra debido a la gran cantidad de acero necesario para realizar la nave y su elevado precio. Posteriormente, a pesar de que los cerramientos

de fachada y de cubierta estén en partidas separadas, los dos juntos constituyen los cerramientos de la nave. Estos con un 24% son los que tienen, aunque a priori no lo pueda parecer, el segundo mayor peso en el presupuesto debido sobre todo al alto precio del cerramiento tipo panel sándwich. Por último, hay que destacar el pavimento con un 16%, que encarece el coste pero que es necesario para proteger el suelo interior de la nave ante la erosión provocada por el tráfico de carretillas, arrastre de muebles y demás maquinaria.

Asimismo, en la Ilustración 42M se observan todos los componentes del presupuesto y sus porcentajes para una visión más detallada del mismo.

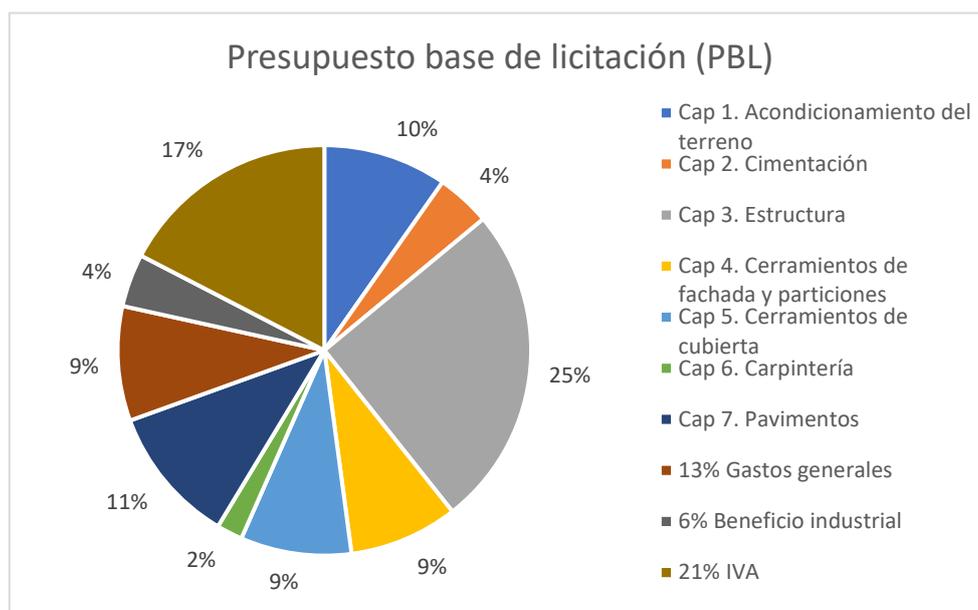


Ilustración 42M. Gráfico de reparto del presupuesto de la obra.

## 8. Bibliografía

Webs referenciadas:

1. Proyecciones de población Comunidad Valenciana, 2020-2035. Publicado 9/06/21:  
Url: [https://pegv.gva.es/es/noticias/-/asset\\_publisher/CWK0IEKbs79H/content/proyecciones-de-poblacion-2020-2035](https://pegv.gva.es/es/noticias/-/asset_publisher/CWK0IEKbs79H/content/proyecciones-de-poblacion-2020-2035)
2. Artículo de periódico sobre la ampliación de la ciudad de Valencia hacia el extrarradio  
Url: <https://valenciaplaza.com/caida-licencias-de-obra-nuevas-viviendas-valencia-2021>
3. Página web de la empresa "Valenciana de Mudanzas":  
Url: <https://www.valencianademudanzas.com/>
4. Plan General de Ordenación Urbana (P.G.O.U.) del Ayuntamiento de Paterna:  
Url: [http://www.paterna.es/normativa/paterna/pgou1990/PGOU\\_1990.htm](http://www.paterna.es/normativa/paterna/pgou1990/PGOU_1990.htm)

5. Modificación puntual nº48 del Plan General de Ordenación Urbana (P.G.O.U.) del Ayuntamiento de Paterna:

Url:

<https://www.paterna.es/normativa/paterna/pgou1990/modificaciones/modif48/Modificacion48.htm>

Webs consultadas:

- Sede Electrónica del Catastro, visor cartográfico. Polígono L'Andana:  
Url: <https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?buscar=S>
- Visor cartográfico del Instituto Cartográfico de la Generalitat Valenciana:  
Url: <https://visor.gva.es/visor/>
- Normativa Código Estructural:  
Url: <https://www.mitma.gob.es/organos-colegiados/comision-permanente-de-estructuras-de-acero/cpa/codigo-estructural>
- Normativa Código Técnico de la Edificación:  
Url: <https://www.codigotecnico.org>
- Paneles de policarbonato celular para la cubierta tipo panel sándwich de 30mm de espesor:  
Url: <https://panelya.com/producto/policarbonato-celular-cubierta-panel-sandwich/>
- Estantería industrial de carga paletizada de hasta 1.000 Kg por paleta:  
Url: <https://www.noegashop.com/es/estanteria-industrial/83-rack-paletizado>
- Google Maps:  
Url: <https://www.google.es/maps/?hl=es>
- Apuntes de la asignatura Tecnología de la construcción.
- Curso Básico CYPE3D, de Héctor Saura.

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

# Documento II: **ANEXO DE CÁLCULO**

Autor: Gemma Pérez Hernández

Tutor: Carmen Ibáñez Usach

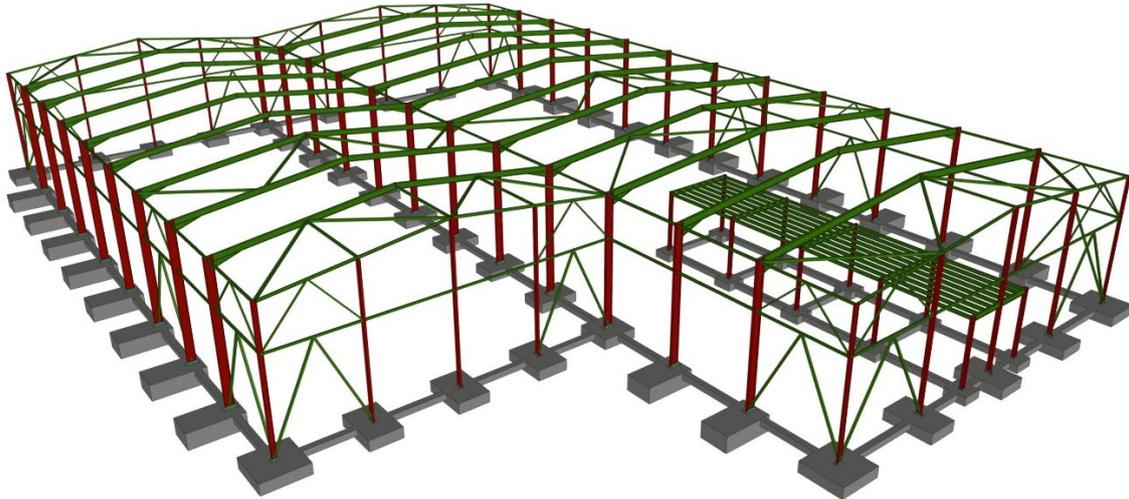
## ÍNDICE DEL ANEXO DE CÁLCULO

1.	Descripción de la estructura y método de cálculo.....	4
2.	Normativa aplicada .....	5
3.	Materiales.....	5
3.1.	Acero (CTE-SE-A).....	5
3.2.	Hormigón (CE).....	6
4.	Acciones sobre la nave .....	7
4.1.	Acciones permanentes .....	7
4.2.	Acciones variables .....	7
4.2.1.	Sobrecarga de uso (Q).....	7
4.2.2.	Sobrecarga de nieve (N) .....	8
4.2.3.	Sobrecarga de viento (V) .....	10
5.	Estados Límite y combinaciones .....	14
5.1.	Estados Límite .....	14
5.2.	Situaciones de proyecto y combinaciones de acciones.....	14
6.	Comprobación de los elementos estructurales .....	18
Predimensionado de los elementos de estructura metálica.....		19
6.1.	Pórtico de fachada .....	24
6.1.1.	Descripción de la geometría seleccionada .....	24
6.1.2.	Comprobaciones a flecha.....	26
6.1.3.	Comprobaciones E.L.U. ....	26
6.2.	Pórtico interior .....	27
6.2.1.	Descripción de la geometría seleccionada .....	27
6.2.2.	Comprobaciones a flecha.....	29
6.2.3.	Comprobaciones E.L.U. ....	29
6.3.	Fachada lateral (arriostramiento y viga perimetral).....	30
6.3.1.	Descripción de la geometría seleccionada .....	30
6.3.2.	Comprobaciones a flecha.....	31
6.3.3.	Comprobaciones E.L.U. ....	31
6.4.	Cubierta.....	31
6.4.1.	Descripción de la geometría seleccionada .....	32
6.4.2.	Comprobaciones a flecha.....	32
6.4.3.	Comprobaciones E.L.U. ....	33
6.5.	Altillo.....	33
6.5.1.	Descripción de la geometría seleccionada .....	33
6.5.2.	Comprobaciones a flecha.....	34
6.5.3.	Comprobaciones E.L.U. ....	34
6.6.	Correas .....	35

Correas en cubierta .....	35
6.6.1. Comprobación de resistencia .....	35
6.6.2. Comprobación de flecha .....	38
Correas en laterales.....	38
6.6.3. Comprobación de resistencia .....	38
6.6.4. Comprobación de flecha .....	41
6.7. Placas de anclaje.....	42
6.7.1. Comprobaciones en placas de anclaje .....	42
Placa de anclaje tipo 1: .....	43
6.7.2. Descripción de los componentes de la unión .....	43
6.7.3. Comprobación de los cordones de soldadura con pilar IPE 500 .....	44
6.7.4. Comprobación de la placa de anclaje tipo 1: .....	45
6.7.5. Medición .....	46
Placa de anclaje tipo 2: .....	47
6.7.6. Descripción de los componentes de la unión .....	47
6.7.7. Comprobación de los cordones de soldadura con pilar IPE 270 .....	48
6.7.8. Comprobación de la placa de anclaje tipo 2 .....	48
6.7.9. Medición .....	50
Placa de anclaje tipo 3: .....	50
6.7.10. Descripción de los componentes de la unión .....	51
6.7.11. Comprobación de los cordones de soldadura con pilar HEB220: .....	51
6.7.12. Comprobación de la placa de anclaje tipo 3 .....	52
6.7.13. Medición .....	53
6.8. Cimentación (zapatas y vigas de atado) .....	54
Zapatas tipo Z1: .....	54
6.8.1. Comprobaciones zapatas Z1 .....	55
Zapatas tipo Z2 y Z3: .....	57
6.8.2. Comprobaciones zapatas Z2 y Z3.....	58
Zapatas tipo Z6: .....	60
6.8.3. Comprobaciones zapatas Z6 .....	60
Viga de atado tipo C.1.1:.....	62
6.8.4. Comprobaciones de las vigas de atado.....	63

## 1. Descripción de la estructura y método de cálculo

En este documento se recopilan las comprobaciones de cálculo necesarias para demostrar que el diseño que se ha realizado de la nave (Ilustración 1A) es válido, seguro y funcional, así como el proceso que se ha llevado a cabo para su modelado y cálculo.



*Ilustración 1A. Vista 3D de la nave con cimentación.*

Para comenzar, la nave sobre la que se realiza el cálculo posee una cimentación de zapatas superficiales aisladas unidas entre sí convenientemente mediante vigas de atado. Sobre ella, se dispone la estructura metálica que está compuesta por dos naves adosadas, una de ellas retranqueada.

La nave de mayor envergadura está configurada por 13 pórticos a dos aguas de acero de luz 27.5 m, equidistantes entre sí 6 m. La nave retranqueada posee diez pórticos a dos aguas de luz 22 m y con idéntica separación entre ellos a la nombrada anteriormente.

Además, para ambas naves, cada pórtico posee una altura de pilar de 9 m y con una altura de cumbre de 10.445 m. Los pórticos de fachada disponen de tres pilares intermedios.

Asimismo, para soportar las acciones de viento sobre la estructura, se dispone de un sistema contraviento en fachadas frontal y lateral con arriostramientos tipo V invertida a 6.15 m de altura y una viga contraviento en cubierta tipo Warren.

Finalmente, la nave cuenta con un altillo de planta rectangular a 4.5 m de altura, destinado a albergar unas oficinas y un almacén de material de embalaje.

Por otra parte, la estructura descrita previamente se ha modelado haciendo uso del software CYPE Ingenieros y, a continuación, se exponen los pasos a seguir para ello.

En primer lugar, mediante el Generador de Pórticos se han introducido las dimensiones de los pórticos de la nave, así como las acciones a las que estará sometida debido a su ubicación. Posteriormente, se ha procedido a calcular las correas tanto de cubierta como de las fachadas. Una vez diseñadas, se exporta a CYPE 3D tanto la estructura como las cargas que deberá soportar.

En CYPE 3D, se introducen las barras necesarias para completar la nave y se dimensionan teniendo en cuenta el pandeo y los límites de flecha de cada tipo de barra, así como las diferentes combinaciones de cargas. A continuación, se definen las uniones, entre ellas, las placas de anclaje.

Por último, se exporta a CYPE CAD, donde se ha procedido a evaluar la cimentación, zapatas y vigas de atado.

## 2. Normativa aplicada

La normativa de cálculo considerada a la hora de confeccionar esta estructura es la siguiente:

- **Código Técnico de la Edificación (CTE).** Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo de 2006. En concreto, el Documento Básico Seguridad Estructural (DB SE), el Documento Básico Seguridad Estructural Acciones en la Edificación (DB SE-AE), el Documento Básico Seguridad Estructural Acero (DB SE-A) y el Documento Básico Seguridad Estructural Cimientos (DB SE-C).

En el CTE DB SE se establecen los requisitos relativos a la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio, así como la aptitud al servicio y durabilidad.

- **Código Estructural (CE).** Real Decreto 470/2021, de 29 de junio de 2021.

El CE contiene los reglamentos que han de ser aplicados al realizar estructuras de acero, de hormigón, o mixtas de hormigón-acero. Debido a ello, ha sido empleada en el cálculo de los elementos de cimentación.

## 3. Materiales

Los materiales que han sido seleccionados para la ejecución de la estructura son acero y hormigón.

### 3.1. Acero (CTE-SE-A)

Los diferentes tipos de acero que se han empleado son:

- Acero laminado en caliente S275JR para la fabricación de todas las barras de la estructura y las placas de anclaje, incluyendo las cartelas.
- Acero conformado en frío S235JR para la fabricación de las correas (perfil CF), tanto de la cubierta como de los laterales.
- Acero corrugado B500S, para realizar el armado de zapatas y vigas de atado de la cimentación, así como los pernos de las placas de anclaje.

A continuación, se expondrán las principales características de los distintos tipos de acero expuestos previamente. (Tabla 1A), (Tabla 2A).

Tabla 1A. Características de los tipos de aceros empleados en la obra. (CYPE 3D)

Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f <sub>y</sub> (MPa)	α <sub>t</sub> (m/m°C)	γ (kN/m <sup>3</sup> )
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	210000.00	0.300	81000.00	275.00	0.000012	77.01
Acero conformado	S235	210000.00	0.300	81000.00	235.00	0.000012	77.01
Acero corrugado	B500S	206000.00	0.300	81000.00	500.00	-	-

Notación:  
 E: Módulo de elasticidad  
 ν: Módulo de Poisson  
 G: Módulo de cortadura  
 f<sub>y</sub>: Límite elástico  
 α<sub>t</sub>: Coeficiente de dilatación  
 γ: Peso específico

Tabla 2A. Características mecánicas de los perfiles de acero de la nave. (CYPE 3D)

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm <sup>2</sup> )	Av <sub>y</sub> (cm <sup>2</sup> )	Av <sub>z</sub> (cm <sup>2</sup> )	I <sub>yy</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>zz</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> (cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	IPE 270, (IPE)	45.90	20.66	14.83	5790.00	420.00	15.90
		2	IPE 160, (IPE)	20.10	9.10	6.53	869.00	68.30	3.54
		3	IPE 500, (IPE)	115.50	48.00	42.96	48200.00	2142.00	89.10
		4	IPE 450, Simple con cartelas, (IPE) Cartela inicial inferior: 1.50 m.	98.80	41.61	35.60	33740.00	1676.00	66.75
		5	IPE 360, Simple con cartelas, (IPE) Cartela inicial inferior: 1.50 m.	72.70	32.38	24.09	16270.00	1043.00	37.44
		6	SHS 120x3.0, (Cold Formed SHS)	13.80	5.85	5.85	311.98	311.98	487.70
		7	SHS 140x4.0, (Cold Formed SHS)	21.34	9.07	9.07	650.67	650.67	1023.18
		8	SHS 80x3.0, (Cold Formed SHS)	9.00	3.85	3.85	87.64	87.64	139.87
		9	HE 220 B, (HEB)	91.00	52.80	16.07	8091.00	2843.00	77.03
		10	IPE 220, (IPE)	33.40	15.18	10.70	2772.00	205.00	9.03
		11	IPE 330, (IPE)	62.60	27.60	20.72	11770.00	788.00	28.06

Notación:  
 Ref.: Referencia  
 A: Área de la sección transversal  
 Av<sub>y</sub>: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'  
 Av<sub>z</sub>: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'  
 I<sub>yy</sub>: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'  
 I<sub>zz</sub>: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'  
 I<sub>t</sub>: Inercia a torsión  
 Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

### 3.2. Hormigón (CE)

Los diferentes tipos de hormigón que se han empleado son:

- Hormigón armado HA-30/F/20/XC2+XM1 para la solera.
- Hormigón de limpieza HL-150/F/20 para unificar el terreno previo a la cimentación.
- Hormigón armado HA-25/F/20/XC2 para ejecutar la cimentación.

A continuación, se expondrán las principales características de los distintos tipos de hormigón expuestos previamente. (Tabla 3A).

Tabla 3A. Características de los tipos de hormigón empleados en la obra. (CYPE 3D)

Hormigón	Resistencia a compresión $f_{ck}$ (MPa)	Contenido mínimo de cemento (kg/cm <sup>3</sup> )	Consistencia	Tamaño máximo árido (mm)	Clase de exposición
HA-30/F/20/XC2+XM1	30	-	Fluida	20	XC2 XM1
HL-150/F/20	-	150	Fluida	20	-
HA-25/F/20/XC2	25	-	Fluida	20	XC2

## 4. Acciones sobre la nave

Es necesario para realizar el cálculo de la estructura, identificar y cuantificar las acciones que actúan sobre ella. Las acciones consideradas y que generarán sollicitaciones y deformaciones sobre la nave se pueden clasificar según el CTE DB-SE-AE en permanentes y variables.

### 4.1. Acciones permanentes

Las acciones permanentes son aquellas que actúan en todo instante sobre la estructura, con posición fija. En el CTE DB-SE-AE son considerados acciones permanentes los pesos propios de los elementos estructurales y constructivos del edificio (G). Por ejemplo, el peso de los pilares, jácenas, elementos de arriostramiento, cubierta, forjados, cerramientos, etc.

Para esta construcción se resumen en:

- Peso propio de los elementos estructurales: CYPE 3D los calcula automáticamente sabiendo la sección transversal de los perfiles empleados y la densidad del acero.
- Peso propio del cerramiento de cubierta tipo panel sándwich: 0.15 kN/m<sup>2</sup>. Asimismo, le añadimos 0.15 kN/m<sup>2</sup> extra debido a la posibilidad futura de añadir una instalación de paneles fotovoltaicos.
- Peso propio del cerramiento de fachadas laterales tipo panel sándwich: 0.15 kN/m<sup>2</sup>.
- Peso propio de las 30 correas de cubierta CF-180x3.0: 0.04 kN/m<sup>2</sup>.
- Peso propio de las siete correas de fachadas CF-180x3.0: 0.02 kN/m<sup>2</sup>.
- Peso propio del forjado: Se ha considerado, para estar del lado de la seguridad, 4 kN/m<sup>2</sup>. El peso de las viguetas lo calcula CYPE automáticamente.

### 4.2. Acciones variables

Las acciones variables son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio y además, si lo hacen, varía su valor en el tiempo. En el CTE DB-SE-AE son consideradas acciones variables la sobrecarga de uso y las acciones climáticas.

#### 4.2.1. Sobrecarga de uso (Q)

Se define la sobrecarga de uso como el peso de todo aquello que puede gravitar sobre la estructura por razón de su uso. Se aplican de forma uniformemente distribuida en la superficie en la que actúan.

Su valor se recoge en la Tabla 3.1 del CTE DB-SE-AE (Ilustración 2A).

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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)(6)</sup>	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

Ilustración 2A. Valores de sobrecarga de uso Q. (CTE DB-SE-AE)

En concreto, para la estructura objeto del análisis encontramos:

- Sobrecarga del cerramiento en cubierta: 0.40 kN/m<sup>2</sup> debido a clasificarse como cubierta ligera no transitable, accesible únicamente para mantenimiento (categoría G1), y que es no concomitante con el resto de las acciones variables.
- Sobrecarga del forjado del altillo: la zona de oficinas del altillo se ha clasificado como categoría B, zonas administrativas. Por ello, la sobrecarga de uso que se le ha aplicado es de 2 kN/m<sup>2</sup>. Por otra parte, la parte del altillo dedicada al almacenaje tiene aplicada una sobrecarga de 5 kN/m<sup>2</sup> según la British Standard 6399 para usos industriales, no contemplados en el CTE DB-SE-AE.

#### 4.2.2. Sobrecarga de nieve (N)

La sobrecarga de nieve depende principalmente del lugar donde se ubica la estructura, de sus condiciones climáticas, del relieve del entorno, de la forma de la cubierta de la nave y de la presencia de viento. Según el CTE DB-SE-AE se calcula teniendo en cuenta el depósito natural de la nieve. Además, esta sobrecarga es función de dos parámetros, el coeficiente de forma de la cubierta ( $\mu$ ) y el valor característico de la carga de nieve ( $s_k$ ), según la ecuación (1A).

$$q_n = \mu \cdot s_k \quad (1A)$$

#### Valor característico de la carga de nieve ( $s_k$ )

El valor característico de la carga de nieve o, lo que es lo mismo, la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal varía según la altitud y zona topográfica del emplazamiento de la nave.

Debido a que la ubicación de la nave es en Paterna, Valencia, se obtiene que la zona climática invernal a la que pertenece es la 5, como se puede observar en la Ilustración 3A.



Ilustración 3A. Zonas climáticas invernales según localización. (Figura E.2, CTE DB-SE-AE)

Asimismo, la altitud topográfica de la localidad es inferior a 1000 m, concretamente 70 m por encima del nivel del mar. Por lo que, finalmente consultando la Tabla E.2. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal de la normativa (Ilustración 4A), obtenemos el valor característico de la carga de nieve  $s_k$ : 0.2 kN/m<sup>2</sup>

**Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m<sup>2</sup>)**

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	2,3	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	-	-	-	-	-

Ilustración 4A. Valores de sobrecarga de nieve según zona climática y altitud (Tabla E.2, CTE DB-SE-AE)

### Coeficiente de forma ( $\mu$ )

El coeficiente de forma se estima en función del ángulo de la cubierta con la horizontal y de los posibles impedimentos al deslizamiento de la nieve.

Por lo tanto, en los faldones que dan hacia el exterior de la nave, el coeficiente de forma adquiere el valor 1, ya que el ángulo de cubierta ( $\alpha=6^\circ$ ) es menor a  $30^\circ$  y debido a ello, la nieve no puede deslizarse, según la ecuación (2A).

$$\begin{cases} \text{Si } \alpha < 30^\circ, & \mu = 1 & \text{La nieve no puede deslizarse} \\ \text{Si } 30^\circ < \alpha < 60^\circ, & & \text{Interpolarse linealmente} \\ \text{Si } \alpha \geq 60^\circ, & \mu = 0 & \text{Toda la nieve desliza} \end{cases} \quad (2A)$$

Por lo tanto, para estos faldones la carga de la nieve será  $q_n = 0.2 \text{ kN/m}^2$ .

Cabe destacar que, al tratarse de dos naves adosadas, en los faldones que concurren en la limahoya, se producirá una acumulación de nieve. Por ello, el coeficiente de forma variará ligeramente según la ecuación (3A) y donde  $\beta = \alpha = 6^\circ$ .

$$\mu = 1 + \frac{\beta}{30^e} \quad (3A)$$

De esta manera, el coeficiente de forma adquiere el valor de 1.2 y la sobrecarga de nieve resultante de estos faldones es  $q_n = 0.24 \text{ kN/m}^2$ .

### **Influencia del viento en las nevadas**

Además, el viento puede acompañar a las nevadas provocando un depósito irregular de la misma en cada faldón, llegando a descargar nieve de ellos y por tanto se han de estudiar 3 hipótesis:

1 - N(EI): Nieve (estado inicial).  
Distribución simétrica de la nieve en los faldones.

2 - N(R) 1: Nieve (redistribución) 1.  
Para cada nave, el faldón izquierdo está menos sobrecargado que el derecho, por tanto, se reduce su factor de forma a la mitad.

3 - N(R) 2: Nieve (redistribución) 2.  
Para cada nave, el faldón derecho está menos sobrecargado que el izquierdo, por tanto, se reduce su factor de forma a la mitad.

### **4.2.3. Sobrecarga de viento (V)**

Conforme se establece en el CTE DB-SE-AE, se aproxima la comprobación de la acción del viento en todas las direcciones y bastará con comprobar su efecto en dos direcciones ortogonales entre sí y en ambos sentidos.

La acción del viento es una fuerza perpendicular a la superficie o presión estática. La presión estática es función de la carga dinámica del viento ( $q_b$ ), un coeficiente de exposición ( $c_e$ ) y unos coeficientes eólicos ( $c_p$ ), como muestra la siguiente ecuación (4A).

$$q_e(z) = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_p \quad (4A)$$

### **Presión dinámica del viento**

La presión dinámica del viento depende de la zona geográfica donde se encuentra la nave, ya que a cada emplazamiento le corresponde una zona eólica, en este caso Paterna se encuentra en la zona A, donde la velocidad del viento es de 26 m/s, según se muestra en la Ilustración 5A. La presión dinámica del viento ( $q_b$ ) para esta zona es de:  $0.42 \text{ kN/m}^2$  que se obtiene de multiplicar la mitad de la densidad del aire por el cuadrado de la velocidad del viento.



Ilustración 5A. Reparto de zonas eólicas según la zona geográfica (CTE DB-SE-AE)

### Coefficiente de exposición

El valor del coeficiente de exposición se obtiene a partir del grado de aspereza del entorno, que es IV para las zonas industriales, y de la altura de cumbrera de la nave que es 10.445 m (Z). Consultando la Tabla D2, Coeficientes para tipo de entorno del CTE DB-SE-AE (Ilustración 6A), se obtienen tres parámetros que permiten calcular este coeficiente.

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

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	0,156	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

Ilustración 6A. Valores de los parámetros necesarios para el cálculo del coeficiente de exposición (CTE DB-SE-AE)

Mediante las siguientes ecuaciones (5A) y (6A) se obtiene el coeficiente de exposición a partir de los parámetros extraídos de la tabla.

$$C_e = F \cdot (F + 7 \cdot k) \quad (5A)$$

donde:

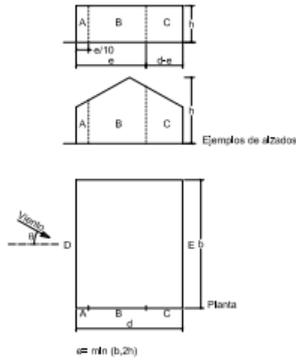
$$F = k \cdot \ln\left(\frac{\max(z,Z)}{L}\right) \quad (6A)$$

Con estos datos, se obtiene un coeficiente de exposición  $C_e = 1.81$ .

### Coefficiente eólico

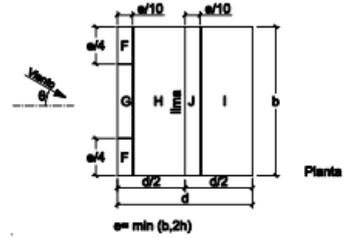
El coeficiente eólico depende de la dirección relativa del viento, la forma del edificio (pórticos a dos aguas), la posición de cada fachada y el área de influencia. Con ayuda de las tablas del CTE DB-SE-AE, D.3 y D.6 se obtienen los diferentes coeficientes eólicos para los paramentos verticales y la cubierta en las diferentes zonas afectadas. (Ilustración 7A, Ilustración 8A, Ilustración 9A).

Cálculo estructural de nave guardamuebles de 3168 m<sup>2</sup> situada en el Polígono Industrial de L'Andana (Valencia)



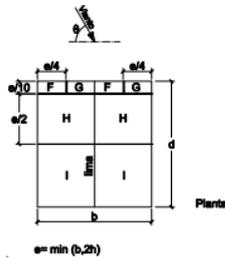
A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5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

Ilustración 7A. Valores del coeficiente eólico para los paramentos verticales. (Tabla D.3 CTE DB-SE-AE)



Pendiente de la cubierta α	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	-0,6	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-2,5	-2	-1,2	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
30°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 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

Ilustración 8A. Valores del coeficiente eólico para la cubierta a dos aguas ante viento lateral. (Tabla D.6 CTE DB-SE-AE)



Pendiente de la cubierta α	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), -45° ≤ θ ≤ 45°			
		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

Ilustración 9A. Valores del coeficiente eólico para la cubierta a dos aguas ante viento frontal. (Tabla D.6 CTE DB-SE-AE)

Cabe destacar que, al tratarse de naves adosadas, los coeficientes eólicos obtenidos por las tablas anteriores han de corregirse aplicando las fórmulas contenidas en la tabla D.9 del CTE DB-SE-AE (Ilustración 10A).

**Tabla D.9 Cubiertas múltiples**

Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

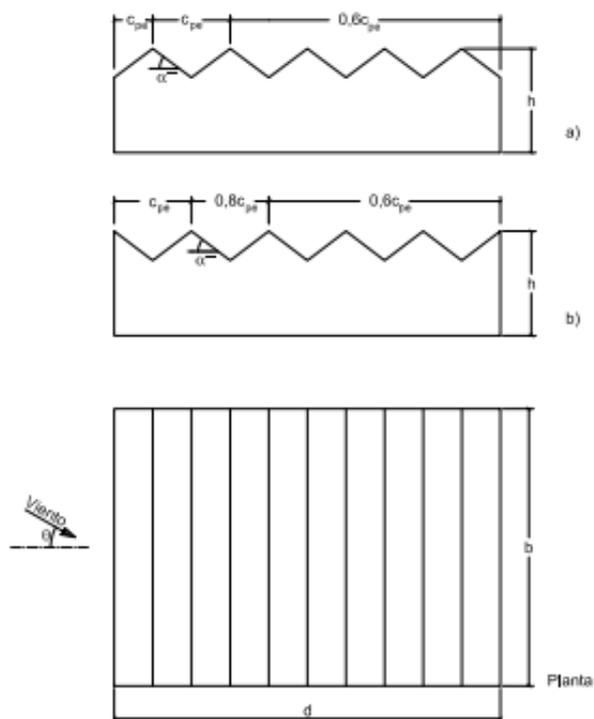


Ilustración 10A. Corrección del coeficiente eólico para naves adosadas. (CTE DB-SE-AE)

**Hipótesis de carga de viento**

Teniendo en cuenta las direcciones mostradas en la Ilustración 11A, habrá que calcular las cargas de viento sobre la nave para cada una de las distintas hipótesis que de aquí se extraen:

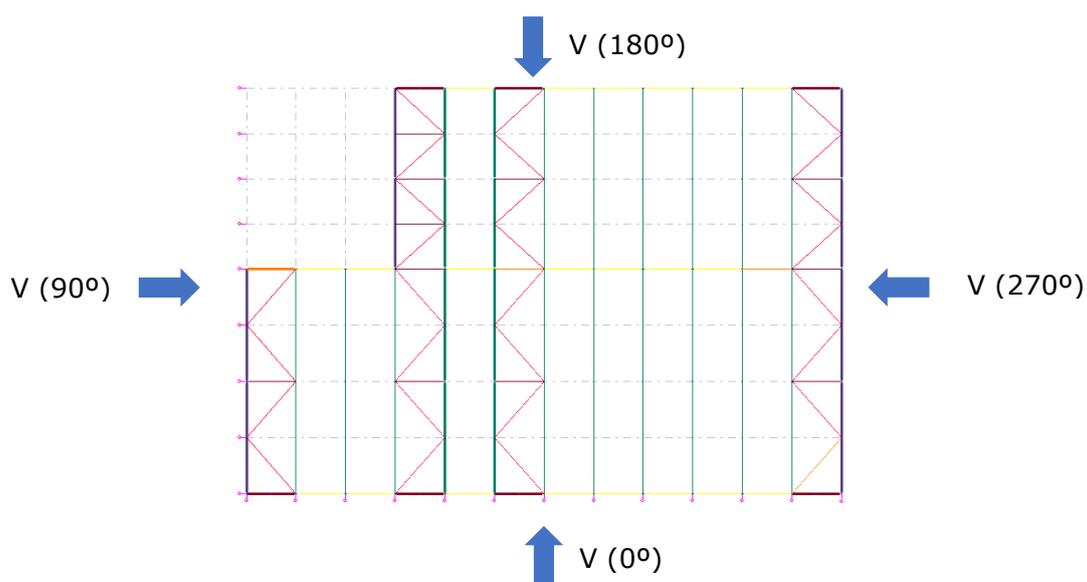


Ilustración 11A. Direcciones del viento consideradas en las hipótesis.

Se estudian las siguientes hipótesis:

- 1 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- 2 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
- 3 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- 4 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- 5 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
- 6 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

## 5. Estados Límite y combinaciones

### 5.1. Estados Límite

Para el dimensionamiento de los diferentes elementos estructurales de la nave industrial se han de verificar los siguientes Estados Límite contenidos en la Tabla 4A.

Tabla 4A. Estados Límite comprobados para la estructura. (CYPE 3D)

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

Precisamente como la nave es diseñada para su cumplimiento, se puede asegurar que la nave cumplirá con todos los requisitos estructurales de equilibrio e integridad que se le exigen y no supondrá un riesgo para las personas.

Por otra parte, también se han tenido en cuenta los Estados Límite de Servicio que abogan por la apariencia y el correcto funcionamiento del edificio, controlando principalmente las deformaciones (flechas).

### 5.2. Situaciones de proyecto y combinaciones de acciones

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios (7A) y (8A) según el DB-SE:

#### - Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki} \quad (7A)$$

#### -Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki} \quad (8A)$$

G<sub>k</sub> Acción permanente

P<sub>k</sub> Acción de pretensado

Q<sub>k</sub> Acción variable

γ<sub>G</sub> Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

γ<sub>P</sub> Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

γ<sub>Q,1</sub> Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

γ<sub>Q,i</sub> Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

Ψ<sub>p,1</sub> Coeficiente de combinación de la acción variable principal

Ψ<sub>a,i</sub> Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

En las diferentes situaciones de proyecto, se distinguen los siguientes valores de acciones:

- Valor característico: valor de cálculo de las acciones. En el caso de las acciones permanentes, se adopta su valor medio ( $G_k$ ) y para las acciones variables un valor que tenga una determinada probabilidad de no ser superado en un periodo de retorno de 50 años, 2% para las acciones climáticas ( $Q_k$ ).
- Valor de combinación ( $\Psi_0 Q_k$ ): valor que toman las acciones variables cuando actúa simultáneamente con otra que es independiente estadísticamente y su intensidad extrema.
- Valor frecuente ( $\Psi_1 Q_k$ ): valor que toman las acciones variables y es el valor que se supera el 1% de las veces en 50 años de retorno.
- Valor casi permanente ( $\Psi_2 Q_k$ ): valor que toman las acciones variables y que se supera el 50% de las veces en un periodo de retorno de 50 años.

Habrà que adaptar las fórmulas previamente expuestas (7A) y (8A) a cada situación de proyecto:

Cuando el objeto de evaluación es la capacidad portante de la nave:

- Situación persistente o transitoria: En este caso, todas las acciones permanentes toman su valor característico, al igual que la acción variable principal. El resto de acciones variables toman su valor de combinación.

Es de vital importancia tener en cuenta que la acción variable generada por cubiertas ligeras (su carga permanente no excede 1 kN/m<sup>2</sup>) de panel sándwich sobre correas y de categoría G1 (Cubiertas transitables únicamente para su mantenimiento) **no se considera concomitante con el resto de acciones variables.**

- Situación extraordinaria: Las acciones permanentes y accidentales conservan su valor característico, mientras que una de las acciones variables toma su valor frecuente y el resto su valor casi permanente. Solo en el caso de que la acción accidental sea sísmica, todas las acciones variables tomarán su valor casi permanente.

Cuando el objeto de evaluación es la aptitud al servicio de la nave: se han de verificar 2 criterios fundamentalmente.

- Criterio de integridad: se comprueba tomando la combinación de acciones característica (como en la situación persistente o transitoria) considerando las acciones permanentes producidas después de la puesta en obra.
- Criterio de apariencia: se emplea la combinación de acciones casi permanente (las acciones permanentes conservan su valor característico y todas de acciones variables toman su valor casi permanente).

Para completar las combinaciones de acciones, los coeficientes de seguridad y simultaneidad presentes toman valores diferentes en cada caso según las tablas 4.1 y 4.2 del DB-SE 1.

Para esta obra, se definen los diferentes coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) y coeficientes de combinación ( $\psi$ ), que varían para cada situación de proyecto y Estado Límite, según la Tabla 5A.

Tabla 5A. Tablas de coeficientes parciales de seguridad según las diferentes combinaciones de acciones y Estados Límite. (CYPE 3D)

**E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: Código Estructural / CTE DB-SE**

<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	1.350	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso G1)	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 ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	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

**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 - Uso B)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso G1)	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 ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	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 ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.000	1.000	1.000
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.000	1.000	1.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	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 ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	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>Integridad -QG1</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.001	0.001	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.000	1.000	1.000
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.000	1.000	1.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	0.500

<b>Integridad +QG1</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.001	0.001	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

<b>Apariencia</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 - Uso B)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	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

## 6. Comprobación de los elementos estructurales

Para continuar, se van a exponer las comprobaciones realizadas a cada uno de los elementos estructurales y cimentación (los más solicitados de cada tipo), que se han empleado para el cálculo y diseño de la estructura. Asimismo, se expondrán los criterios de predimensionado de cada elemento, además de los modelos de pandeo y flecha que se han introducido al modelar la estructura en el programa CYPE 3D.

