



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

El presente trabajo trata sobre el dimensionamiento y el diseño de una nave industrial de estructura metálica con un puente grúa. Una empresa, en este caso una empresa dedicada a la fabricación de embarcaciones, nos da una serie de requerimientos necesarios (tanto de equipamiento como de necesidades) para llevar a cabo el proceso de fabricación comentado. Por tanto, se comprueba que la parcela proporcionada es adecuada en función de las necesidades impuestas por el cliente. Una vez está elegida la ubicación de la nave, se procede al cálculo de ésta mediante el programa informático Cype 2015. Con este programa, dimensionamos la nave industrial de tal forma que cumpla con toda la normativa vigente y con los cálculos en cuestión, teniendo en cuenta la carga producida por el puente grúa introducido. Una vez la nave cumple todos los cálculos comentados, se procede a la decisión del cerramiento, es decir, panel tipo sándwich, puertas, etc. Para finalizar, se realiza el presupuesto total de la edificación de dicha nave, con los precios actuales de los materiales utilizados.

El present treball tracta sobre el dimensionament i el disseny d'una nau industrial d'estructura metàl·lica amb un pont grua. Una empresa, en este cas una empresa dedicada a la fabricació d'embarcacions, ens dóna una sèrie de requeriments necessaris (tant d'equipament com de necessitats) per a dur a terme el procés de fabricació comentat. Per tant, es comprova que la parcel·la proporcionada és adequada en funció de les necessitats imposades pel client. Una vegada està elegida la ubicació de la nau, es procedeix al càlcul d'esta per mitjà del programa informàtic Cype 2015. Amb este programa, dimensionem la nau industrial de tal forma que complisca amb tota la normativa vigent i amb els càlculs en qüestió, tenint en compte la càrrega produïda pel pont grua introduït. Una vegada la nau compleix tots els càlculs comentats, es procedeix a la decisió del tancament, és a dir, panell tipus sandvitx, portes, etc. Per a finalitzar, es realitza el pressupost total de l'edificació de la dita nau, amb els preus actuals dels materials utilitzats.

The following dissertation deals with the dimensioning and design of a metallic structured industrial unit with an overhead travelling crane. A company, in this case a company devoted to the production of vessels, gives us a series of necessary requirements (equipment as well as necessities), in order to go through with the aforementioned production process. Therefore, it is proved that the smallholding provided is appropriate according to the necessities imposed by the client. Once the location of the industrial unit is chosen, we proceed to the calculation of it by means of the computing programme Cype 2015. With this programme, we size the industrial unit up so that it covers compliance with the current regulations and with the calculations at issue, taking into account the load produced by the overhead travelling crane previously introduced. Once the industrial unit fulfills the aforementioned calculations, we proceed to the closing decision, that is to say, a "sandwich" panel, doors, etc. To finish, the total budget of the construction of the industrial unit is done, taking into account the current prices of the materials used.

ÍNDICE GENERAL

1. DOCUMENTO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA
2. DOCUMENTO 2: ANEXO URBANÍSTICO
3. DOCUMENTO 3: ANEXO DE CÁLCULO
4. DOCUMENTO 4: PLANOS
5. DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO

DOCUMENTO I: MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE MEMORIA DESCRIPTIVA

1	Objeto del trabajo	2
2	Introducción al proyecto	2
2.1	Antecedentes	2
2.2	Motivación.....	2
3	Requerimientos espaciales y constructivos	2
3.1	Distribución en planta	4
4	Situación y emplazamiento	5
4.1	Descripción de la parcela.....	6
5	Normativa aplicada	7
6	Descripción de la solución adoptada.....	8
6.1	Puente grúa	9
6.1.1	Viga carrilera.....	12
6.2	Actuaciones previas.....	13
6.3	Cimentación.....	13
6.3.1	Hormigón de limpieza	14
6.3.2	Zapatas	14
6.3.3	Vigas de atado	17
6.4	Solera.....	18
6.5	Canalones	18
6.6	Lucernarios	20
6.7	Cerramientos.....	21
6.7.1	Correas de cubierta	21
6.7.2	Correas laterales y de fachada	22
6.7.3	Panel tipo sándwich.....	23
6.8	Materiales.....	24
6.8.1	Hormigón.....	24
6.8.2	Acero	25
6.9	Estructura	25
6.9.1	Pórtico de fachada.....	25
6.9.2	Pórtico tipo	26
6.9.3	Sistema a contraviento.....	27
6.9.4	Placas de anclaje.....	30
7	Presupuesto.....	33

1 Objeto del trabajo

El presente proyecto forma parte del Trabajo Final de Grado del alumno Rafael García Marqués, matriculado en la titulación de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

El objeto del presente proyecto es el diseño y cálculo de una nave industrial de 2.352 m² sito en el polígono del Mediterráneo (Albuixech), cuya cadena de producción será la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora.

2 Introducción al proyecto

2.1 Antecedentes

Una empresa dedicada a la fabricación de embarcaciones realiza el encargo de un proyecto para la construcción de una nave industrial con puente grúa para el posterior desarrollo de sus actividades en ella.

La empresa es poseedora de una parcela de 14.444,605 m² en el polígono del Mediterráneo, en el cual se quiere construir una nave industrial con puente grúa con una superficie total de 2.352 m² con la finalidad de poseer una fábrica cerca de dos de los puertos más importantes de la Comunidad Valenciana: el puerto de Sagunto y el puerto de Valencia.

2.2 Motivación

La principal motivación para la elección de este TFG es la finalización del Grado en Tecnologías Industriales (GITI) y como consecuencia de ello, la obtención del título correspondiente. Este título corresponde al Grado en Tecnología Industrial, lo cual nos da la posibilidad de ampliar nuestros conocimientos y nuestra formación con la continuación de la carrera en el Master o bien, acceder directamente al mundo laboral.

Hay varios factores que me han influenciado para la realización de este TFG: la fiabilidad y seguridad que proporciona el Departamento de Construcción y sobretodo, el interés que me han generado en mí asignaturas como Estructuras o Tecnología de la construcción.

3 Requerimientos espaciales y constructivos

La nave industrial a realizar se ubicará, como se ha dicho en el punto 2, en la parcela que ha adquirido el cliente en el polígono del Mediterráneo, en la que actualmente se encuentra sin edificación.

El proceso que se va a llevar a cabo dentro de la nave industrial es la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora; por tanto, el promotor ha sugerido una serie de requerimientos. Por una parte, se exige la necesidad de un puente grúa que sea capaz de elevar y transportar el casco de una embarcación (puente grúa de 5 T) y por otra parte, el promotor ha sugerido un programa de necesidades que son necesarias para el correcto desarrollo y funcionamiento de la actividad a realizar.

La necesidad de un puente grúa para el proceso de fabricación que se va a llevar a cabo en el edificio industrial conlleva una condición de altura de pilar a la hora de diseñar la nave, además de la

introducción de ménsulas y vigas carrileras. El puente grúa necesario, como se verá en el punto 6.1, es de dos carriles (bicarril) y de 5 T de carga y es el que determina la altura de pilar de la nave industrial. Por tanto, los pilares extremos tendrán una altura de 8,5 m y el pilar central una altura de cumbre de 9,9 m, ambas tomadas sobre la cota de solera de la nave. De esta forma se consigue la perfecta instalación y el correcto funcionamiento del puente grúa en cuestión.

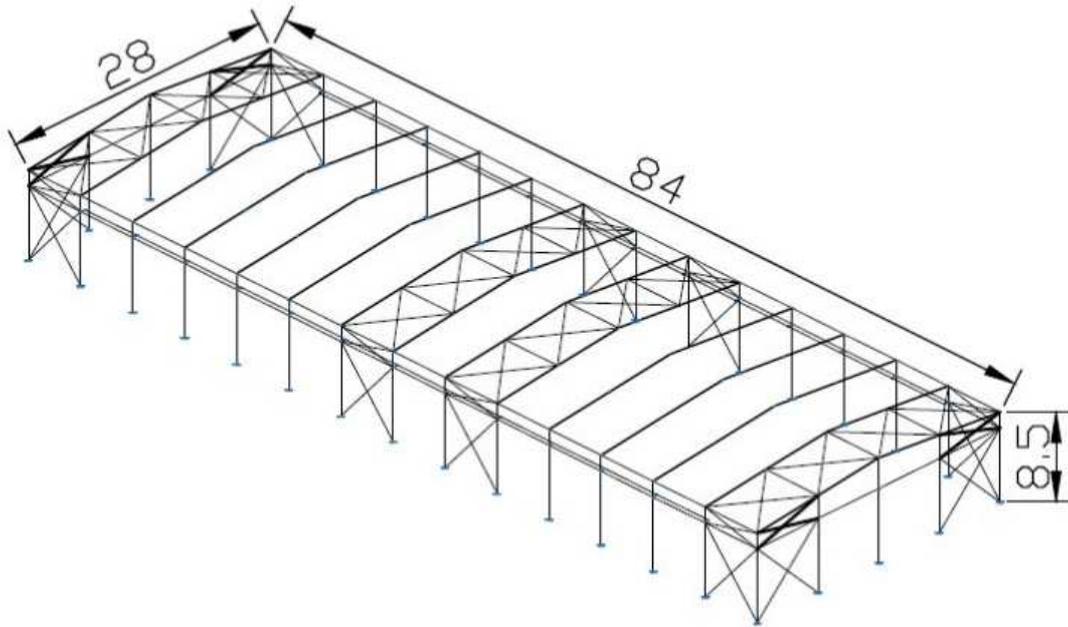


Figura 3.1. Vista 3D de la nave industrial. Fuente: CYPECAD 2015

Por otro lado, el programa de necesidades conlleva una distribución en planta o “layout”, lo cual determina las dimensiones de la nave industrial (luz y profundidad). El programa de necesidades determinado por el promotor es el siguiente:

1. Oficinas: 42 m²
2. Oficina técnica: 42 m²
3. Vestuarios y aseos: 84 m²
4. Almacén de materia prima: 546 m²
5. Fabricación del casco: 252 m²
6. Pintura: 252 m²
7. Montajes: 252 m²
8. Expedición: 252 m²
9. Pasillos y comunicación: 630 m²

Este programa de necesidades se ha convertido en zonas geométricas y se ha conseguido mediante una distribución en planta que respeta y cumple todas las exigencias por parte de la empresa.

3.1 Distribución en planta

La distribución en planta o "layout" de la nave industrial se ha diseñado basándose en el programa de necesidades que el promotor ha detallado. Se han conseguido todos los puntos del programa de necesidades de manera que se asegure la fluidez de trabajo, de materiales, de personas y de información a través del sistema productivo.

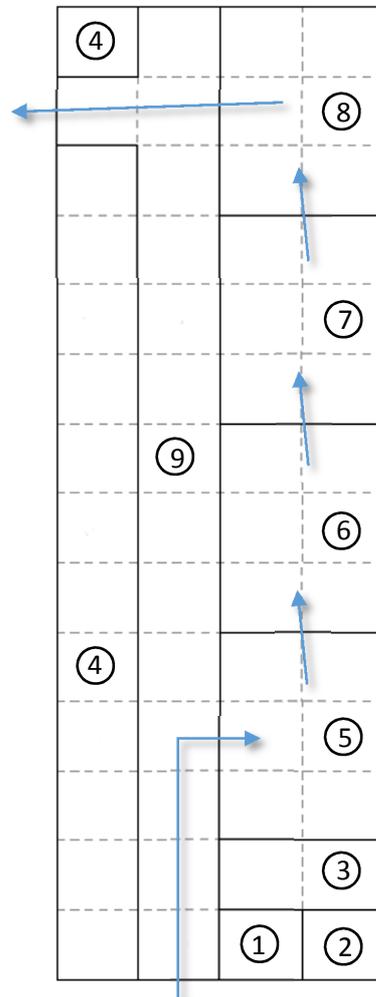


Figura 3.1.1. Distribución en planta de la nave. Fuente: creación propia

En la figura 3.1.1 podemos distinguir las siguientes zonas:

- 1- Oficinas: zona destinada a la tramitación de toda la documentación relacionada con los proyectos que se llevan a cabo y con la empresa. Superficie total de 42 m².
- 2- Oficina técnica: donde se permite la coordinación entre las diferentes áreas de la organización y los departamentos de tecnología, sirviendo de referencia para la recogida y canalización de todas las necesidades en materia tecnológica. Superficie total de 42 m².
- 3- Vestuarios y aseos: zona facilitada para que tanto los operarios como el personal que trabaje en las oficinas pueda cambiarse de ropa y hacer sus necesidades. Superficie total de 84 m².
- 4- Almacén de materia prima: zona destinada a la ubicación de todo el material necesario para la construcción de los barcos. Se encuentra dividido en diferentes zonas, en función de los materiales necesarios para cada etapa de producción. Superficie total de 546 m².

- 5- Fabricación del casco: etapa en la que se lleva a cabo la fabricación del casco, pieza fundamental que sustenta las embarcaciones. Superficie total de 252 m².
- 6- Pintura: etapa en la que se da pintura y secado a las embarcaciones en función de lo que pida en cliente. Superficie total de 252 m².
- 7- Montajes: etapa en la que una vez hecha la estructura del barco y pintada, se pasa a montar todos los sistemas que lleva la embarcación. Depende básicamente de lo que quiera el cliente, ya que de una embarcación a otra pueden haber diferentes montajes e instalaciones. Superficie total de 252 m².
- 8- Expedición: zona destinada a la preparación de la embarcación para llevarla a la zona de entrega acordada entre el cliente y la empresa. Se deja encima las velas, quillas y el timón para su montaje en el puerto de destino. Superficie total de 252 m².
- 9- Pasillos y comunicación: zona destinada al desplazamiento y movimiento de personas y maquinarias. Zonas donde los operarios pueden moverse para pasar de una estación a otra o para ir a por el material necesario y por donde se desplazaran máquinas (transpaleta, fenwick...) encargadas de mover el material de una ubicación a otra. Superficie total de 630 m².

La superficie de todas las etapas de la cadena de producción (fabricación del casco, pintura, montajes y expedición) se ha dividido de la siguiente forma:

- Superficie de gravitación: 60 m².
- Superficie de evolución: 144 m².
- Superficie de circulación: 48 m².

4 Situación y emplazamiento

El lugar elegido para la construcción de la nave industrial en cuestión ha sido la parcela de la promotora situada en el polígono del Mediterráneo, ubicación que se puede ver en el plano nº1 del documento *Planos*.

El polígono del Mediterráneo se encuentra en la localidad de Albuixech, un pequeño municipio de la comarca de l'Horta Nord dentro de la provincia de Valencia, situado al este de España. Se encuentra a una distancia de 350 m del Mar Mediterráneo.

La parcela que ha proporcionado la empresa se sitúa a 3 metros sobre el nivel del mar y se ha considerado que el terreno en el que se encuentra el edificio industrial tiene una tensión admisible de 0,2 MPa.

La promotora del proyecto ha proporcionado esta parcela debido a su buena comunicación y accesibilidad por los habitantes tanto de Valencia como de municipios aledaños, ya que dispone de salida a la autovía V-21. Además, se encuentra a escasos kilómetros del puerto de Sagunto (15,39 Km) y del puerto de Valencia (8,85 Km), haciendo así más fácil y rápida su comunicación.

Como se puede observar en la figura 4.1.1, el polígono del Mediterráneo se encuentra a escasos kilómetros de la localidad de Albuixech y al lado del Mar Mediterráneo.



Figura 4.1.1. Vista aérea de Albuixech y el "Polígono del Mediterráneo". Fuente: Google Earth

4.1 Descripción de la parcela

La parcela que la empresa ha proporcionado para la construcción de la nave industrial tiene una superficie total de 14.444,605 m² y un perímetro de 498,701 m. Ésta dispone de abastecimiento de agua, red de saneamiento y suministro de energía para los trabajos que se tengan que realizar in situ. La parcela, como se puede observar en la figura 4.1.1., queda limitada tanto al este y al oeste como por el norte con otras parcelas edificadas.



Figura 4.1.1. Vista aérea de la parcela seleccionada. Fuente: Google Maps

El acceso al polígono se puede hacer por el municipio de Albuixech a través de la “Vía Pista” o bien por la V-21 cogiendo la salida de “Massalfassar”. El acceso a la parcela únicamente se puede hacer por la Av. Del Mar.

Una vez obtenidas las dimensiones de la nave industrial atendiendo al programa de necesidades y a la utilización del puente grúa para el correcto funcionamiento del proceso de fabricación que se va a llevar a cabo, y estudiadas las características generales de la parcela propuesta, se puede decir que la parcela cumple con las condiciones y dimensiones para poder desarrollar el proyecto en cuestión.

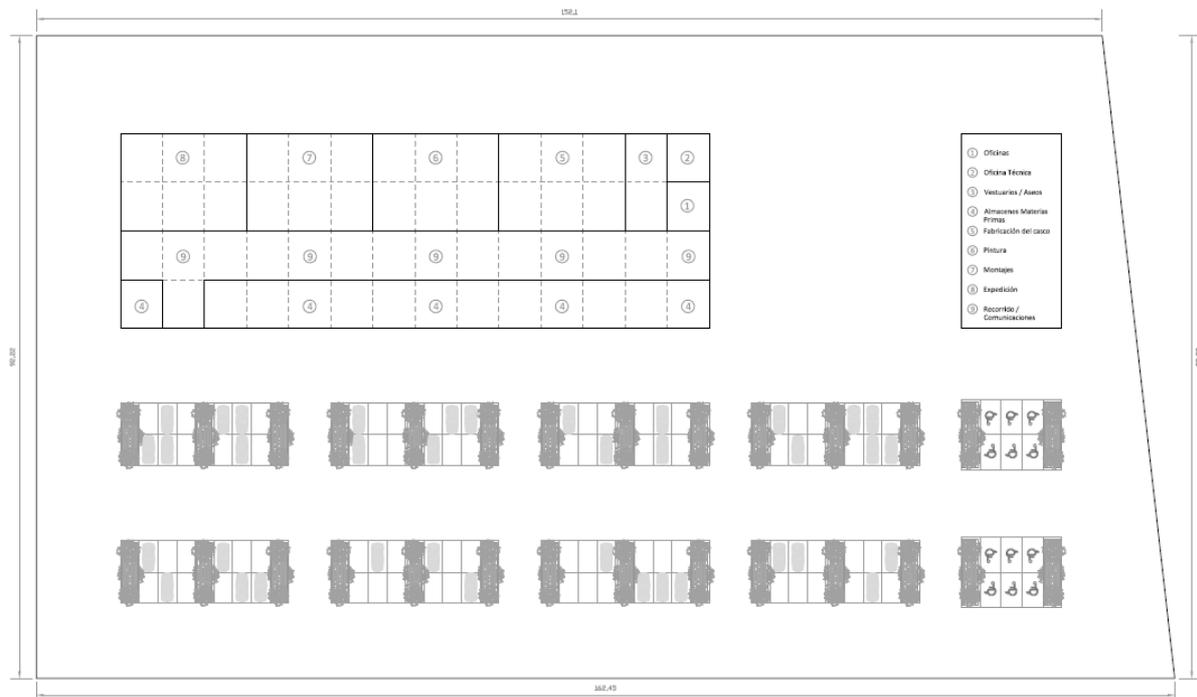


Figura 4.1.1. Situación nave en la parcela. Fuente: creación propia

Como se puede observar en la figura 4.1.1, la parcela cumple con las condiciones necesarias para poder desarrollar el proyecto actual y además, quedando superficie para una futura ampliación.

5 Normativa aplicada

Una vez se ha comprobado que la parcela propuesta por la empresa cumple tanto con los requerimientos de equipamiento (puente grúa) como con los de espaciado (programa de necesidades), se ha de analizar y comprobar que el proyecto cumple con toda la normativa vigente referente a la construcción de edificios industriales.

El edificio industrial en cuestión ha sido elaborado de acuerdo a la normativa vigente en España, y siendo de obligado cumplimiento a la hora de calcular cualquier proyecto de edificio industrial de nueva construcción. Además se ha tenido en cuenta la normativa del polígono en cuestión, que viene detallada en las normas subsidiarias de Albuixech y que se puede observar en el *Anexo urbanístico* (Documento II).

Seguidamente se especifica la legislación que se ha empleado:

1º) Al tratarse de un edificio industrial con una estructura de acero se acude al Código Técnico de la Edificación Documento Básico de Seguridad Estructural, aprobados por el Real Decreto 314/2006 (CTE DB SE), el 17 de marzo del 2006, y se aplica a todos los proyectos de edificios de nueva construcción, excepto los que se consideran pequeños y sencillos no residenciales ni públicas, a una sola altura. Del documento mencionado se han utilizado los apartados A (aceros) y AE (acciones en la edificación).

2º) En el caso de la acción del sismo, se emplea la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02) aprobada por el Real Decreto 997/2002.

3º) En lo que se refiere a la cimentación, se rige por la instrucción de Hormigón Estructural aprobado por el Real Decreto 1247/2008 (EHE-08), el día 18 de julio del 2008.

4º) Para el diseño del sistema de recogida de aguas residuales y pluviales se ha utilizado el apartado 5 del Documento Básico Salubridad (HS), que corresponde a la evacuación de aguas que contiene el Código Técnico de la Edificación.

5º) Para el diseño y el dimensionamiento, tanto de los canalones utilizados como de los lucernarios empleados, se ha aplicado la normativa NTE-QTG.

6 Descripción de la solución adoptada

La solución adoptada se ha conseguido siguiendo las indicaciones del promotor, tanto los requerimientos de equipamiento como los de espaciado. Como se ha comentado en el punto 3, debido a estos requerimientos, la solución por la que se ha optado es una nave industrial con una altura de pilar de 8,5 m y una altura de cumbrera o altura máxima de 9,9 m. Además, se ha introducido un puente grúa de 5 T para el correcto funcionamiento de la cadena de producción, ya que como se ha comentado anteriormente, es necesario para traspasar el casco de la embarcación de una etapa de fabricación a otra, así como el desplazamiento de algunos materiales pesados o de gran tamaño.

Se ha contemplado la posibilidad de realizarse una futura ampliación dejando una superficie de m², teniendo en cuenta no sobrepasar la normativa vigente del ayuntamiento de Albuixech en lo que a ocupación de terreno se refiere.

La nave debe incorporar una serie de locales específicos (oficinas, oficina técnica, vestuarios...) que vienen descritos en el programa de necesidades, así como los espacios necesarios para que se puedan realizar las maniobras necesarias de carga y descarga.

Además, se ha tenido en cuenta las ventajas que tienen los pórticos a dos aguas (modelo básico de construcción), como son: mayor velocidad a la hora de montar los pórticos, facilidad en la evacuación del agua debido a su forma, mayor resistencia a las acciones de viento y nieve...

Por todos estos motivos, la solución adoptada consta de una nave industrial con 14 pórticos, con una separación entre ellos de 6 m. En la nave podemos distinguir dos tipos de pórticos: los pórticos de fachada (1 y 15) y los pórticos tipo o interiores (2 al 14). La nave tiene 2 puertas de 4,5x4,5 m, una en la fachada frontal y otra en la fachada lateral. Además, como se puede observar en la figura 6.1., se ha colocado el sistema de arriostramiento formado por Cruces de San Andrés (arriostramiento de fachada

y lateral) y por la viga contraviento. Además, se ha dispuesto de un sistema de arriostramiento adicional entre los pórticos 6-7 y 8-9, contrarrestando el efecto de la junta de dilatación de la nave.