La notación que se va a emplear a lo largo de este apartado, en las diferentes comprobaciones, es:

### **E.L.U.:**

$\lambda$ : 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

$N M_y M_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados

$N M_y M_z V_y V_z$ : 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 (%)

### **Comprobación a flecha**

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

### **Descripción de la geometría**

$N_i$ : Nudo inicial

$N_f$ : Nudo final

$\beta_{xy}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'

$\beta_{xz}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'

$L_{bSup.}$ : Separación entre arriostramientos del ala superior

$L_{bInf.}$ : Separación entre arriostramientos del ala inferior

## Predimensionado de los elementos de estructura metálica

Como paso previo a mostrar las comprobaciones de cada elemento, se explicará la elección de cada perfil a introducir en el modelo como punto de partida. Posteriormente al cálculo, se redimensionan para cumplir todos los requisitos.

El predimensionado de cada elemento se realiza mediante la necesidad de que cada barra cumpla la condición de esbeltez reducida máxima. El procedimiento general es:

- Establecer el límite para la esbeltez reducida máxima mediante (9A):

$$\bar{\lambda}_{max} = \frac{\lambda_y}{\lambda_{lim}} \quad (9A)$$

teniendo en cuenta que la esbeltez en cada vano de la barra se obtiene de (10A):

$$\lambda_y = \frac{L_k}{i_y} \quad (10A)$$

- $i_y$  es el radio de giro de la sección de barra respecto del eje de inercia  $y$ .
- El valor de la esbeltez límite, que depende de las características del material del que está compuesto el perfil (acero laminado S275), se obtiene para todas las barras mediante (11A):

$$\lambda_{lim} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{f_y}} = 86.814 \quad (11A)$$

Obtener  $L_{ky}$  para cada perfil, esto es, la longitud de pandeo en el plano, que varía para cada barra.  $L_k$  se obtiene por la siguiente ecuación (12A):

$$L_k = \beta \cdot s \quad (12A)$$

- Combinando las anteriores ecuaciones y despejando el radio de giro, la comprobación resulta (13A):

$$i_z \geq \frac{L_k}{\bar{\lambda}_{max} \cdot \lambda_{lim}} \quad (13A)$$

- Una vez se dispone del radio de giro mínimo del perfil respecto de ambos planos  $z$  e  $y$ , se busca en el prontuario el primer perfil que cumple con las condiciones en el caso del IPE, y para los perfiles huecos conformados en frío se busca el primer perfil que cumple de menor peso.

Se resumen los cálculos en la Tabla 6A para cada perfil:

Tabla 6A. Resumen predimensionado de perfiles de la estructura.

Elemento estructural	Esbeltez reducida máxima del elemento $\bar{\lambda}$	Longitud de pandeo $L_k$	Comprobación resultante	Perfil mínimo necesario
<p><b>Pilares del pórtico de fachada</b></p> <p>(Tramo inferior, de la división del pilar por el montante del arriostramiento de fachada)</p>	$\bar{\lambda} < 2$ (Por considerarse elemento principal y trabajar a compresión).	$L_k = \beta \cdot s$ donde $\beta=0.7$ por tratarse de una barra apoyada en un extremo y empotrado en otro. La distancia $s$ varía según el plano de pandeo. Respecto del eje $y$ pandeo toda la barra, por tanto 10.445 m (altura del pilar central). En cambio, respecto del $z$ , al estar sujeta por el montante del	Para ambas naves: Para el plano XZ (plano que contiene al pórtico) $i_{yy} \geq \frac{7311,5}{2 \cdot 86.814} = 42.11 \text{ mm}$	El primer perfil que cumple el radio de giro respecto de ambos ejes es el <b>IPE 220</b>

		<p>arriostramiento solo el tramo inferior pandea de 6.15 m.</p> $L_{ky} = 0.7 \cdot 10445 = 7311.5 \text{ mm}$ $L_{kz} = 0.7 \cdot 6150 = 4305 \text{ mm}$	<p>Para el plano XY (plano perpendicular al pórtico)</p> $i_{zz} \geq \frac{4305}{2 \cdot 86.814} = 24.8 \text{ mm}$	
<p><b>Pilares del pórtico de fachada</b></p> <p>(Tramo superior, de la división del pilar por el montante del arriostramiento de fachada)</p>	<p><math>\bar{\lambda} &lt; 2</math></p> <p>(Por considerarse elemento principal y trabajar a compresión).</p>	$L_k = \beta \cdot s = 4295$ <p>donde <math>\beta=1</math> por tratarse de una barra biapoyada en sus dos extremos (cumbra y en el montante). La distancia <math>s</math> es la que queda entre la cumbra y el montante, 4.295 m.</p>	<p>Para ambas naves:</p> $i_{zz} \geq \frac{4295}{2 \cdot 86.814} = 24.74 \text{ mm}$	<p>El primer perfil que cumple es el <b>IPE 220</b></p>
<p><b>Jácnas del pórtico de fachada</b></p>	<p><math>\bar{\lambda} &lt; 2</math></p> <p>(Por considerarse elemento principal y trabajar a compresión).</p>	$L_k = \beta \cdot s$ <p>donde <math>\beta=1</math> por tratarse de una barra biapoyada en sus extremos para ambos planos. La distancia <math>s</math> varía según el plano de pandeo. Respecto del eje <math>y</math> y pandea el tramo de barra entre pilares, por tanto, <math>s</math> es la distancia de un vano de fachada de la nave. En cambio, respecto del <math>z</math>, <math>s</math> es la distancia entre correas de cubierta, 1.88 m.</p> <p>Nave grande:  <math display="block">L_{ky} = 1 \cdot 6875 = 6875 \text{ mm}</math></p> <p>Nave retranqueada:  <math display="block">L_{ky} = 1 \cdot 5500 = 5500 \text{ mm}</math></p> <p>Para ambas naves:  <math display="block">L_{kz} = 1 \cdot 6150 = 4305 \text{ mm}</math></p>	<p>Para el plano XZ (plano que contiene al pórtico)</p> <p>Para la nave de mayor tamaño:</p> $i_{yy} \geq \frac{6875}{2 \cdot 86.814} = 40 \text{ mm}$ <p>Para la nave retranqueada:</p> $i_{yy} \geq \frac{5500}{2 \cdot 86.814} = 31.68 \text{ mm}$ <p>Para el plano XY (plano perpendicular al pórtico) e igual para ambas naves</p> $i_{zz} \geq \frac{1880}{2 \cdot 86.814} = 10.83 \text{ mm}$	<p>El primer perfil que cumple para ambos planos es el <b>IPE 100</b> para ambas naves.</p>
<p><b>Pilares del pórtico interior</b></p>	<p><math>\bar{\lambda} &lt; 2</math></p> <p>(Por considerarse elemento principal y trabajar a compresión).</p>	$L_k = \beta \cdot s$ <p>La <math>\beta</math> de pandeo varía según el plano considerado. En el plano XZ, <math>\beta=0.7</math> por tratarse de una barra apoyada en un extremo y empotrada en otro. Para el plano XY, se toma <math>\beta</math> aproximadamente 1.4. La distancia <math>s</math> es la altura del pilar, 9m.</p> $L_{ky} = 1.4 \cdot 9000 = 12600 \text{ mm}$ $L_{kz} = 0.7 \cdot 9000 = 6300 \text{ mm}$	<p>Para ambas naves:</p> <p>Para el plano XZ (plano que contiene al pórtico)</p> $i_{yy} \geq \frac{12600}{2 \cdot 86.814} = 72.57 \text{ mm}$ <p>Para el plano XY (plano perpendicular al pórtico)</p> $i_{zz} \geq \frac{6300}{2 \cdot 86.814} = 36.29 \text{ mm}$	<p>El primer perfil que cumple para ambos planos según este criterio es el <b>IPE 360</b> para ambas naves.</p> <p>No obstante, para la nave de mayor tamaño, como el perfil del pilar ha de ser al menos, igual que el de la jácena, el de partida será <b>IPE 400</b></p>

<p><b>Jácenas del pórtico interior</b></p>	<p><math>\bar{\lambda} &lt; 2</math> (Por considerarse elemento principal y trabajar a compresión).</p>	<p><math>L_k = \beta \cdot s</math> donde <math>\beta=1</math> por tratarse de una barra biapoyada en sus extremos para ambos planos. La distancia <math>s</math> varía según el plano de pandeo. Respecto del eje <math>y</math> y pandea toda la barra, por tanto, <math>s</math> es la luz de la nave. En cambio, respecto del <math>z</math>, <math>s</math> es la distancia entre correas de cubierta, 1.88 m.</p> <p>Nave grande: <math>L_{ky} = 1 \cdot 27500 = 27500 \text{ mm}</math></p> <p>Nave retranqueada: <math>L_{ky} = 1 \cdot 22000 = 22000 \text{ mm}</math></p> <p>Para ambas naves: <math>L_{kz} = 1 \cdot 1880 = 1880 \text{ mm}</math></p>	<p>Para el plano XZ (plano que contiene al pórtico)</p> <p>Para la nave de mayor tamaño: <math>i_{yy} \geq \frac{27500}{2 \cdot 86.814} = 158.39 \text{ mm}</math></p> <p>Para la nave retranqueada: <math>i_{yy} \geq \frac{22000}{2 \cdot 86.814} = 126.71 \text{ mm}</math></p> <p>Para el plano XY (plano perpendicular al pórtico) e igual para ambas naves <math>i_{zz} \geq \frac{1880}{2 \cdot 86.814} = 10.83 \text{ mm}</math></p>	<p>Para la nave grande el primer perfil que cumple es <b>IPE 400</b></p> <p>Para la nave retranqueada, <b>IPE 330.</b></p>
<p><b>Montantes arriostramiento tipo Warren de cubierta y de fachada.</b></p>	<p><math>\bar{\lambda} &lt; 2</math> (Por considerarse elemento principal y trabajar a compresión).</p>	<p><math>L_k = \beta \cdot s = 6000 \text{ mm}</math> donde <math>\beta=1</math> por tratarse de una barra biapoyada en sus dos extremos. La distancia <math>s</math> es la longitud de la barra que coincide con la distancia entre vanos, 6m.</p>	<p>Para ambas naves: <math>i_{min} \geq \frac{6000}{2 \cdot 86.814} = 34.56 \text{ mm}</math></p>	<p>El primer perfil que cumple con menor peso para ambos planos es <b>SHS 90x90x3.0</b></p>
<p><b>Diagonales arriostramiento tipo Warren de cubierta</b></p>	<p><math>\bar{\lambda} &lt; 2</math> (Por considerarse elemento principal y trabajar a compresión).</p>	<p><math>L_k = \beta \cdot s</math> donde <math>\beta=1</math> por tratarse de una barra biapoyada en sus dos extremos. La distancia <math>s</math> es la longitud de la diagonal obtenida por trigonometría.</p> <p>Nave grande: <math>S = \sqrt{6875^2 + 6000^2} = 9125 \text{ mm}</math> <math>L_{ky} = 1 \cdot 9125 = 9125 \text{ mm}</math></p> <p>Nave retranqueada: <math>S = \sqrt{5500^2 + 6000^2} = 8139.4 \text{ mm}</math> <math>L_{ky} = 1 \cdot 8139.4 = 8139.4 \text{ mm}</math></p>	<p>Para la nave de mayor tamaño: <math>i_{min} \geq \frac{9125}{2 \cdot 86.814} = 52.56 \text{ mm}</math></p> <p>Para la nave retranqueada: <math>i_{min} \geq \frac{8139.4}{2 \cdot 86.814} = 46.88 \text{ mm}</math></p>	<p>Para la nave grande el primer perfil que cumple con menor peso es <b>SHS 135x135x3.0</b></p> <p>Para la nave retranqueada, <b>SHS 120x120x3.0</b></p>
<p><b>Diagonales arriostramiento de fachada</b></p>	<p><math>\bar{\lambda} &lt; 2</math> (Por considerarse elemento principal y trabajar a compresión).</p>	<p><math>L_k = \beta \cdot s</math> donde <math>\beta=1</math> por tratarse de una barra biapoyada en sus dos extremos. La distancia <math>s</math> es la longitud de la diagonal obtenida por trigonometría. Solo calcularemos el necesario para la nave de</p>	<p>Para ambas naves: Tramo superior: <math>i_{min} \geq \frac{9224.3}{2 \cdot 86.814} = 53.13 \text{ mm}</math></p> <p>Tramo inferior:</p>	<p>Para el tramo superior, el primer perfil que cumple con menor peso es <b>SHS 135x135x3.0</b></p>

		<p>mayor tamaño puesto que se usará un solo perfil de diagonal para ambas naves.</p> <p>Tramo superior (por encima del montante):</p> $S = \sqrt{6875^2 + 6150^2}$ $= 9224.3 \text{ mm}$ $L_{ky} = 1 \cdot 9224.3$ $= 9224.3 \text{ mm}$ <p>Tramo inferior:</p> $S = \sqrt{6875^2 + 4295^2}$ $= 8074.7 \text{ mm}$ $L_{ky} = 1 \cdot 8074.7$ $= 8074.7 \text{ mm}$	$i_{min} \geq \frac{8074.7}{2 \cdot 86.814}$ $= 46.51 \text{ mm}$	<p>Para el tramo inferior,</p> <p><b>SHS</b> <b>120x120x3.0</b></p>
<b>Viga perimetral</b>	$\bar{\lambda} < 4$ (Por considerarse elemento secundario y trabajar a tracción).	$L_k = \beta \cdot s$ $= 6000 \text{ mm}$ <p>donde <math>\beta=1</math> por tratarse de una barra biapoyada en sus extremos y <math>s= 6</math> metros, longitud de la barra que se extiende de un pórtico a otro.</p>	<p>Para ambos planos</p> $i_{min} \geq \frac{6000}{4 \cdot 86.814}$ $= 17.28 \text{ mm}$	<p>El primer perfil que cumple el radio de giro mínimo es el <b>IPE 160</b></p>

Asimismo, para poder realizar el cálculo en CYPE de los elementos estructurales, hay que aportarle al programa una serie de parámetros aparte del perfil que se ha predimensionado como se expone en la Tabla 6A. Estas variables son el pandeo lateral de las barras, el límite de flecha, los grupos de flecha y el pandeo en los planos XY y XZ.

En cuanto al pandeo lateral, ha de anularse en CYPE 3D, introduciendo  $\beta_v=0$  en ambos planos para toda la estructura, ya que por el tipo de esfuerzos que se producen en la estructura, esta no es susceptible de sufrirlo.

Con respecto a los parámetros relacionados con la flecha que se le aportan al programa, se recogen en la Tabla 7A:

Tabla 7A. Valores de parámetros relativos a flecha introducidos en CYPE 3D.

Elementos estructurales	Plano XY		Plano XZ	
	Flecha límite activa y relativa	Grupo de flecha	Flecha límite activa y relativa	Grupo de flecha
Pilares intermedios pórtico de fachada	L/300	Secante	L/300	Secante
Pilares exteriores pórtico de fachada	L/300	Secante	L/300	Tangente a nudo 1
Jácenas pórtico de fachada	L/300	Secante	L/300	Secante
Pilares pórtico interior	L/300	Secante	L/250	Tangente a nudo 1
Jácenas pórtico de fachada	L/300	Secante	L/300	Secante
Montantes y diagonales del arriostramiento de fachada y viga contraviento	L/300	Secante	L/300	Secante
Pilares del altillo	L/250	Tangente a nudo 1	L/250	Tangente a nudo 1
Vigas y viguetas del altillo	-	-	L/400	Secante

Por último, los valores introducidos en CYPE 3D de pandeo respecto de los planos XY y XZ se resumen en la siguiente tabla (Tabla 8A). Aun así, previo a exponer las comprobaciones para cada elemento, se explicará su cálculo más en detalle.

Tabla 8A. Valores de pandeo introducidos en CYPE 3D.

Elemento estructural	Plano XY			Plano XZ		
	$\beta$ de pandeo	Longitud de pandeo $L_k$	Coefficiente de momentos $C_m$	$\beta$ de pandeo	Longitud de pandeo $L_k$	Coefficiente de momentos $C_m$
Tramo superior de los pilares intermedios del pórtico de fachada	1	-	1	-	$0.7 \cdot 10.445 = 7.312$	0.55
Tramo inferior de los pilares intermedios del pórtico de fachada	0.7	-	1	-	$0.7 \cdot 10.445 = 7.312$	0.55
Tramo superior de los pilares exteriores del pórtico de fachada	1	-	1	1	-	1
Tramo inferior de los pilares exteriores del pórtico de fachada	0.7	-	1	0.7	-	1
Jácena del pórtico de fachada	-	$1 \cdot 1.88 = 1.88$	1	1	-	0.5
Tramo inferior del pilar unión de ambas fachadas de las naves	-	$0.7 \cdot 9 = 6.3$	0.55	0.7	-	1
Tramo superior del pilar unión de ambas fachadas de las naves	-	$0.7 \cdot 9 = 6.3$	0.55	1	-	1
Tramo inferior pilares exteriores de pórtico interior nave grande	0.7	-	1	1.37	$1.37 \cdot 9 = 12.33$	0.9
Tramo inferior de pilares exteriores de pórtico interior nave retranqueada	0.7	-	1	1.32	$1.32 \cdot 9 = 11.87$	0.9
Tramo inferior de pilares de pórtico interior compartidos por ambas naves	0.7	-	1	1.23	$1.23 \cdot 9 = 11.06$	0.9
Tramo superior pilares de pórtico interior	1	-	1	La del tramo inferior del pilar	La del tramo inferior del pilar	0.9
Jácena de los pórticos interiores	-	$1 \cdot 1.88 = 1.88$	1	-	1 x luz Nave grande: =27.5 Nave retranqueada: =22	0.65
Montantes diagonales y del arriostramiento Warren	1 (2 si el montante está dividido en 2 tramos)	-	1	1	-	1
Viga perimetral	0	-	0	0	-	0
Pilares del altillo	2	-	1	2	-	1
Vigas y viguetas del altillo	0	-	1	1	-	1

## 6.1. Pórtico de fachada

A continuación, se adjuntan las comprobaciones de los elementos contenidos en el pórtico de fachada de las piezas destacadas en naranja en la Ilustración 12A.

Las piezas seleccionadas son una jácena de fachada, un montante y una diagonal del arriostramiento de fachada y tres pilares, uno exterior, uno intermedio del pórtico de fachada y uno compartido por ambas fachadas.

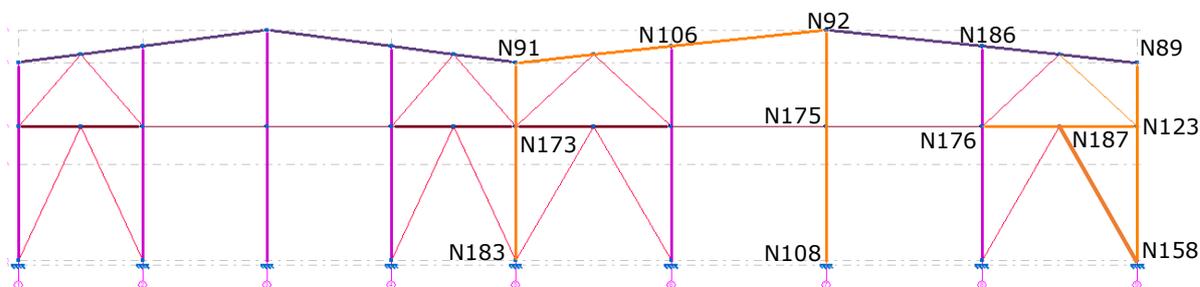


Ilustración 12A. Selección de barras del pórtico de fachada tipo.

### 6.1.1. Descripción de la geometría seleccionada

Los elementos del pórtico de fachada cuando se introdujeron en el software CYPE 3D fueron dotados de unas características que se resumen en la Tabla 6A, Tabla 7A y Tabla 8A.

Ahora se procede a explicar en detalle la obtención de las longitudes de pandeo en ambos planos para las barras seleccionadas, a partir de la información resumida en la Tabla 8A.

Para comenzar, debido a que la estructura se encuentra arriostrada en la fachada frontal, ciertas barras se dividen en tramos y por ello habrá que introducir unos parámetros de pandeo en cada uno de los tramos.

Esto ocurre en el caso de los pilares de fachada, como se observa en la Ilustración 12A. Los montantes del arriostramiento de la fachada frontal los dividen en dos tramos, uno superior y uno inferior. Por tanto, queda como se ve en la Ilustración 13A.

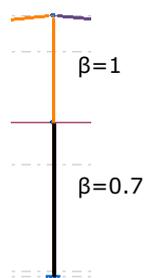


Ilustración 13A. Coeficientes de pandeo de pilares de fachada en el plano arriostrado XY.

Para el tramo inferior del pilar de esquina, en el plano XY y XZ se tiene una  $\beta$  de pandeo de 0.7 pues el pilar está empotrado en la base y apoyado en el montante del arriostramiento. El  $c_m$  (coeficiente del momento equivalente) toma valor de 1 en ambos planos.

Esto mismo ocurre con el tramo inferior de pilar intermedio en el plano XY, pero en cambio en el plano XZ, el pilar pandea como una única barra y por tanto habrá que obtener la longitud de pandeo equivalente con toda su longitud:  $L_k = 0.7 \cdot 10.445$ . El  $c_m$  en este plano es 0.55 por la forma del diagrama de flectores de la barra.

Para el pilar compartido por ambos pórticos, como está girado 90° respecto de los intermedios, la  $\beta$  de pandeo y  $c_m$  que los anteriores tenían en el plano XY, este la presenta en XZ. En el plano XY, pandea con toda su longitud. Por tanto, como antes, se halla la longitud de pandeo equivalente  $L_k=0.7 \cdot 9$  y el  $c_m$  es de 0.55 en este plano.

Para el tramo superior del pilar de esquina, al estar biapoyado, la  $\beta$  de pandeo que presenta es de 1 para ambos planos y un  $c_m$  del mismo valor.

Para el tramo superior del pilar intermedio, en el plano XY la  $\beta$  de pandeo y  $c_m$  son 1 pues en ese plano el pilar está atado y se encuentra biapoyado en la cumbrera y el montante. En cambio, en el plano XZ conserva los valores de su tramo inferior en ese plano ya que no tiene un punto de inflexión intermedio y pandea en toda la longitud.

Lo mismo ocurre con el tramo superior del pilar compartido, en el plano XZ la  $\beta$  de pandeo y  $c_m$  son 1 y en el XY conserva la longitud de pandeo del tramo inferior en ese plano.

Para la jácena del pórtico de fachada, en el plano XZ al estar biapoyada entre los pilares del pórtico de fachada, cada tramo tiene  $\beta$  de pandeo igual a 1 y  $c_m$ , 0.5. En el plano XY el pandeo está bastante restringido por las correas, la longitud de pandeo es precisamente la distancia entre correas de cubierta 1.88 m y  $c_m$ , 1.

Para las diagonales del arriostramiento, al ser barras biapoyadas, la  $\beta$  de pandeo en ambos planos y su  $c_m$  son 1. Para los montantes en el plano XZ pasa igual que para las diagonales, pero en el plano XY la  $\beta$  de pandeo es 2 ya que el montante está dividido en 2 tramos iguales por el apoyo de las diagonales sobre él, y pandea como una única barra en el plano como se observa en la Ilustración 14A.

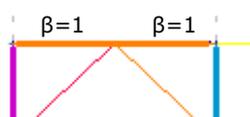


Ilustración 14A. Coeficientes de pandeo para el montante en el plano XZ.

Por último, en las siguientes tablas se incluyen las comprobaciones de dichas barras: Tabla 9A, Tabla 10A, Tabla 11A.

Tabla 9A. Descripción de las barras seleccionadas del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Descripción							
Material Tipo	Material Designación	Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$
		N123/N89	N88/N89	IPE 270 (IPE)	2.850	1.00	1.00
		N183/N173	N90/N91	IPE 500 (IPE)	5.950	1.06	0.70
		N184/N106	N91/N92	IPE 160 (IPE)	3.456	0.54	1.00
		N108/N175	N108/N92	IPE 270 (IPE)	6.150	0.70	1.19
		N175/N92	N108/N92	IPE 270 (IPE)	4.295	1.00	1.70

Descripción							
Material Tipo	Designación	Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$
		N123/N186	N123/N186	SHS 80x3.0 (Cold Formed SHS)	4.704	1.00	1.00
		N158/N187	N158/N187	SHS 120x3.0 (Cold Formed SHS)	6.872	1.00	1.00

### 6.1.2. Comprobaciones a flecha

Tabla 10A. Comprobaciones de flecha de barras seleccionadas del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
	N88/N89	3.175	16.33	3.547	1.52	3.175	26.38	3.547
	3.175	L/382.2	3.547	L(>1000)	3.175	L/382.2	3.547	L(>1000)
N90/N91	5.406	25.54	2.431	0.09	5.406	46.34	2.431	0.18
	5.406	L/348.3	2.431	L(>1000)	5.406	L/348.3	2.431	L(>1000)
N91/N92	10.369	11.60	10.715	22.45	10.715	19.99	10.715	33.70
	10.715	L/599.3	10.715	L/309.1	10.715	L/599.3	10.715	L/309.3
N108/N92	5.381	0.35	6.150	20.51	4.997	0.58	6.150	40.65
	5.381	L(>1000)	6.150	L/489.1	5.381	L(>1000)	6.150	L/489.2
N123/N176	4.512	0.00	3.438	0.15	4.512	0.00	3.438	0.27
	-	L(>1000)	3.438	L(>1000)	-	L(>1000)	3.438	L(>1000)
N123/N186	3.822	0.00	2.352	1.76	4.116	0.00	2.352	1.76
	-	L(>1000)	2.352	L(>1000)	-	L(>1000)	2.352	L(>1000)
N158/N187	4.295	0.00	3.436	2.36	4.295	0.00	3.436	2.36
	-	L(>1000)	3.436	L(>1000)	-	L(>1000)	3.436	L(>1000)

### 6.1.3. Comprobaciones E.L.U.

Tabla 11A. Comprobaciones de E.L.U. de barras seleccionadas del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado			
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_v$	$M_z$	$V_z$	$V_v$	$M_v M_z$	$M_z V_v$	$N M_v M_z$	$N M_v M_z V_v$	$M_t$		$M_v M_z$	$M_v V_v$	
N158/N123	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.95 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 18.1$	x: 0 m $\eta = 9.8$	x: 0 m $\eta = 52.0$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 3.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 76.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 76.9$	
N123/N89	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.85 m $\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 6.5$	x: 0 m $\eta = 41.0$	x: 0 m $\eta = 2.6$	x: 0 m $\eta = 2.3$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 45.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 45.7$	
N183/N173	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.95 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 3.4$	x: 0 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 53.7$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 2.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 84.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.9$	
N184/N106	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.456 m $\eta = 26.9$	x: 0 m $\eta = 17.0$	x: 3.456 m $\eta = 46.4$	x: 3.456 m $\eta = 12.6$	x: 3.456 m $\eta = 6.8$	x: 3.456 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.456 m $\eta = 73.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 73.4$	
N108/N175	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.15 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 15.5$	x: 0 m $\eta = 73.6$	x: 0 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 12.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 75.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 75.4$	
N175/N92	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 4.295 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 11.0$	x: 0.43 m $\eta = 37.7$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 4.295 m $\eta = 6.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 39.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.8$	
N123/N187	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.215 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$\eta = 8.8$	$\eta = 11.3$	x: 3.438 m $\eta = 1.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.438 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$\eta < 0.1$	x: 0.215 m $\eta = 12.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 3.438 m $\eta = 12.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 12.1$
N123/N186	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.294 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 4.704 m $\eta = 13.8$	x: 0 m $\eta = 75.5$	x: 2.352 m $\eta = 2.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$\eta < 0.1$	x: 0.294 m $\eta = 79.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 2.352 m $\eta = 79.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 79.7$
N158/N187	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.429 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.872 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 31.9$	x: 3.436 m $\eta = 3.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$\eta < 0.1$	x: 0.429 m $\eta = 35.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 3.436 m $\eta = 35.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.2$

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.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (5) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 6.2. Pórtico interior

Seguidamente, se adjuntan las comprobaciones de los elementos contenidos en el pórtico interior de las piezas destacadas en naranja en la Ilustración 15A.

Los elementos seleccionados son dos jácenas, una del pórtico interior de la nave retranqueada y la otra de la nave de mayor tamaño. También se estudiará un pilar exterior de las naves.

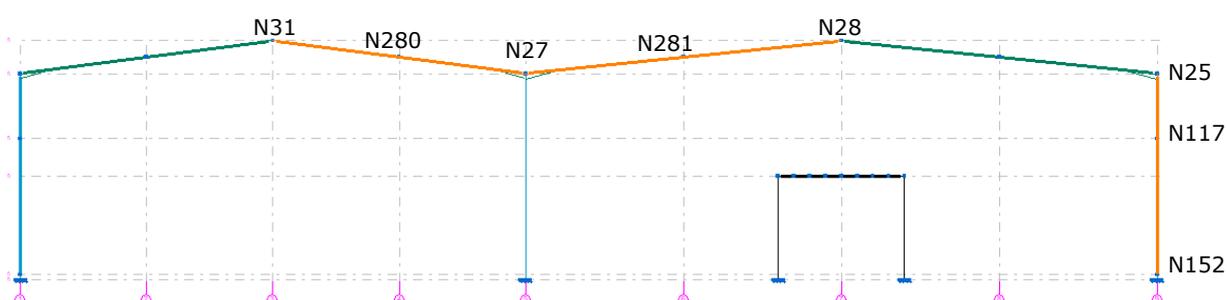


Ilustración 15A. Selección de barras del pórtico interior tipo.

### 6.2.1. Descripción de la geometría seleccionada

Del mismo modo que en el apartado anterior, se procede a detallar la obtención de las longitudes de pandeo. Esta dinámica se repetirá en los sucesivos apartados antes de mostrar las tablas de comprobación de los elementos representativos.

Igual que para el pórtico de fachada, debido a que la estructura se encuentra arriostrada pero ahora por el arriostramiento de fachada lateral, ciertas barras se dividen en tramos y por ello habrá que introducir unos parámetros de pandeo en cada uno de los tramos, superior e inferior. Esto ocurre en el caso de los pilares extremos del pórtico interior, como se observa en la Ilustración 16A.

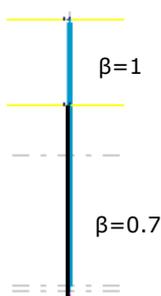


Ilustración 16A. Coeficientes de pandeo de pilares interiores en el plano arriostrado XY.

Para el tramo inferior del pilar exterior y compartido del pórtico interior, en el plano XY se tiene una  $\beta$  de pandeo de 0.7 pues el pilar está empotrado en la base y apoyado en el montante del arriostramiento. El  $c_m$  (coeficiente del momento equivalente) toma valor de 1 en este plano. En cambio, lo que ocurre en el plano XZ es que el pilar completo se encuentra unido rígidamente a la jácena y, por tanto, no se puede

obtener la  $\beta$  de pandeo recurriendo a un caso canónico. Habrá que emplear el método de cálculo general. Sabiendo que el pilar se encuentra en un plano traslacional y que está empotrado en la base (su coeficiente de distribución inferior  $\eta_2$  es 0), bastará obtener el coeficiente de distribución superior para hallar la  $\beta$  de pandeo aplicando las ecuaciones (14A) y (15A) (en función de los coeficientes de rigideces de las barras afectadas):

$$\eta_1 = \frac{L}{L+1.5 \cdot h} \quad (14A)$$

donde L es la luz del pórtico y h la altura del pilar.

$$\beta = \sqrt{\frac{1-0.2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0.12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1-0.8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0.6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}} \quad (15A)$$

Mediante las anteriores ecuaciones se obtiene la  $\beta$  de pandeo, su valor diferirá para las naves entre sí puesto que depende de la luz de los pórticos.

Una vez obtenida la  $\beta$ , como en ese plano pandea como una única barra, se obtendrá la longitud de pandeo como  $\beta \cdot h$  (9m). El coeficiente del momento equivalente para este plano se toma 0.9 puesto que la longitud de pandeo es superior a la longitud de la misma barra.

Para el pilar interior compartido por ambos pórticos, se sigue el mismo procedimiento. En el plano XY toma los mismos valores y para el XZ se obtienen como antes, el coeficiente de distribución superior y la  $\beta$  de pandeo. Para hallar el  $\eta_1$  se aplica la siguiente fórmula (16A).

$$\eta_1 = \frac{L}{L+3 \cdot h} \quad (16A)$$

El ligero cambio producido en la fórmula es debido a que esta segunda, al ser de un pilar compartido, su cabeza está unida a dos jácenas y, por tanto, se toma el coeficiente de rigidez de ambas ( $3 = 2 \cdot 1.5$ ).

Para hallar la  $\beta$  de pandeo se aplica la ecuación (15A) como antes, pero con el nuevo valor de  $\eta_1$ . Se obtiene la longitud de pandeo  $\beta \cdot h$  (9m). El coeficiente del momento equivalente para este plano se toma 0.9 puesto que es superior a la longitud de la misma barra.

Para el tramo superior de estos pilares del pórtico interior, en el plano XY el tramo se encuentra biapoyado entre los montantes del arriostramiento o vigas perimetrales de la fachada, por ello la  $\beta$  de pandeo que presenta es de 1 y un  $c_m$  del mismo valor. En el plano XZ se conserva la longitud de pandeo del tramo inferior de cada pilar.

Para la jácena del pórtico interior, en el plano XZ la jácena pandea como una única barra con toda su longitud, por lo que se toma la luz del pórtico como longitud de pandeo equivalente 27.5 m para los de la nave grande y 22 m para los de la retranqueada. Se estima un  $c_m$  de 0.65. En el plano XZ el pandeo está bastante restringido por las correas, la longitud de pandeo es precisamente la distancia entre correas de cubierta 1.88 m y  $c_m$  1.

Por último, en las siguientes tablas se incluyen las comprobaciones de las barras seleccionadas para el pórtico interior: Tabla 12A, Tabla 13A y Tabla 14A.

Tabla 12A. Descripción de las barras seleccionadas del pórtico interior. (CYPE 3D)

Descripción							
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	N24/N152	N24/N25	IPE 500 (IPE)	0.200	0.14	1.23
		N152/N117	N24/N25	IPE 500 (IPE)	5.950	0.70	2.07
		N117/N25	N24/N25	IPE 500 (IPE)	2.850	1.00	4.33
		N27/N281	N27/N28	IPE 450 (IPE)	6.913	0.27	3.98
		N281/N28	N27/N28	IPE 450 (IPE)	6.913	0.27	3.98
		N27/N280	N27/N31	IPE 360 (IPE)	5.547	0.34	3.97
		N280/N31	N27/N31	IPE 360 (IPE)	5.547	0.34	3.97

### 6.2.2. Comprobaciones a flecha

Tabla 13A. Comprobaciones de flecha de barras seleccionadas del pórtico interior. (CYPE 3D)

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N24/N25	6.150	0.10	7.575	14.03	6.354	0.17	7.779	25.90
	6.150	L(>1000)	7.575	L/641.5	6.150	L(>1000)	7.575	L/642.0
N27/N28	8.295	0.63	8.987	10.71	8.295	0.87	8.641	18.88
	1.501	L(>1000)	8.987	L(>1000)	1.501	L(>1000)	8.987	L(>1000)
N27/N31	6.934	0.81	4.468	7.75	5.825	1.19	6.657	13.73
	6.934	L(>1000)	7.489	L(>1000)	6.934	L(>1000)	7.489	L(>1000)

### 6.2.3. Comprobaciones E.L.U.

Tabla 14A. Comprobaciones de E.L.U. de barras seleccionadas del pórtico interior. (CYPE 3D)

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_t V_z$	$M_y V_y$	
N24/N152	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.2 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 50.7$	x: 0 m $\eta = 2.8$	$\eta = 8.3$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 54.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 8.3$	$\eta = 1.0$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.9$
N152/N117	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.95 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 7.9$	x: 0 m $\eta = 48.1$	x: 0 m $\eta = 0.5$	$\eta = 8.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 52.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 8.3$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 52.2$
N117/N25	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.85 m $\eta = 1.0$	x: 0 m $\eta = 5.0$	x: 2.85 m $\eta = 66.8$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta = 8.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.85 m $\eta = 70.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 8.3$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 70.1$
N27/N281	x: 1.499 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.469 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.499 m $\eta = 2.9$	x: 1.499 m $\eta = 25.5$	x: 1.501 m $\eta = 60.6$	x: 0 m $\eta = 0.9$	x: 1.501 m $\eta = 10.4$	x: 1.499 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.501 m $\eta = 72.0$	$\eta < 0.1$	x: 1.499 m $\eta = 1.0$	x: 1.501 m $\eta = 10.4$	x: 1.499 m $\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 72.0$
N281/N28	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 6.913 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 17.2$	x: 5.185 m $\eta = 34.9$	x: 0 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 5.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.185 m $\eta = 42.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 5.0$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 42.3$
N27/N280	x: 1.499 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.374 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.499 m $\eta = 3.9$	x: 1.499 m $\eta = 30.2$	x: 1.501 m $\eta = 68.5$	x: 1.499 m $\eta = 1.3$	x: 1.501 m $\eta = 11.4$	x: 1.499 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.501 m $\eta = 85.2$	$\eta < 0.1$	x: 1.501 m $\eta = 0.7$	x: 1.501 m $\eta = 11.4$	x: 1.499 m $\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 85.2$
N280/N31	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.547 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 18.3$	x: 4.16 m $\eta = 24.6$	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 5.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.16 m $\eta = 36.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 5.6$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 36.1$

### 6.3. Fachada lateral (arriostramiento y viga perimetral)

Más adelante se adjuntan las comprobaciones de los elementos contenidos en la fachada lateral de las piezas destacadas en naranja en la Ilustración 17A.