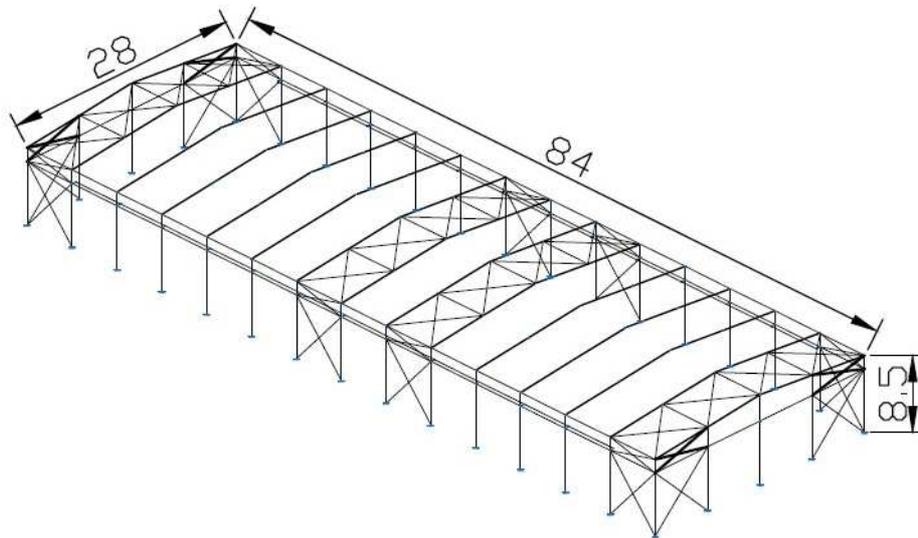


Figura 6.1. Vista 3D de la nave industrial. Fuente: CYPECAD 2015

Como se verá en el punto 6.5, se ha optado por un cerramiento de hormigón hasta 4,5 m de altura y a partir de ahí un cerramiento de panel tipo sándwich.

Desde el punto de vista técnico, todos los elementos que forman la nave industrial están definidos y justificados en el proyecto y podemos afirmar que se pueden encontrar en el mercado, dirigiéndose a los principales proveedores que desarrollan el producto en cuestión. Por tanto, podemos decir que se trata de una solución técnicamente viable

6.1 Puente grúa

Los puentes grúa son máquinas que se utilizan para la elevación y transporte de elementos pesantes, generalmente en procesos de almacenamiento o fabricación.

El puente grúa que se ha elegido debido a las necesidades del proceso de producción para la nave industrial en cuestión consta de 2 carriles (bicarril) y soporta una carga máxima de 5 T. Mirando las propiedades que nos facilita el fabricante podemos observar que la reacción máxima y mínima en las ruedas (para una luz de 28 m) es de 53,2 KN y 26,8 KN respectivamente. Están fabricados con vigas de cajón soldadas y ofrecen mejores condiciones, como por ejemplo: mayor velocidad de traslación de la grúa, pasarelas de mantenimiento, carros con pasarela o polipastos auxiliares...

En la figura 6.1.1 se puede observar las diferentes partes o componentes que forman el puente grúa seleccionado para este proyecto y además, nos da una visión de su orientación y funcionamiento dentro de una nave industrial:

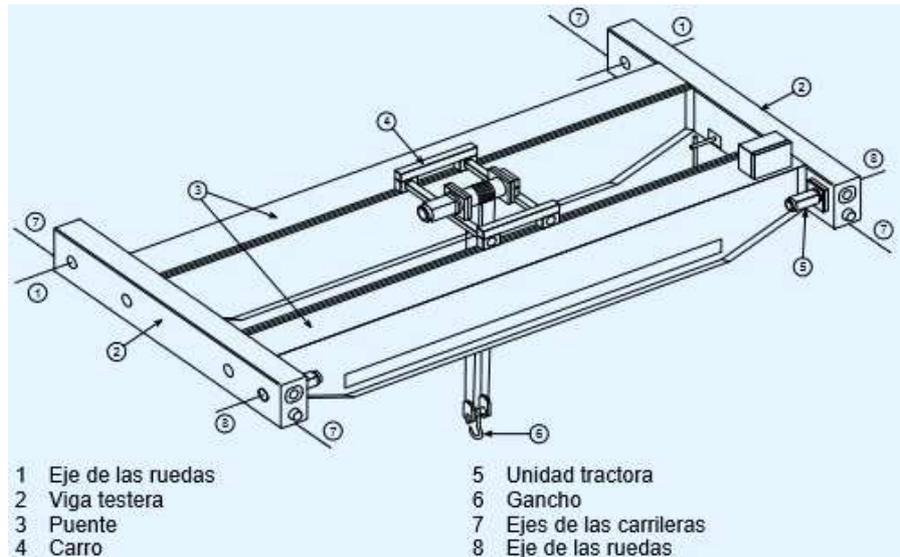


Figura 6.1.1. Componentes del puente grúa. Fuente: guía de diseño Single-Storey Steel Buildings

En función de algunos parámetros que veremos en el documento II, se pueden obtener los valores de las cargas máximas y mínimas sobre las ruedas del puente grúa. Una vez se han obtenido los valores numéricos de las cargas (máxima y mínima) sobre las ruedas, se procede a realizar las hipótesis de cálculo teniendo en cuenta que para la hora de realizar los cálculos se considerará que las vigas carrileras son biapoyadas.

La posición y la orientación de las cargas del puente grúa varían en función de la hipótesis tomada: por una parte, las posiciones más desfavorables corresponden a que el puente grúa se encuentre frenando en la parte izquierda de la nave generando a la izquierda la carga máxima sobre la rueda y a la derecha la carga mínima, y su simétrica.

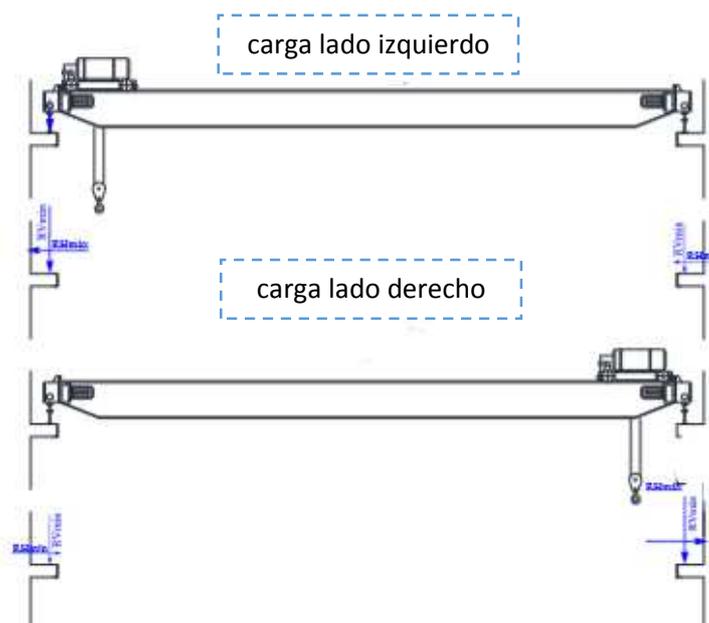


Figura 6.1.2. Posiciones más desfavorables del polipasto sobre el puente grúa. Fuente: Manual CYPECAD

Por tanto, una vez conocidas las dos posiciones más desfavorables se pasa a conocer la disposición de las cargas en estos casos, es decir:

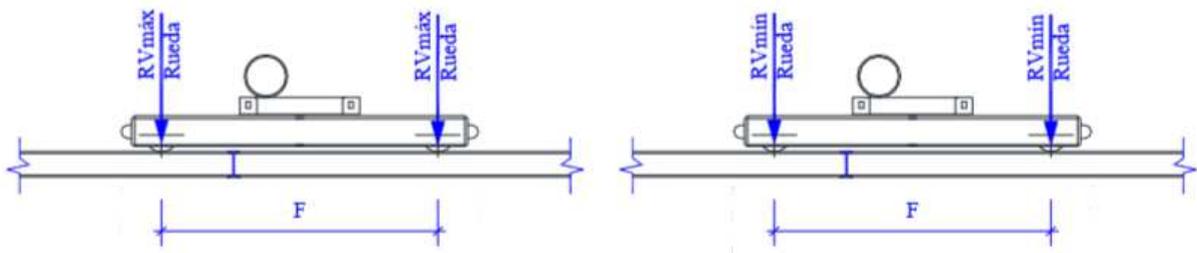


Figura 6.1.3. Disposición de cargas sobre ruedas en las posiciones más desfavorables. Fuente: Manual CYPECAD

Siendo “F” la separación entre las ruedas del puente grúa y el valor de la reacción horizontal (RHmin y RHmáx) se obtienen como 1/10 de la reacción vertical.

Una vez se conocen las cargas generadas por las ruedas sobre la viga carrilera, es necesario conocer la disposición de éstas generando la mayor reacción sobre el pórtico (Figura 6.1.4) y la mayor deformación y reacción sobre la viga carrilera (Figura 6.1.5).

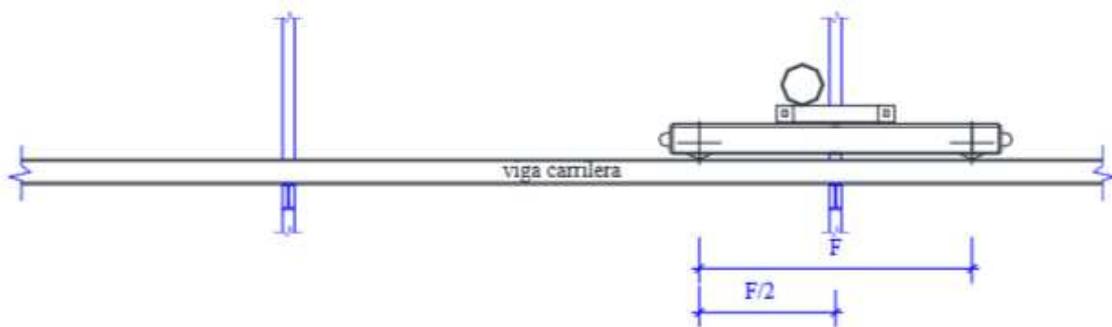


Figura 6.1.4. Disposición de máxima reacción sobre el pórtico tipo. Fuente: Manual CYPECAD

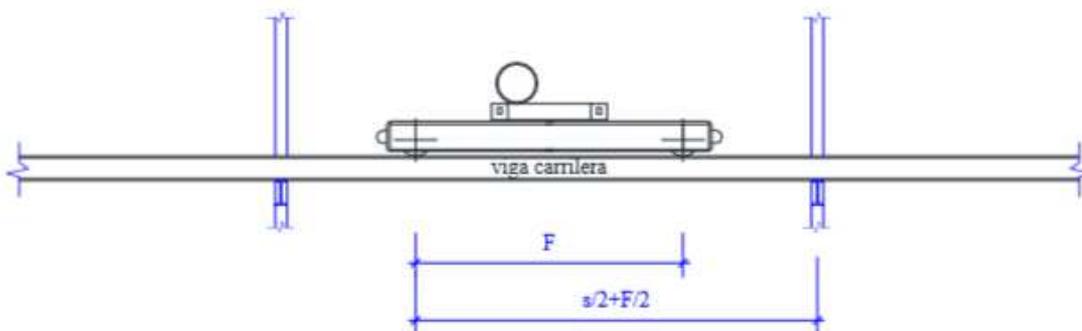


Figura 6.1.5. Disposición de máxima reacción sobre la viga carrilera. Fuente: CYPECAD

Por tanto a la hora de realizar los cálculos se tendrán en cuenta cuatro hipótesis:

- **Hipótesis 1:** Puente grúa sobre el apoyo y la reacción máxima al lado izquierdo.
- **Hipótesis 2:** Puente grúa sobre el apoyo y la reacción máxima al lado derecho.
- **Hipótesis 3:** Puente grúa centrado en la viga carrilera y la reacción máxima al lado izquierdo.
- **Hipótesis 4:** Puente grúa centrado en la viga carrilera y la reacción máxima al lado derecho.

En la figura 6.1.6 se puede observar detalladamente la colocación del puente grúa sobre la viga carrilera, así se puede ver de manera visual como se desplazará el puente grúa en la nave a través de la viga carrilera.