Los elementos que han sido seleccionados son: un montante, dos diagonales de la fachada lateral y una viga perimetral.

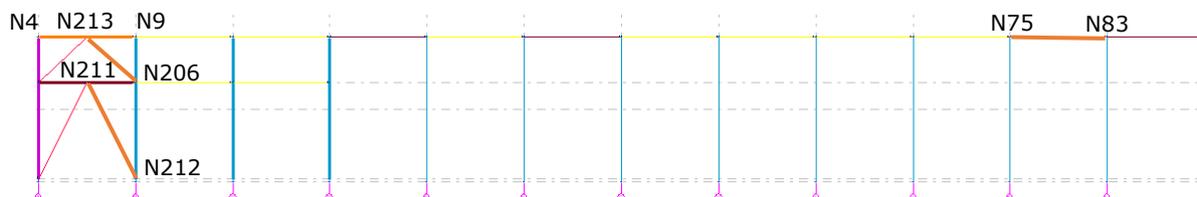


Ilustración 17A. Selección de barras de la fachada lateral tipo.

#### 6.3.1. Descripción de la geometría seleccionada

En las diagonales del arriostramiento de fachada lateral, al ser barras biapoyadas, la  $\beta$  de pandeo en ambos planos y su  $c_m$  son 1. Para los montantes en el plano XZ ocurre igual que para las diagonales, pero en el plano XY, la  $\beta$  de pandeo es 2 ya que el montante está dividido en 2 tramos iguales por el apoyo de las diagonales sobre él, y pandea como una única barra en el plano. Esto es, exactamente igual que en la fachada frontal.

Por otro lado, la viga perimetral trabaja a tracción. Al no estar sometida a compresión, el fenómeno de pandeo no repercute sobre ella y se le asigna  $\beta = 0$  en ambos planos.

Por último, en las siguientes tablas se incluyen las comprobaciones de dichas barras: Tabla 15A, Tabla 16A y Tabla 17A.

Tabla 15A. Descripción de las barras seleccionadas de la fachada lateral. (CYPE 3D)

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$		
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	N4/N213	N4/N9	SHS 120x3.0 (Cold Formed SHS)	3.000	2.00	1.00		
		N213/N9	N4/N9	SHS 120x3.0 (Cold Formed SHS)	3.000	2.00	1.00		
		N75/N83	N75/N83	IPE 160 (IPE)	6.000	0.00	0.00		
		N212/N211	N212/N211	SHS 120x3.0 (Cold Formed SHS)	6.664	1.00	1.00		
		N206/N213	N206/N213	SHS 80x3.0 (Cold Formed SHS)	4.138	1.00	1.00		

### 6.3.2. Comprobaciones a flecha

Tabla 16A. Comprobaciones de flecha de barras seleccionadas de la fachada lateral. (CYPE 3D)

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N4/N9	2.357 -	0.00 L/(>1000)	4.714 4.714	0.07 L/(>1000)	2.571 -	0.00 L/(>1000)	4.714 4.714	0.08 L/(>1000)
N75/N83	5.625 -	0.00 L/(>1000)	3.000 3.000	1.44 L/(>1000)	5.625 -	0.00 L/(>1000)	3.000 3.000	1.44 L/(>1000)
N212/N211	5.831 -	0.00 L/(>1000)	3.332 3.332	1.88 L/(>1000)	5.831 -	0.00 L/(>1000)	3.332 3.332	1.88 L/(>1000)
N206/N213	2.328 -	0.00 L/(>1000)	2.069 2.069	1.05 L/(>1000)	2.328 -	0.00 L/(>1000)	2.069 2.069	1.04 L/(>1000)

### 6.3.3. Comprobaciones E.L.U.

Tabla 17A. Comprobaciones de E.L.U. de barras seleccionadas de la fachada lateral. (CYPE 3D)

Barras	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>
N4/N213	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.214 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$\eta = 0.4$	$\eta = 1.9$	x: 3 m $\eta = 1.3$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 3 m $\eta = 0.3$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.214 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3 m $\eta = 2.9$	x: 0.214 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> $\eta = 2.9$
N213/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$\eta = 15.0$	$\eta = 44.8$	x: 0 m $\eta = 1.3$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 45.8$	x: 0 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> $\eta = 45.8$
N75/N83	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.375 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$\eta = 14.4$	$\eta = 17.3$	x: 3 m $\eta = 2.9$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.4$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.375 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3 m $\eta = 20.2$	x: 0.375 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> $\eta = 20.2$
N212/N211	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.416 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.664 m $\eta = 19.6$	x: 0 m $\eta = 87.8$	x: 3.332 m $\eta = 2.6$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.416 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.332 m $\eta = 90.0$	x: 0.416 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> $\eta = 90.0$
N206/N213	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.259 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 4.138 m $\eta = 15.7$	x: 0 m $\eta = 54.7$	x: 2.069 m $\eta = 2.2$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.259 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 2.069 m $\eta = 56.5$	x: 0.259 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> $\eta = 56.5$

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.

### 6.4. Cubierta

Después, se adjuntan las comprobaciones de los elementos contenidos en la cubierta de las piezas destacadas en naranja en la Ilustración 18A.

Los elementos representativos pertenecen a la viga contraviento tipo Warren y son una diagonal y un montante.

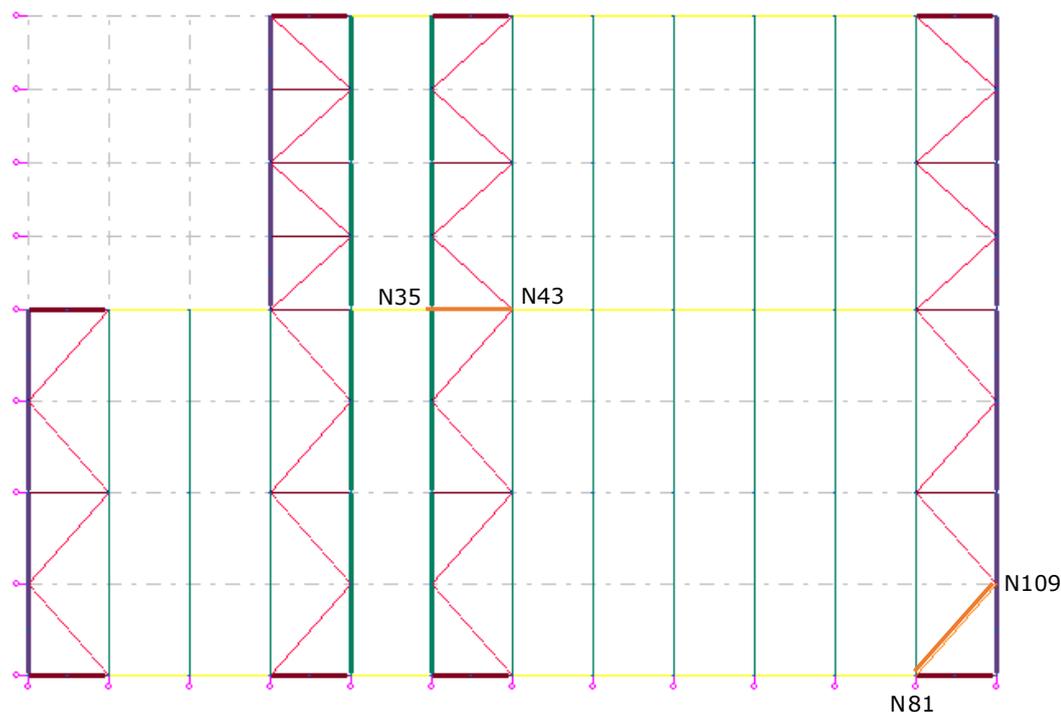


Ilustración 18A. Selección de barras de la cubierta.

#### 6.4.1. Descripción de la geometría seleccionada

El pandeo en la viga contraviento se asemeja al del arrostramiento de las fachadas.

En este caso, todas las diagonales y montantes son barras biapoyadas en ambos planos y no se encuentran divididas en tramos, por lo que la  $\beta$  de pandeo en ambos planos y su  $c_m$  son 1.

En las siguientes tablas se incluyen las comprobaciones de las barras seleccionadas: Tabla 18A, Tabla 19A y Tabla 20A.

Tabla 18A. Descripción de las barras seleccionadas de la cubierta. (CYPE 3D)

Descripción							
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	N81/N109	N81/N109	SHS 140x4.0 (Cold Formed SHS)	9.154	1.00	1.00
		N35/N43	N35/N43	SHS 120x3.0 (Cold Formed SHS)			

#### 6.4.2. Comprobaciones a flecha

Tabla 19A. Comprobaciones de flecha de barras seleccionadas de la cubierta. (CYPE 3D)

Flechas									
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz		
	Pos. (m)	Flecha (mm)							
	N81/N109	8.581 -	0.00 L/(>1000)	4.577 4.577	10.98 L/833.5	8.581 -	0.00 L/(>1000)	4.577 4.577	10.97 L/834.3
N35/N43	4.125 -	0.00 L/(>1000)	3.000 3.000	2.75 L/(>1000)	4.875 -	0.00 L/(>1000)	3.000 3.000	2.75 L/(>1000)	

### 6.4.3. Comprobaciones E.L.U.

Tabla 20A. Comprobaciones de E.L.U. de barras seleccionadas de la cubierta. (CYPE 3D)

Barras	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>
N81/N109	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.572 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 9.154 m $\eta = 12.1$	x: 0 m $\eta = 59.9$	x: 4.577 m $\eta = 8.2$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.6$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.572 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.577 m $\eta = 67.0$	x: 0.572 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> $\eta = 67.0$
N35/N43	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.375 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 19.0$	$\eta = 62.4$	x: 3 m $\eta = 4.7$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.4$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.375 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3 m $\eta = 68.9$	x: 0.375 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> $\eta = 68.9$

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.

### 6.5. Altillo

A continuación, se adjuntan las comprobaciones de los elementos contenidos en el altillo, en concreto, de las piezas destacadas en naranja en la Ilustración 19A.

Las piezas seleccionadas son dos viguetas, los tramos de viga más solicitados y un pilar del altillo.

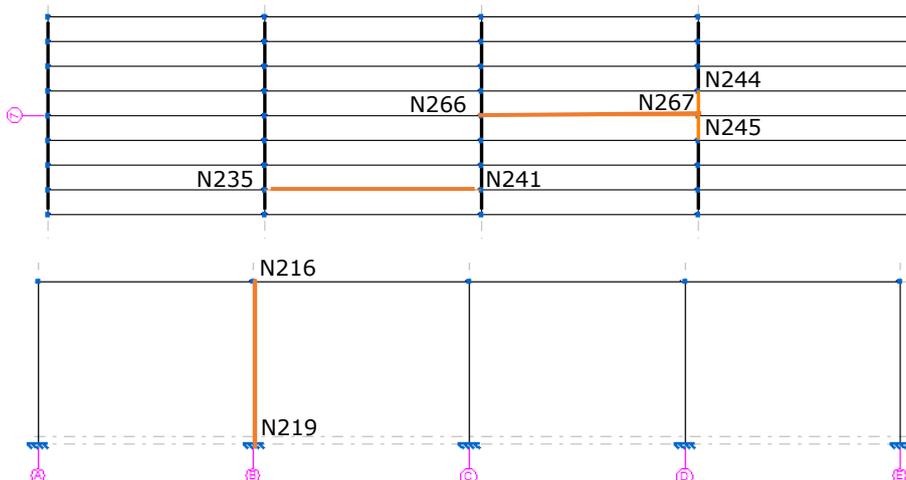


Ilustración 19A. Selección de barras del altillo.

Por último, en las siguientes tablas se incluyen las comprobaciones de dichas barras: Tabla 21A, Tabla 22A y Tabla 23A.

#### 6.5.1. Descripción de la geometría seleccionada

Los elementos del altillo, en concreto, los pilares, vigas y viguetas, cuando se modelaron se les asignaron las características que se resumen en la Tabla 6A, Tabla 7A y Tabla 8A.

Tabla 21A. Descripción de las barras seleccionadas del atillo. (CYPE 3D)

Descripción							
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil (Serie)	Longitud (m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	N219/N216	N219/N216	HE 220 B (HEB)	4.500	2.00	2.00
		N235/N241	N235/N241	IPE 220 (IPE)	6.000	0.00	1.00
		N245/N267	N257/N214	IPE 330 (IPE)	0.690	0.00	1.00
		N267/N244	N257/N214	IPE 330 (IPE)	0.685	0.00	1.00
		N266/N267	N266/N267	IPE 220 (IPE)	6.000	0.00	1.00

### 6.5.2. Comprobaciones a flecha

Tabla 22A. Comprobaciones de flecha de barras seleccionadas del atillo. (CYPE 3D)

Flechas									
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz		
	Pos. (m)	Flecha (mm)							
	N219/N216	4.500	8.81	3.094	1.97	4.500	15.05	3.094	1.97
	4.500	L/510.8	3.094	L/(>1000)	4.500	L/510.8	3.094	L/(>1000)	
N235/N241	4.800	0.00	3.000	12.93	4.800	0.00	3.000	12.91	
	-	L/(>1000)	3.000	L/464.2	-	L/(>1000)	3.000	L/464.7	
N245/N244	0.690	0.34	0.690	0.67	0.690	0.55	0.690	0.67	
	0.690	L/(>1000)	0.690	L/(>1000)	0.690	L/(>1000)	0.690	L/(>1000)	
N266/N267	1.875	0.00	3.000	10.15	1.875	0.00	3.000	10.14	
	-	L/(>1000)	3.000	L/591.0	-	L/(>1000)	3.000	L/591.5	

### 6.5.3. Comprobaciones E.L.U.

Tabla 23A. Comprobaciones de E.L.U. de barras seleccionadas del atillo. (CYPE 3D)

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w1}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	
N219/N216	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w1} \leq \lambda_{w1,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 29.3$	$x: 4.5 \text{ m}$ $\eta = 39.2$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 10.6$	$\eta = 6.6$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 4.5 \text{ m}$ $\eta = 54.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta = 6.6$	$\eta = 0.2$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.9$
N235/N241	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.3 \text{ m}$ $\lambda_{w1} \leq \lambda_{w1,max}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 3 \text{ m}$ $\eta = 54.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$x: 6 \text{ m}$ $\eta = 11.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$x: 0.3 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	$x: 3 \text{ m}$ $\eta = 54.3$	$x: 0.3 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.3$
N245/N267	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w1} \leq \lambda_{w1,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$\eta = 2.5$	$x: 0.69 \text{ m}$ $\eta = 87.0$	$x: 0.69 \text{ m}$ $\eta = 8.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 6.0$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.69 \text{ m}$ $\eta = 94.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 94.6$
N267/N244	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w1} \leq \lambda_{w1,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$\eta = 2.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 87.0$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 8.4$	$x: 0.685 \text{ m}$ $\eta = 6.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 94.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 94.6$
N266/N267	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.375 \text{ m}$ $\lambda_{w1} \leq \lambda_{w1,max}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.3$	$x: 3 \text{ m}$ $\eta = 55.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 11.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$x: 0.375 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	$x: 3 \text{ m}$ $\eta = 55.9$	$x: 0.375 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 55.9$

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 flector.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (6) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 6.6. Correas

### Correas en cubierta

Las correas de cubierta han sido diseñadas en el módulo del Generador de Pórticos. Los datos que se han aportado para ello están presentes en la Tabla 24A.

Tabla 24A. Datos de correas en cubierta (CYPE 3D)

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-180x3.0 (perfil que cumple de menor peso)	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.88 m	Número de vanos: Tres vanos
Tipo de Acero: S235 (conformado en frío)	Tipo de fijación: Fijación rígida

A continuación, se adjuntan las comprobaciones de resistencia (Tabla 26A) y de flecha.

#### 6.6.1. Comprobación de resistencia

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones de resistencia, con un porcentaje de aprovechamiento del 78.53 %.

Tabla 25A. Características de las correas de cubierta (CYPE3D)

Barra pésima en cubierta

Perfil: CF-180x3.0 Material: S235										
	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> )	y <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	
		0.935, 72.000, 9.098	0.935, 66.000, 9.098	6.000	9.60	457.60	44.45	0.29	-12.47	0.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad										
	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	6.000		0.000		0.000			
	C <sub>1</sub>	-		1.000						
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico										

Tabla 26A. Comprobaciones de las correas de cubierta (CYPE3D)

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	N <sub>c</sub> M <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> NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>		
pésima en cubierta	b / t ≤ (b / t) <sub>Máx.</sub> Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 6 m η = 78.5	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 6 m η = 13.7	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 78.5	

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (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 flexión biaxial para ninguna combinación.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

<sup>(8)</sup> No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

<sup>(9)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

<sup>(10)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Relación anchura / espesor** (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

$$h/t \leq 250 \qquad h / t : \underline{56.0} \quad \checkmark$$

$$b/t \leq 90 \qquad b / t : \underline{16.0} \quad \checkmark$$

$$c/t \leq 30 \qquad c / t : \underline{4.7} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$0.2 \leq c/b \leq 0.6 \qquad c / b : \underline{0.292}$$

Donde:

<b>h</b> : Altura del alma.	<b>h</b> : <u>168.00</u> mm
<b>b</b> : Ancho de las alas.	<b>b</b> : <u>48.00</u> mm
<b>c</b> : Altura de los rigidizadores.	<b>c</b> : <u>14.00</u> mm
<b>t</b> : Espesor.	<b>t</b> : <u>3.00</u> mm

**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.

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión. Eje Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.785} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.935, 66.000, 9.098, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V(0°) H1.

$$M_{y,Ed} : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \qquad M_{y,Ed}^+ : \underline{8.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$$M_{y,Ed} : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \qquad M_{y,Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

La resistencia de cálculo a flexión  $M_{c,Rd}$  viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} \qquad M_{c,Rd} : \underline{11.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

<b>W<sub>el</sub></b> : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión.	<b>W<sub>el</sub></b> : <u>50.84</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yb</sub></b> : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>yb</sub></b> : <u>235.00</u> MPa
<b>γ<sub>M0</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M0</sub></b> : <u>1.05</u>

**Resistencia a pandeo lateral del ala superior:** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

**Resistencia a pandeo lateral del ala inferior:** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión. Eje Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión biaxial** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.137} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.935, 66.000, 9.098, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V(0°) H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 9.30 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>b,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}} \quad V_{b,Rd} : \quad \underline{67.90} \quad \text{kN}$$

Donde:

<b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.	<b>h<sub>w</sub></b> : <u>174.36</u> mm
<b>t</b> : Espesor.	<b>t</b> : <u>3.00</u> mm
<b>φ</b> : Ángulo que forma el alma con la horizontal.	<b>φ</b> : <u>90.0</u> grados
<b>f<sub>bv</sub></b> : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.	

$$\bar{\lambda}_w \leq 0.83 \rightarrow f_{bv} = 0.58 \cdot f_{yb} \quad f_{bv} : \quad \underline{136.30} \quad \text{MPa}$$

Siendo:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \bar{\lambda}_w : \quad \underline{0.67}$$

Donde:

<b>f<sub>yb</sub></b> : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>yb</sub></b> : <u>235.00</u> MPa
<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : <u>210000.00</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 tracción y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a compresión y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante, axil y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### 6.6.2. Comprobación de flecha

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones de flecha, con un porcentaje de aprovechamiento del 94.46 %.

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(180°) H1 a una distancia 3 m del origen en el tercer vano de la correa.

### Correas en laterales

Las correas de las fachadas laterales han sido diseñadas en el módulo del Generador de Pórticos.

Los datos que se han aportado para ello están presentes en la Tabla 27A.

Tabla 27A. Datos de correas en laterales (CYPE 3D)

Datos de correas laterales	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-180x3.0 (el mismo que para cubierta)	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.20 m	Número de vanos: Un vano (para poder colocar puertas en cualquier vano)
Tipo de Acero: S235 (conformado en frío)	Tipo de fijación: Fijación rígida

A continuación, se adjuntan las comprobaciones de resistencia (Tabla 29A) y de flecha.

### 6.6.3. Comprobación de resistencia

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones de resistencia, con un porcentaje de aprovechamiento del 61.40 %.

Tabla 28A. Características de las correas de los laterales (CYPE3D)

Barra pésima en lateral

Perfil: CF-180x3.0 Material: S235										
	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> )	y <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	
		0.000, 72.000, 0.600	0.000, 66.000, 0.600	6.000	9.60	457.60	44.45	0.29	-12.47	0.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad										
	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	6.000	0.000		0.000					
C <sub>i</sub>	-		1.000							
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>i</sub> : Factor de modificación para el momento crítico										

Tabla 29A. Comprobaciones de las correas de los laterales (CYPE3D)

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	N <sub>c</sub> M <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> NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> zV <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	
pésima en lateral	b / t ≤ (b / t) <sub>máx.</sub> Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3 m η = 61.4	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0 m η = 7.1	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 61.4

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (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 flexión biaxial para ninguna combinación.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Relación anchura / espesor** (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

$$h/t \leq 250$$

$$h / t : \underline{56.0} \quad \checkmark$$

$$b/t \leq 90$$

$$b / t : \underline{16.0} \quad \checkmark$$

$$c/t \leq 30$$

$$c / t : \underline{4.7} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$0.2 \leq c/b \leq 0.6$$

$$c / b : \underline{0.292}$$

Donde:

<b>h</b> : Altura del alma.	<b>h</b> : <u>168.00</u> mm
<b>b</b> : Ancho de las alas.	<b>b</b> : <u>48.00</u> mm
<b>c</b> : Altura de los rigidizadores.	<b>c</b> : <u>14.00</u> mm
<b>t</b> : Espesor.	<b>t</b> : <u>3.00</u> mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

**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.

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión. Eje Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.614} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

**M<sub>y,Ed</sub>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{y,Ed^+} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo 0.000, 72.000, 0.600, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V(90°) H1.

**M<sub>y,Ed</sub>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{y,Ed^-} : \underline{6.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

La resistencia de cálculo a flexión **M<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

$$\mathbf{M}_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$$\mathbf{M}_{c,Rd} : \underline{11.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión.

$$\mathbf{W}_{el} : \underline{50.84} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yb</sub>**: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_{yb} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a flexión. Eje Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión biaxial** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.071} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 72.000, 0.600, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V(90°) H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.81} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>b,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{b,Rd} : \underline{67.90} \text{ kN}$$

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma.

$$h_w : \underline{174.36} \text{ mm}$$

**t**: Espesor.

$$t : \underline{3.00} \text{ mm}$$

**φ**: Ángulo que forma el alma con la horizontal.

$$\phi : \underline{90.0} \text{ grados}$$

**f<sub>bv</sub>**: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$\bar{\lambda}_w \leq 0.83 \rightarrow f_{bv} = 0.58 \cdot f_{yb}$$

$$f_{bv} : \underline{136.30} \text{ MPa}$$

Siendo:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$$\bar{\lambda}_w : \underline{0.67}$$

Donde:

**f<sub>yb</sub>**: Límite elástico del material base.  
(CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a tracción y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a compresión y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante, axil y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### 6.6.4. Comprobación de flecha

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones de flecha, con un porcentaje de aprovechamiento del 90.13 %.

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00\*G1 + 1.00\*G2 + 1.00\*V(90°) H1 a una distancia 3 m del origen en el primer vano de la correa.

## 6.7. Placas de anclaje

En este apartado se exponen las comprobaciones de los tres tipos de placas de anclaje que posee la estructura. Estas comprobaciones se basan en el cumplimiento de los Estados Límite Últimos de agotamiento del apoyo, de agotamiento de la placa a flexión, de agotamiento de los pernos y del anclaje de los pernos.

Las placas de anclaje son diseñadas con pernos de acero corrugado, anclaje por patilla a 90° y fijación entre pernos y placa mediante arandela y tuerca.

La distribución de placas de anclaje a lo largo de la nave se muestra en la Ilustración 20A.

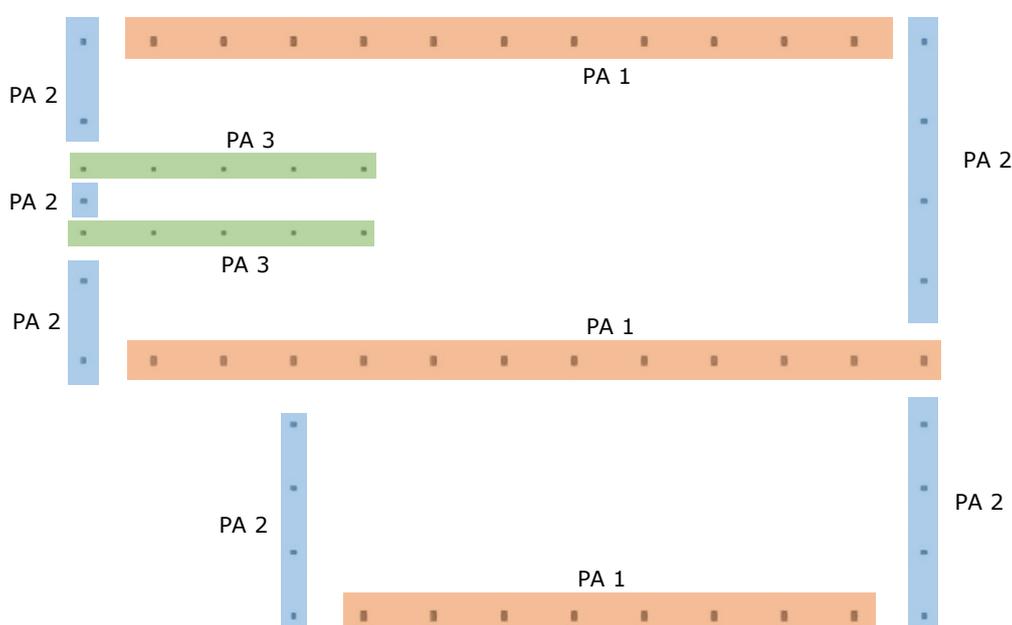


Ilustración 20A. Identificación placas de anclaje de la estructura.

### 6.7.1. Comprobaciones en placas de anclaje

En cada placa de anclaje se realizan las siguientes comprobaciones (asumiendo la hipótesis de placa rígida):

#### 1. Hormigón sobre el que apoya la placa

Se comprueba que la tensión de compresión en la interfaz placa de anclaje-hormigón es menor a la tensión admisible del hormigón según la naturaleza de cada combinación.

#### 2. Pernos de anclaje

a) Resistencia del material de los pernos: Se descomponen los esfuerzos actuantes sobre la placa en axiles y cortantes en los pernos y se comprueba que ambos esfuerzos, por separado y con interacción entre ellos (tensión de Von Mises), producen tensiones menores a la tensión límite del material de los pernos.

b) Anclaje de los pernos: Se comprueba el anclaje de los pernos en el hormigón de tal manera que no se produzca el fallo de deslizamiento por adherencia, arrancamiento del cono de rotura o fractura por esfuerzo cortante (aplastamiento).

c) Aplastamiento: Se comprueba que en cada perno no se supera el cortante que produciría el aplastamiento de la placa contra el perno.

### 3. Placa de anclaje

a) Tensiones globales: En placas con vuelo, se analizan cuatro secciones en el perímetro del perfil, y se comprueba en todas ellas que las tensiones de Von Mises sean menores que la tensión límite según la norma.

b) Flechas globales relativas: Se comprueba que en los vuelos de las placas no aparezcan flechas mayores que 1/250 del vuelo.

c) Tensiones locales: Se comprueban las tensiones de Von Mises en todas las placas locales en las que tanto el perfil como los rigidizadores dividen a la placa de anclaje propiamente dicha. Los esfuerzos en cada una de las subplacas se obtienen a partir de las tensiones de contacto con el hormigón y los axiles de los pernos. El modelo generado se resuelve por diferencias finitas.

### Placa de anclaje tipo 1:

La placa de anclaje presenta una geometría como la presente en la Ilustración 21A.

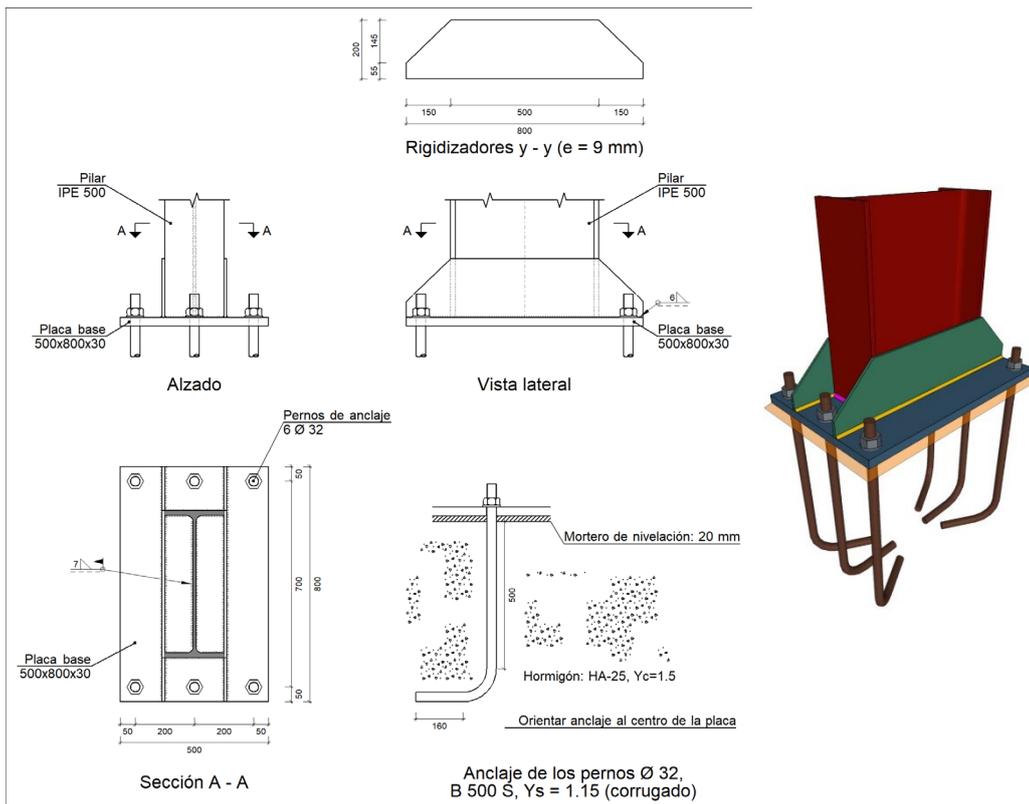
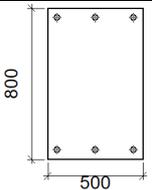
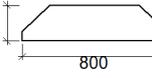


Ilustración 21A. Detalle placa de anclaje tipo 1, del pórtico interior. (CYPE 3D)

### 6.7.2. Descripción de los componentes de la unión

En la Tabla 30A, se muestran los diferentes componentes que constituyen la placa de anclaje, así como sus dimensiones.

Tabla 30A. Descripción y componentes de la placa de anclaje tipo 1, del pórtico interior. (CYPE 3D)

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)
Placa base		500	800	30	6	32	S275	275.0	410.0
Rigidizador		800	200	9	-	-	S275	275.0	410.0

Seguidamente, se muestra que la placa de anclaje en cuestión cumple todas las comprobaciones que se le realizan y se resumen en las siguientes tablas: Tabla 31A, Tabla 32A, Tabla 33A, Tabla 34A, Tabla 35A, Tabla 36A y Tabla 37A.

### 6.7.3. Comprobación de los cordones de soldadura con pilar IPE 500

#### Cordones de soldadura

Tabla 31A. Comprobaciones geométricas de la placa de anclaje tipo 1, del pórtico interior. (CYPE 3D)

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1548	10.2	90.00	

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Tabla 32A. Comprobaciones de resistencia de la placa de anclaje tipo 1, del pórtico interior. (CYPE 3D)

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

### 6.7.4. Comprobación de la placa de anclaje tipo 1:

Tabla 33A. Comprobación de la placa de anclaje tipo 1, del pórtico interior. (CYPE 3D)

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 96 mm Calculado: 200 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 92 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: 48.1	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 35 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 177.79 kN Calculado: 150.98 kN Máximo: 124.45 kN Calculado: 14.69 kN Máximo: 177.79 kN Calculado: 171.96 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 255.69 kN Calculado: 150.98 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 191.043 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 502.86 kN Calculado: 14.69 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 108.378 MPa Calculado: 129.784 MPa Calculado: 147.043 MPa Calculado: 176.658 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 876.935 Calculado: 651.458 Calculado: 7676.66 Calculado: 5926.48	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 140.667 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.159		
- Punto de tensión local máxima: (-0.1, -0.4)		

Tabla 34A. Comprobaciones geométricas del rigidizador de la placa de anclaje tipo 1, del pórtico interior. (CYPE 3D)

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = -105): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	800	9.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 105): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	800	9.0	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>					

Tabla 35A. Comprobaciones de resistencia del rigidizador de la placa de anclaje tipo 1, del pórtico interior. (CYPE 3D)

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -105): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Rigidizador y-y (x = 105): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85	

### 6.7.5. Medición

Tabla 36A. Medición de las soldaduras de la placa de anclaje tipo 1, del pórtico interior. (CYPE 3D)

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	3136
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1548

Tabla 37A. Medición de la tornillería de la placa de anclaje tipo 1, del pórtico interior. (CYPE 3D)

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	6	T32
Arandelas	6	A32

Tabla 38A. Medición de la placa de anclaje tipo 2, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	500x800x30	94.20
	Rigidizadores pasantes	2	800/500x200/55x9	19.53
	Total			113.73
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	6	Ø 32 - L = 582 + 311	33.82
	Total			33.82

## Placa de anclaje tipo 2:

La placa de anclaje presenta una geometría como la presente en la Ilustración 22A.

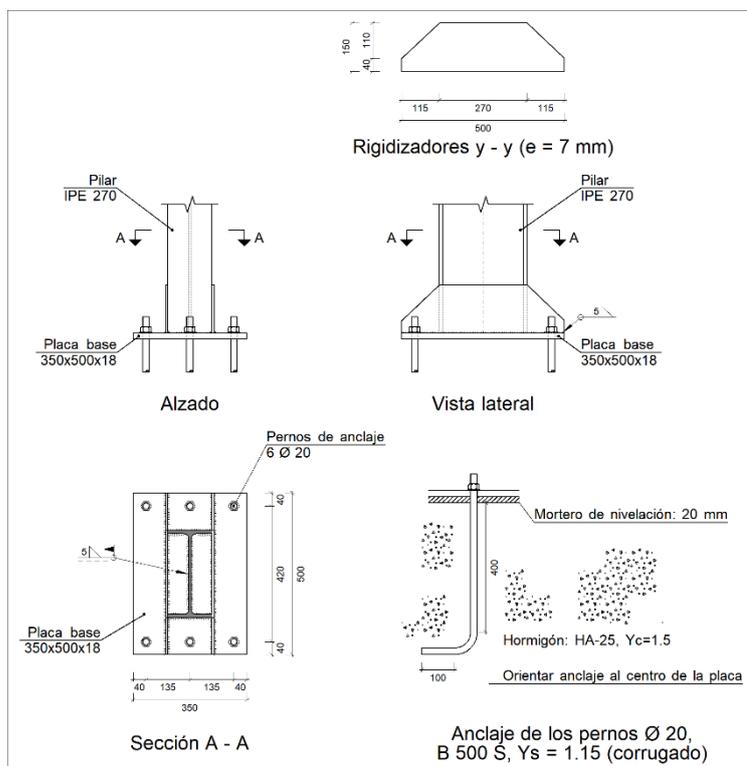


Ilustración 22A. Detalle placa de anclaje tipo 2, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

### 6.7.6. Descripción de los componentes de la unión

En la Tabla 39A, se muestran los diferentes componentes que constituyen la placa de anclaje, así como sus dimensiones.

Tabla 39A. Descripción y componentes de la placa de anclaje tipo 2, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)
Placa base		350	500	18	6	20	S275	275.0	410.0
Rigidizador		500	150	7	-	-	S275	275.0	410.0

Seguidamente, se muestra que la placa de anclaje en cuestión cumple todas las comprobaciones que se le realizan y se resumen en las siguientes tablas: Tabla 40A, Tabla 41A, Tabla 42A, Tabla 43A, Tabla 44A, Tabla 45A, Tabla 46A y Tabla 47A.

### 6.7.7. Comprobación de los cordones de soldadura con pilar IPE 270

#### Cordones de soldadura

Tabla 40A. Comprobaciones geométricas de la placa de anclaje tipo 2, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	5	906	6.6	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>					

Tabla 41A. Comprobaciones de resistencia de la placa de anclaje tipo 2, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

### 6.7.8. Comprobación de la placa de anclaje tipo 2

Tabla 42A. Comprobación de la placa de anclaje tipo 2, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 135 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 61 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 46.8	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 22 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 88.9 kN Calculado: 72.14 kN Máximo: 62.23 kN Calculado: 8.37 kN Máximo: 88.9 kN Calculado: 84.1 kN	Cumple Cumple Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 99.86 kN Calculado: 73.63 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 238.348 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 188.57 kN Calculado: 8.5 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 249.403 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 235.469 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 140.948 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 159.391 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 377.819	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 385.118	Cumple
- Arriba:	Calculado: 7147.44	Cumple
- Abajo:	Calculado: 6289.04	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 220.865 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.166		
- Punto de tensión local máxima: (0, -0.1925)		

### Cordones de soldadura

Tabla 43A. Comprobaciones geométricas del rigidizador de la placa de anclaje tipo 2, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Rigidizador y-y (x = -71): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	500	7.0	90.00	
Rigidizador y-y (x = 71): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	500	7.0	90.00	

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

Tabla 44A. Comprobaciones de resistencia del rigidizador de la placa de anclaje tipo 2, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -71): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 71): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

### 6.7.9. Medición

Tabla 45A. Medición de las soldaduras de la placa de anclaje tipo 2, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	1959
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	906

Tabla 46A. Medición de la tornillería de la placa de anclaje tipo 2, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 6	6	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	6	ISO 7089-20

Tabla 47A. Medición de la placa de anclaje tipo 2, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x500x18	24.73
	Rigidizadores pasantes	2	500/270x150/40x7	6.85
	Total			31.58
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	6	Ø 20 - L = 458 + 194	9.65
	Total			9.65

### Placa de anclaje tipo 3:

La placa de anclaje presenta una geometría como la presente en la Ilustración 23A.