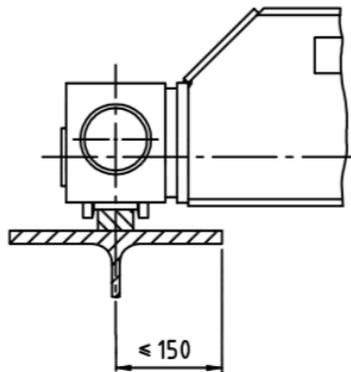


Figura 6.1.2. Detalle apoyo puente grúa Fuente: listado puentes grúa ABUS

6.1.1 Viga carrilera

Una vez definido el puente grúa correcto a utilizar, hay que elegir sobre qué carril se va a desplazar. El puente grúa es un aparato que como se ha dicho anteriormente, es capaz de desplazar y mover material pesado en las tres direcciones del espacio. Para ello, es necesario que el puente grúa pueda desplazarse a lo largo de toda la nave (profundidad) sin ningún tipo de problema.

Por tanto, en función del tipo de puente grúa (bicarril y de 5 T de carga) hay que dimensionar la viga por la que se va a desplazar, es decir, la viga carrilera. La viga carrilera se encuentra a una altura de 8,5 m de altura y de una longitud de 72 m (desde el pórtico 2 al 14). Para el caso en cuestión, la viga carrilera que se ha elegido de forma que aguante la carga proporcionada por dicho puente es una viga que tiene un perfil HEA 280.



Figura 6.1.1. Perfil HEA 280. Fuente: listados perfiles HEA

Como se ha comentado anteriormente, la nave industrial en cuestión se compone de dos vigas carrilera, cada una situada a un lado de la nave. Estas vigas carrileras se sitúan encima de las ménsulas que hay colocadas en cada pórtico tipo. La función de las ménsulas es soportar la viga carrilera sin que esta se desplome y poder así realizar el desplazamiento del puente grúa a través de toda la nave industrial.

La viga carrilera se encuentra situada entre los pórticos 2 y 14, con una longitud de 72 m. En la figura 6.1.1 se puede observar la localización de esta, así como la zona por la cual se van a desplazar las ruedas del puente grúa permitiendo su movimiento en el eje x. El movimiento en el eje z e y los realiza el puente grúa, subiendo la carga debido a la potencia del motor y debido al desplazamiento del motor por los carriles del puente grúa comentado.



Figura 6.1.1. Viga carrilera. Fuente: CYPECAD 2015

6.2 Actuaciones previas

La parcela elegida se encuentra actualmente sin ninguna edificación realizada, por tanto, las actuaciones previas sobre ésta parcela se basarán en una limpieza del terreno debido a la basura acumulada, desbroce y limpieza del terreno (vegetación débil y algunos matorrales), todo esto con la finalidad de acondicionar la parcela para el inicio de la obra. Además, se realizarán algunas excavaciones y el traslado tanto del desbroce y basura como de la tierra extraída, todo esto se transportará mediante camiones acondicionados a vertederos.

6.3 Cimentación

La cimentación es el conjunto de todos los elementos que se encargan de transmitir las cargas de la edificación al suelo, distribuyéndolas de forma que no supere su tensión admisible (0,2 MPa).

La cimentación del edificio industrial en cuestión se ha resuelto con dos tipos de zapatas aisladas unidas mediante las vigas de atado. Se ha optado por esta solución por dos motivos principales: económico, ya que son las que primero cumplen y de menor tamaño (volumen) y por tanto su valor económico final sale más rentable y por otro lado, por la comodidad a la hora de la construcción, ya que hay instalaciones en los alrededores y de esta forma la superficie de la cimentación no varía mucho de la ocupada por la nave (cosa que no ocurre con las zapatas excéntricas, por ejemplo).

6.3.1 Hormigón de limpieza

Se colocará un hormigón de limpieza HL-150/B/20 debajo de las zapatas y las losas, con el fin de evitar el secado del hormigón estructural durante su vertido, así como evitar una posible contaminación de éste durante las primeras horas del hormigonado.

La cota de la capa de dicho hormigón no estructural será de 10 cm, consiguiendo así una superficie homogénea que evitará variaciones de cotas y mejorando así el resultado final de nuestra nave industrial.

6.3.2 Zapatas

Las zapatas son elementos de hormigón armado que se sitúan justamente de bajo de cada pilar de los edificios industriales. Su función principal es transmitir al terreno todas las tensiones que sufre la estructura.

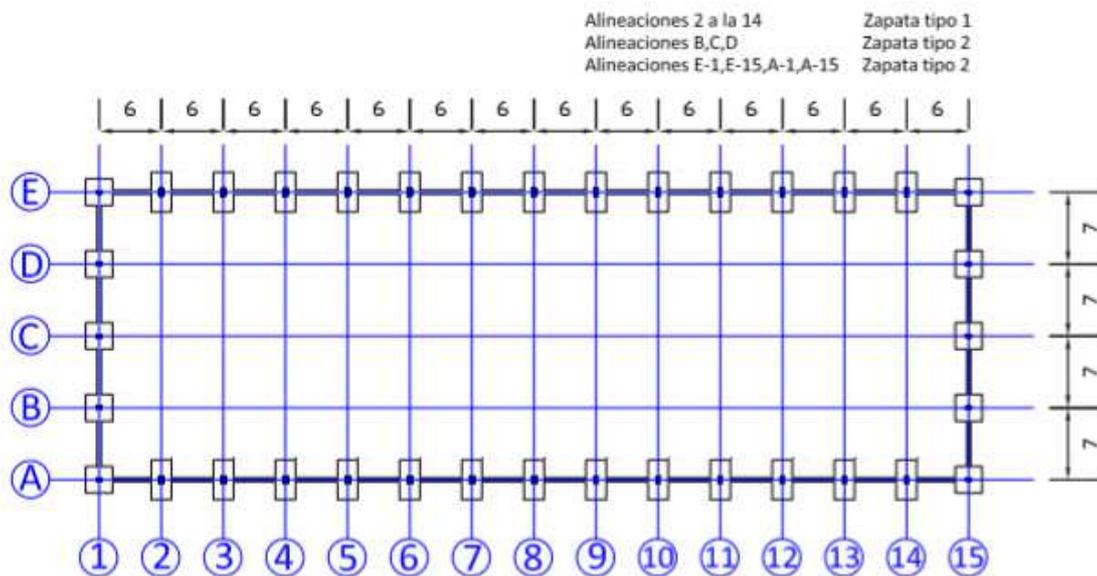


Figura 6.4.2.1. Vista tipo planta cimentación. Fuente: creación propia

En la figura 6.4.2.1 se puede observar la distribución de las zapatas utilizadas. Además se puede observar que hay dos tipos de zapata, ambas compuestas de acero B500S y de un hormigón HA-30/B/20/IIa+Qb.

Como se puede observar en la figura 6.4.2.1, las zapatas tipo 1 corresponden a las de los pórticos de fachada. Por otro lado, las zapatas tipo 2 son cuadradas y con una espesor inferior.

Estos dos tipos de zapata están unidas con vigas de atado exactamente iguales pero de distintas longitudes. Las vigas de atado de fachada tienen una longitud mayor (7 m) que las vigas de atado laterales (6 m).

En las figuras dispuestas a continuación se puede observar las características de ambas zapatas, observándose de manera visual la diferencia entre ellas. Seguidamente, en el siguiente punto, se muestran los detalles de los dos tipos de vigas de atado, que como ya se ha comentado, la única diferencia entre ellas es la longitud de éstas.

Zapata tipo 1 utilizada en los pórticos de fachada:

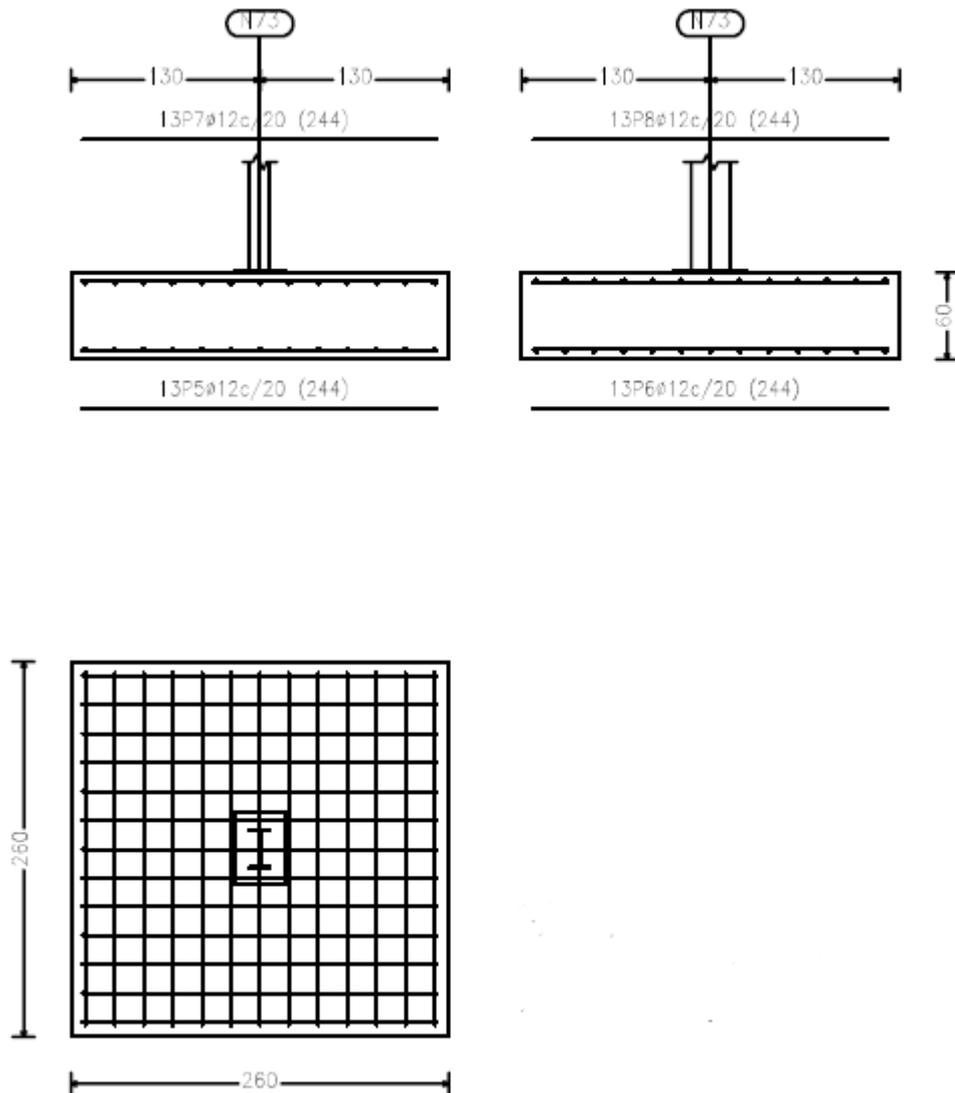


Figura 6.3.2.1. Zapatas pilares pórticos de fachada. Fuente: CYPECAD 2015

GEOMETRÍA	ARMADO
Zapata cuadrada	Superior X: 13 ϕ 12c/20
Ancho zapata X: 260 cm	Inferior X: 13 ϕ 12c/20
Ancho zapata Y: 260 cm	Superior Y: 13 ϕ 12c/20
Espesor: 60 cm	Inferior Y: 13 ϕ 12c/20

Talba 6.3.2.1. Características zapatas pórticos de fachada. Fuente: creación propia

La zapata tipo 2 correspondo a la utilizada en los pórticos tipo o interiores, cuyos detalles se pueden observar en la siguiente figura:

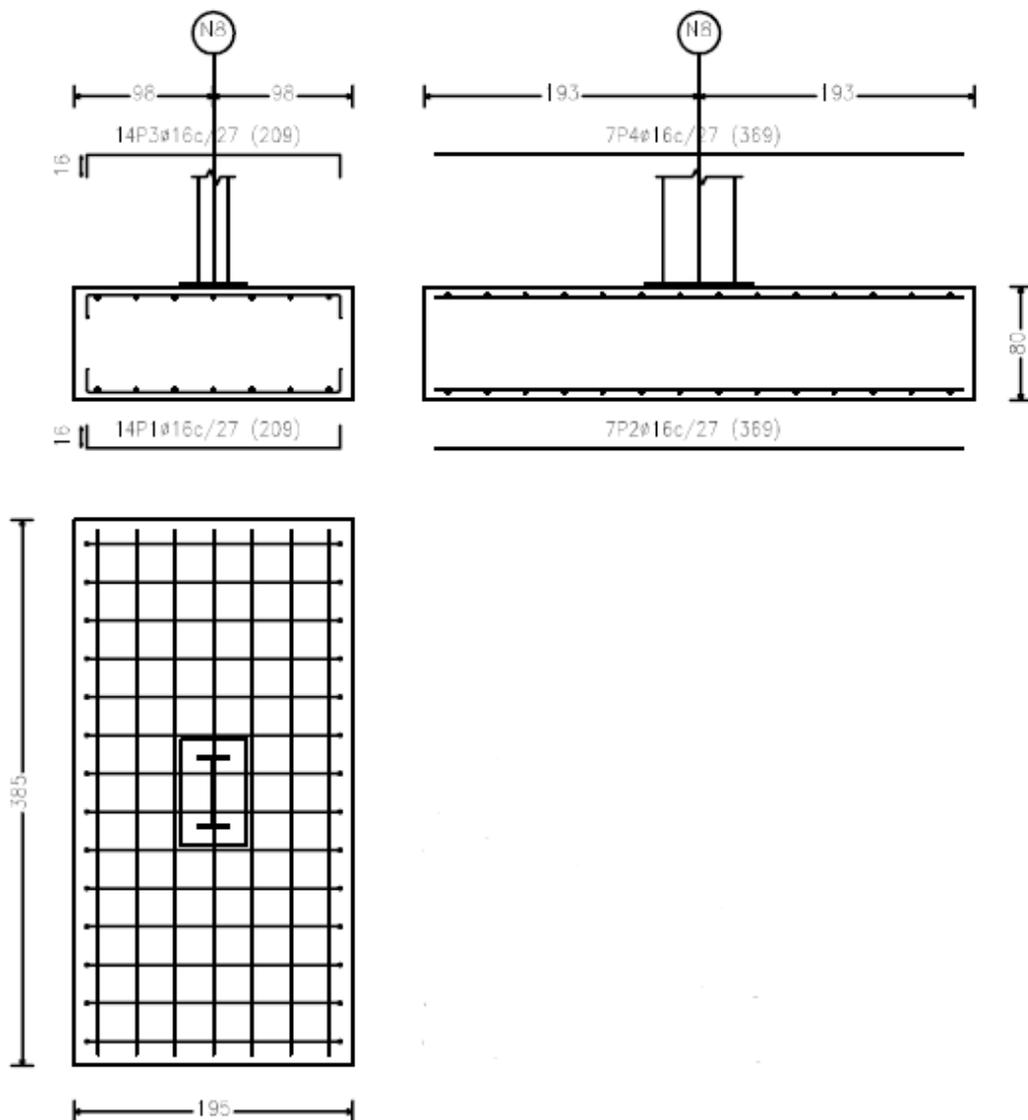


Figura 6.3.2.2. Zapata pilares pórticos tipo. Fuente: CYPECAD 2015

GEOMETRÍA	ARMADO
Zapata rectangular centrada	Superior X: 11Ø16c/27
Ancho zapata X: 195 cm	Inferior X: 11Ø16c/27
Ancho zapata Y: 385 cm	Superior Y: 7Ø16c/27
Espesor: 80 cm	Inferior Y: 7Ø16c/27

Talba 6.3.2.2. Características zapata pórticos tipo. Fuente: creación propia

6.3.3 Vigas de atado

Las vigas de atado son elementos que sirven de nexo de unión entre dos o más zapatas. Su función es absorber las posibles acciones horizontales que puedan recibir los cimientos (bien de la estructura bien del propio terreno), evitando así el desplazamiento horizontal relativo entre las zapatas unidas.

Por su posición, normalmente, se usan también para apoyar sobre ellas muros o elementos de cerramientos.

En nuestro edificio industrial se ha utilizado para las vigas de atado un hormigón tipo HA-30/B/20/IIa+Qb. Como se ha comentado en el punto 6.3.2, se han diseñado dos tipos de vigas de atado, una de una longitud mayor y que une las zapatas situadas en los pórticos de fachada (1 y 15) y otra de una longitud inferior y que une las zapatas de los pórticos tipo (2 al 14).

Los detalles de ambas vigas de atado se muestran a continuación, siendo la primera la situada en los pórticos de fachada y la segunda la situada en las fachadas laterales:

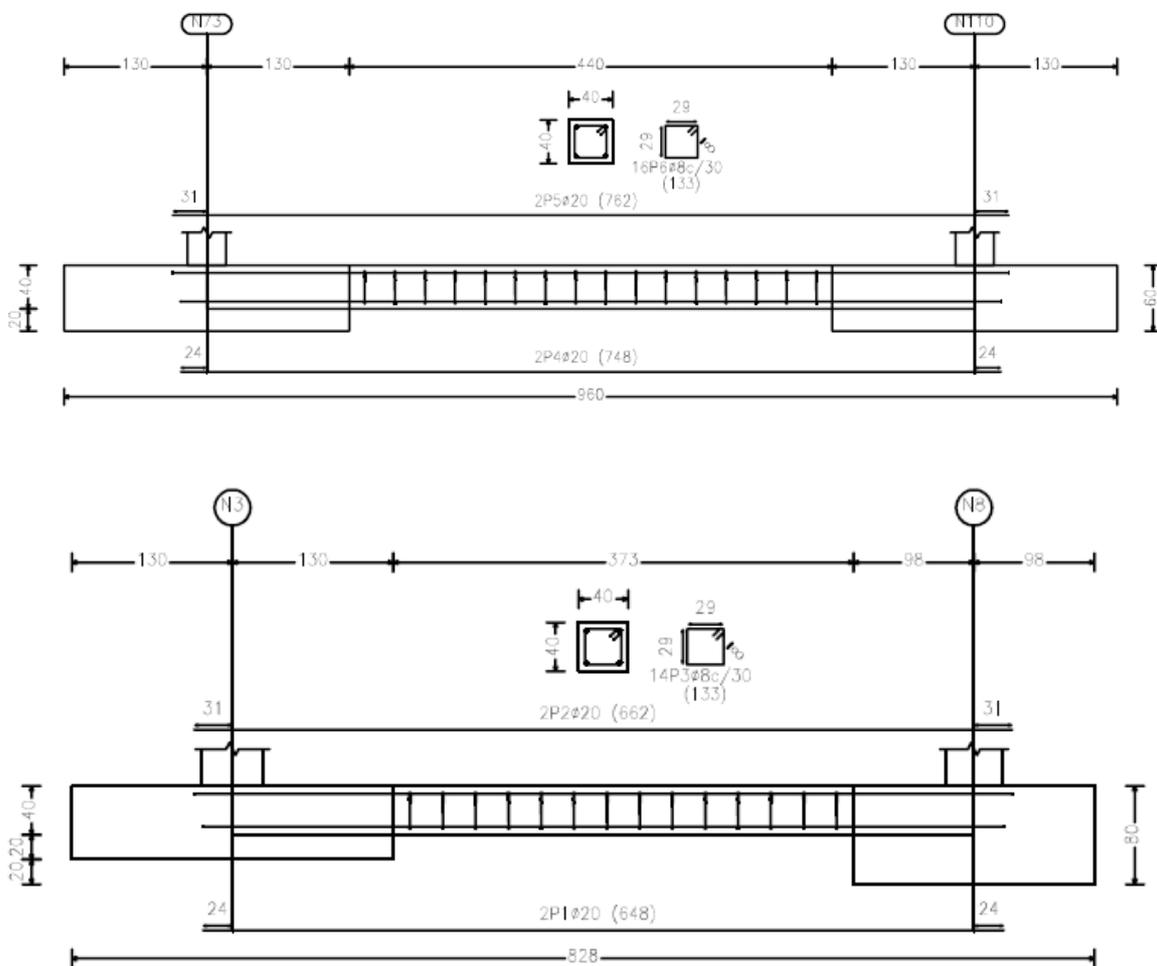


Figura 6.3.3.1 Viga de atado fachada (arriba). Viga de atado lateral (abajo). Fuente: CYPECAD 2015

A continuación se muestra una tabla resumen de las características de ambos tipos de vigas de atado:

GEOMETRÍA	ARMADO
Ancho: 40 cm	Superior: 2 \varnothing 20
Largo: 40 cm	Inferior: 2 \varnothing 20
Canto viga fachada: 60 cm	Estribos viga fachada: 16 \varnothing 8c/30
Canto viga lateral: 80 cm	Estribos viga lateral: 14 \varnothing 8c/30

Tabla 6.3.3.1. Características de las vigas de atado. Fuente: creación propia

6.4 Solera

La solera por la que se ha optado ha sido por una base compuesta de una losa de hormigón de 20 cm del tipo HM-25/F/20/IIa+Qb y por una sub-base de zahorra artificial, también de 20 cm de espesor. Ambas capas están separadas por una lámina de polietileno, cuya función principal es reducir el coeficiente de rozamiento entre ambas capas (losa de hormigón y la sub-base). Además, a la hora de proceder con la solera se introducirá dividiendo el área de la nave en tres paneles y utilizando juntas de encuentro (evita cualquier rotura debido a la dilatación del hormigón) y juntas de control (longitud 1/3 de la altura).

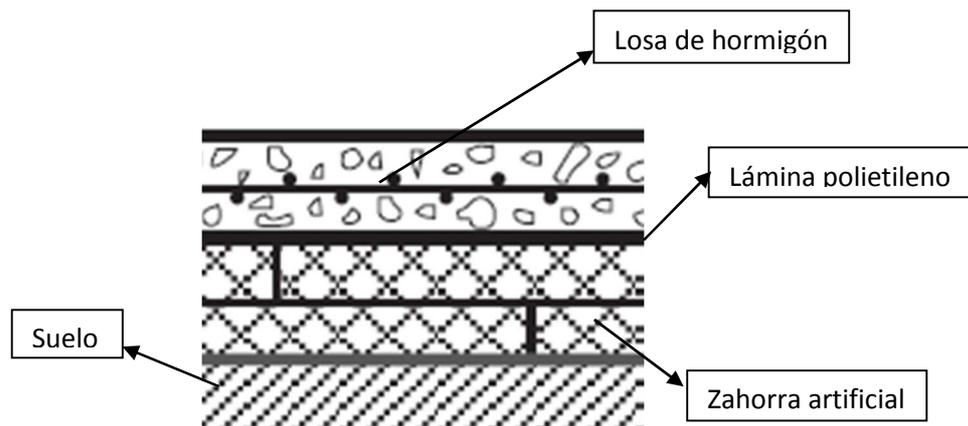


Figura 6.4.1. Esquema de la solera. Fuente: Google

6.5 Canales

El canalón es un conducto que recibe y conduce el agua de la cubierta a la red de recogida de aguas pluviales con el principal propósito de proteger los cimientos del edificio conduciendo el agua recogida lejos de su base. El agua recogida por los canalones se vierte en un tubo de bajada que se situará cada dos pórticos. El canalón utilizado en la nave industrial en cuestión tiene forma de "U", a modo de media tubería y se disponen cada dos pórticos.

Como cada canalón ocupa la longitud de dos pórticos, el área que abarca es 12 m de longitud por 7,035 m (longitud de la jácena) de ancho.