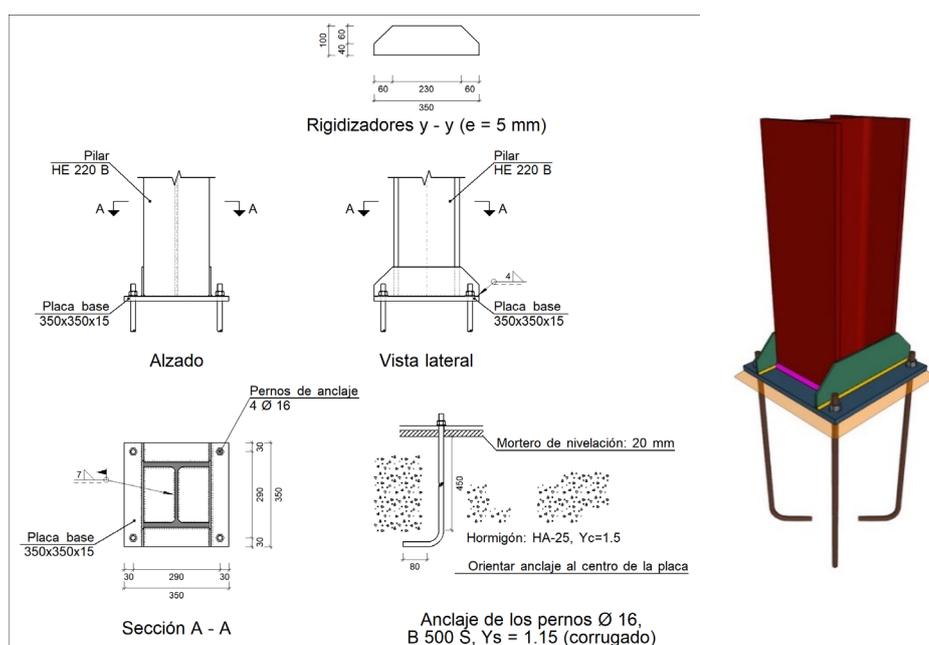
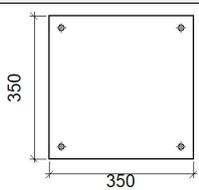
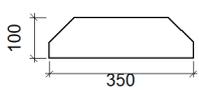


Ilustración 23A. Placa de anclaje tipo 3, del altillo. (CYPE 3D)

### 6.7.10. Descripción de los componentes de la unión

En la Tabla 48A, se muestran los diferentes componentes que constituyen la placa de anclaje, así como sus dimensiones.

Tabla 48A. Descripción y componentes de la placa de anclaje tipo 3, del altillo. (CYPE 3D)

Elementos complementarios									
Pieza	Esquema	Geometría			Taladros		Acero		
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)
Placa base		350	350	15	4	16	S275	275.0	410.0
Rigidizador		350	100	5	-	-	S275	275.0	410.0

Seguidamente, se muestra que la placa de anclaje en cuestión cumple todas las comprobaciones que se le realizan y que se resumen en las siguientes tablas: Tabla 49A, Tabla 50A, Tabla 51A, Tabla 52A, Tabla 53A, Tabla 54A, Tabla 55A y Tabla 56A.

### 6.7.11. Comprobación de los cordones de soldadura con pilar HEB220:

#### Cordones de soldadura

Tabla 49A. Comprobaciones geométricas de la placa de anclaje tipo 3, del altillo. (CYPE 3D)

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	

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Tabla 50A. Comprobaciones de resistencia de la placa de anclaje tipo 3, del altillo. (CYPE 3D)

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

### 6.7.12. Comprobación de la placa de anclaje tipo 3

Tabla 51A. Comprobación de la placa de anclaje tipo 3, del altillo. (CYPE 3D)

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 291 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 31 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 41.3	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 17 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 80.01 kN Calculado: 58.65 kN Máximo: 56 kN Calculado: 10.1 kN Máximo: 80.01 kN Calculado: 73.09 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 63.92 kN Calculado: 58.65 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 307.279 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 125.71 kN Calculado: 10.1 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 175.529 MPa Calculado: 194.434 MPa Calculado: 226.085 MPa Calculado: 226.084 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 748.04 Calculado: 623.947 Calculado: 7002.83 Calculado: 7002.9	Cumple Cumple Cumple 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		
Información adicional: - Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.323		

Cordones de soldadura

Tabla 52A. Comprobaciones geométricas del rigidizador de la placa de anclaje tipo 3, del altillo. (CYPE 3D)

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Rigidizador y-y (x = -113): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	350	5.0	90.00	
Rigidizador y-y (x = 113): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	350	5.0	90.00	

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Tabla 53A. Comprobaciones de resistencia del rigidizador de la placa de anclaje tipo 3, altillo. (CYPE 3D)

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -113): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 113): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

### 6.7.13. Medición

Tabla 54A. Medición de las soldaduras de la placa de anclaje tipo 3, del altillo. (CYPE 3D)

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1336
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1093

Tabla 55A. Medición de la tornillería de la placa de anclaje tipo 3, del altillo. (CYPE 3D)

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 6	4	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-16

Tabla 56A. Medición de la placa de anclaje tipo 3, del altillo. (CYPE 3D)

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x350x15	14.42
	Rigidizadores pasantes	2	350/230x100/40x5	2.46
	Total			16.89
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 16 - L = 501 + 155	4.14
	Total			4.14

## 6.8. Cimentación (zapatas y vigas de atado)

La cimentación se compone de zapatas aisladas y vigas de atado. En concreto, para esta estructura, se diferencian siete tipos de zapatas y un único tipo de viga de atado como se observa en la Ilustración 24A. Todos ellos han de cumplir los Estados Límite Últimos de durabilidad, deslizamiento, vuelco, hundimiento y de capacidad estructural.

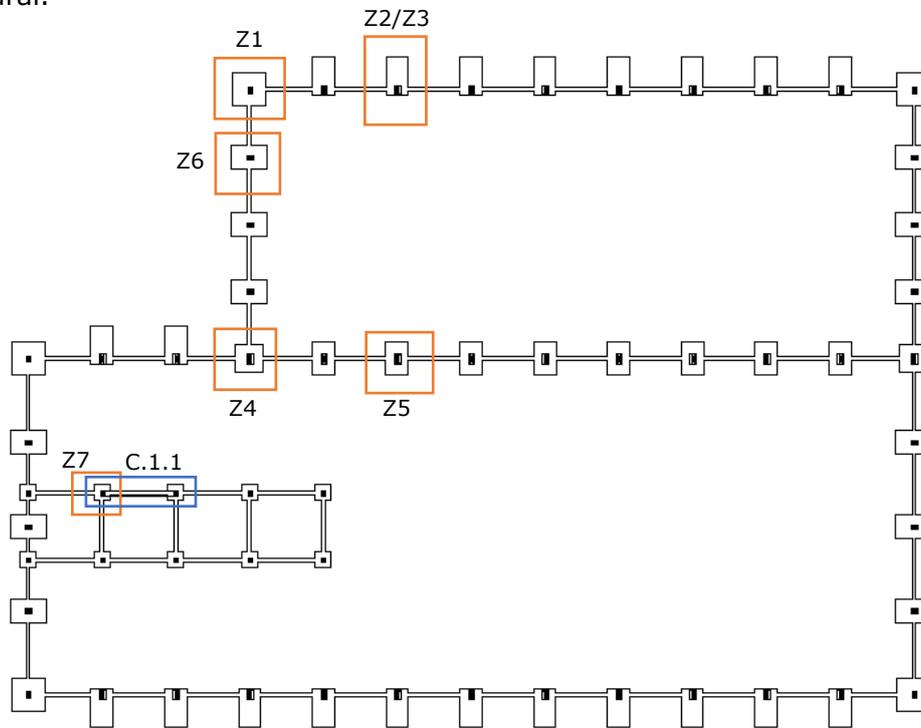


Ilustración 24A. Selección de elementos de la cimentación de la nave.

En la anterior imagen, aparecen señalados los diferentes tipos de elementos de cimentación que se pueden encontrar en la obra.

La tensión admisible del terreno se ha estimado como 0.2 MPa puesto que no se dispone de un estudio geotécnico.

A continuación, se expondrán las comprobaciones de las zapatas representativas de la estructura, una de cada tipo.

### Zapatas tipo Z1:

Se muestran las comprobaciones de la zapata N21, cuya geometría queda definida en la Ilustración 25A. Esta representa a todas las zapatas cuadradas centradas de la estructura.

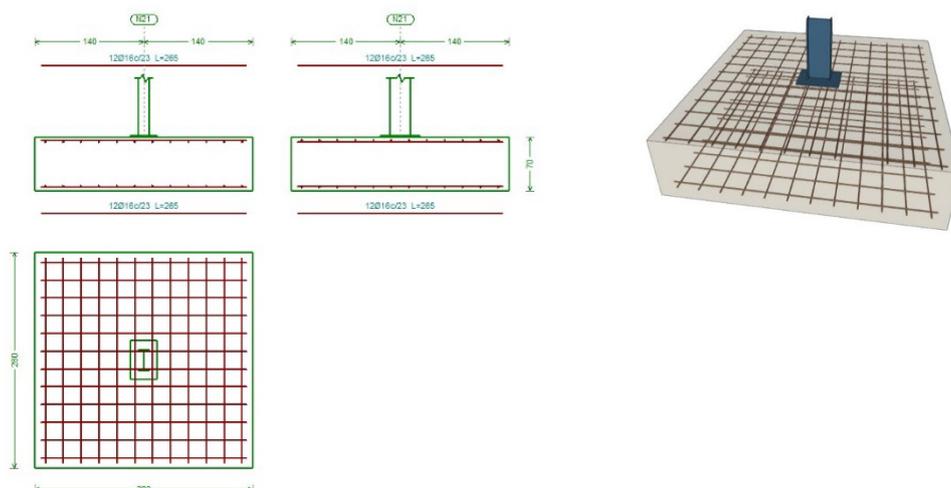


Ilustración 25A. Aspecto zapata cuadrada de esquina Z1. (CYPE 3D)

Las comprobaciones se resumen en la Tabla 57A.

### 6.8.1. Comprobaciones zapatas Z1

Tabla 57A. Comprobaciones zapata cuadrada de esquina Z1 (CYPE 3D)

Referencia: N21		
Dimensiones: 280 x 280 x 70		
Armados: Xi:Ø16c/23 Yi:Ø16c/23 Xs:Ø16c/23 Ys:Ø16c/23		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0315882 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0339426 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0423792 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <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>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 513.6 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 401.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 38.73 kN·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 42.08 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 30.61 kN	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 33.75 kN	Cumple

Cálculo estructural de nave guardamuebles de 3168 m<sup>2</sup> situada en el Polígono Industrial de L'Andana (Valencia)

Referencia: N21		
Dimensiones: 280 x 280 x 70		
Armados: Xi:Ø16c/23 Yi:Ø16c/23 Xs:Ø16c/23 Ys:Ø16c/23		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 119.6 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 70 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N21:	Mínimo: 40 cm Calculado: 63 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>	Mínimo: 0.00123	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.00123	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.00123	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.00123	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.00123	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
Longitud de anclaje: 49.5		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 56 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 56 cm	Cumple

Referencia: N21		
Dimensiones: 280 x 280 x 70		
Armados: Xi:Ø16c/23 Yi:Ø16c/23 Xs:Ø16c/23 Ys:Ø16c/23		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 56 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 56 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.07		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.08		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 613.32 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 613.32 kN		

En conclusión, esta zapata cumple todas las comprobaciones.

### Zapatas tipo Z2 y Z3:

Este tipo de zapatas son rectangulares excéntricas hacia fuera de la nave, entre ellas son iguales pero tienen una orientación opuesta. Se incluyen las comprobaciones de la zapata N29, cuya geometría queda definida en la Ilustración 26A.

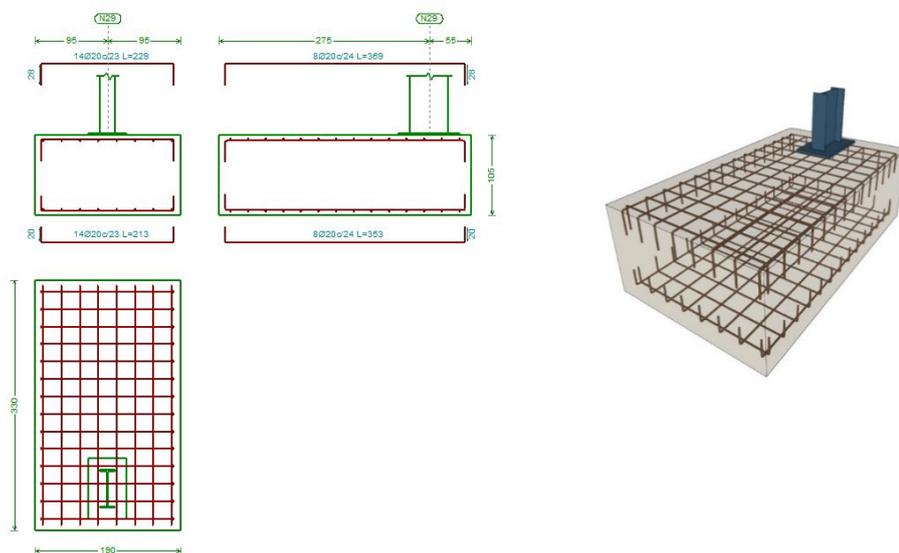


Ilustración 26A. Aspecto zapatas rectangulares excéntricas Z2 y Z3, del pórtico interior. (CYPE 3D)

Las comprobaciones se resumen en la Tabla 58A.

### 6.8.2. Comprobaciones zapatas Z2 y Z3

Tabla 58A. Comprobaciones de zapatas rectangulares excéntricas Z2 y Z3, del pórtico interior. (CYPE 3D)

Referencia: N29		
Dimensiones: 190 x 330 x 105		
Armados: Xi:Ø20c/23 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/23 Ys:Ø20c/24		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
<i>Criterio de CYPE</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0375723 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0633726 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0693567 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		
<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>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 865.7 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 63.9 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 16.14 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 152.35 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 78.28 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 39.3 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
<i>Criterio de CYPE</i>		
Canto mínimo:		
<i>Criterio de CYPE</i>		
	Mínimo: 15 cm Calculado: 105 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N29:	Mínimo: 50 cm Calculado: 97 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0013	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
<i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1</i>		
- Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 20 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 20 mm	Cumple

Cálculo estructural de nave guardamuebles de 3168 m<sup>2</sup> situada en el Polígono Industrial de L'Andana (Valencia)

Referencia: N29		
Dimensiones: 190 x 330 x 105		
Armados: Xi:Ø20c/23 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/23 Ys:Ø20c/24		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 24 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 24 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>49.5</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: 170 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: 178 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
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N29		
Dimensiones: 190 x 330 x 105		
Armados: Xi:Ø20c/23 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/23 Ys:Ø20c/24		
Comprobación	Valores	Estado
Información adicional:		
- Zapata de tipo flexible		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.01		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.18		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 574.47 kN		

En conclusión, esta zapata cumple todas las comprobaciones.

### Zapatas tipo Z6:

Se ha elegido este tipo de zapatas como representación de todas las que son rectangulares centradas de la estructura. Se resumen a continuación las comprobaciones de la zapata N103, cuya geometría queda definida en la Ilustración 29A.

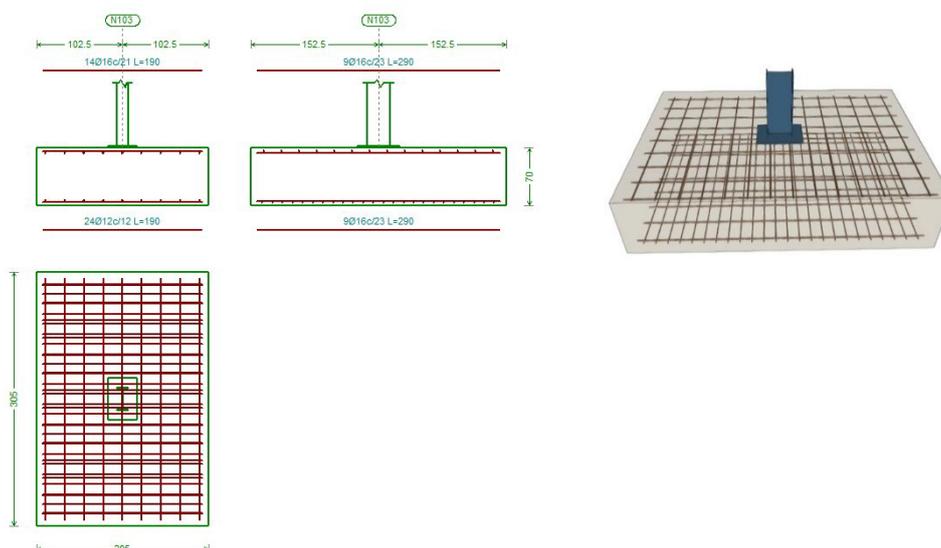


Ilustración 27A. Aspecto zapatas rectangulares centradas tipo Z6, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Las comprobaciones se resumen en la Tabla 61A.

### 6.8.3. Comprobaciones zapatas Z6

Tabla 59A. Comprobaciones zapatas rectangulares centradas tipo Z6, del pórtico de fachada. (CYPE 3D)

Referencia: N103		
Dimensiones: 205 x 305 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/12 Yi:Ø16c/23 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/23		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
<i>Criterio de CYPE</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0248193 MPa	Cumple

Cálculo estructural de nave guardamuebles de 3168 m<sup>2</sup> situada en el Polígono Industrial de L'Andana (Valencia)

Referencia: N103		
Dimensiones: 205 x 305 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/12 Yi:Ø16c/23 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/23		
Comprobación	Valores	Estado
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0229554 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.048069 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <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>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 256.6 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 89.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 20.18 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 58.87 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 13.83 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 48.46 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 74.7 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Criterio de CYPE</i>		
	Mínimo: 15 cm Calculado: 70 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N103:	Mínimo: 40 cm Calculado: 64 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0013	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1</i>		
- Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>		
- Armado inferior dirección X:	Máximo: 30 cm Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple

Referencia: N103		
Dimensiones: 205 x 305 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/12 Yi:Ø16c/23 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/23		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
Longitud de anclaje: 49.5		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 69 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 69 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 69 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 69 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.04		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.15		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 668.85 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 449.49 kN		

En conclusión, esta zapata cumple todas las comprobaciones.

### Viga de atado tipo C.1.1:

Se muestran las comprobaciones de la viga de atado posicionada entre las zapatas N219 y N220, cuya geometría queda definida en la Ilustración 31A.

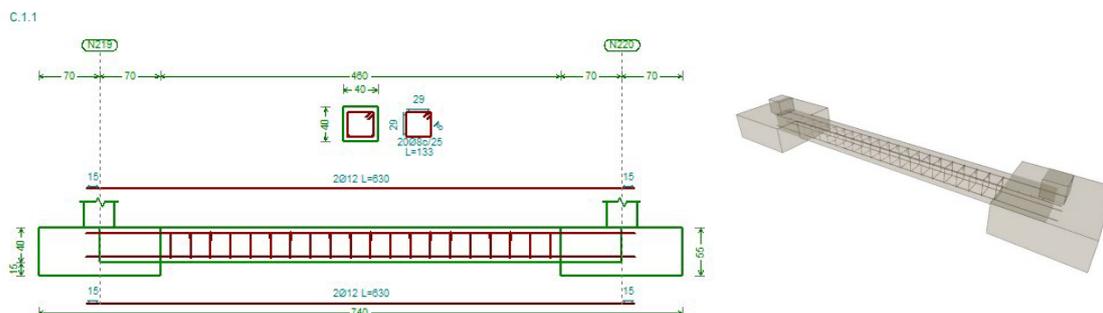


Ilustración 28A. Aspecto de las vigas de atado de la nave. (CYPE 3D)

Las comprobaciones se resumen en la Tabla 63A.

### 6.8.4. Comprobaciones de las vigas de atado

Tabla 60A. Comprobaciones de las vigas de atado de la nave. (CYPE 3D)

Referencia: C.1.1 [N219-N220] (Viga de atado)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm		
-Armadura superior: 2Ø12		
-Armadura inferior: 2Ø12		
-Estribos: 1xØ8c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)</i>	Mínimo: 3.5 cm Calculado: 24.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)</i>	Mínimo: 3.5 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.2 (6)</i>	Máximo: 25.2 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.3): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)		
- No llegan estados de carga a la cimentación.		

Las vigas de atado de la nave cumplen todas las comprobaciones.

Como se ha podido observar a lo largo de este documento, todos los elementos cumplen las diferentes comprobaciones a los que se someten.

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

# Documento III: **PRESUPUESTO**

Autor: Gemma Pérez Hernández

Tutor: Carmen Ibáñez Usach

## ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

Presupuesto .....	3
Capítulo 1. Acondicionamiento del terreno. ....	3
1.1. Movimiento de tierras en edificación. ....	3
1.2. Nivelación. ....	3
1.3. Gestión de tierras .....	4
Capítulo 2. Cimentación.....	4
2.1. Regularización.....	4
2.2. Superficiales. ....	5
2.3. Arriostramientos.....	5
Capítulo 3. Estructura.....	5
3.1. Acero de los perfiles de la nave. ....	5
3.2. Acero de las placas de anclaje.....	6
3.3. Acero de las correas. ....	7
3.4. Forjados.....	7
3.5. Escaleras.....	7
Capítulo 4. Cerramientos de fachada y particiones. ....	8
4.1. Fachadas ligeras.....	8
4.2. Cerramiento oficinas del altillo. ....	9
Capítulo 5. Cerramientos de cubierta.....	9
5.1. Componentes de cubiertas inclinadas.....	9
Capítulo 6. Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares. ....	11
6.1. Puertas de uso industrial. ....	11
6.2. Puertas cortafuegos peatonales.....	11
6.3. Ventanas.....	12
Capítulo 7. Pavimentos. ....	12
7.1. Sistemas de pavimentos industriales.....	13
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM) .....	13
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC).....	13
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (PBL) .....	13

## Presupuesto

A continuación, se adjunta la Tabla 1P con el presupuesto para esta nave estructurado por partidas y capítulos. Para su desarrollo se ha estimado un 3% de costes indirectos. Cabe destacar que, el sueldo del ingeniero a cargo del proyecto se incluye en el beneficio industrial.

Tabla 1P. Presupuesto de la nave industrial.

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio (€/Ud.)	Importe (€)
<b>Capítulo 1. Acondicionamiento del terreno.</b>					
<b>1.1. Movimiento de tierras en edificación.</b>					53070.41
ADL005	m <sup>2</sup>	<b>Desbroce y limpieza del terreno.</b>	9991	1.04	10390.64
		Desbroce y limpieza del terreno de la parcela de topografía con desniveles mínimos, 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; y carga a camión. Incluye: Replanteo en el terreno. Remoción mecánica de los materiales de desbroce. Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce. Carga a camión. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.			
ADE010	m <sup>3</sup>	<b>Excavación de zanjas y pozos.</b>	1295	24.29	31455.55
		Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.			
ADR030	m <sup>3</sup>	<b>Relleno para base de pavimento.</b>	475.2	23.62	11224.22
		Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con zahorra natural caliza, y compactación en tongadas sucesivas de 15 cm de espesor con bandeja vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Incluye: Transporte y descarga del material de relleno a pie de tajo. Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Compactación. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre los planos de perfiles transversales del Proyecto, que definen el movimiento de tierras a realizar en obra.			
<b>1.2. Nivelación.</b>					83413.44
ANS010	m <sup>2</sup>	<b>Solera de hormigón.</b>	3168	26.33	83413.44

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio (€/Ud.)	Importe (€)
		<p>Solera de hormigón armado de 15 cm de espesor, realizada con hormigón HA-30/F/20/XC2+XM1 fabricado en central, y vertido desde camión, y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 como armadura de reparto, colocada sobre separadores homologados, extendido y vibrado manual mediante regla vibrante, sin tratamiento de su superficie; con juntas de retracción de 5 mm de espesor, mediante corte con disco de diamante. Incluso panel de poliestireno expandido de 3 cm de espesor, para la ejecución de juntas de dilatación. Se elige este hormigón de 30 MPa debido a que está previsto el transporte de vehículos por la solera que provocará que esté sometida a una erosión moderada.</p> <p>Incluye: Preparación de la superficie de apoyo del hormigón. Replanteo de las juntas de construcción y de dilatación. Tendido de niveles mediante toques, maestras de hormigón o reglas. Riego de la superficie base. Formación de juntas de construcción y de juntas perimetrales de dilatación. Colocación de la malla electrosoldada con separadores homologados. Vertido, extendido y vibrado del hormigón. Curado del hormigón. Replanteo de las juntas de retracción. Corte del hormigón. Limpieza final de las juntas de retracción. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p>			
<b>1.3. Gestión de tierras</b>					7925.4
GTB020	m <sup>3</sup>	<b>Canon de vertido por entrega de tierras a gestor autorizado.</b>	1295	2.1	2719.5
		<p>Canon de vertido por entrega de tierras procedentes de la excavación, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.</p>			
GTA020	m <sup>3</sup>	<b>Transporte de tierras con camión.</b>	1295	4.02	5205.9
		<p>Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.</p> <p>Incluye: Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.</p>			
<b>Total Capítulo 1. Acondicionamiento del terreno:</b>					<b>144409.25</b>
<b>Capítulo 2. Cimentación.</b>					
<b>2.1. Regularización.</b>					3460.4
CRL030	m <sup>2</sup>	<b>Capa de hormigón de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/F/20.</b>	410	8.44	3460.4
		<p>Capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/F/20, fabricado en central y vertido desde camión, en el fondo de la excavación previamente realizada.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida sobre la superficie teórica de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.</p>			

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio (€/Ud.)	Importe (€)
<b>2.2. Superficiales.</b>					52402.37
CSZ030	m <sup>3</sup>	<b>Zapata de cimentación de hormigón armado HA-25/F/20/XC2 y acero B 500 S.</b>	268.18	195.4	52402.37
<p>Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero, UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 47 kg/m<sup>3</sup>. Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar y separadores.</p> <p>Incluye: Replanteo y trazado de las zapatas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas. Colocación de separadores y fijación de las armaduras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.</p>					
<b>2.3. Arriostramientos.</b>					7380.86
CAV030	m <sup>3</sup>	<b>Viga de atado de hormigón armado HA-25/F/20/XC2 y acero B 500 S.</b>	35.41	208.44	7380.86
<p>Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero, UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 55 kg/m<sup>3</sup>. Incluso alambre de atar y separadores.</p> <p>Incluye: Colocación de la armadura con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.</p>					
<b>Total Capítulo 2. Cimentación:</b>					<b>63243.63</b>
<b>Capítulo 3. Estructura.</b>					
<b>3.1. Acero de los perfiles de la nave.</b>					245167.59
EAM040	kg	<b>Acero S275JR, perfiles laminados en caliente de la serie Cold Formed SHS.</b>	10280.65	2.65	27243.72
<p>Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie Cold Formed SHS, colocado con uniones soldadas en obra. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de las piezas. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.</p>					
EAM040b	kg	<b>Acero S275JR, perfiles laminados en caliente de la serie HEB.</b>	3214.58	2.65	8518.64
<p>Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie HEB, colocado con uniones soldadas en obra. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de las piezas. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.</p>					

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio (€/Ud.)	Importe (€)
EAM040c	kg	<b>Acero S275JR, perfiles laminados en caliente de la serie IPE.</b>	79020.84	2.65	209405.23
<p>Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie IPE, colocado con uniones soldadas en obra.                      Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de las piezas. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.                      Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.</p>					
<b>3.2. Acero de las placas de anclaje.</b>					17984.01
EAS006	Ud	<b>Placa de anclaje de acero tipo 1, con pernos atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca.</b>	31	463.62	14372.22
<p>Placa de anclaje de acero tipo 1 UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central, de 800x500 mm y espesor 30 mm, y montaje sobre 6 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 32 mm de diámetro y 50 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cemento. Incluso mortero autonivelante expansivo para relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa y protección anticorrosiva aplicada a las tuercas y extremos de los pernos.                      Incluye: Limpieza y preparación de la superficie de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Relleno con mortero. Aplicación de la protección anticorrosiva.                      Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p>					
EAS006b	Ud	<b>Placa de anclaje de acero tipo 2, con pernos atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca.</b>	17	161.77	2750.09
<p>Placa de anclaje de acero tipo 2 UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central, de 500x350 mm y espesor 18 mm, y montaje sobre 6 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 40 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cemento. Incluso mortero autonivelante expansivo para relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa y protección anticorrosiva aplicada a las tuercas y extremos de los pernos.                      Incluye: Limpieza y preparación de la superficie de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Relleno con mortero. Aplicación de la protección anticorrosiva.                      Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p>					
EAS006c	Ud	<b>Placa de anclaje de acero tipo 3, con pernos atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca.</b>	10	86.17	861.7
<p>Placa de anclaje de acero tipo 3 UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central, de 350x350 mm y espesor 15 mm, y montaje sobre 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 45 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cemento. Incluso mortero autonivelante expansivo para relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa y protección anticorrosiva aplicada a las tuercas y extremos de los pernos.                      Incluye: Limpieza y preparación de la superficie de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Relleno con mortero.</p>					

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio (€/Ud.)	Importe (€)
		Aplicación de la protección anticorrosiva. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.			
<b>3.3. Acero de las correas.</b>					101920.76
EAT030	kg	<b>Acero en correas metálicas de cubierta.</b>	14383.14	3.51	50484.82
		Acero UNE-EN 10162 S235JRC, en correas metálicas de cubierta formadas por piezas simples de perfiles conformados en frío de las series omega, L, U, C o Z, acabado galvanizado, fijadas a las cerchas con uniones soldadas en obra. Incluye: Replanteo de las correas sobre las cerchas. Presentación de las correas sobre las cerchas. Aplomado y nivelación definitivos. Ejecución de las uniones soldadas. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.			
EAT030b	kg	<b>Acero en correas metálicas de fachada.</b>	14654.115	3.51	51435.94
		Acero UNE-EN 10162 S235JRC, en correas metálicas de fachada formadas por piezas simples de perfiles conformados en frío de las series omega, L, U, C o Z, acabado galvanizado, fijadas a las cerchas con uniones soldadas en obra. Incluye: Replanteo de las correas sobre las cerchas. Presentación de las correas sobre las cerchas. Aplomado y nivelación definitivos. Ejecución de las uniones soldadas. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.			
<b>3.4. Forjados.</b>					5010.72
EAF010	m <sup>2</sup>	<b>Forjado de viguetas metálicas.</b>	132	37.96	5010.72
		Forjado de 30 = 25+5 cm de canto, compuesto de: viguetas de acero laminado en caliente UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles simples, IPE 220 ( <b>no incluidas</b> porque se contabilizan en la partida de acero para perfiles IPE); bovedilla de hormigón, 60x20x25 cm; capa de compresión de hormigón armado de 5 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25/F/20/XC1 fabricado en central, y vertido con cubilote, volumen de hormigón 0,08 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> , acero UNE-EN 10080 B 500 S en zona de refuerzo de negativos, cuantía 1,8 kg/m <sup>3</sup> , y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, como armadura de reparto; montaje y desmontaje del sistema de encofrado. Se elige una clase de exposición de tipo XC1 para el hormigón ya que, a pesar de estar en el interior, la localización de la nave (Valencia) tiene un ambiente húmedo. Incluye: Replanteo del sistema de encofrado. Montaje del sistema de encofrado. Replanteo de la geometría de la planta. Presentación de las viguetas. Ejecución de las uniones soldadas. Colocación de bovedillas. Colocación de las armaduras con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Regleado y nivelación de la capa de compresión. Curado del hormigón. Desmontaje del sistema de encofrado. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en verdadera magnitud desde las caras exteriores de los zunchos del perímetro, según documentación gráfica de Proyecto, deduciendo los huecos de superficie mayor de 6 m <sup>2</sup> .			
<b>3.5. Escaleras.</b>					7428.84
EAE010	kg	<b>Acero en estructura de escaleras y rampas.</b>	543.77	8.42	4578.54

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio (€/Ud.)	Importe (€)
		Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura de escalera compuesta de zancas y mesetas, formada por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. Incluye: Replanteo de la escalera. Colocación y fijación provisional de los perfiles. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.			
EAE040	kg	<b>Acero en barandillas de escalera, rampas, pasarelas y plataformas de trabajo.</b>	252.91	11.27	2850.3
		Acero UNE-EN 10025 S275JR, en barandillas de escalera, rampas, pasarelas y plataformas de trabajo, con piezas simples de perfiles laminados en caliente L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación provisional de los perfiles. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.			
<b>Total Capítulo 3. Estructura:</b>					<b>377511.92</b>
<b>Capítulo 4. Cerramientos de fachada y particiones.</b>					
<b>4.1. Fachadas ligeras.</b>					121606.62
FLA030	m <sup>2</sup>	<b>Fachada de paneles sándwich aislantes, de acero.</b>	2018.53	57.9	116872.89
		Fachada de paneles sándwich aislantes, de 35 mm de espesor y 1100 mm de anchura, formados por doble cara metálica de chapa nervada de acero galvanizado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de poliuretano de 40 kg/m <sup>3</sup> de densidad media, colocados en posición vertical y fijados mecánicamente con sistema de fijación oculta a una estructura portante o auxiliar. Incluso accesorios de fijación de los paneles y cinta flexible de butilo, adhesiva por ambas caras, para el sellado de estanqueidad de los solapes entre paneles sándwich. Incluye: Replanteo de los paneles. Corte, preparación y colocación de los paneles. Sellado de juntas. Fijación mecánica de los paneles. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 3 m <sup>2</sup> .			
FLA011	m	<b>Punto singular para fachada metálica. Junta de dilatación.</b>	18	17.61	316.98
		Junta de dilatación para fachada metálica, con chapa plegada de acero galvanizado, de 0,8 mm de espesor, 15 cm de desarrollo y 3 pliegues, con junta de estanqueidad. Incluso accesorios de fijación de las piezas a los paneles. Incluye: Replanteo y colocación del remate. Fijación mecánica. Colocación de la junta de estanqueidad. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incrementada en 5 cm a cada lado.			
FLA011b	m	<b>Punto singular para fachada metálica. Esquina exterior.</b>	45	15.9	715.5
		Esquina exterior para fachada metálica, con chapa plegada de acero galvanizado, de 0,8 mm de espesor, 30 cm de desarrollo y 5 pliegues. Incluso accesorios de fijación de las piezas a los paneles. Incluye: Replanteo y colocación del remate. Fijación mecánica. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incrementada en 5 cm a cada lado.			

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio (€/Ud.)	Importe (€)
FLA011c	m	<b>Punto singular para fachada metálica. Arranque sobre zócalo.</b>	243	14.73	3579.39
<p>Arranque sobre zócalo para fachada metálica, con chapa plegada de acero galvanizado, de 0,8 mm de espesor, 20 cm de desarrollo y 3 pliegues. Incluso accesorios de fijación de las piezas a los paneles.                      Incluye: Replanteo y colocación del remate. Fijación mecánica.                      Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incrementada en 5 cm a cada lado.</p>					
FLA011d	m	<b>Punto singular para fachada metálica. Esquina interior.</b>	9	13.54	121.86
<p>Esquina interior para fachada metálica, con chapa plegada de acero galvanizado, de 0,8 mm de espesor, 15 cm de desarrollo y 1 pliegues. Incluso accesorios de fijación de las piezas a los paneles.                      Incluye: Replanteo y colocación del remate. Fijación mecánica.                      Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incrementada en 5 cm a cada lado.</p>					
<b>4.2. Cerramiento oficinas del altillo.</b>					5318.4
FTY010	m <sup>2</sup>	<b>Sistema "PANELSYSTEM" de tabique de paneles de yeso reforzados con fibra de vidrio.</b>	208.075	25.56	5318.4
<p>Cerramiento exterior para las oficinas del altillo, sistema tabique TC-7 "PANELSYSTEM", de 70 mm de espesor total, de paneles aligerados de yeso reforzado con fibra de vidrio, TC-7 "PANELSYSTEM", de 500 mm de anchura, 2900 mm de longitud máxima y 70 mm de espesor, con los bordes longitudinales machihembrados para el pegado entre sí. Incluso replanteo de las zonas de paso y huecos; colocación de la banda fonoaislante bicapa, en la superficie de contacto del panel con el paramento horizontal inferior; tratamiento de juntas con pasta de yeso; colocación de banda elástica, en la superficie de contacto del panel con el paramento vertical, el paramento horizontal superior u otros elementos constructivos; refuerzo en los encuentros con adhesivo de unión, cinta autoadhesiva de celulosa y cinta de juntas; tratamiento de las zonas de paso y huecos; ejecución de ángulos; recibido de las cajas para alojamiento de mecanismos eléctricos y de paso de instalaciones, previo replanteo de su ubicación en los paneles y perforación de los mismos y limpieza final.                      Totalmente terminado y listo para imprimir, pintar o revestir.                      Incluye: Replanteo simultáneo de las instalaciones a efecto de armonizar las prestaciones. Replanteo y trazado en el forjado inferior y en el superior de los tabiques a realizar. Colocación de bandas perimetrales. Colocación de los paneles, aplicando con paleta la pasta de yeso sobre el canto con macho y encajando en éste el canto con hembra. Tratamiento de juntas. Refuerzo en los encuentros. Replanteo de las cajas para alojamiento de mecanismos eléctricos y de paso de instalaciones, y posterior perforación de los paneles. Recibido de las cajas para alojamiento de mecanismos eléctricos y de paso de instalaciones.                      Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, sin deducir huecos.</p>					
<b>Total Capítulo 4. Cerramientos de fachada y particiones:</b>					<b>126925.02</b>
<b>Capítulo 5. Cerramientos de cubierta.</b>					
<b>5.1. Componentes de cubiertas inclinadas.</b>					129270.63
QUM020	m <sup>2</sup>	<b>Cobertura de paneles sándwich aislantes, de acero.</b>	2679.74	33.52	89824.88

Cálculo estructural de nave guardamuebles de 3168 m<sup>2</sup> situada en el Polígono Industrial de L'Andana (Valencia)

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio (€/Ud.)	Importe (€)
		<p>Cobertura de paneles sándwich aislantes de acero, con la superficie exterior grecada y la superficie interior lisa, de 30 mm de espesor y 1000 mm de anchura, formados por doble cara metálica de chapa estándar de acero, acabado prelacado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de poliuretano de densidad media 40 kg/m<sup>3</sup>, y accesorios, colocados con un solape del panel superior de 200 mm y fijados mecánicamente sobre entramado ligero metálico, en cubierta inclinada, con una pendiente mayor del 10%. Incluso accesorios de fijación de los paneles sándwich, cinta flexible de butilo, adhesiva por ambas caras, para el sellado de estanqueidad de los solapes entre paneles sándwich y pintura antioxidante de secado rápido, para la protección de los solapes entre paneles sándwich.</p> <p>Incluye: Limpieza de la superficie soporte. Replanteo de los paneles por faldón. Corte, preparación y colocación de los paneles. Fijación mecánica de los paneles. Sellado de juntas. Aplicación de una mano de pintura antioxidante en los solapes entre paneles.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en verdadera magnitud, según documentación gráfica de Proyecto.</p>			
QUP010	m <sup>2</sup>	<b>Cobertura de placas de policarbonato celular 30 mm de espesor.</b>	509.32	54.12	27564.4
		<p>Cobertura de placas translúcidas de policarbonato celular grecadas, color marfil RAL 1015, de 30 mm de espesor, colocadas con un solape de la placa superior de 200 mm y un solape lateral de un trapecio y fijadas mecánicamente sobre entramado ligero metálico o de madera, en cubierta inclinada de panel sándwich, con una pendiente mayor del 10%. Incluso accesorios de fijación de las placas.</p> <p>Incluye: Replanteo de las placas por faldón. Colocación de las piezas para apoyo de las placas. Corte, preparación y colocación de las placas. Fijación mecánica de las placas.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en verdadera magnitud, según documentación gráfica de Proyecto.</p>			
QUM011	m	<b>Punto singular para cubierta inclinada metálica. Borde perimetral.</b>	243	19.75	4799.25
		<p>Borde perimetral para cubierta inclinada con una pendiente mayor del 10%, con chapa plegada de acero galvanizado, de 0,8 mm de espesor, 30 cm de desarrollo y 3 pliegues, con junta de estanqueidad. Incluso accesorios de fijación de las piezas a las placas y masilla de base neutra monocomponente, para sellado de juntas.</p> <p>Incluye: Replanteo y colocación del remate. Fijación mecánica. Colocación de la junta de estanqueidad.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incrementada en 5 cm a cada lado.</p>			
QUM011b	m	<b>Punto singular para cubierta inclinada metálica. Cumbrera.</b>	126	17.91	2256.66
		<p>Cumbrera para cubierta inclinada con una pendiente mayor del 10%, con chapa plegada de acero galvanizado, de 0,8 mm de espesor, 40 cm de desarrollo y 3 pliegues, con junta de estanqueidad. Incluso accesorios de fijación de las piezas a las placas.</p> <p>Incluye: Replanteo y colocación del remate. Fijación mecánica. Colocación de la junta de estanqueidad.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incrementada en 5 cm a cada lado.</p>			
QUM011c	m	<b>Punto singular para cubierta inclinada metálica. Limahoya.</b>	54	18.76	1013.04
		<p>Limahoya para cubierta inclinada con una pendiente mayor del 10%, con chapa plegada de acero galvanizado, de 1,0 mm de espesor, 60 cm de desarrollo y 5 pliegues. Incluso accesorios de fijación de las piezas a las placas y masilla de base neutra monocomponente, para sellado de juntas.</p> <p>Incluye: Replanteo y colocación del remate. Fijación mecánica.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incrementada en 5 cm a cada lado.</p>			
QUM011d	m	<b>Punto singular para cubierta inclinada metálica. Canalón interior.</b>	180	21.18	3812.4

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio (€/Ud.)	Importe (€)
		Canalón interior para cubierta inclinada con una pendiente mayor del 10%, con chapa plegada de acero galvanizado, de 1,0 mm de espesor, 80 cm de desarrollo y 4 pliegues. Incluso accesorios de fijación de las piezas a las placas y masilla de base neutra monocomponente, para sellado de juntas. Incluye: Replanteo y colocación del remate. Fijación mecánica. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incrementada en 5 cm a cada lado.			
<b>Total Capítulo 5. Cerramientos de cubierta:</b>					<b>129270.63</b>
<b>Capítulo 6. Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares.</b>					
<b>6.1. Puertas de uso industrial.</b>					11970.24
LIM010	Ud	<b>Puerta seccional industrial, de 4x4 m, formada por panel sándwich</b>	3	3990.08	11970.24
		Puerta seccional industrial, de 4x4 m, formada por panel sándwich, de 45 mm de espesor, de doble chapa de acero cincado con núcleo aislante de espuma de poliuretano, acabado lacado de color RAL 9016 en la cara exterior y de color RAL 9002 en la cara interior, con mirilla central de 610x180 mm, formada por marco de material sintético y acristalamiento de polimetilmetacrilato (PMMA), juntas entre paneles y perimetrales de estanqueidad, guías laterales de acero galvanizado, herrajes de colgar, equipo de motorización, muelles de torsión, cables de suspensión, cuadro de maniobra con pulsador de control de apertura y cierre de la puerta y pulsador de parada de emergencia, sistema antipinzamiento para evitar el atrapamiento de las manos, en ambas caras y sistemas de seguridad en caso de rotura de muelle y de rotura de cable. Incluso limpieza previa del soporte, material de conexionado eléctrico y ajuste y fijación en obra. Totalmente montada, conexionada y puesta en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento. Incluye: Limpieza y preparación de la superficie soporte. Replanteo. Montaje de la puerta. Instalación de los mecanismos. Conexionado eléctrico. Ajuste y fijación de la puerta. Puesta en marcha. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.			
<b>6.2. Puertas cortafuegos peatonales.</b>					3664.88
LFA010	Ud	<b>Puerta cortafuegos de acero galvanizado.</b>	8	458.11	3664.88
		Puerta cortafuegos pivotante homologada, EI2 60-C5, de una hoja de 63 mm de espesor, 900x2000 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 frecuente. Elaborada en taller, con ajuste y fijación en obra. Totalmente montada y probada. Incluye: Marcado de puntos de fijación y aplomado del cerco. Fijación del cerco al paramento. Sellado de juntas perimetrales. Colocación de la hoja. Colocación de herrajes de cierre y accesorios. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.			

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio (€/Ud.)	Importe (€)
<b>6.3. Ventanas.</b>					14568.08
LCY010	Ud	<b>Carpintería exterior de aluminio "CORTIZO".</b>	1	483.7	483.7
	<p>Ventana de aluminio, serie 4200 Corredera "CORTIZO", con rotura de puente térmico, dos hojas correderas, dimensiones 4000x1200 mm, acabado lacado color blanco con el sello QUALICOAT, que garantiza el espesor y la calidad del proceso de lacado, compuesta de hoja de 33 mm y marco de 60 mm, junquillos, galce, juntas de estanqueidad de EPDM, manilla y herrajes, según UNE-EN 14351-1; transmitancia térmica del marco: <math>U_{h,m}</math> = desde 4,0 W/(m<sup>2</sup>K); espesor máximo del acristalamiento: 26 mm, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 3, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 7A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE-EN 12210, sin premarco y sin persiana. Incluso patillas de anclaje para la fijación de la carpintería, silicona para sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento. TSAC.</p> <p>Incluye: Ajuste final de las hojas. Sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p>				
LCY010b	Ud	<b>Carpintería exterior de aluminio "CORTIZO".</b>	6	1616.97	9701.82
	<p>Ventana de aluminio, serie 4200 Corredera "CORTIZO", con rotura de puente térmico, seis hojas correderas, dimensiones 18000x1200 mm, acabado lacado color blanco con el sello QUALICOAT, que garantiza el espesor y la calidad del proceso de lacado, compuesta de hoja de 33 mm y marco de 60 mm, junquillos, galce, juntas de estanqueidad de EPDM, manilla y herrajes, según UNE-EN 14351-1; transmitancia térmica del marco: <math>U_{h,m}</math> = desde 4,0 W/(m<sup>2</sup>K); espesor máximo del acristalamiento: 26 mm, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 3, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 7A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE-EN 12210, sin premarco y sin persiana. Incluso patillas de anclaje para la fijación de la carpintería, silicona para sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento. TSAC.</p> <p>Incluye: Ajuste final de las hojas. Sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p>				
LCY030	Ud	<b>Carpintería exterior de aluminio "ITESAL".</b>	16	273.91	4382.56
	<p>Ventanal fijo de aluminio, serie IT-45 RPT "ITESAL", con rotura de puente térmico, dimensiones 3000x1200 mm, acabado lacado color blanco, con el sello QUALICOAT, que garantiza el espesor y la calidad del proceso de lacado, marco de 45 mm, perfiles de 1,4 mm soldados a inglete y junquillos, según UNE-EN 14351-1; transmitancia térmica del marco: <math>U_{h,m}</math> = desde 3,40 W/(m<sup>2</sup>K); espesor máximo del acristalamiento: 38 mm, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C4, según UNE-EN 12210, sin premarco y sin persiana. Incluso patillas de anclaje para la fijación de la carpintería, silicona para sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento.</p> <p>Incluye: Sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p>				
<b>Total Capítulo 6. Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares:</b>					<b>30203.2</b>
<b>Capítulo 7. Pavimentos.</b>					

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio (€/Ud.)	Importe (€)
<b>7.1. Sistemas de pavimentos industriales.</b>					161409.6
RSI220	m <sup>2</sup>	<b>Revestimiento de pavimento industrial, con mortero autonivelante "WEBER".</b>	3168	50.95	161409.6
	Revestimiento de pavimento industrial, realizado sobre base de hormigón endurecido, apto para industrias con desgaste intenso, en interiores, mediante la aplicación sucesiva de: imprimación, Weberprim TP05 "WEBER"; y capa base de 10 mm de espesor con mortero autonivelante polimérico Weberfloor 4630 Industry Lit "WEBER", CT - C25 - F7 según UNE-EN 13813, color gris, aplicado manualmente. Incluye: Limpieza de la superficie soporte. Replanteo de las juntas y paños de trabajo. Aplicación de la imprimación. Aplicación de la capa base. Limpieza final del pavimento. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.				
<b>Total Capítulo 7. Pavimentos:</b>					<b>161409.6</b>
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)</b>					<b>1032973.25</b>
13% GASTOS GENERALES					134286.52
6% BENEFICIO INDUSTRIAL					61978.4
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)</b>					<b>1229238.17</b>
21% IVA					258140.02
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (PBL)</b>					<b>1487378.18</b>

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de **UN MILLÓN CUATROCIENTOS OCHENTA Y SIETE MIL TRESCIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS.**

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

# Documento IV: **PLANOS**

Autor: Gemma Pérez Hernández

Tutor: Carmen Ibáñez Usach

## **ÍNDICE DE PLANOS**

Plano 1. Situación y emplazamiento.

Plano 2. Replanteo.

Plano 3. Distribución de la parcela.

Plano 4. Plano de distribución en planta.

Plano 5. Estructura 3D, placas de anclaje, zapatas y vigas de atado.

Plano 6. Cimentación.

Plano 7. Pórtico de fachada A e interior B.

Plano 8. Pórticos interior C y de fachada D.

Plano 9. Pórticos interiores. Alineaciones E,F,G y L.

Plano 10. Pórticos interiores, alineaciones H a K y de fachada M.

Plano 11. Fachada lateral 1.

Plano 12. Fachada lateral 5.

Plano 13. Fachada lateral 9.

Plano 14. Vista de cubierta.

Plano 15. Forjado del altillo.

Plano 16. Vista frontal y lateral del altillo.

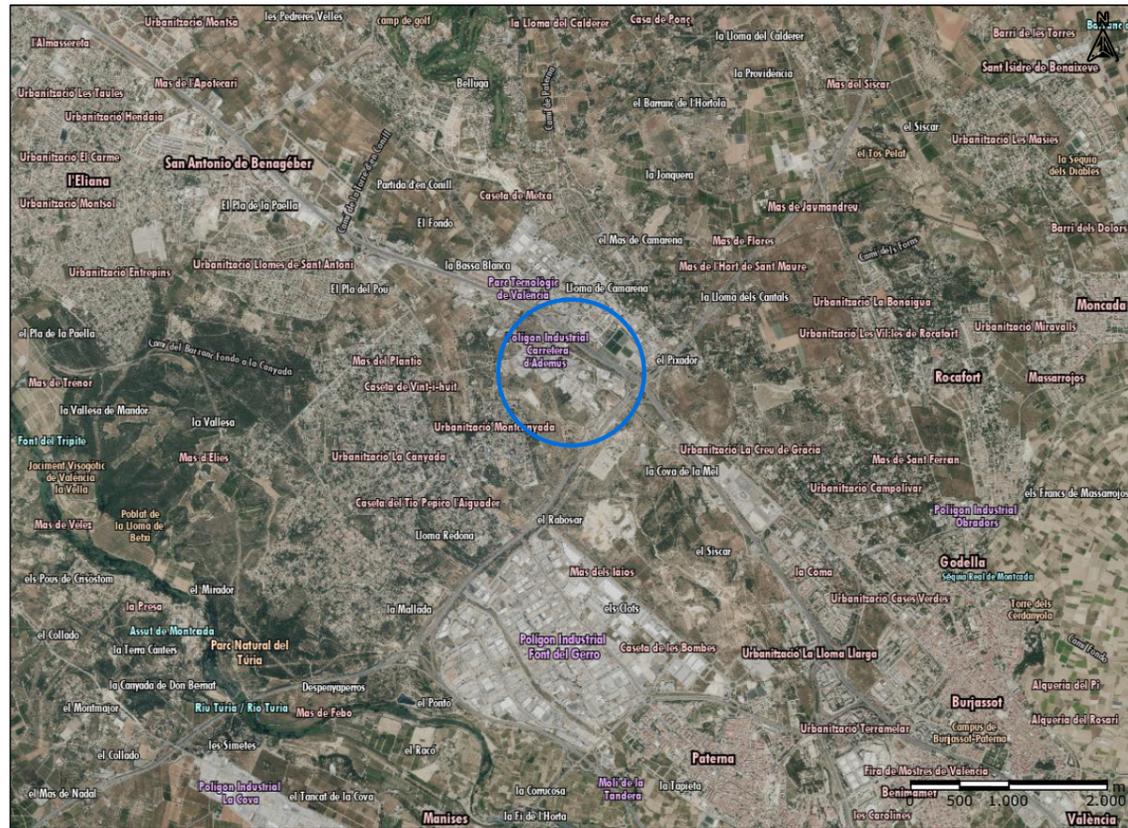
Planos 17 y 18. Uniones de la estructura.

Plano 19. Estructura 3D con cerramientos.

Plano 20. Cerramiento de fachadas frontales.

Plano 21. Cerramiento de fachadas laterales.

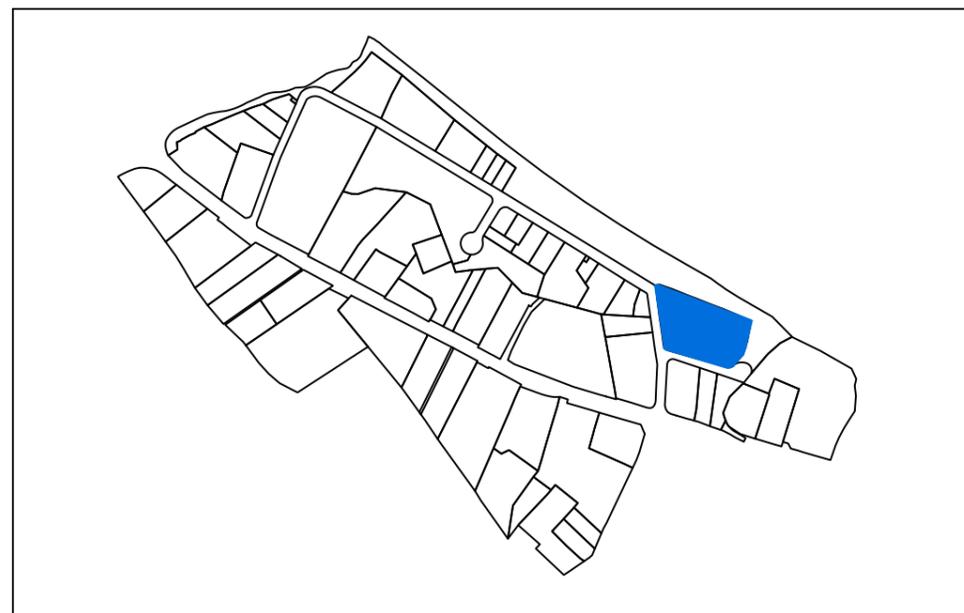
Plano 22. Cerramiento de cubierta.



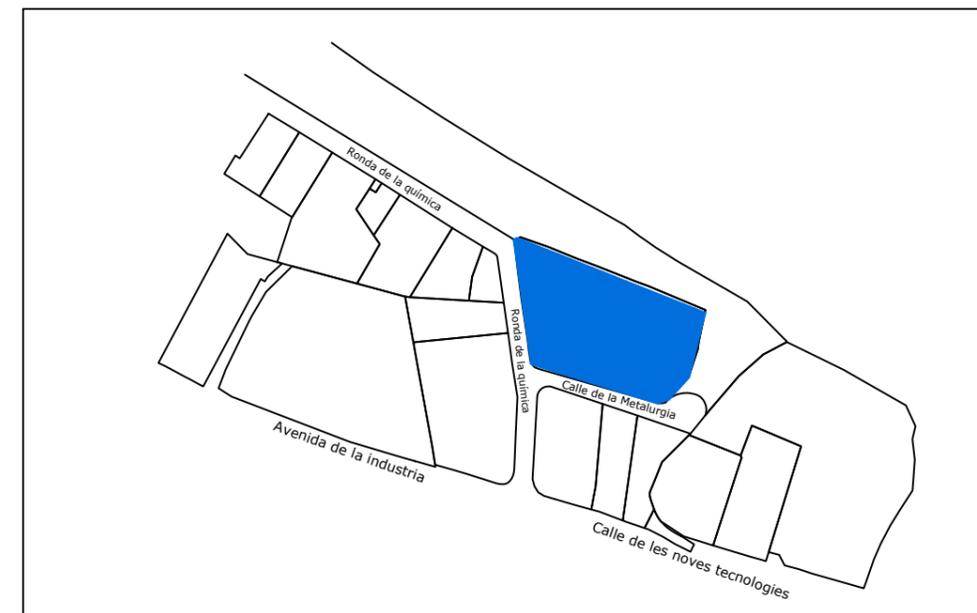
Localización del polígono. Paterna, Valencia.



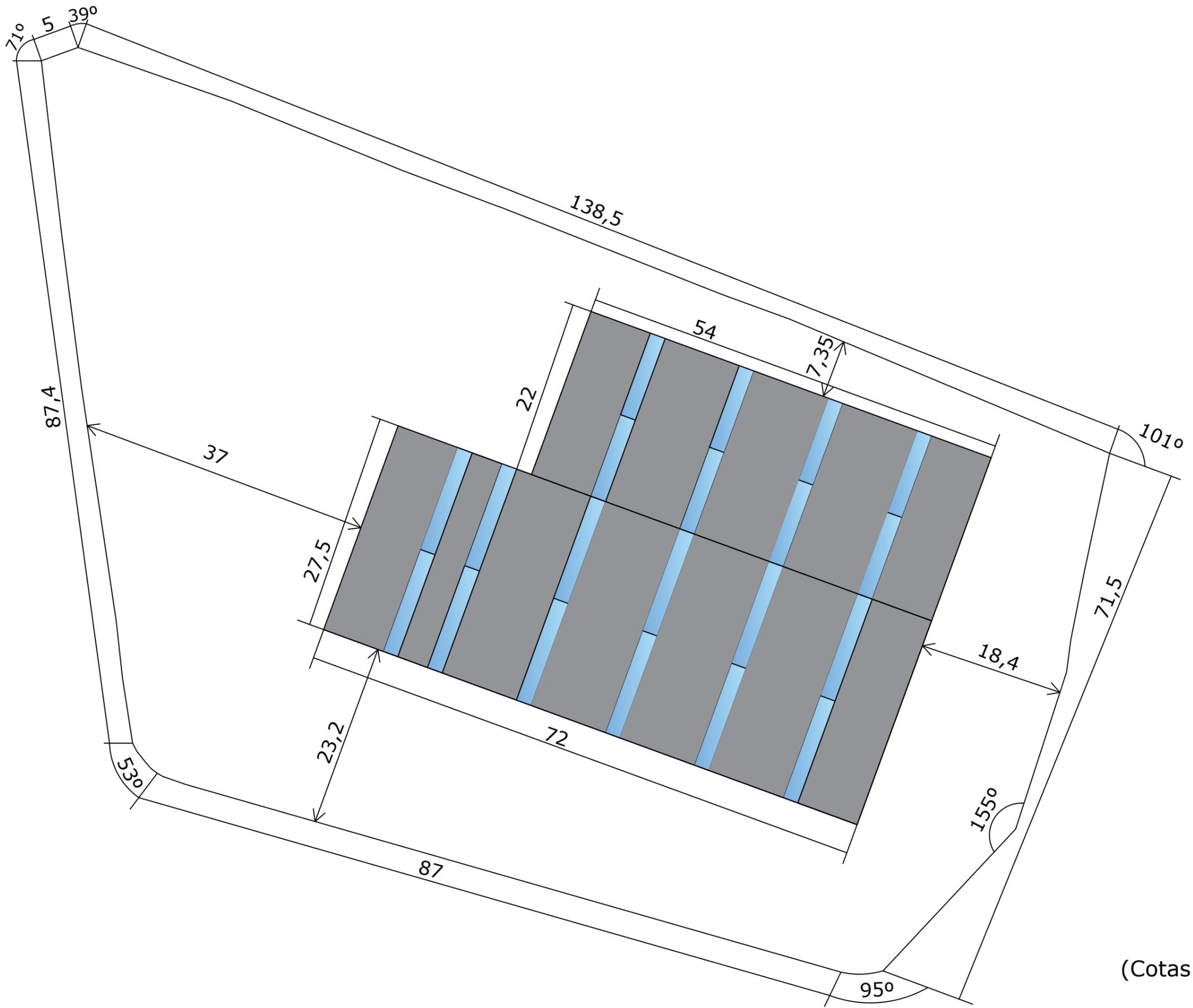
Polígono L'Andana, Paterna.



Situación de la parcela en el polígono. Escala: 1/10000



Parcela. Escala: 1/5000



(Cotas en metros)



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: CÁLCULO ESTRUCTURAL DE NAVE  
GUARDAMUEBLES DE 3168 m<sup>2</sup> SITUADA EN  
EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE L'ANDANA  
(VALENCIA)

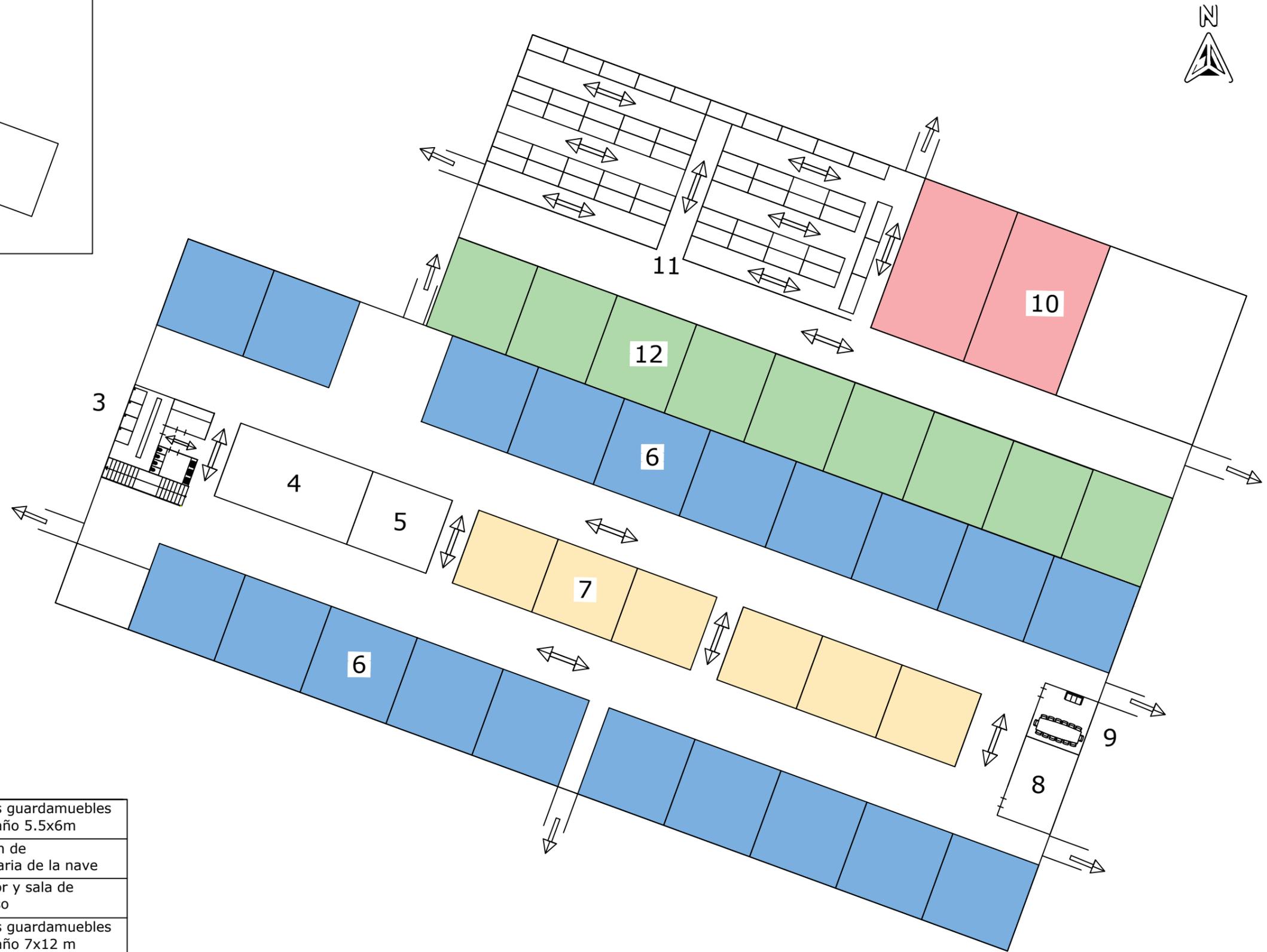
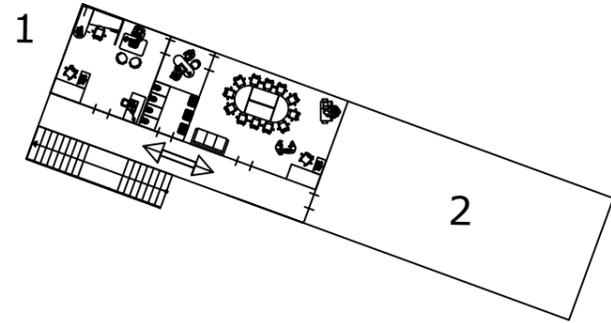
Plano:  
Distribución de la parcela.  
Autor:  
Gemma Pérez Hernández

Fecha:  
Julio 2022  
Escala:  
1:500

Nº Plano:

03

# Altillo



1	Oficinas y baño de las oficinas	7	Parcelas guardamuebles de tamaño 5.5x6m
2	Almacén de material de embalaje y oficina	8	Almacén de maquinaria de la nave
3	Taquillas, baño y vestuarios	9	Comedor y sala de descanso
4	Zona de carpintería de muebles dañados	10	Parcelas guardamuebles de tamaño 7x12 m
5	Parcela de recogida de muebles para carpintería	11	Zona de estanterías paletizadas
6	Parcelas guardamuebles de tamaño 6.5x6.5m	12	Parcelas guardamuebles de tamaño 6.5x6 m

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: **CÁLCULO ESTRUCTURAL DE NAVE GUARDAMUEBLES DE 3168 m<sup>2</sup> SITUADA EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE L'ANDANA (VALENCIA)**

Plano: **Plano de distribución en planta.**

Autor: **Gemma Pérez Hernández**

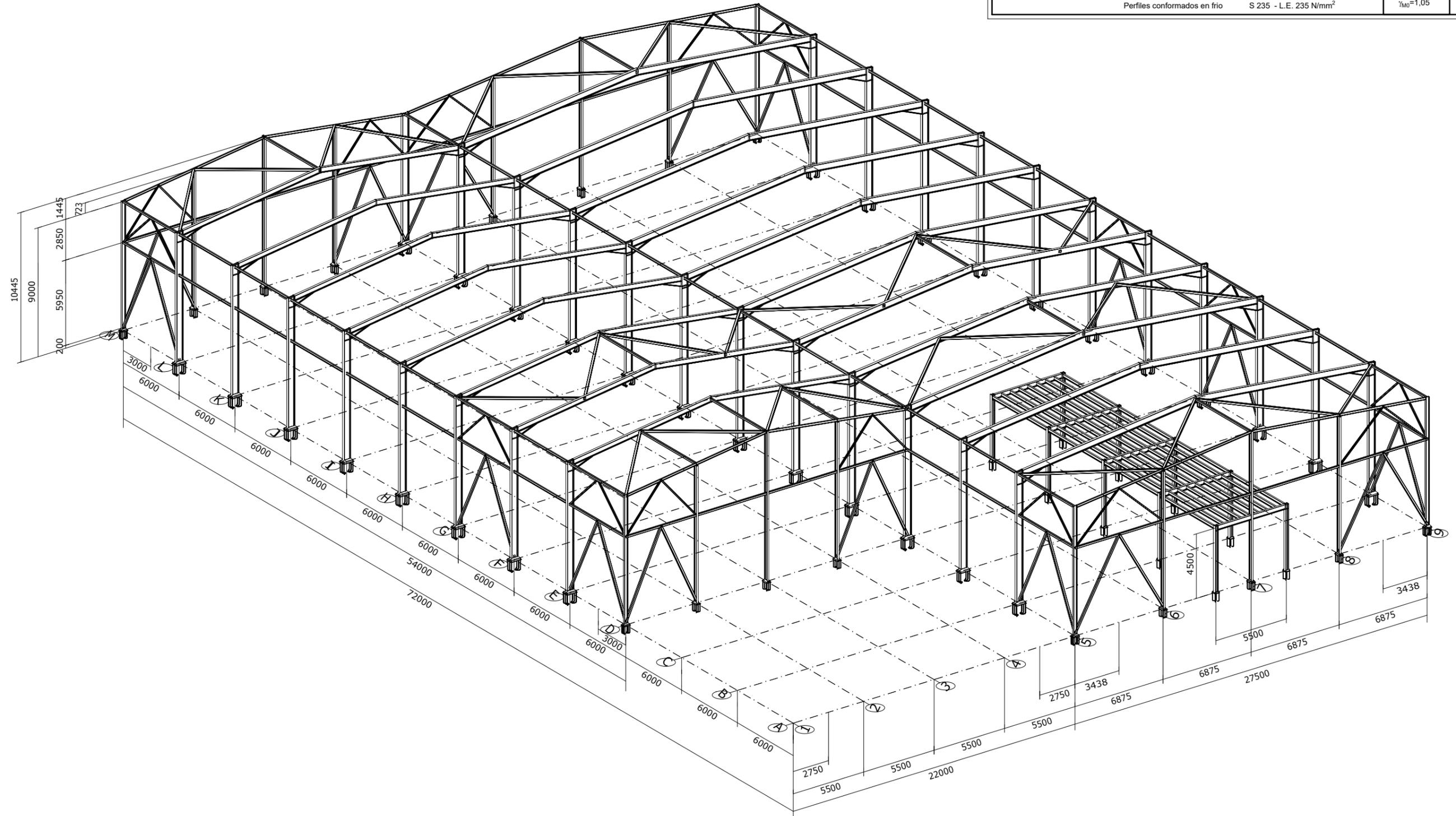
Fecha: **Julio 2022**

Escala: **1:300**

Nº Plano:

**04**

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capitulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frio	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: CÁLCULO ESTRUCTURAL DE NAVE GUARDAMUEBLES DE 3168 m<sup>2</sup> SITUADA EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE L'ANDANA (VALENCIA)

Plano: Estructura 3D.