Por tanto, viendo la siguiente tabla:

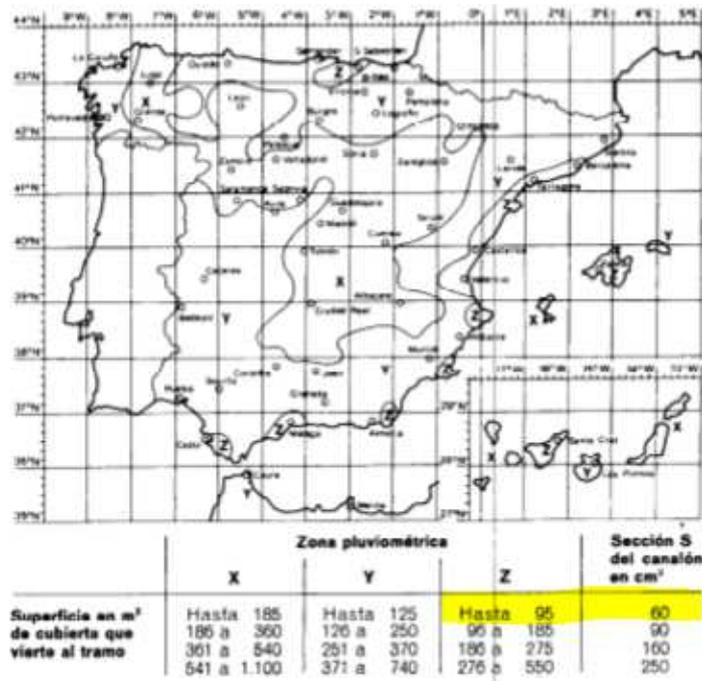


Figura 6.5.1. Zona pluviométrica. Fuente: GEOTEKNIA

Se obtiene una sección del canalón de 60 cm². Una vez se conoce este dato, se puede conocer las dimensiones del canalón adecuado:

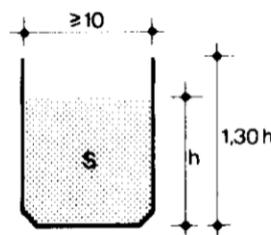


Figura 6.5.2. Dimensiones canalón. Fuente: GEOTEKNIA

Por tanto, con las siguientes fórmulas se obtiene que:

$$S = h \cdot 10 \rightarrow h = 60/10 = 6 \text{ cm}$$

$$H = 1,30 \cdot h = 1,30 \cdot 6 = 7,8 \text{ cm (siendo H la altura del canalón)}$$

Es decir, se dispondrá de canalones de una longitud igual a 12 m que tendrá unas dimensiones de un mínimo de 10 cm de ancho, una altura total del canalón de 7,8 cm y una altura del caudal a transportar de 6 cm. El agua recogida por estos canales se recogerá por un tubo de bajada, que como se ha comentado anteriormente, se colocará cada dos pórticos.

De esta forma, toda el agua que puede haber en la cubierta queda tramitada, es decir, hay un sistema de recogida y de transporte para evitar que esta perjudique a la estructura o provoque algún tipo de desperfecto.

Siendo el detalle del canalón el mostrado en la siguiente imagen:

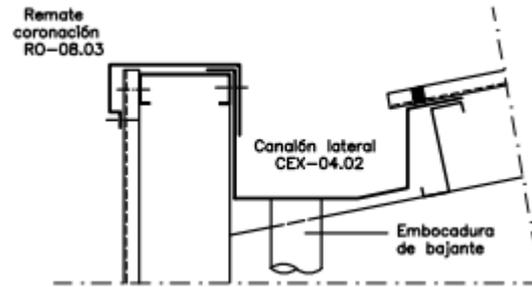


Figura 6.5.3. Detalle constructivo canalón. Fuente: INCOPERFIL

6.6 Lucernarios

Un lucernario es un tipo de ventana situado en el techo o cubierta del edificio y que proporciona luz a la superficie de dicho edificio. Al situarse en la parte de la cubierta, la iluminación que proporciona es muy superior a la que puede dar una ventana.

En nuestra nave industrial, se van a situar dos lucernarios cada dos pórticos, cada uno situado en un faldón. Estos lucernarios quedaran rodeados de panel tipo sándwich tapajuntas.

Para el cálculo de su área, hay que tener en cuenta la siguiente fórmula:

$$C = a \cdot b \cdot (S/100)$$

Siendo:

C: superficie de iluminación en m².

a: coeficiente que depende del local a iluminar, la transmisión de la luz T en %, las placas translúcidas y semiopacas, limpieza del ambiente interior del local y la altura de este en m.

b: coeficiente que depende de las coordenadas geográficas del emplazamiento.

S: superficie en la que está ubicada el lucernario.

En la figura 6.6.1, se muestra un pequeño esquema de la colocación y del enganche de los lucernarios con el panel tipo sándwich tapajuntas utilizado en la cubierta.

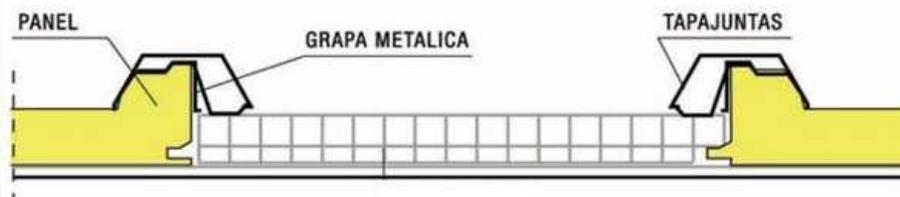


Figura 6.6.1 Esquema lucernario. Fuente: Google

En el caso que nos ocupa, viendo las tablas que proporciona la norma NTE-QTG referente a los lucernarios, tenemos los siguientes valores:

$$a = 10,2$$

$$b = 0,86$$

$$S = 6 \cdot 7,035 = 42,21 \text{ m}^2$$

Por tanto, la superficie de cada lucernario será de $3,7 \text{ m}^2$. Para el edificio industrial en cuestión se tomará un área de cada lucernario de 4 m^2 y la distribución de estos será un lucernario cada dos pórticos, como se puede observar en el plano nº 12.3.

6.7 Cerramientos

El cerramiento de la nave que ocupa el presente estudio se ha resuelto con un muro de hormigón de 4,5 m alrededor de toda la nave y a partir de ahí un cerramiento con panel tipo sándwich. Los paneles tipo sándwich utilizados se han añadido encima de las correas de cubierta y laterales, así estas permiten la fijación del panel a la estructura de la nave evitando cualquier posible soltura o desacople.

Además, se dispondrán de un total de 37 ventanas situadas tanto en los pórticos de fachada como en las fachadas laterales. Las dimensiones de estas son todas iguales, 2 m de ancho por 1,5 m de alto.

6.7.1 Correas de cubierta

Las correas de cubierta son los elementos constructivos que harán de apoyo para los paneles de cubierta, en este caso en concreto para los paneles tipo sándwich tapajunta. Además, transmitirán tanto las acciones permanentes como las variables a los pórticos interiores. Las correas utilizadas son correas de tipo ZF, ya que analizando las opciones disponibles para el proyecto en cuestión eran las que mejores características ofrecían y las más económicas.

Las correas elegidas son de acero S235J conformadas en frío de perfil ZF-180X3.0.



Figura 6.5.1.1. Correa tipo ZF. Fuente: Google

Como se puede observar en la figura 6.5.1.1, se dispondrán de 18 correas (9 en cada faldón) y con una separación entre ellas de 1,71 m.

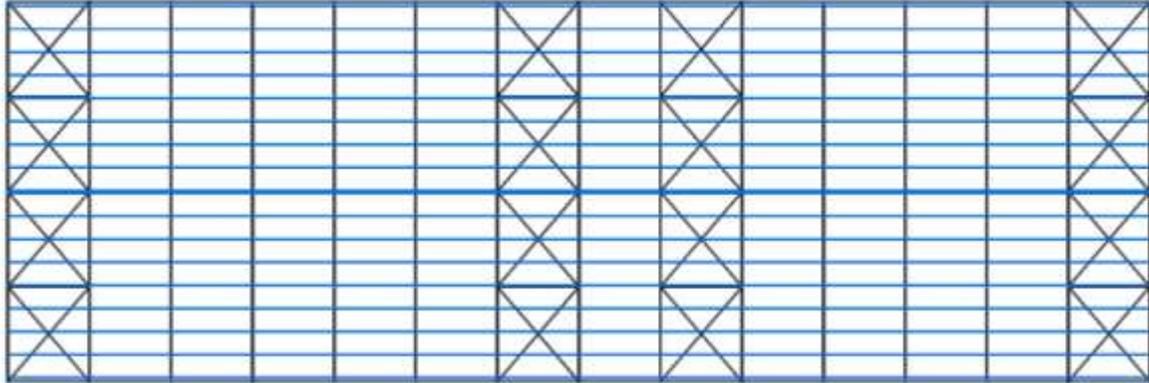


Figura 6.5.1.1. Localización correas de cubierta. Fuente: creación propia

6.7.2 Correas laterales y de fachada

Las correas laterales y de fachada seleccionadas tienen un perfil IPE 100 de acero S275. Tanto en la alineación A como en la E, se dispone de 5 correas en cada una con una separación entre ellas de 1,00 m y con fijación rígida. Hay que tener en cuenta que tanto en la alineación E como en el pórtico de fachada se dispone de una puerta industrial de 4,5 m de ancho por 4,5 m de alto.

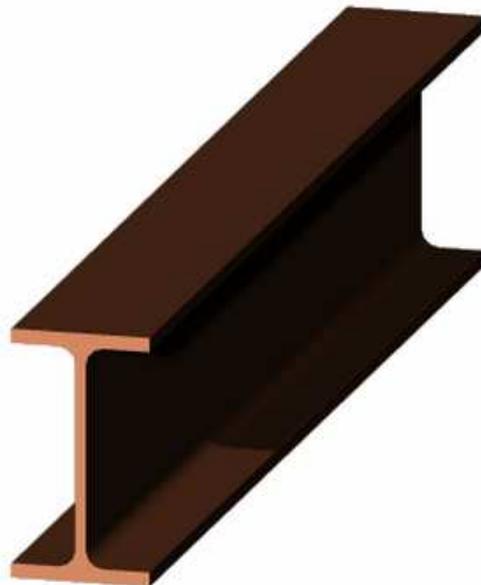


Figura 6.5.2.1. IPE 100. Fuente: Google

En el pórtico de fachada frontal se dispondrá de la misma distribución de correas que en las fachadas laterales, únicamente se tendrá en cuenta que en el pórtico de fachada (1), como se ha comentado, se sitúa una puerta industrial de iguales dimensiones que la de la alineación E.

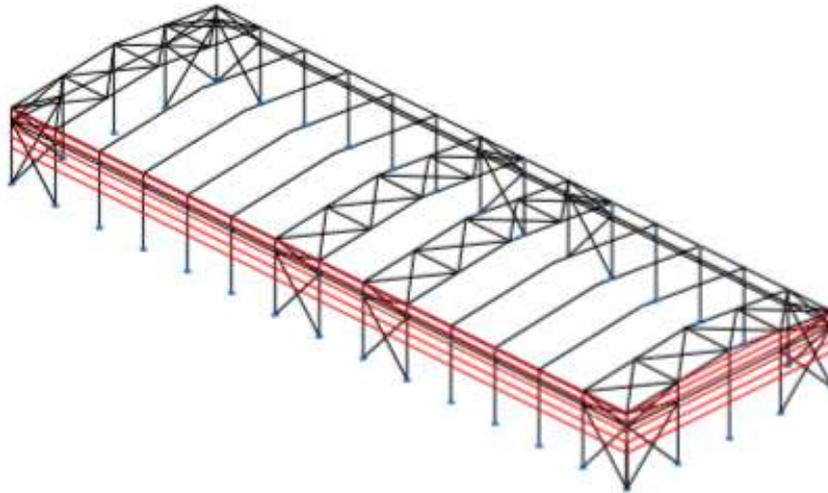


Figura 6.5.2.2. Localización correas laterales y de fachada. Fuente: creación propia

6.7.3 Panel tipo sándwich

En la nave industrial en cuestión se va a utilizar dos tipos de paneles tipo sándwich: un tipo para la cubierta y otro para las fachadas y los laterales.

6.7.3.1 Panel tipo sándwich cubierta

El panel tipo sándwich que se va a utilizar para la cubierta será el panel tipo sándwich tapajuntas. Este panel está formado por dos láminas de acero conformadas, con una espuma de poliuretano rígido inyectado entre las dos láminas y adherido en un proceso continuo de fabricación. En estos paneles, tanto el espesor de la capa exterior como de la interior será de 0,5 mm y el espesor del panel será de 40 mm. El acabado de éste será galvanizado.