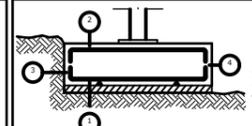
Autor: Gemma Pérez Hernández

Fecha: Julio 2022

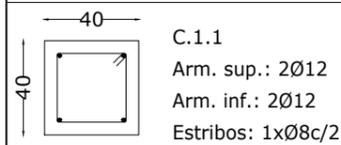
Escala: 1:250

Nº Plano:

05

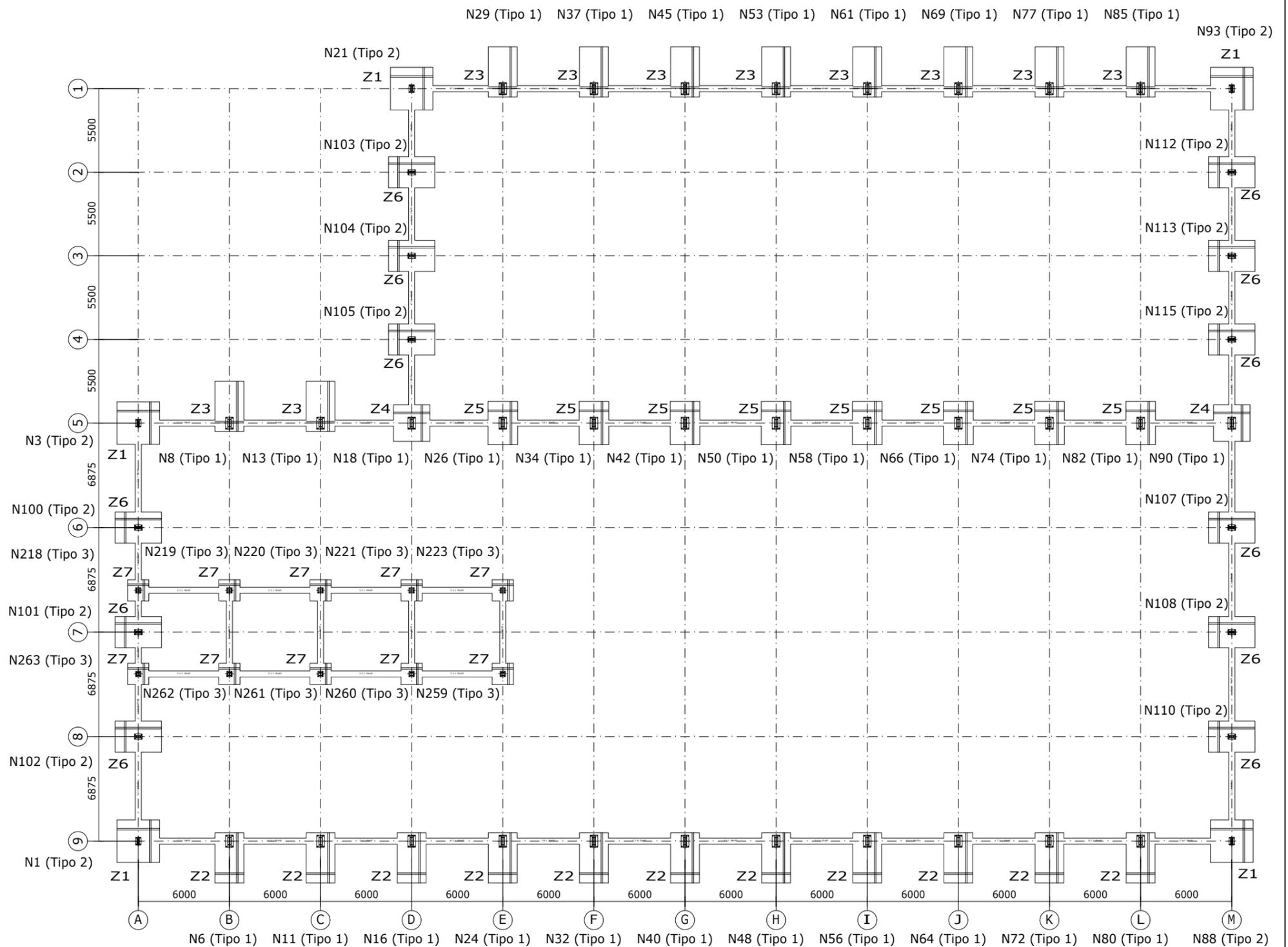
Características de los materiales - Zapatas de cimentación								
Materiales	Hormigón				Acero			
	Control		Características		Control		Características	
Elemento Zona/Planta	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	Consistencia	Tamaño máx. árido	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo
Zapatas	Estadístico	$\gamma_c = 1.50$	HA-25/B/20/XC2	Plástica e blanda (9-15 cm)	20/30 mm	Normal	$\gamma_s = 1.15$	B500S
Vigas de atado	Estadístico	$\gamma_c = 1.50$	HA-25/B/20/XC2	Plástica e blanda (9-15 cm)	20/30 mm	Normal	$\gamma_s = 1.15$	B500S
Ejecución (Acciones)	Normal	$\gamma_G = 1.35$ $\gamma_Q = 1.50$	Adaptado a la Instrucción CTE D6-Cimientos					
Exposición/ambiente	Terreno	Terreno protegido u hormigón de limpieza		X0	XC1	XC2	XC3	
Recubrimientos nominales (mm)	80	Ver Exposición/Ambiente		30	35	35	35	
Notas								
- Control Estadístico en CE - Solapes según CE - El acero utilizado deberá estar garantizado con un distintivo reconocido: Sello CIETSID, CC-EHE, ...								
Datos geotécnicos		Recubrimientos nominales						
- Tensión admisible del terreno considerada = 0.20 MPa (2.00 Kg/cm <sup>2</sup> )		 <p>1.- Recubrimiento con hormigón de limpieza 4 cm. 2.- Recubrimiento superior libre 4/5 cm. 3.- Recubrimiento lateral contacto terreno <math>\geq</math> 8 cm. 4.- Recubrimiento lateral libre 4/5 cm.</p>						

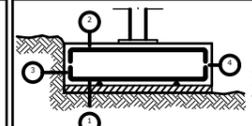
**CUADRO DE VIGAS DE ATADO**



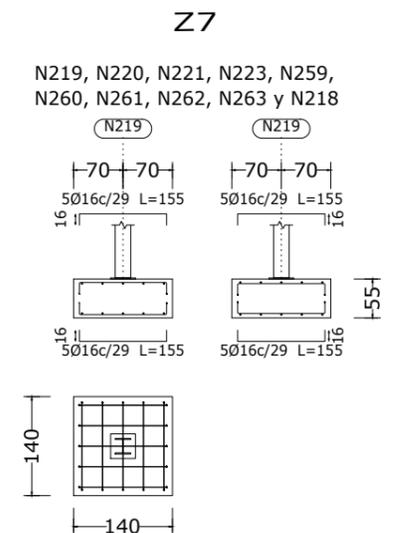
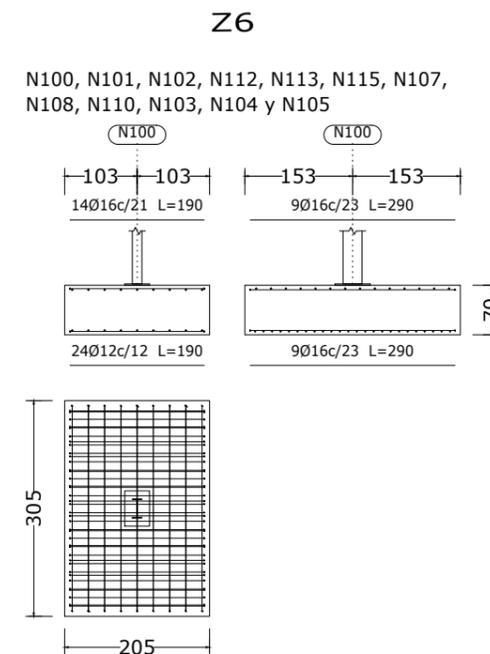
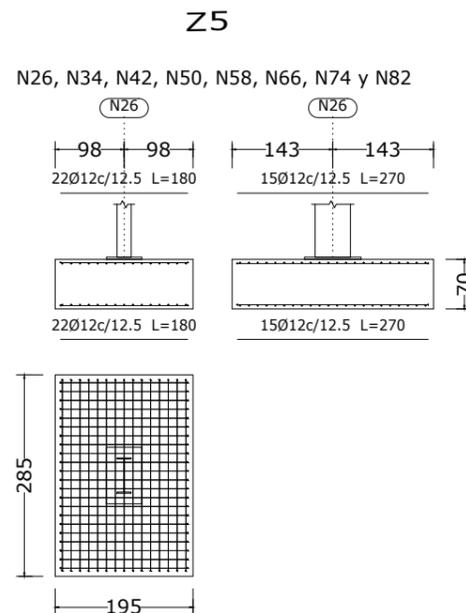
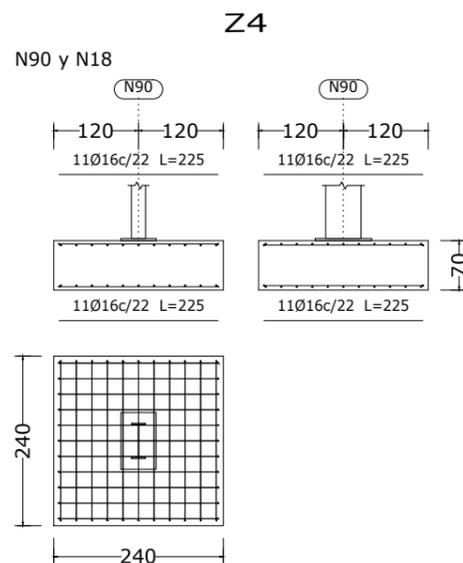
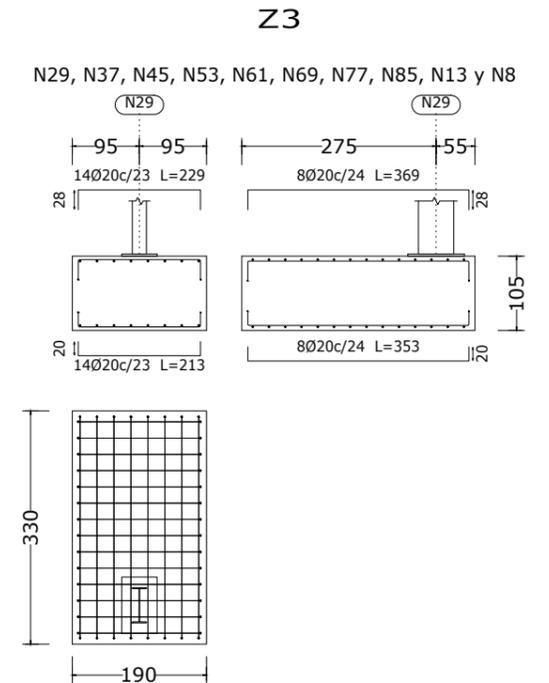
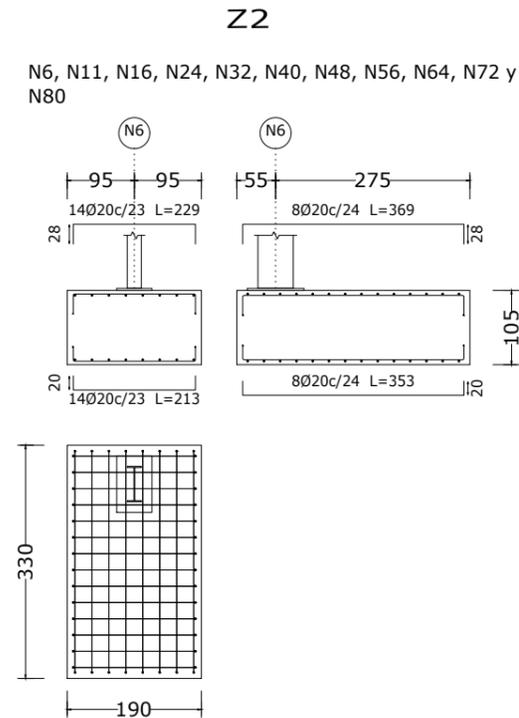
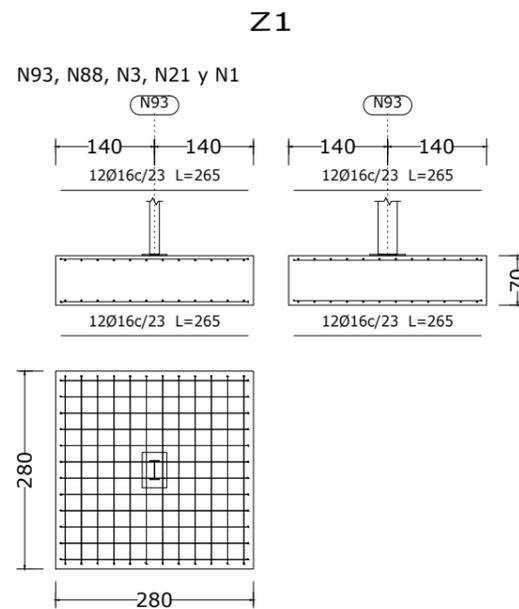
CUADRO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN						
Tipo de zapata	Referencias	Dimensiones (cm)	Canto (cm)	Armado inf. X	Armado inf. Y	Armado sup. X
Z1	N1, N3, N21, N88 y N93	280x280	70	12Ø16c/23	12Ø16c/23	12Ø16c/23
Z2	N6, N11, N16, N24, N32, N40, N48, N56, N64, N72 y N80	190x330	105	14Ø20c/23	8Ø20c/24	14Ø20c/23
Z3	N8, N13, N29, N37, N45, N53, N61, N69, N77 y N85	190x330	105	14Ø20c/23	8Ø20c/24	14Ø20c/23
Z4	N18 y N90	240x240	70	11Ø16c/22	11Ø16c/22	11Ø16c/22
Z5	N26, N34, N42, N50, N58, N66, N74 y N82	195x285	70	22Ø12c/12.5	15Ø12c/12.5	22Ø12c/12.5
Z6	N100, N101, N102, N103, N104, N105, N107, N108, N110, N112, N113 y N115	205x305	70	24Ø12c/12	9Ø16c/23	14Ø16c/21
Z7	N218, N219, N220, N221, N223, N259, N260, N261, N262 y N263	140x140	55	5Ø16c/29	5Ø16c/29	5Ø16c/29

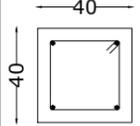
Cuadro de arranques			
Tipo de placa de anclaje	Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
Tipo 1	N90, N18, N29, N37, N45, N53, N61, N69, N77, N85, N6, N11, N16, N24, N32, N40, N48, N56, N64, N72, N80, N13, N8, N26, N34, N42, N50, N58, N66, N74 y N82	6 Pernos Ø 32	Placa base (500x800x30)
Tipo 2	N93, N88, N3, N21, N100, N101, N102, N112, N113, N115, N107, N108, N110, N103, N104, N105 y N1	6 Pernos Ø 20	Placa base (350x500x18)
Tipo 3	N219, N220, N221, N223, N259, N260, N261, N262, N263 y N218	4 Pernos Ø 16	Placa base (350x350x15)



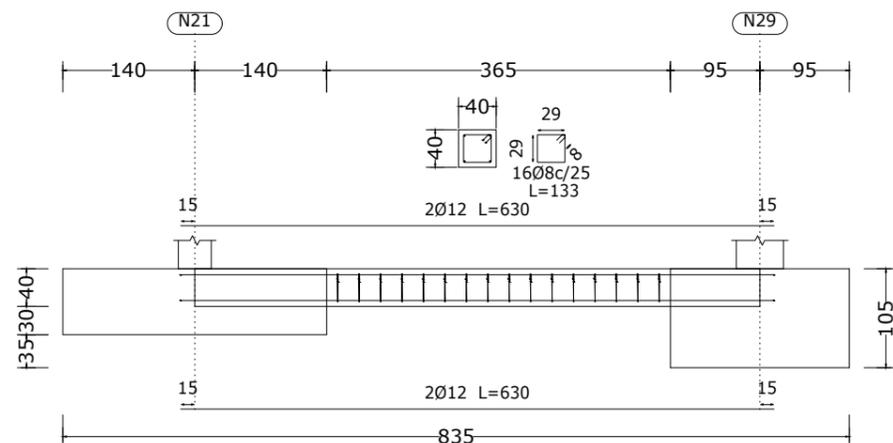
Características de los materiales - Zapatas de cimentación									
Materiales	Hormigón					Acero			
	Control			Características		Control		Características	
Elemento Zona/Planta	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	Consistencia	Tamaño máx. árido	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	
Zapatas	Estadístico	$\gamma_c = 1.50$	HA-25/B/20/XC2	Plástica e blanda (9-15 cm)	20/30 mm	Normal	$\gamma_s = 1.15$	B500S	
Vigas de atado	Estadístico	$\gamma_c = 1.50$	HA-25/B/20/XC2	Plástica e blanda (9-15 cm)	20/30 mm	Normal	$\gamma_s = 1.15$	B500S	
Ejecución (Acciones)	Normal	$\gamma_G = 1.35$ $\gamma_Q = 1.50$	Adaptado a la Instrucción CTE D6-Cimientos						
Exposición/ambiente	Terreno	Terreno protegido u hormigón de limpieza			X0	XC1	XC2	XC3	
Recubrimientos nominales (mm)	80	Ver Exposición/Ambiente			30	35	35	35	
Notas									
- Control Estadístico en CE - Solapes según CE - El acero utilizado deberá estar garantizado con un distintivo reconocido: Sello CIETSID, CC-EHE, ...									
Datos geotécnicos		Recubrimientos nominales							
- Tensión admisible del terreno considerada = 0.20 MPa (2.00 Kg/cm <sup>2</sup> )		 <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Recubrimiento con hormigón de limpieza 4 cm</li> <li>2.- Recubrimiento superior libre 4/5 cm.</li> <li>3.- Recubrimiento lateral contacto terreno <math>\geq</math> 8 cm.</li> <li>4.- Recubrimiento lateral libre 4/5 cm.</li> </ol>							

CUADRO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN							
Tipo de zapata	Referencias	Dimensiones (cm)	Canto (cm)	Armado inf. X	Armado inf. Y	Armado sup. X	Armado sup. Y
Z1	N1, N3, N21, N88 y N93	280x280	70	12Ø16c/23	12Ø16c/23	12Ø16c/23	12Ø16c/23
Z2	N6, N11, N16, N24, N32, N40, N48, N56, N64, N72 y N80	190x330	105	14Ø20c/23	8Ø20c/24	14Ø20c/23	8Ø20c/24
Z3	N8, N13, N29, N37, N45, N53, N61, N69, N77 y N85	190x330	105	14Ø20c/23	8Ø20c/24	14Ø20c/23	8Ø20c/24
Z4	N18 y N90	240x240	70	11Ø16c/22	11Ø16c/22	11Ø16c/22	11Ø16c/22
Z5	N26, N34, N42, N50, N58, N66, N74 y N82	195x285	70	22Ø12c/12.5	15Ø12c/12.5	22Ø12c/12.5	15Ø12c/12.5
Z6	N100, N101, N102, N103, N104, N105, N107, N108, N110, N112, N113 y N115	205x305	70	24Ø12c/12	9Ø16c/23	14Ø16c/21	9Ø16c/23
Z7	N219, N220, N221, N223, N259, N260, N261, N262 y N263	140x140	55	5Ø16c/29	5Ø16c/29	5Ø16c/29	5Ø16c/29

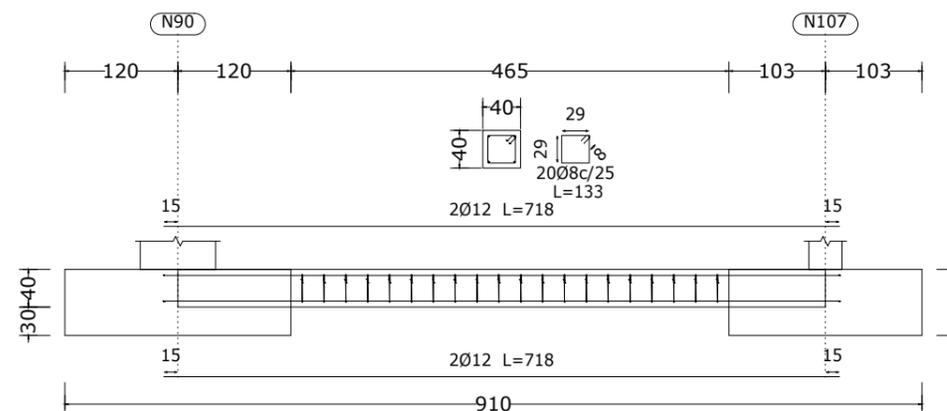


CUADRO DE VIGAS DE ATADO	
	C.1.1 Arm. sup.: 2Ø12 Arm. inf.: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/25

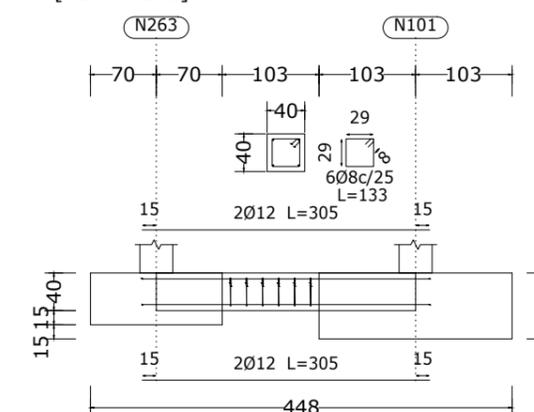
C [N21-N29], C [N29-N37], C [N37-N45], C [N45-N53], C [N53-N61], C [N61-N69],  
C [N69-N77], C [N77-N85], C [N85-N93], C [N88-N80], C [N80-N72], C [N72-N64],  
C [N64-N56], C [N56-N48], C [N48-N40], C [N40-N32], C [N32-N24], C [N24-N16],  
C [N16-N11], C [N11-N6], C [N6-N1], C [N3-N8], C [N8-N13], C [N13-N18],  
C [N18-N26], C [N26-N34], C [N34-N42], C [N42-N50], C [N50-N58], C [N58-N66],  
C [N66-N74], C [N74-N82], C [N82-N90], C [N218-N219], C [N219-N220],  
C [N220-N221], C [N221-N223], C [N259-N260], C [N260-N261], C [N261-N262] y  
C [N262-N263]



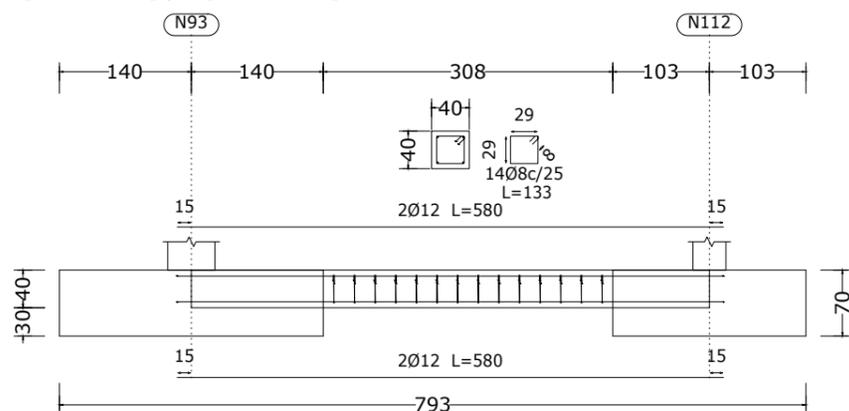
C [N90-N107], C [N107-N108], C [N108-N110], C [N110-N88], C [N1-N102] y C [N100-N3]



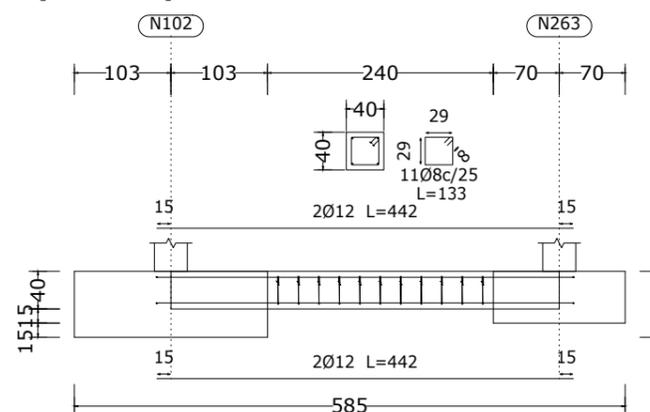
C [N263-N101]



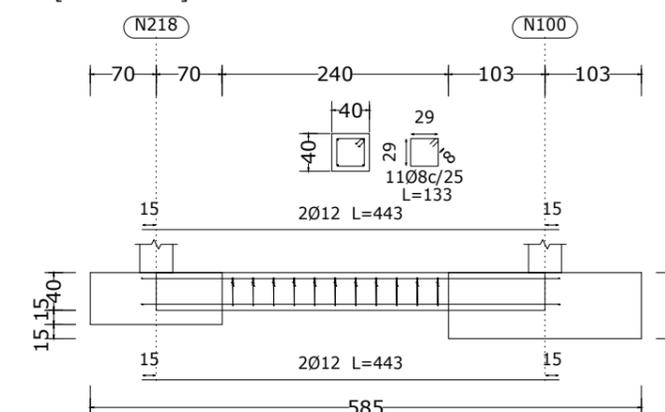
C [N93-N112], C [N112-N113], C [N113-N115], C [N115-N90], C [N21-N103],  
C [N103-N104], C [N104-N105], C [N105-N18], C [N223-N259], C [N262-N219],  
C [N261-N220] y C [N260-N221]



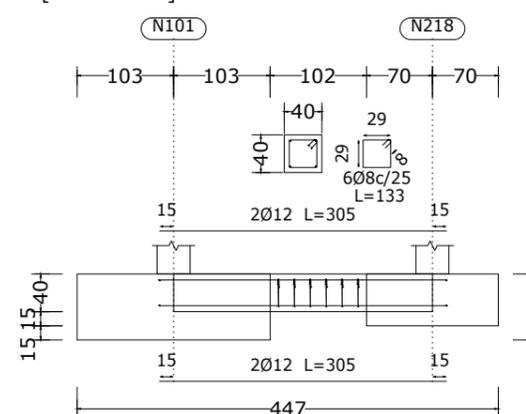
C [N102-N263]



C [N218-N100]



C [N101-N218]

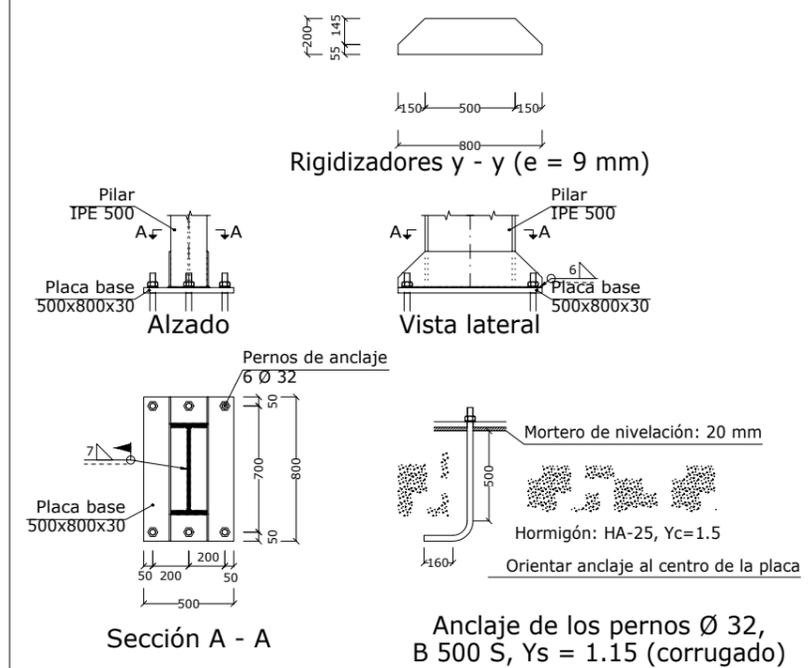


CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA

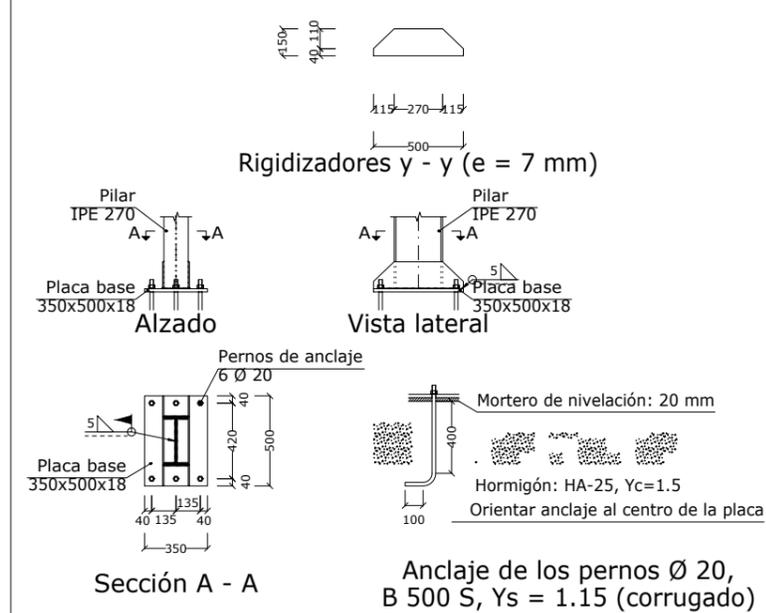
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capítulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frio	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

Cuadro de arranques			
Tipo de placa de anclaje	Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
Tipo 1	N90, N18, N29, N37, N45, N53, N61, N69, N77, N85, N6, N11, N16, N24, N32, N40, N48, N56, N64, N72, N80, N13, N8, N26, N34, N42, N50, N58, N66, N74 y N82	6 Pernos Ø 32	Placa base (500x800x30)
Tipo 2	N93, N88, N3, N21, N100, N101, N102, N112, N113, N115, N107, N108, N110, N103, N104, N105 y N1	6 Pernos Ø 20	Placa base (350x500x18)
Tipo 3	N219, N220, N221, N223, N259, N260, N261, N262, N263 y N218	4 Pernos Ø 16	Placa base (350x350x15)

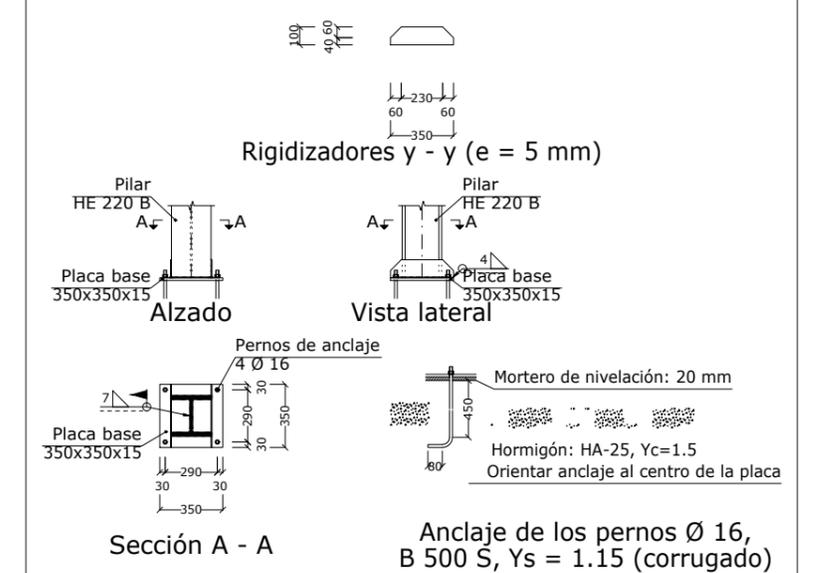
### Tipo 1

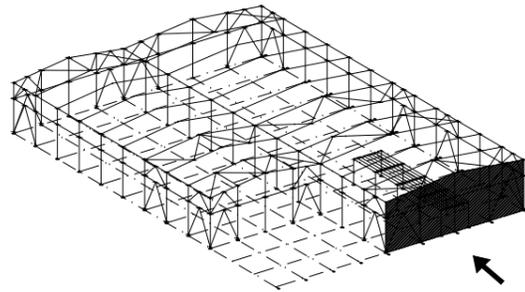


### Tipo 2

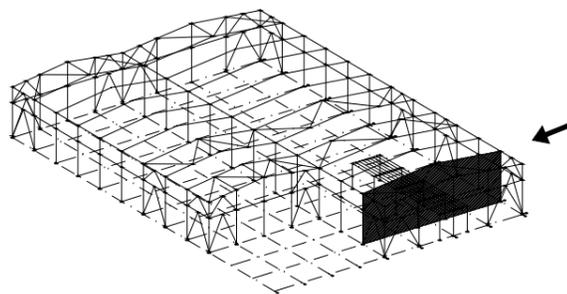


### Tipo 3



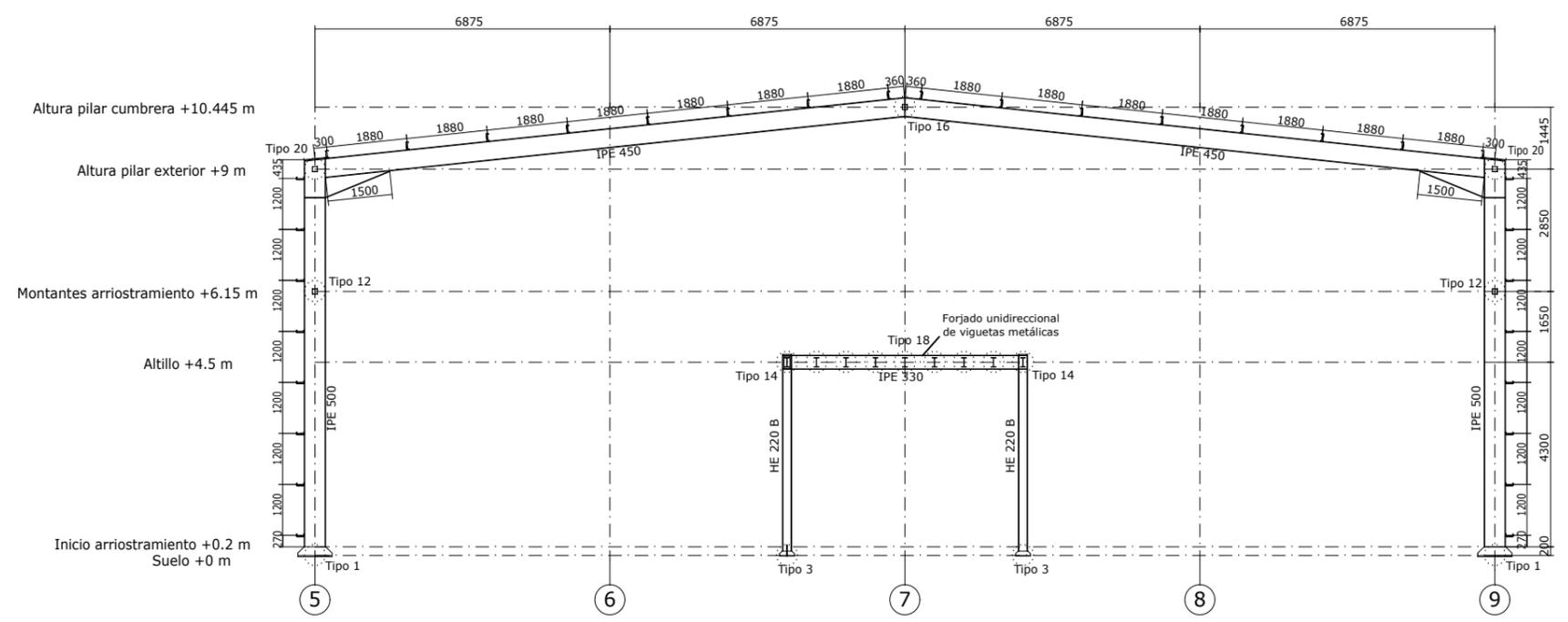
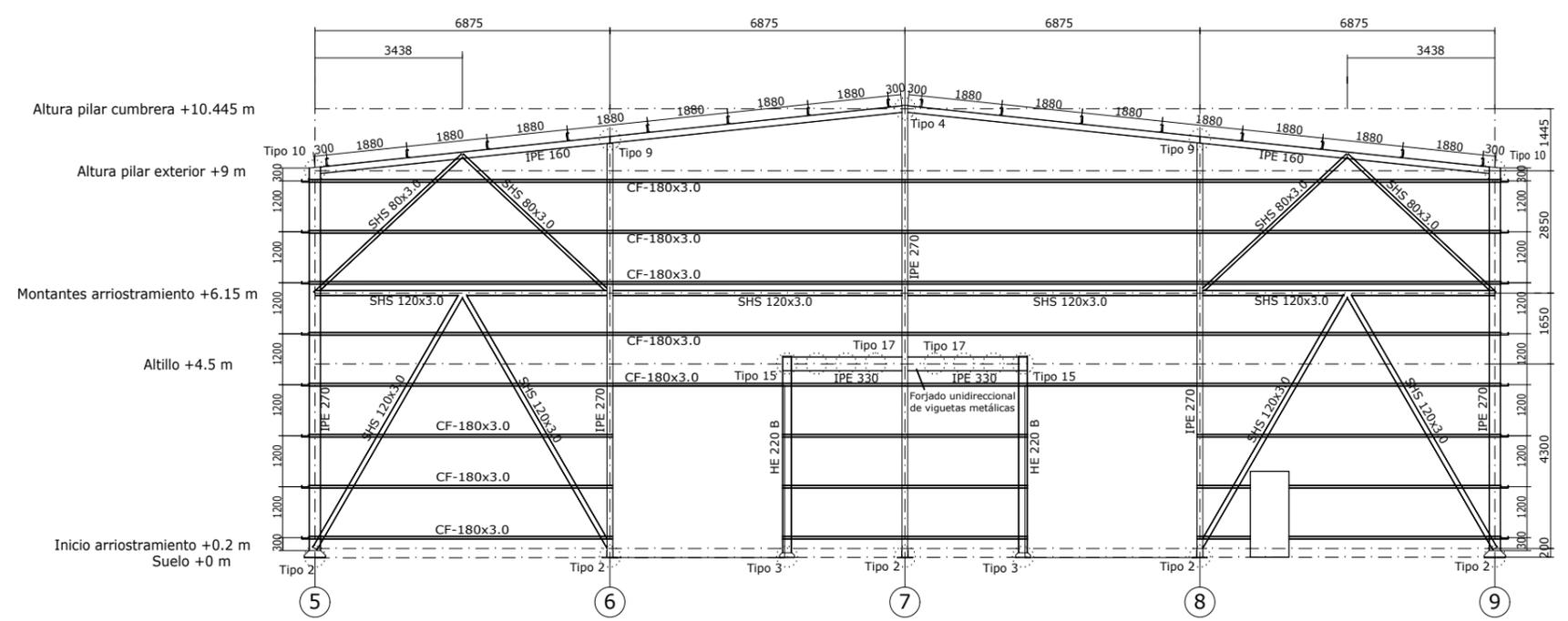


Pórtico de fachada A

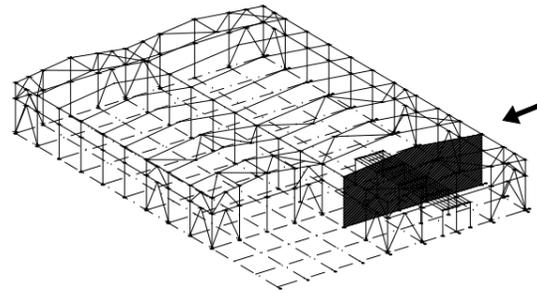


Pórtico interior B

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capítulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

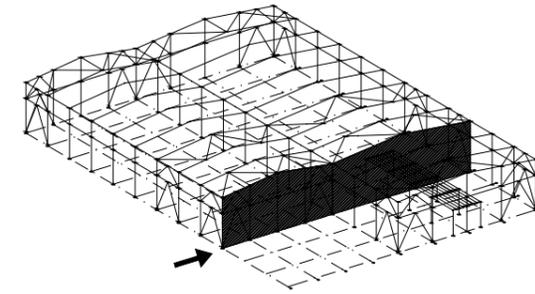
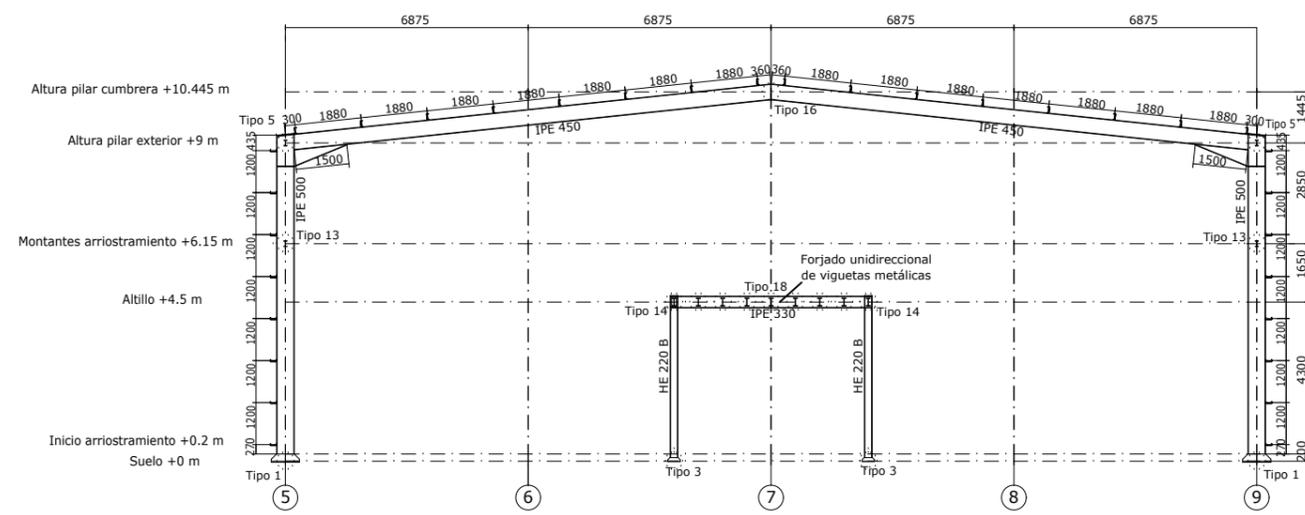


Correas en cubiertas	Correas en laterales
Tipo de Acero: S235	Tipo de Acero: S235
Tipo de perfil: CF-180x3.0	Tipo de perfil: CF-180x3.0
Separación: 1.88 m.	Separación: 1.20 m.
Número de correas: 30	Número de correas: 16
Peso lineal: 226.15 kg/m	Peso lineal: 120.61 kg/m

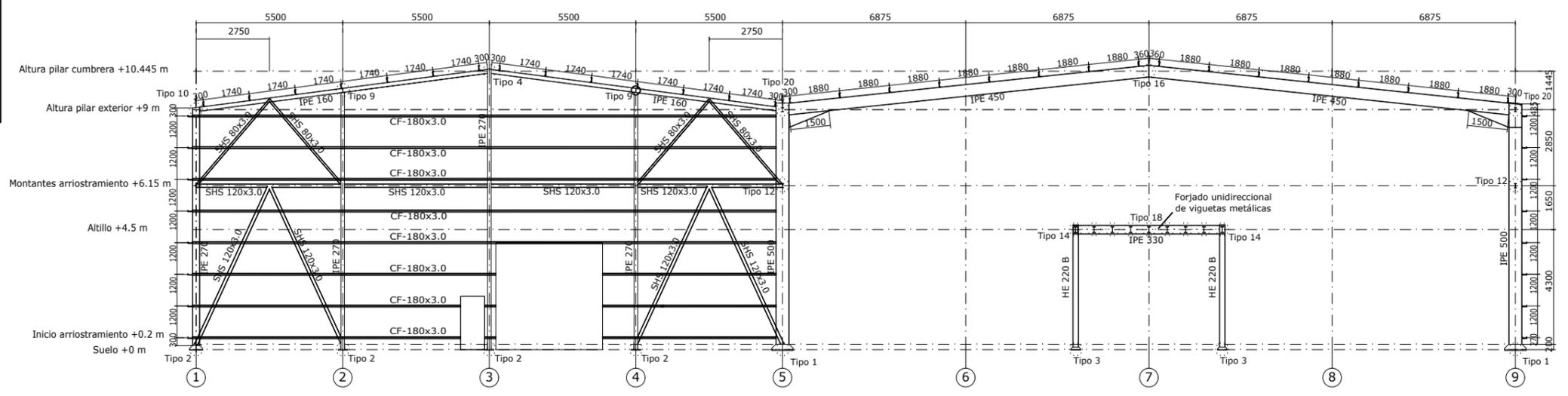


Pórtico interior C

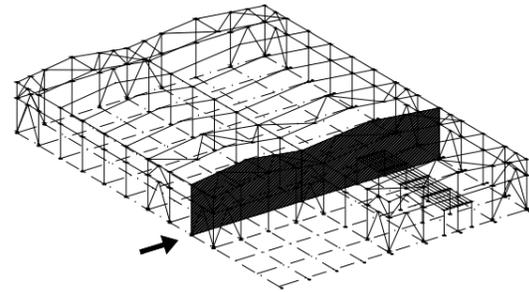
CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capítulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$



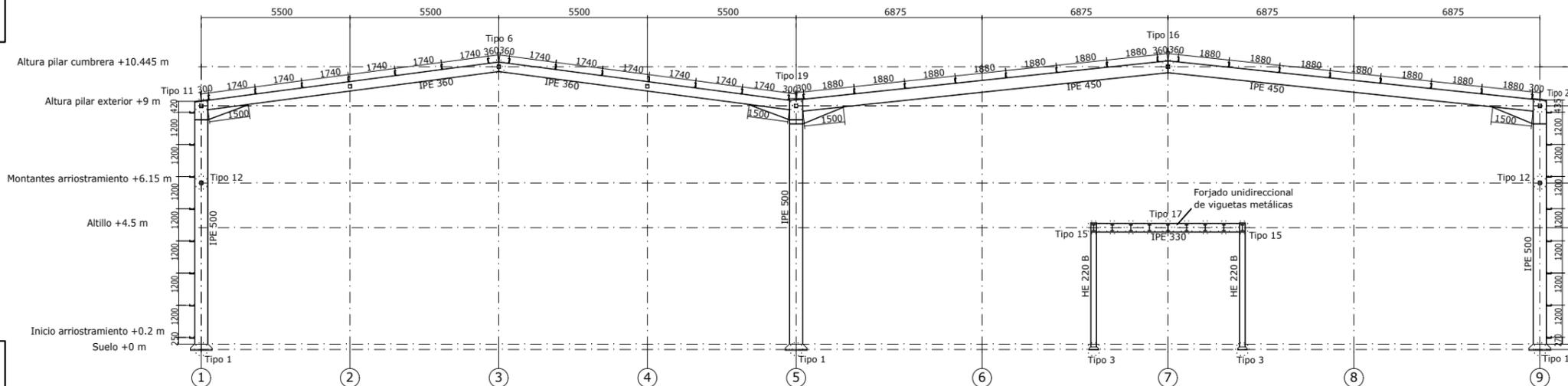
Pórtico de fachada e interior D



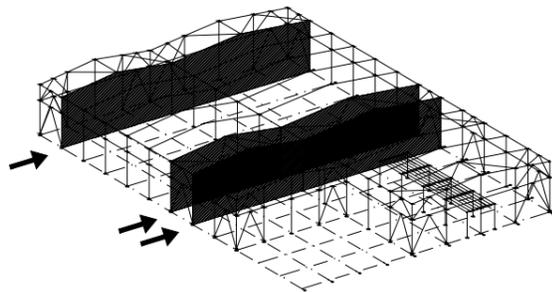
Correas en cubiertas	Correas en laterales
Tipo de Acero: S235	Tipo de Acero: S235
Tipo de perfil: CF-180x3.0	Tipo de perfil: CF-180x3.0
Separación: 1.88 m.	Separación: 1.20 m.
Número de correas: 30	Número de correas: 16
Peso lineal: 226.15 kg/m	Peso lineal: 120.61 kg/m



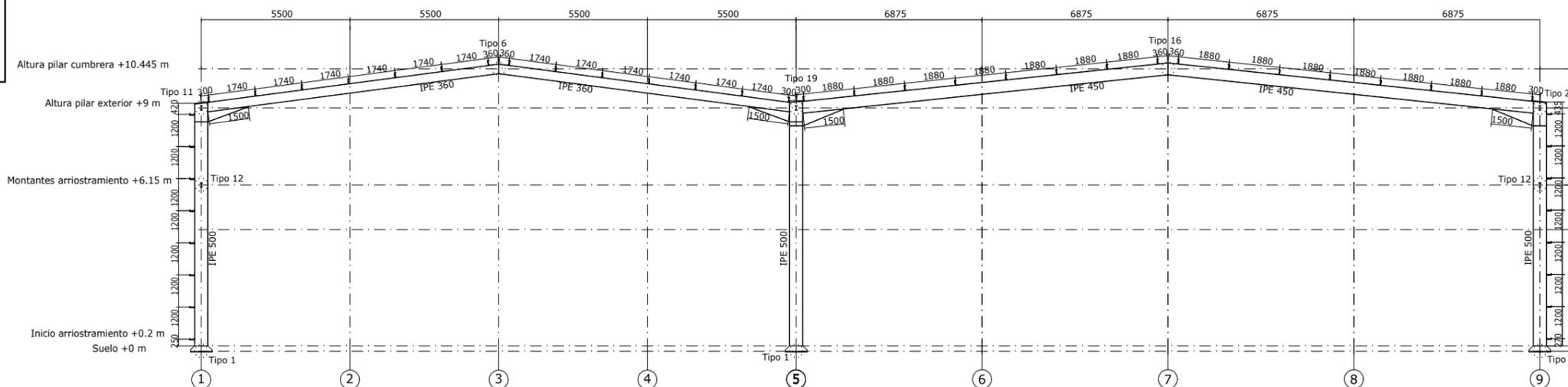
Pórtico interior E



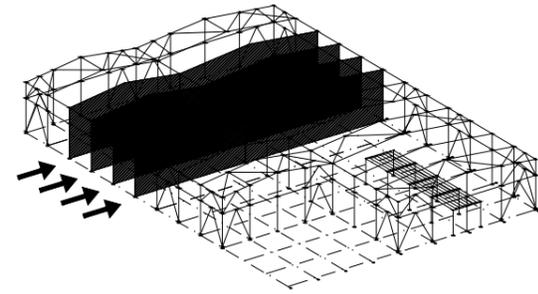
CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capítulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$



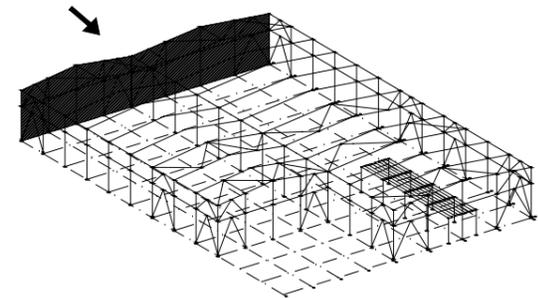
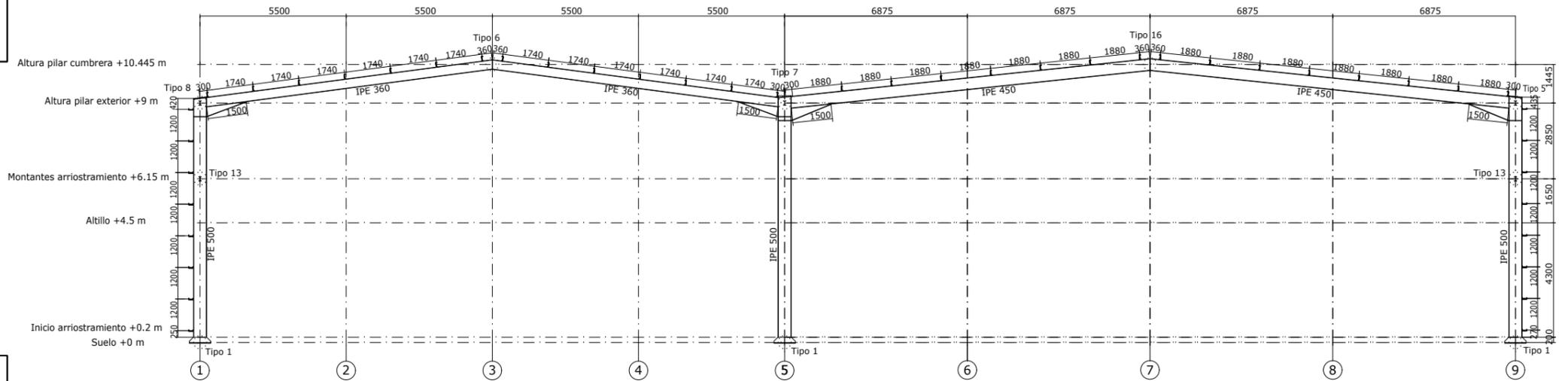
Pórticos interiores F, G, L



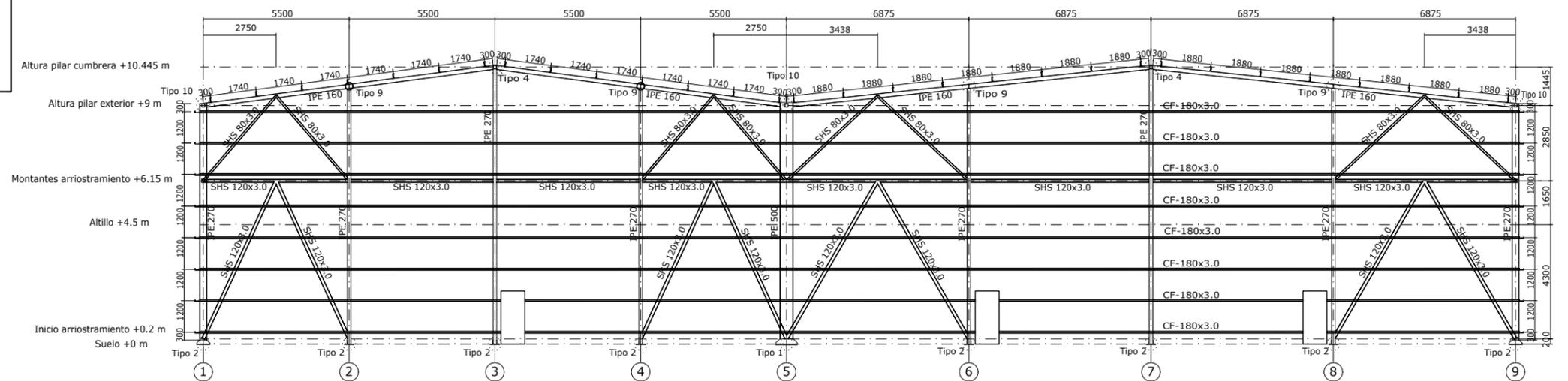
Correas en cubiertas	Correas en laterales
Tipo de Acero: S235	Tipo de Acero: S235
Tipo de perfil: CF-180x3.0	Tipo de perfil: CF-180x3.0
Separación: 1.88 m.	Separación: 1.20 m.
Número de correas: 30	Número de correas: 16
Peso lineal: 226.15 kg/m	Peso lineal: 120.61 kg/m



Pórticos interiores de H a K



Pórtico de fachada M



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA		
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capítulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$ $\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$ $\gamma_{M1}=1,05$

Correas en cubiertas	Correas en laterales
Tipo de Acero: S235	Tipo de Acero: S235
Tipo de perfil: CF-180x3.0	Tipo de perfil: CF-180x3.0
Separación: 1.88 m.	Separación: 1.20 m.
Número de correas: 30	Número de correas: 16
Peso lineal: 226.15 kg/m	Peso lineal: 120.61 kg/m

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

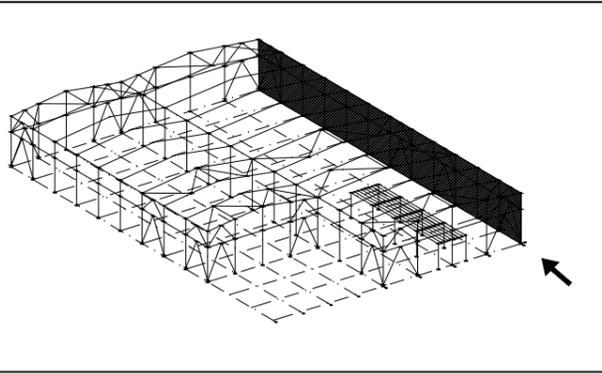


Proyecto: **CÁLCULO ESTRUCTURAL DE NAVE GUARDAMUEBLES DE 3168 m<sup>2</sup> SITUADA EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE L'ANDANA (VALENCIA)**

Plano: **Estructura. Pórticos interiores de H a K y de fachada posterior M.**  
 Autor: **Gemma Pérez Hernández**

Fecha: **Julio 2022**  
 Escala: **1:200**

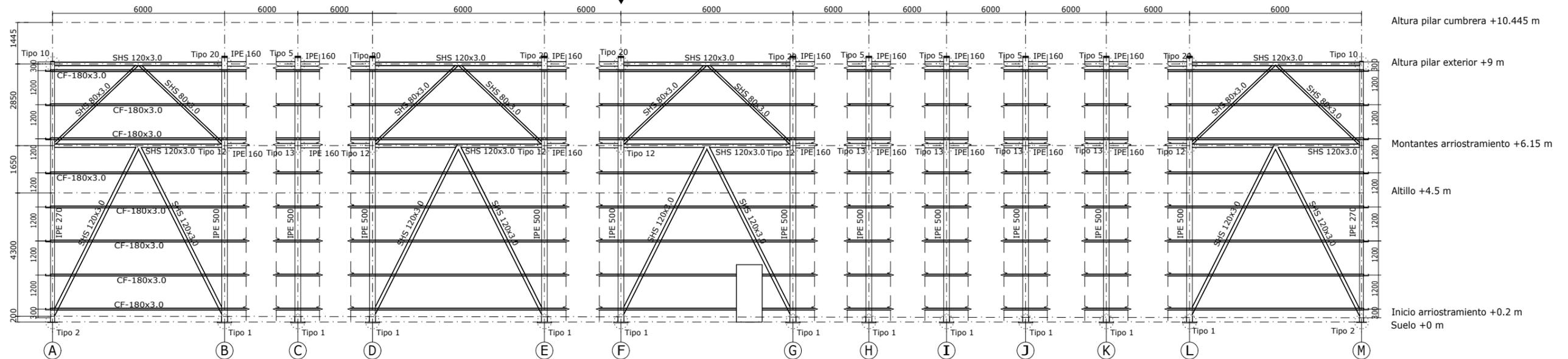
Nº Plano: **10**



Fachada lateral 1

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capítulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

Línea de juntas de dilatación, de correas con colisos.



Correas en cubiertas	Correas en laterales
Tipo de Acero: S235	Tipo de Acero: S235
Tipo de perfil: CF-180x3.0	Tipo de perfil: CF-180x3.0
Separación: 1.88 m.	Separación: 1.20 m.
Número de correas: 30	Número de correas: 16
Peso lineal: 226.15 kg/m	Peso lineal: 120.61 kg/m

Correas en cubiertas	Unión tipo estándar	Unión en junta de dilatación
Detalle del anclaje de las correas en la cubierta mediante un elemento denominado ejión. En la imagen de la derecha, la unión se realiza con agujeros tipo coliso para la junta de dilatación.		

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

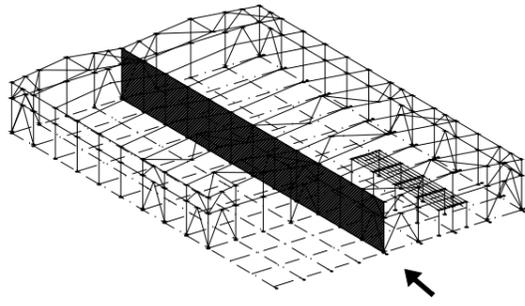


Proyecto: CÁLCULO ESTRUCTURAL DE NAVE GUARDAMUEBLES DE 3168 m<sup>2</sup> SITUADA EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE L'ANDANA (VALENCIA)

Plano: Estructura. Fachada lateral 1.  
 Autor: Gemma Pérez Hernández

Fecha: Julio 2022  
 Escala: 1:150

Nº Plano: 11

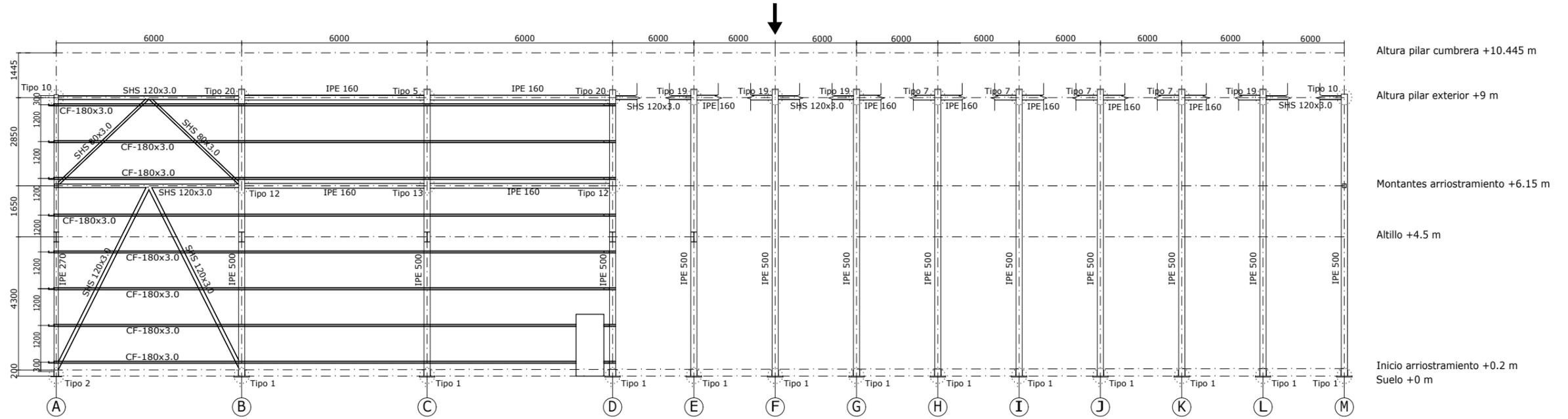


Fachada lateral 5

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA

ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capitulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frio	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

Línea de juntas de dilatación, de correas con colisos.



Correas en cubiertas	Correas en laterales
Tipo de Acero: S235	Tipo de Acero: S235
Tipo de perfil: CF-180x3.0	Tipo de perfil: CF-180x3.0
Separación: 1.88 m.	Separación: 1.20 m.
Número de correas: 30	Número de correas: 16
Peso lineal: 226.15 kg/m	Peso lineal: 120.61 kg/m

Correas en cubiertas	Unión tipo estándar	Unión en junta de dilatación
Detalle del anclaje de las correas en la cubierta mediante un elemento denominado ejión. En la imagen de la derecha, la unión se realiza con agujeros tipo coliso para la junta de dilatación.		

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

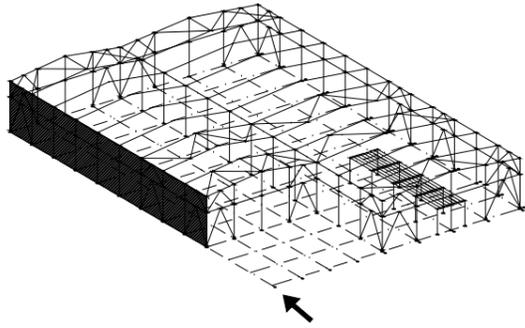


Proyecto: **CÁLCULO ESTRUCTURAL DE NAVE GUARDAMUEBLES DE 3168 m<sup>2</sup> SITUADA EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE L'ANDANA (VALENCIA)**

Plano: **Estructura. Fachada lateral 5.**  
 Autor: **Gemma Pérez Hernández**

Fecha: **Julio 2022**  
 Escala: **1:150**

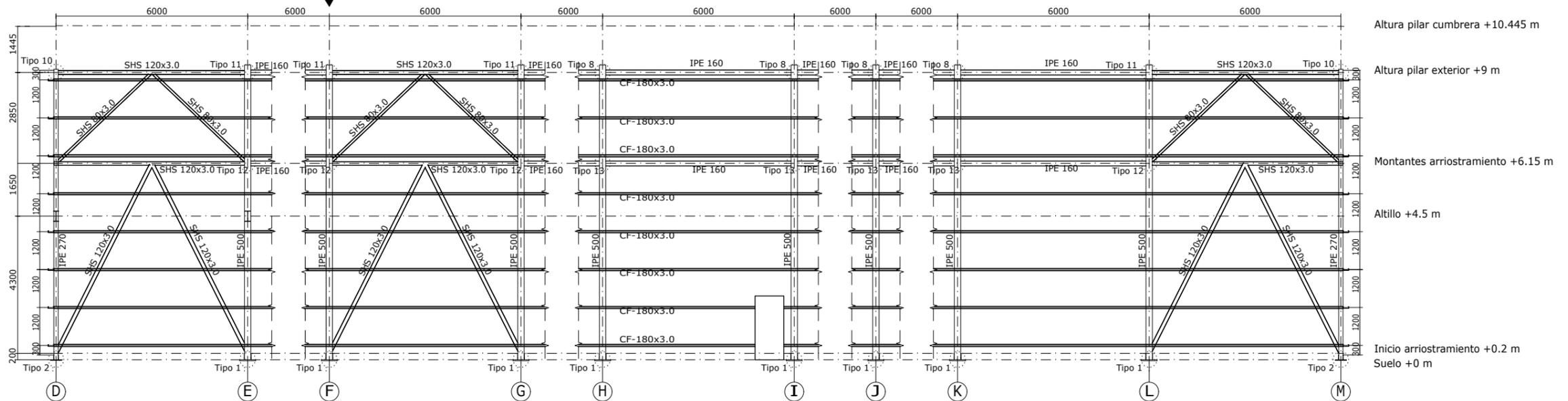
Nº Plano: **12**



Fachada lateral 9

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capítulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frio	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

Línea de juntas de dilatación, de correas con colisos.



Correas en cubiertas	Correas en laterales
Tipo de Acero: S235	Tipo de Acero: S235
Tipo de perfil: CF-180x3.0	Tipo de perfil: CF-180x3.0
Separación: 1.88 m.	Separación: 1.20 m.
Número de correas: 30	Número de correas: 16
Peso lineal: 226.15 kg/m	Peso lineal: 120.61 kg/m

Correas en cubiertas	Unión tipo estándar	Unión en junta de dilatación
Detalle del anclaje de las correas en la cubierta mediante un elemento denominado ejión. En la imagen de la derecha, la unión se realiza con agujeros tipo coliso para la junta de dilatación.		

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



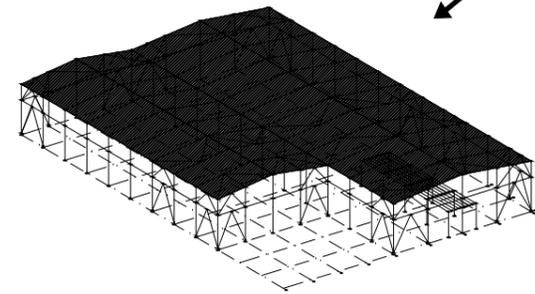
Proyecto: **CÁLCULO ESTRUCTURAL DE NAVE GUARDAMUEBLES DE 3168 m<sup>2</sup> SITUADA EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE L'ANDANA (VALENCIA)**

Plano: **Estructura. Fachada lateral 9.**  
 Autor: **Gemma Pérez Hernández**

Fecha: **Julio 2022**  
 Escala: **1:150**

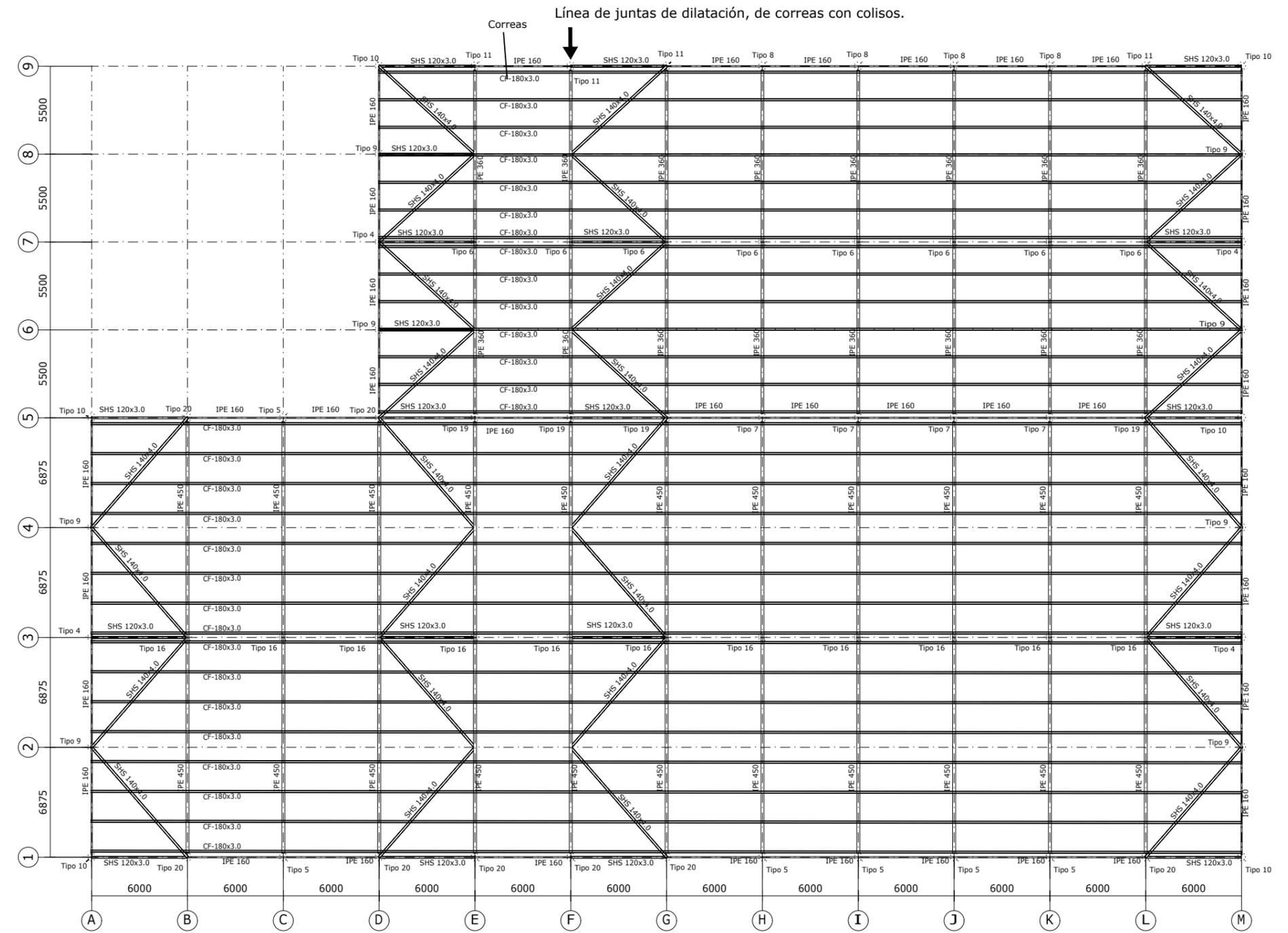
Nº Plano:

**13**



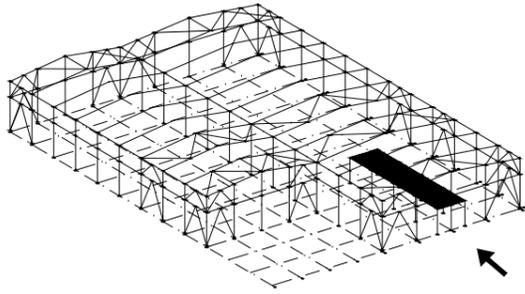
Cubierta

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capítulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$



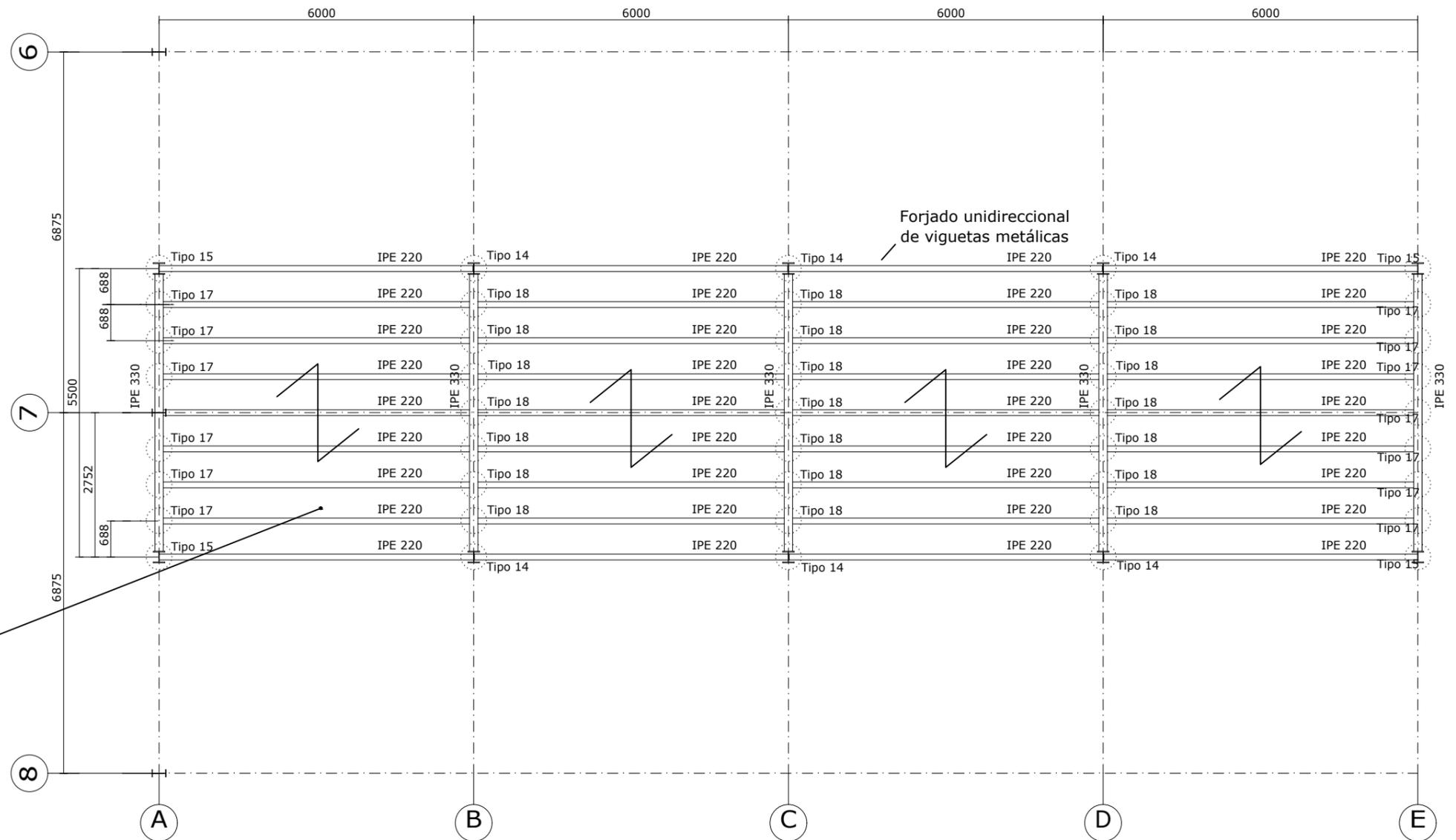
Correas en cubiertas	Unión tipo estándar	Unión en junta de dilatación
Detalle del anclaje de las correas en la cubierta mediante un elemento denominado ejón. En la imagen de la derecha, la unión se realiza con agujeros tipo coliso para la junta de dilatación.		