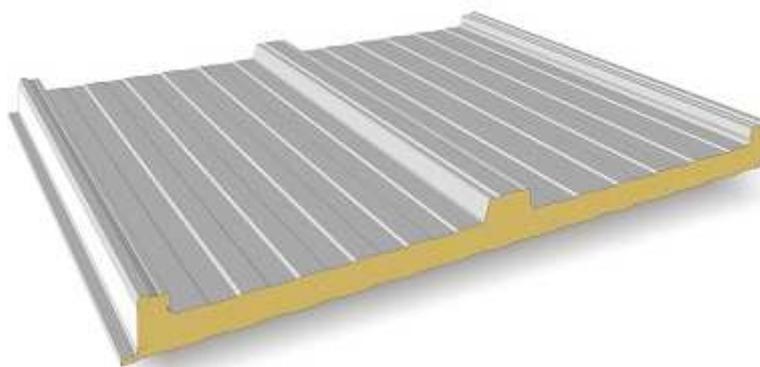


Figura 6.5.3.1.1. Panel tipo sándwich de cubierta. Fuente: Google

En la cubierta hay que tener en cuenta la superficie ocupada por los lucernarios. Cada lucernario tiene un área total de 4 m² (como se ha dicho en el punto 6.6), por tanto, al disponer de 14 lucernarios en cada faldón tenemos un total de 28 lucernarios en la cubierta. Esta cantidad de lucernarios equivale a una superficie total de 112 m² (9,48% de la superficie total).

Además, donde se sitúen los lucernarios se dispondrá de paneles traslucidos, los cuales permiten la iluminación natural en la zona interior del edificio industrial.

6.7.3.2 Panel tipo sándwich lateral

En el caso del panel tipo sándwich elegido para los laterales se ha optado por un panel tipo sándwich en su totalidad. Este panel está compuesto por dos láminas de acero conformadas, con espuma de poliuretano rígido (densidad media de 40 Kg/m³), el cual está inyectado entre las dos láminas comentadas.



Figura 6.5.3.2.1. Panel tipo sándwich lateral y fachada. Fuente: Google

El espesor de los paneles a utilizar será de 40 mm y con una separación de 1 m.

6.8 Materiales

A modo de resumen se han utilizado dos materiales en el edificio industrial: hormigón y acero. Dentro de la familia del hormigón hemos utilizado dos tipos: hormigón armado HA-30/B/20/IIa+Qb y el hormigón de limpieza HL-150/B/20. Por parte de los aceros tres tipos: S235, S275 y B500S.

6.8.1 Hormigón

Como se ha comentado, se han utilizado dos tipos de hormigón:

- **Hormigón armado:** se ha elegido el hormigón armado HA-30/B/20/IIa+Qb para las vigas de atado y las zapatas. Además, también se utiliza en la solera formando una capa de un espesor de 20 cm.
- **Hormigón de limpieza:** se ha escogido el hormigón de limpieza HL-150/B/20, el cual tiene como función principal evitar una posible contaminación del hormigón estructural durante su hormigonado así como la desecación de éste.

Ambos tipos de hormigón se rigen bajo la normativa del EHE-08.

6.8.2 Acero

Por lo que respecta a los aceros, los tres tipos utilizados son los siguientes:

- **Acero S235 (acero conformado):** solo lo hemos utilizado para las correas de cubierta.
- **Acero S275 (acero laminado):** este acero ha sido el seleccionado para todos los pórtico (fachada y tipo), vigas perimetrales, sistema a contraviento y correas laterales y de fachada.
- **Acero B500S (acero corrugado):** este tipo de acero ha sido el utilizado para los pernos de las placas de anclaje y para la realización del armado de hormigón.

ACERO	LIM. ELÁSTICO (MPa)	MÓDULO ELÁSTICO (MPa)
S235	235	210.000
S275	275	210.000
B500S	500	200.000

Tabla 6.8.2.1. Características aceros utilizados. Fuente: creación propia

Los dos primeros tipos de acero (S235 y S275) obedecen al CTE DB-SE-A y el último tipo de acero descrito (B500S) obedece al EHE-08.32.

6.9 Estructura

La estructura completa de nuestra nave industrial está formada por diferentes elementos, la combinación de los cuales, consigue soportar el conjunto de cargas (peso propio, cargas variables...) que se pueden dar en una nave industrial.

6.9.1 Pórtico de fachada

Los pórticos de fachada son los encargados de soportar la carga gravitatoria de la cubierta conjuntamente con los pórticos tipo y además, la acción del viento. Estos pórticos corresponden a las alineaciones 1 y 15 y tienen una luz de 28 m.

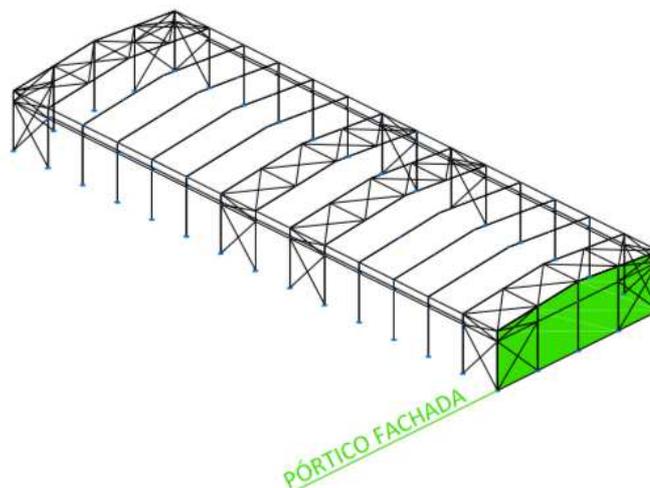


Figura 6.7.1.1. Localización pórtico de fachada. Fuente: creación propia

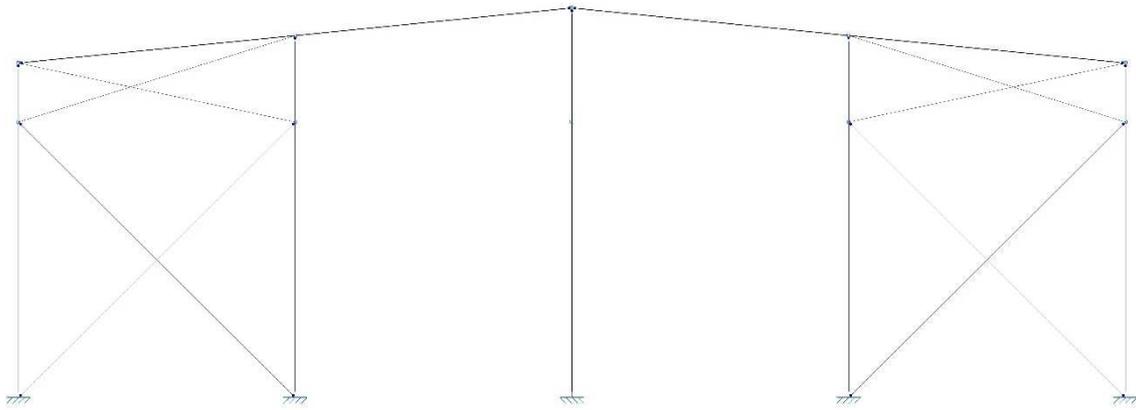


Figura 6.7.1.2. Pórtico de fachada. Fuente: CYPECAD 2015

Los pórticos de fachada, como se puede observar en la imagen 6.7.1.1, están formados por cinco pilares con diferentes alturas y de un IPE 270, dos jácenas iguales de IPE 160 y del sistema de arriostramiento. Los pilares extremos tienen una altura de 8,5 m, mientras que el pilar central llega hasta los 9,9 m debido a la pendiente del 10% que tiene la cubierta de la nave. La separación entre pilares (crujía) es de 7 m y la longitud de cada jácena es de 7,035 m. Se puede observar en más detalle en el plano nº 7.1.

El sistema de arriostramiento se ha resuelto mediante cruces de San Andrés. Este sistema está compuesto por dos componentes: por un lado los montantes que se han resuelto con un perfil SHS 120X3.0 y por otro lado las diagonales, con un perfil L 100X100X6.

6.9.2 Pórtico tipo

Los pórticos tipo o pórticos interiores corresponden a las alineaciones de la 2 a la 13, ambas incluidas. Estos únicamente soportan la carga gravitatoria ya que la acción del viento la contrarresta los pórticos de fachada. Estos pórticos tienen una luz igual a los pórticos de fachada 28 m y una separación entre ellos es de 6 m.

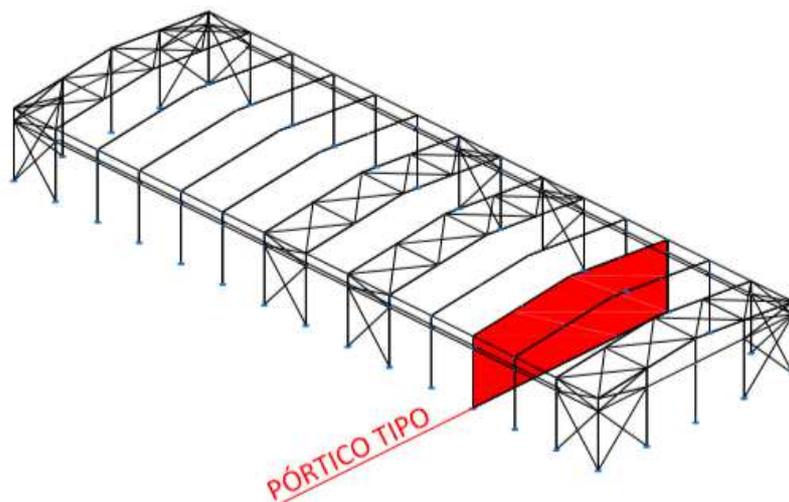


Figura 6.7.2.1. Localización pórtico tipo. Fuente: creación propia

Como podemos ver en la imagen 6.7.2.1., estos pórticos se componen de dos pilares IPE 500 (8,5 m), dos jácenas IPE 400 (7,035 m), dos ménsulas (una a cada lado de 0,5 m) del mismo perfil que el pilar

(IPE 500) donde se apoya la viga carrilera, que tienen un perfil HEA 280. Se pueden observar sus características con más detalle en el plano nº 8.

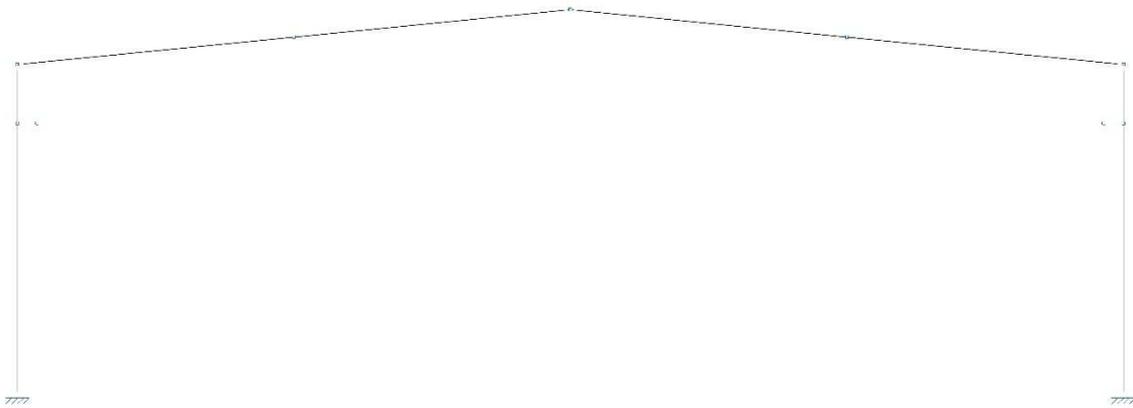


Figura 6.7.2.2. Pórtico tipo. Fuente: CYPECAD 2015

6.9.3 Sistema a contraviento

El sistema a contraviento es un conjunto de elementos cuya función es contrarrestar la acción producida sobre la nave industrial por el viento. Este conjunto de elementos son: viga contraviento, arriostramiento de fachada lateral y la viga perimetral.