Correas en cubiertas	Correas en laterales
Tipo de Acero: S235 Tipo de perfil: CF-180x3.0 Separación: 1.88 m. Número de correas: 30 Peso lineal: 226.15 kg/m	Tipo de Acero: S235 Tipo de perfil: CF-180x3.0 Separación: 1.20 m. Número de correas: 16 Peso lineal: 120.61 kg/m



Alttillo

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capitulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frio	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$



Hormigón del forjado  
HA-25/F/20/XC1

Datos del Forjado - Planta altillo

Cargas	Sección tipo del forjado
Peso propio: 4 kN/m <sup>2</sup>  Sobrecarga de uso: - Zona de oficinas: 2 kN/m <sup>2</sup> - Zona de almacenaje: 5 kN/m <sup>2</sup>	

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: CÁLCULO ESTRUCTURAL DE NAVE  
GUARDAMUEBLES DE 3168 m<sup>2</sup> SITUADA EN  
EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE L'ANDANA  
(VALENCIA)

Plano: Estructura. Forjado del altillo.  
Autor: Gemma Pérez Hernández

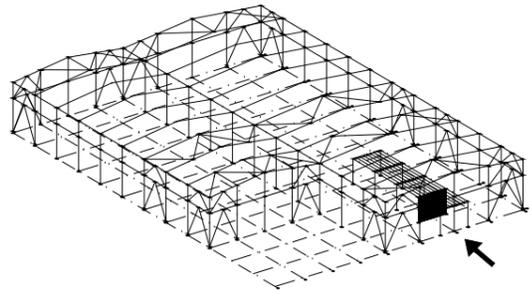
Fecha: Julio 2022  
Escala: 1:100

Nº Plano:

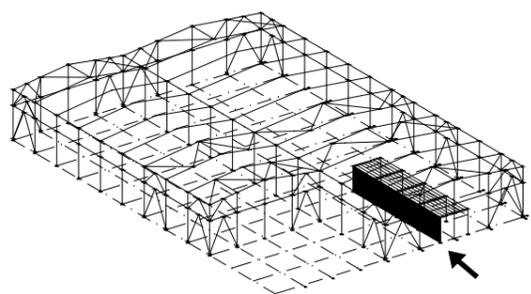
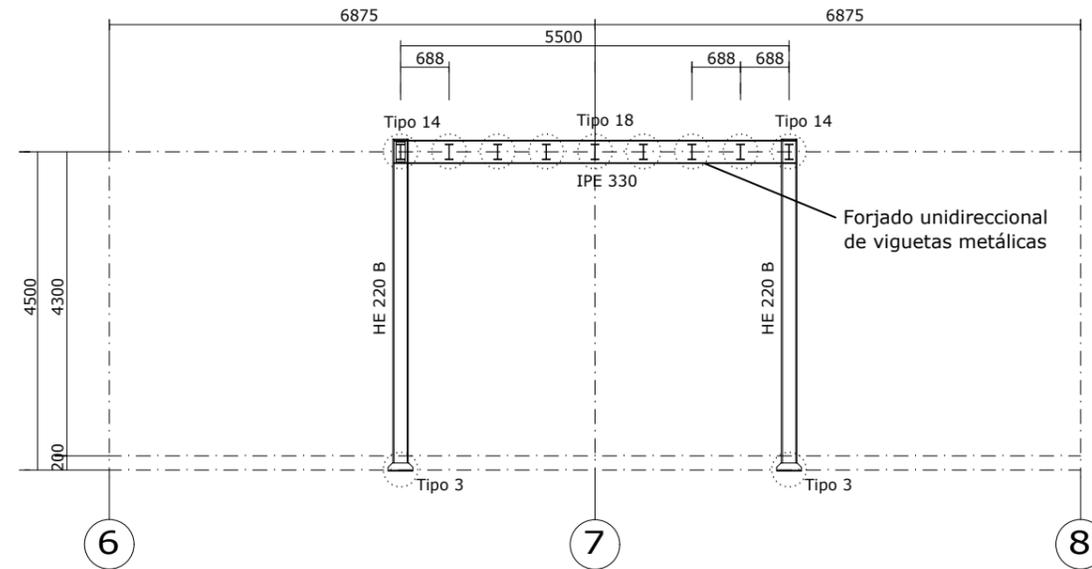
15

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA

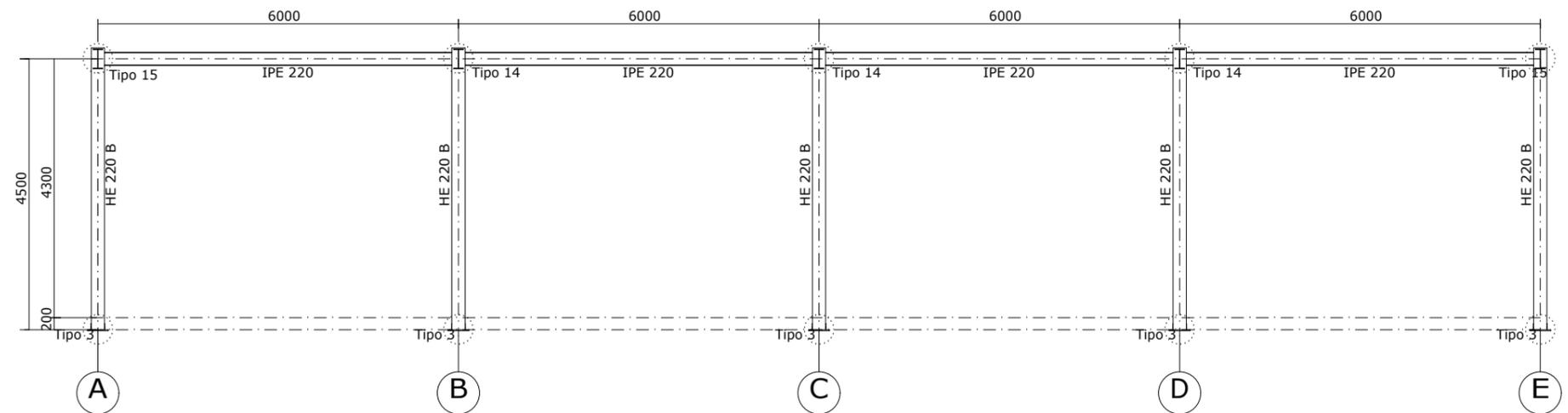
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capitulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frio	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$



Fachada frontal del altillo



Fachada lateral del altillo



Datos del Forjado - Planta altillo

Cargas	Sección tipo del forjado
Peso propio: 4 kN/m <sup>2</sup>  Sobrecarga de uso: - Zona de oficinas: 2 kN/m <sup>2</sup> - Zona de almacenaje: 5 kN/m <sup>2</sup>	

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: CÁLCULO ESTRUCTURAL DE NAVE GUARDAMUEBLES DE 3168 m<sup>2</sup> SITUADA EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE L'ANDANA (VALENCIA)

Plano: Estructura. Vistas frontal y lateral del altillo.  
 Autor: Gemma Pérez Hernández

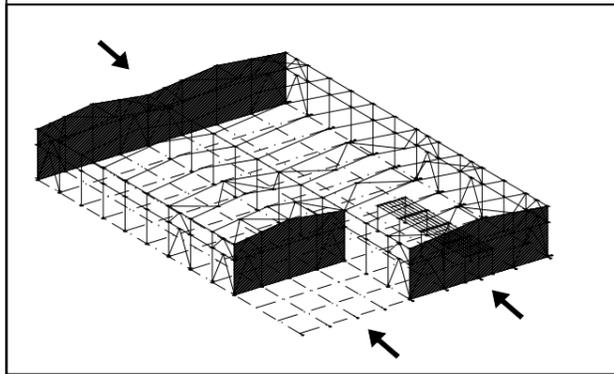
Fecha: Julio 2022  
 Escala: 1:100

Nº Plano:

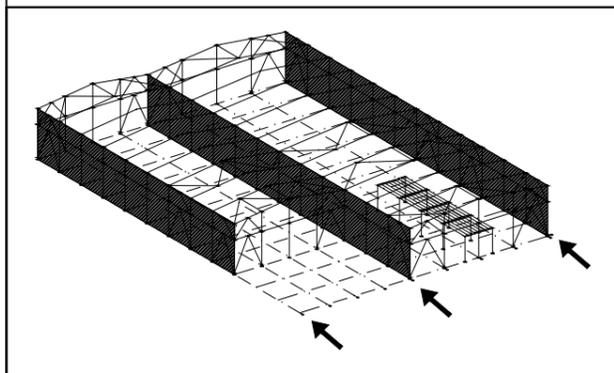
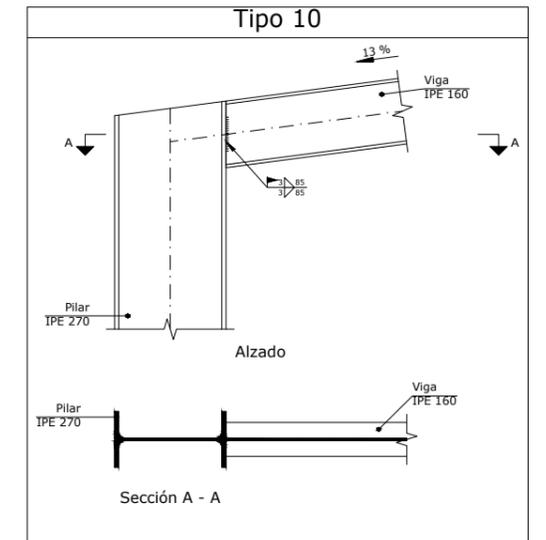
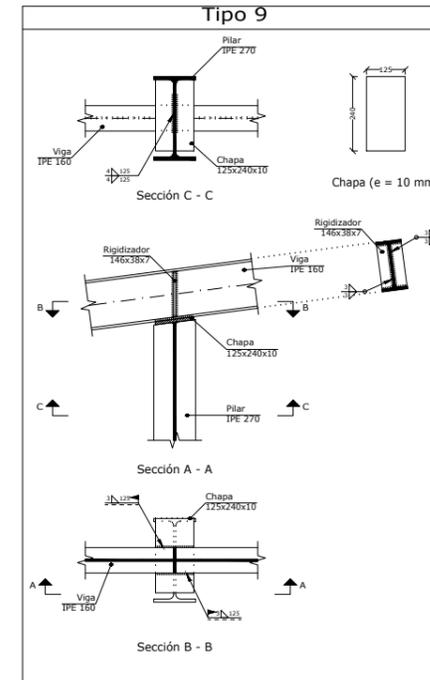
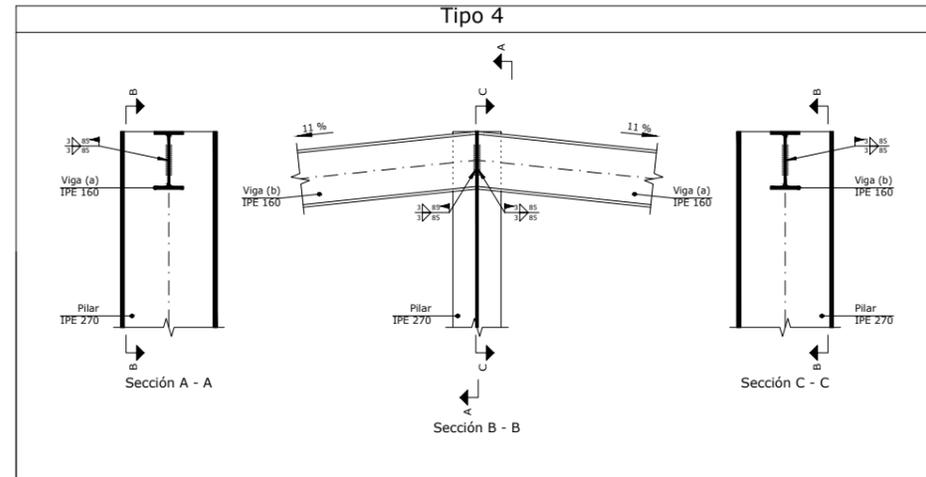
16

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA

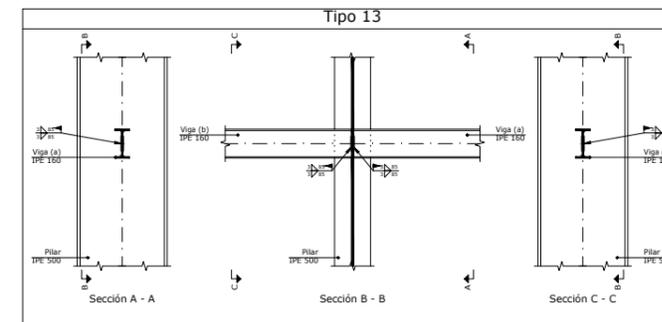
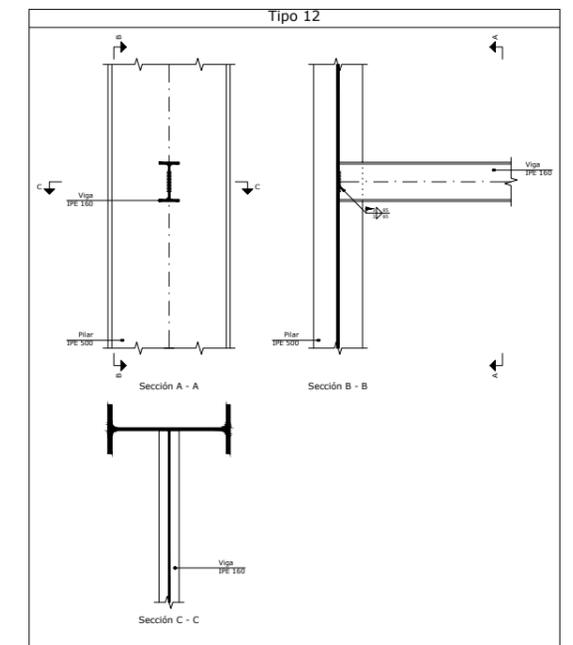
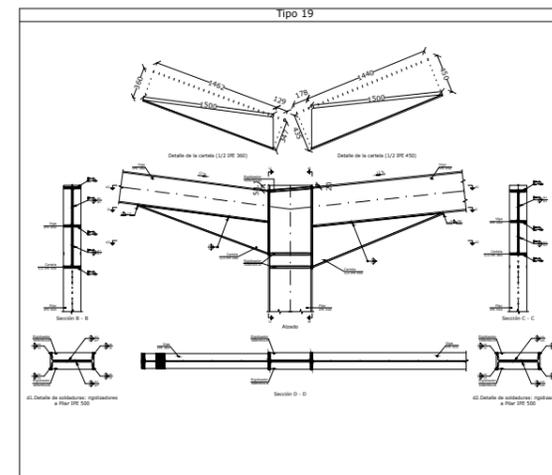
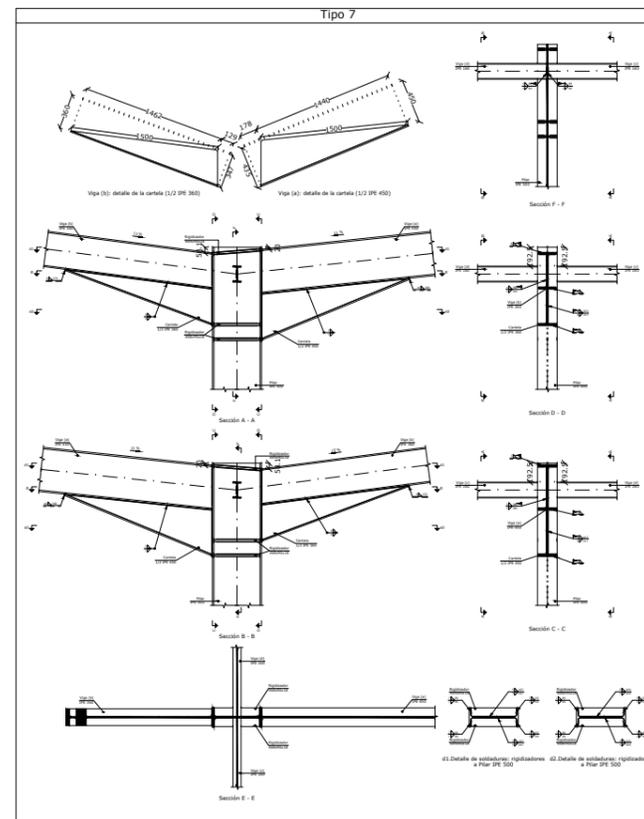
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capitulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frio	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$



Pórticos de fachada



Fachadas laterales



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: **CÁLCULO ESTRUCTURAL DE NAVE GUARDAMUEBLES DE 3168 m<sup>2</sup> SITUADA EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE L'ANDANA (VALENCIA)**

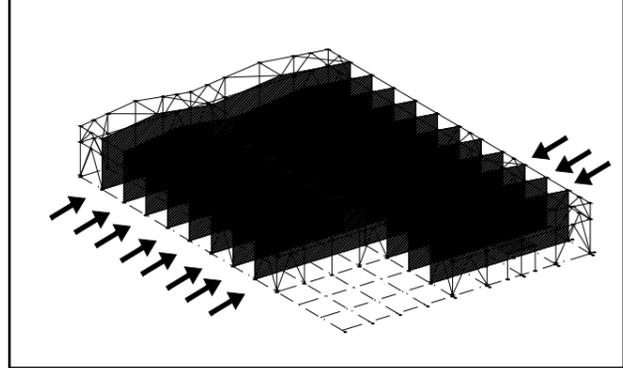
Plano: **Estructura. Detalles de las uniones de la nave I.**  
 Autor: **Gemma Pérez Hernández**

Fecha: **Julio 2022**  
 Escala: **S/E**

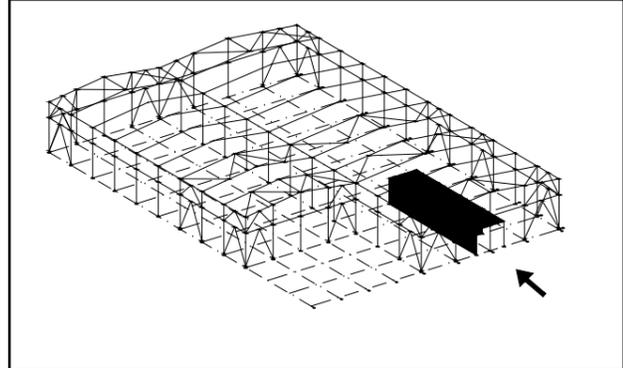
Nº Plano:

**17**

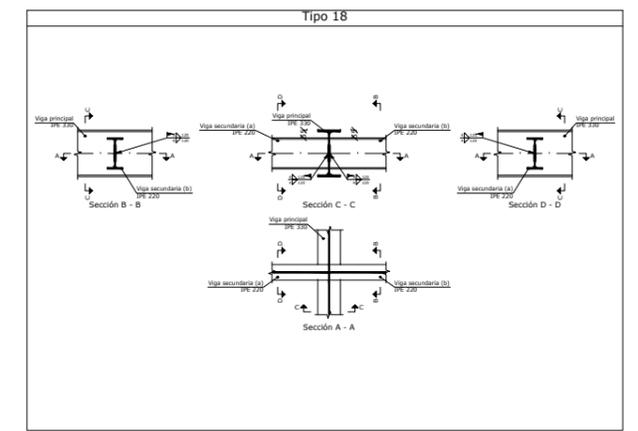
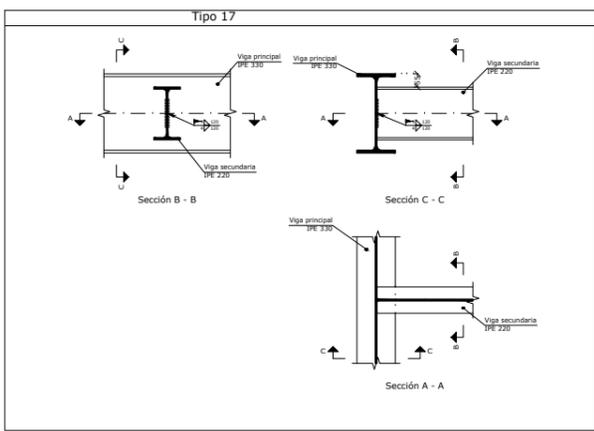
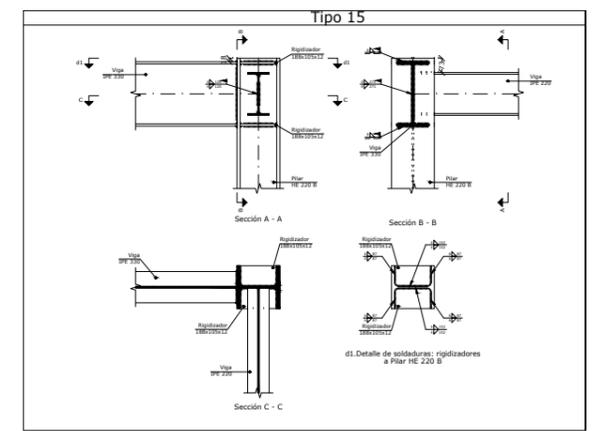
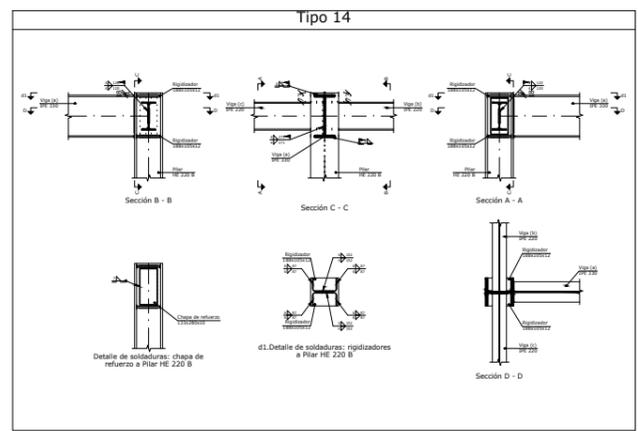
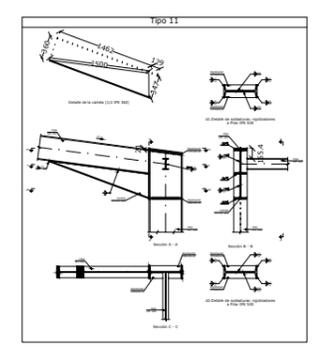
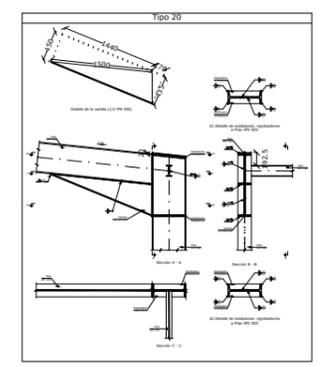
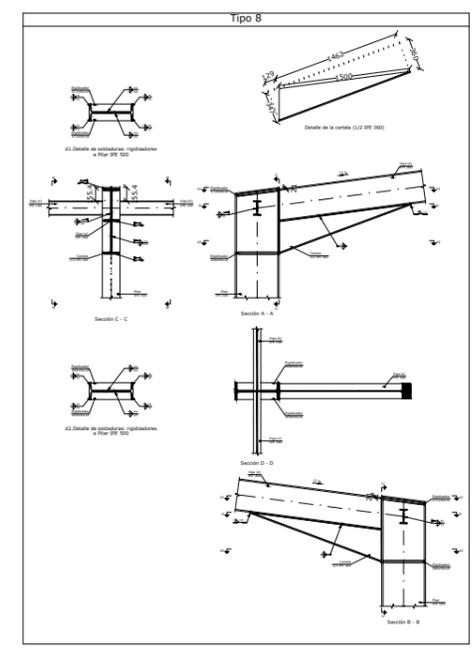
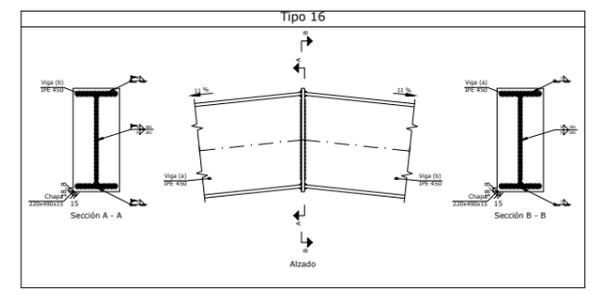
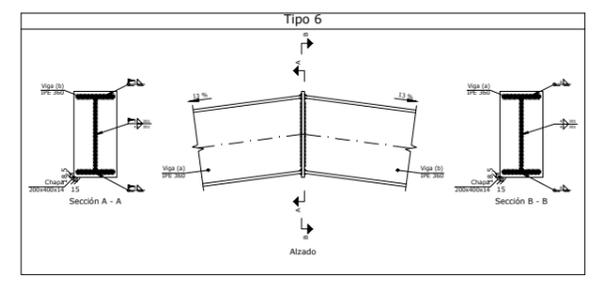
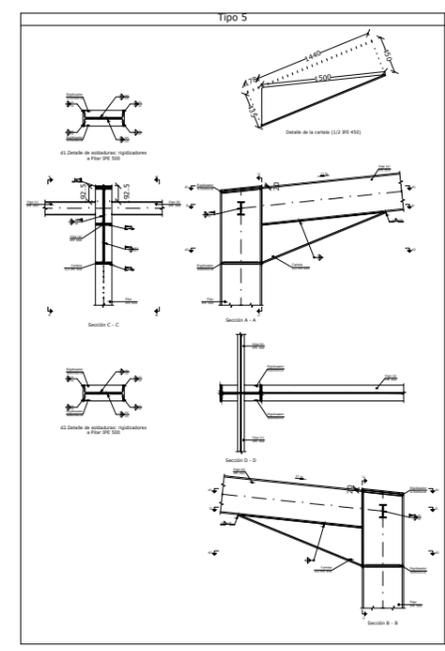
CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA ( CE Capitulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)		$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

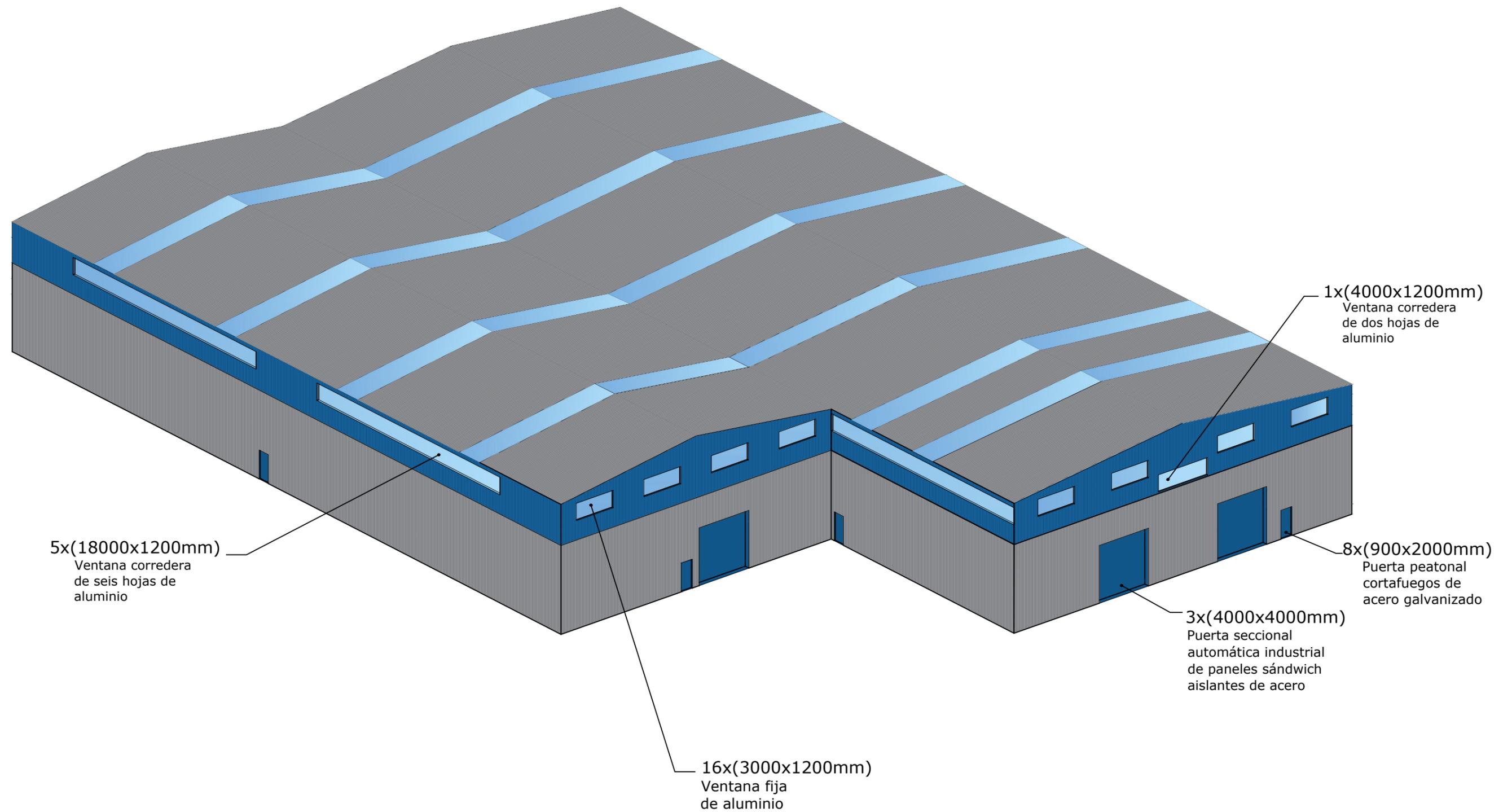


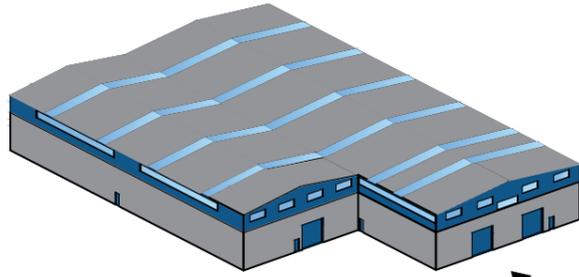
Pórticos interiores



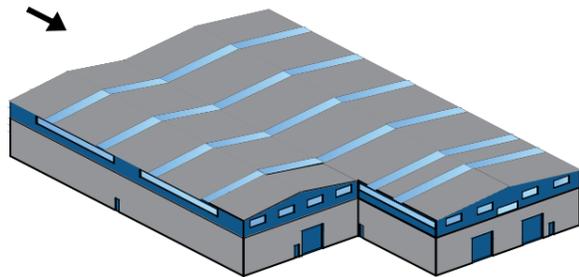
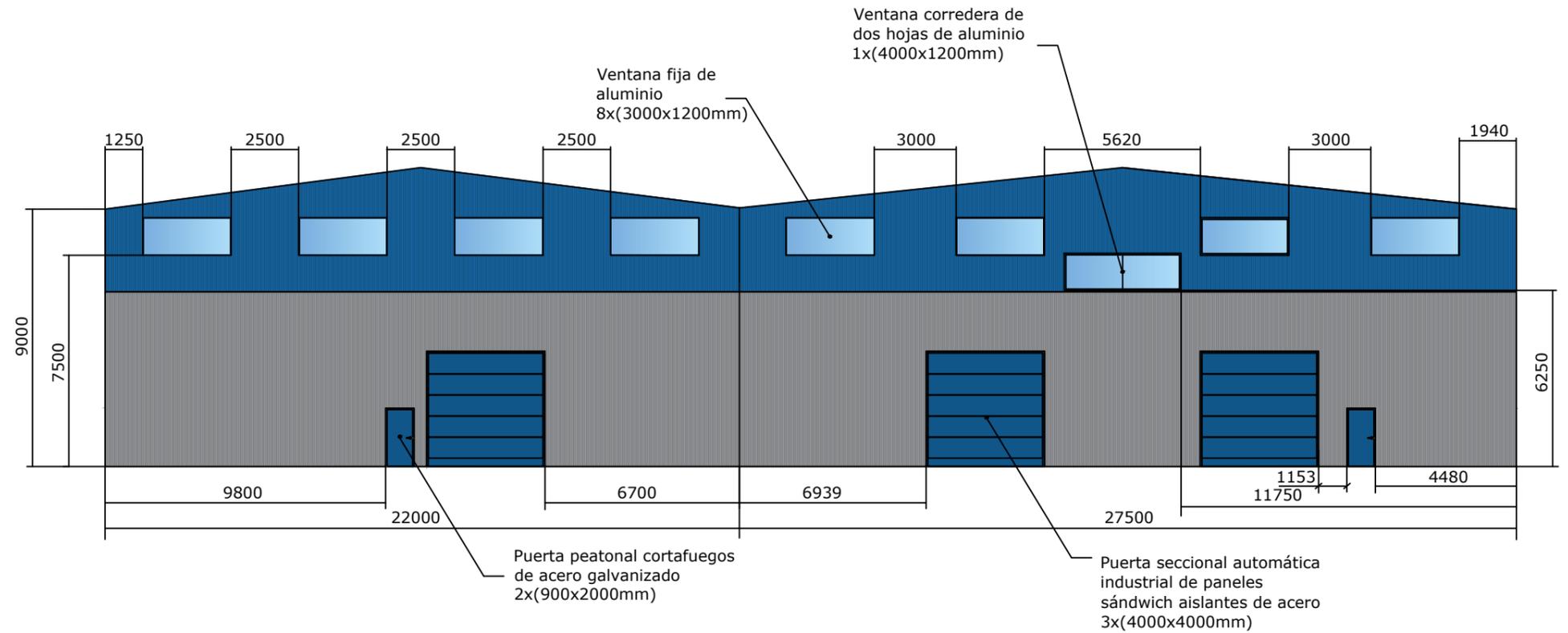
Atillo



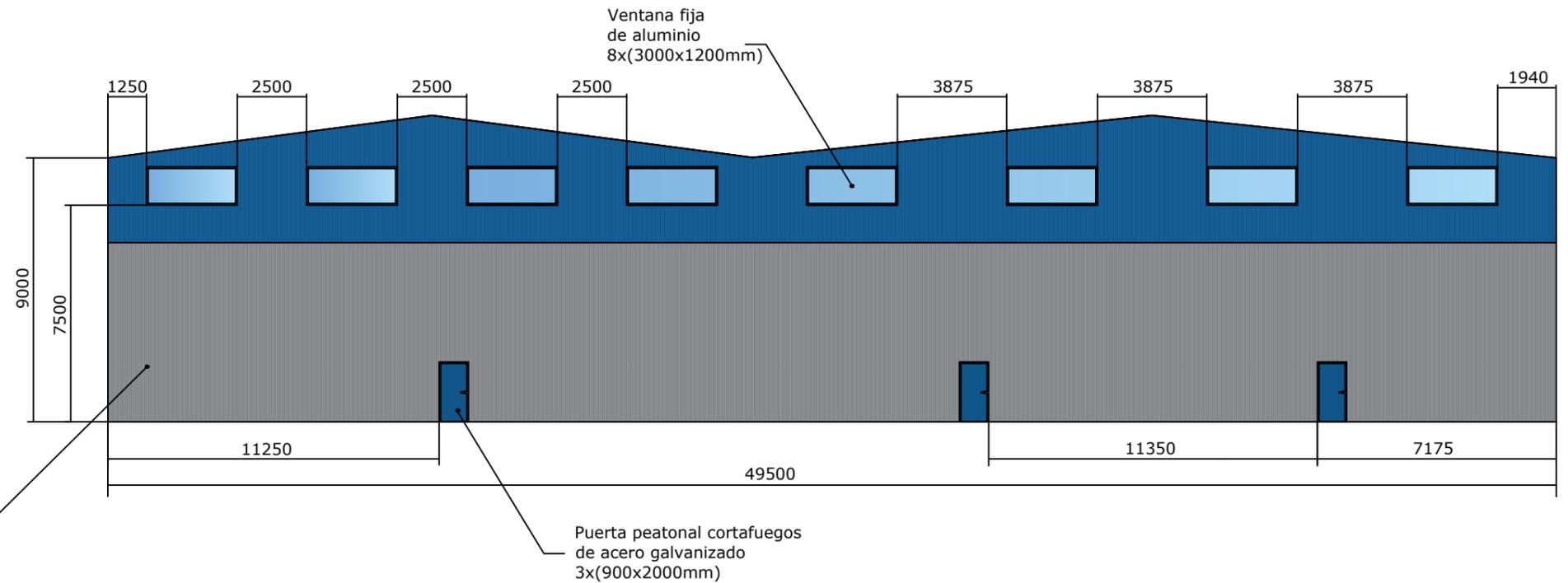


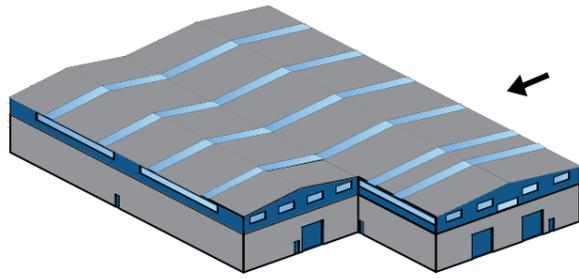


Pórticos de fachada frontal A y D

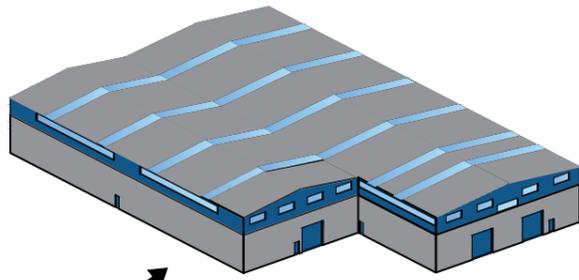
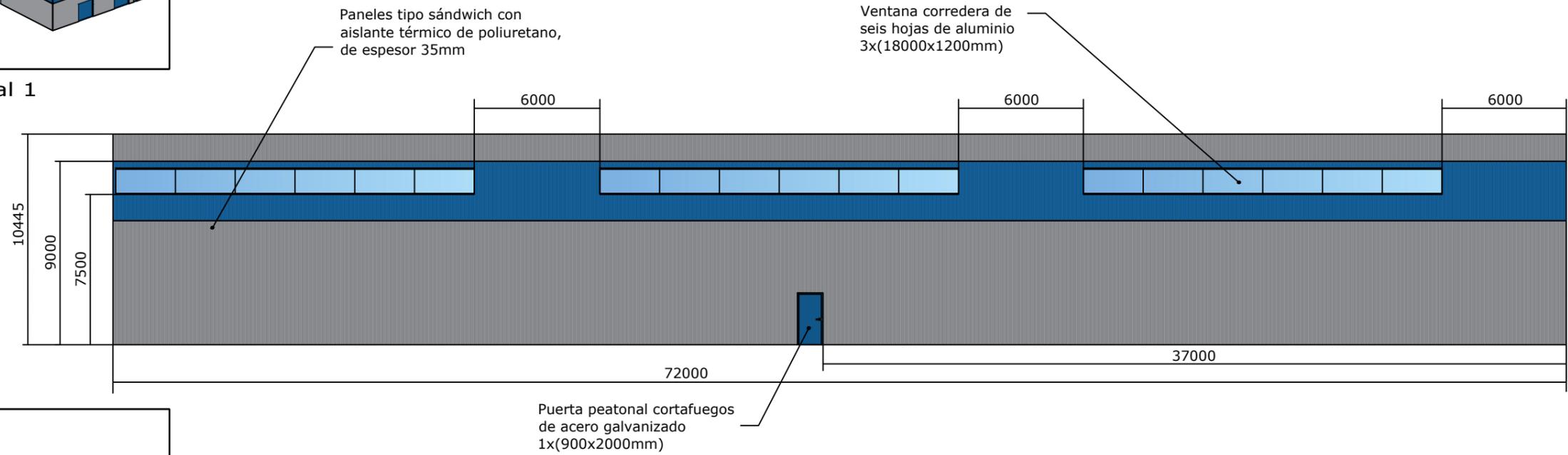


Pórticos de fachada trasera M

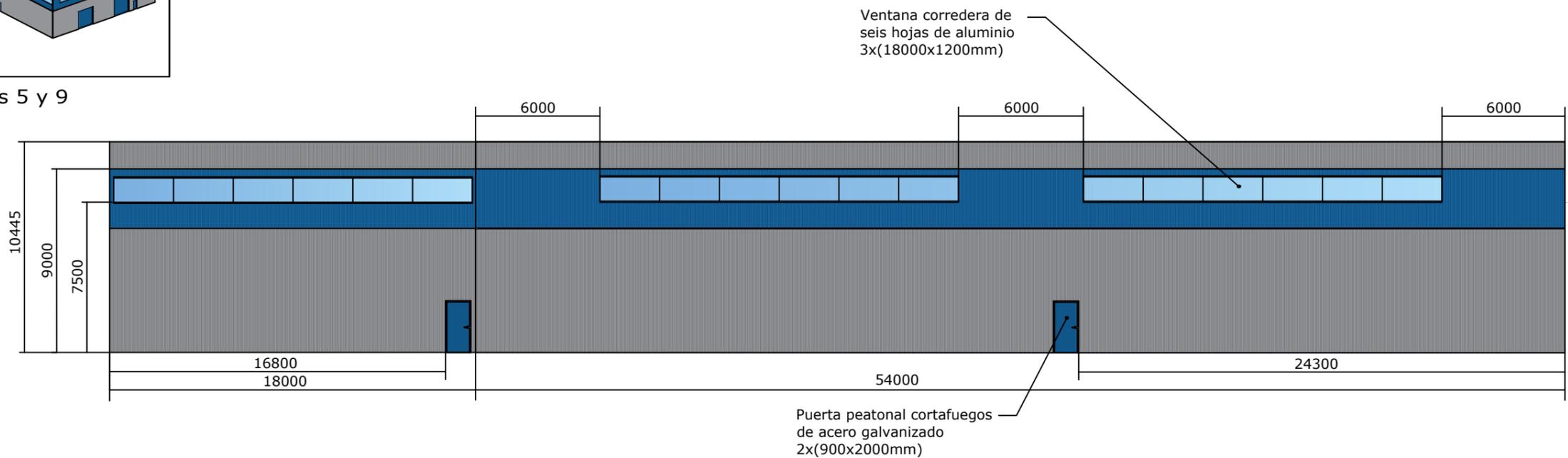


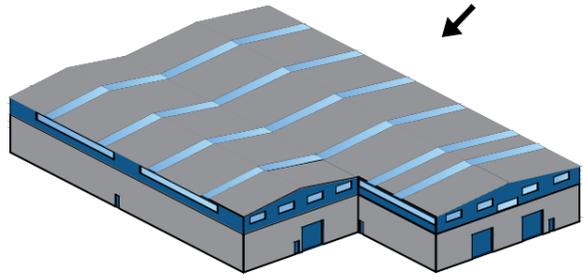


Fachada lateral 1



Fachadas laterales 5 y 9





Cubierta

Paneles tipo sándwich aislantes de 30 mm de espesor

Paneles de policarbonato celular grecado translúcido, 30 mm de espesor