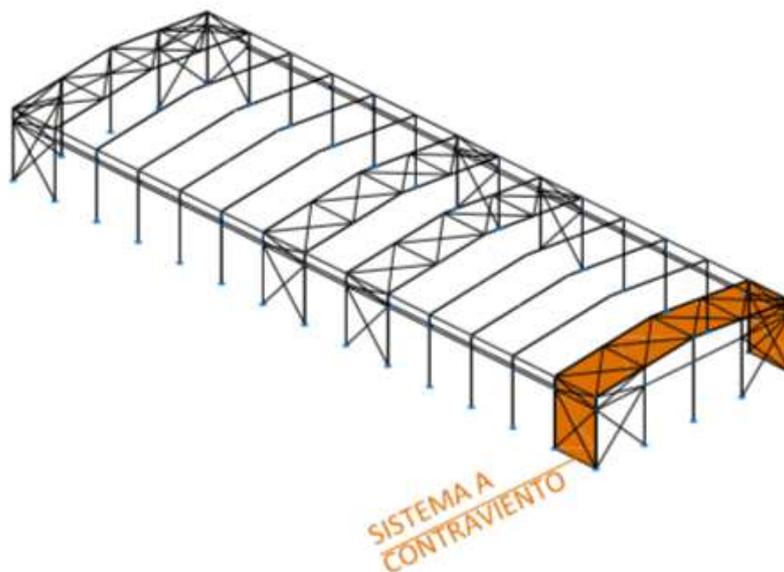


Figura 6.7.3.1 Localización sistema a contraviento. Fuente: creación propia

6.9.3.1 Viga contraviento

El primer conjunto de elementos a describir del sistema a contraviento es la viga contraviento, que son los elementos que se encuentran situados entre los pórticos 1-2 y 14-15. La viga contraviento está formada por dos tipos de elementos básicamente: por un lado, se encuentran las diagonales que como

explicaremos a continuación se han duplicado y por otro lado, se encuentran los montantes que trabajan a compresión.

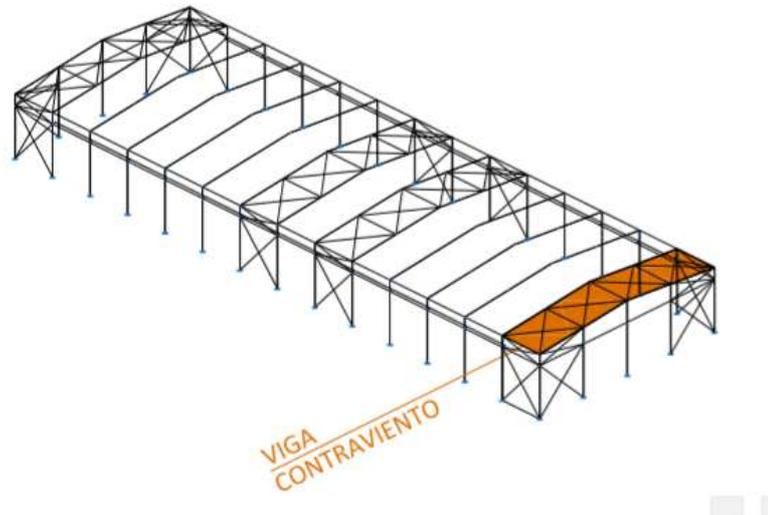


Figura 6.7.3.1.1.. Viga contraviento. Fuente: creación propia

La viga contraviento, como se puede observar en la figura 6.7.3.1.2, se ha resuelto mediante la viga del tipo Pratt pero duplicando las diagonales, ya que el viento puede incidir en ambas direcciones. En este tipo de viga contraviento las diagonales trabajan a tracción y los montantes a compresión. Las diagonales se han resuelto con perfiles en L del tipo L100X100X6 y los montantes con perfiles del tipo SHS 120X3.0.

La principal función de este elemento es garantizar la estabilidad horizontal de los pórticos, y por tanto de la nave, frente a la carga de la acción del viento.

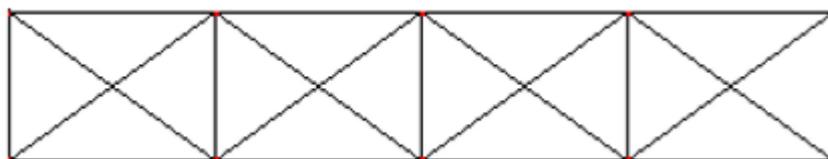


Figura 6.7.3.1.2. Viga contraviento. Fuente: creación propia

6.9.3.2 Arriostramiento de fachada lateral

El arriostramiento de fachada lateral es el elemento encargado de evitar el desplazamiento de la nave industrial debido a la acción del viento frontal. Está situada, de la misma forma que la viga contraviento, entre los pórticos 1-2 y 14-15. Como se puede observar en la figura 6.7.3.2.1, se sitúa tanto en la alineación A como en la B.

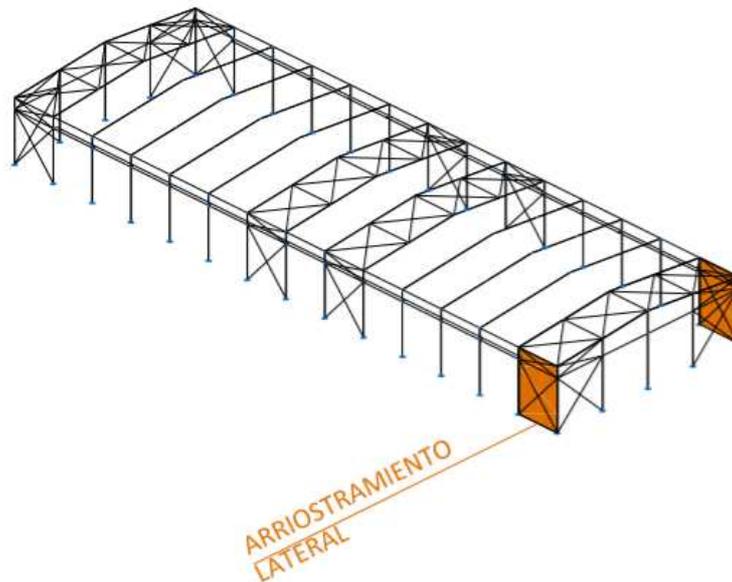


Figura 6.7.3.2.1. Arriostramiento lateral. Fuente: creación propia

El arriostramiento lateral está compuesta por montantes del perfil SHS 120X30 y por diagonales en perfil en L, L90X90X6. En este caso, las diagonales del arriostramiento de fachada lateral siempre trabajaran a tracción.

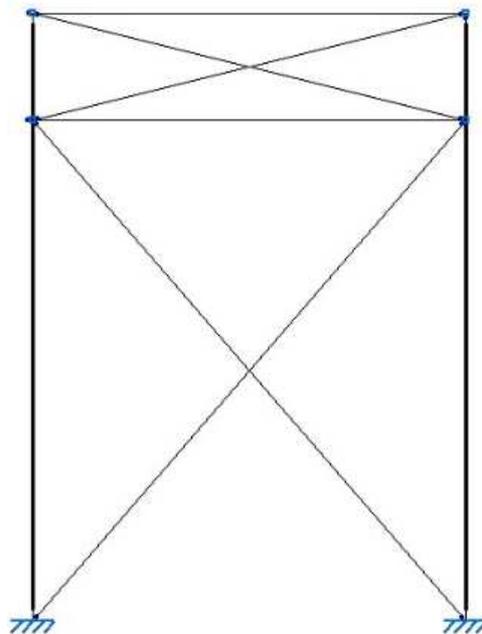


Figura 6.7.3.2.2. Cruz de San Andrés. Fuente: creación propia

6.9.3.3 Viga perimetral

La viga perimetral es la viga que une todos los pórticos interiores (2 al 14) entre sí, evitando así cualquier posible desplazamiento de estos. Así mismo, se asegura que todos los pórticos trabajen en un mismo plano, es decir, que todos trabajen en el plano que contiene al pórtico.

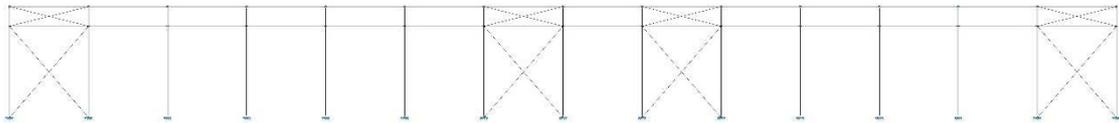


Figura 6.9.3.3.1 Viga perimetral. Fuente: CYPECAD 2015

6.9.4 Placas de anclaje

Las placas de anclaje son los elementos de unión a través de los cuales los soportes transmiten los esfuerzos al cemento de manera que éste sea capaz de resistirlos y transmitirlos al terreno.

Estos elementos estructurales cumplen las siguientes funciones: mecánicas (transmiten un esfuerzo entre dos materiales con características y comportamientos diferentes) y constructivas (garantiza la posición exacta del pilar, consigue la misma cota para las bases de los pilares y asegura la verticalidad del pilar).

Todas las placas de anclaje están constituidas por los mismos elementos, como podemos observar en la figura 6.6.1.1.

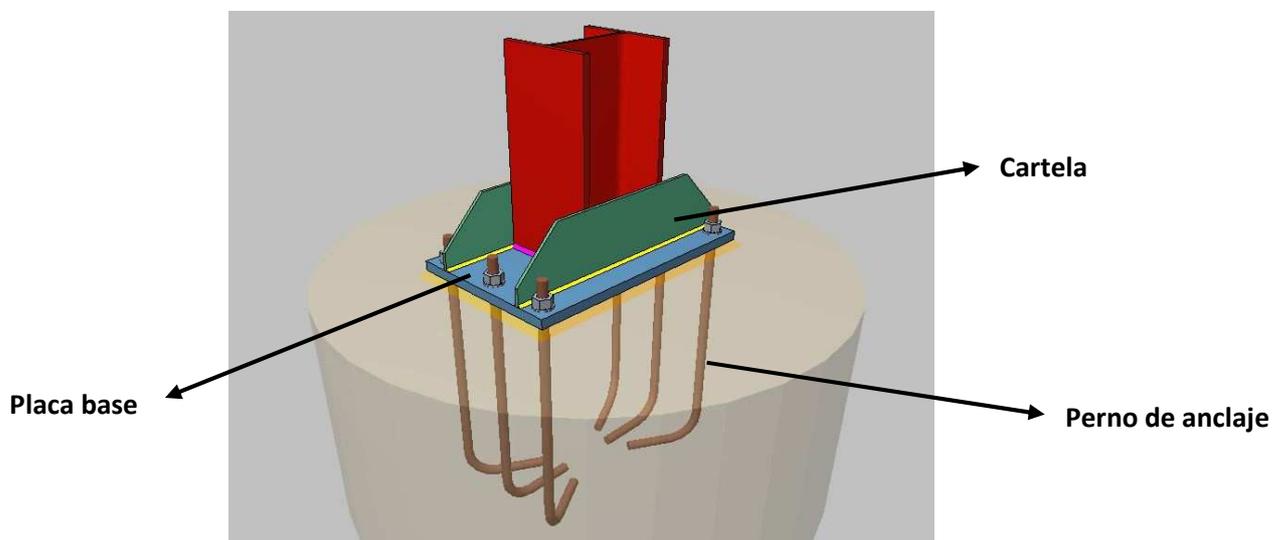


Figura 6.6.1.1. Placa de anclaje tipo 1. Fuente: CYPECAD 2015

En el dimensionamiento de la nave industrial en cuestión, se han obtenido dos tipos de placas de anclaje: el tipo 1 se colocará en los pilares de los pórticos de fachada y el tipo 2 se colocará en los pilares de los pórticos tipo.

A continuación mostramos los de talles de ambas placas con una tabla resumen donde se pueden observar todas las características de cada placa de anclaje.

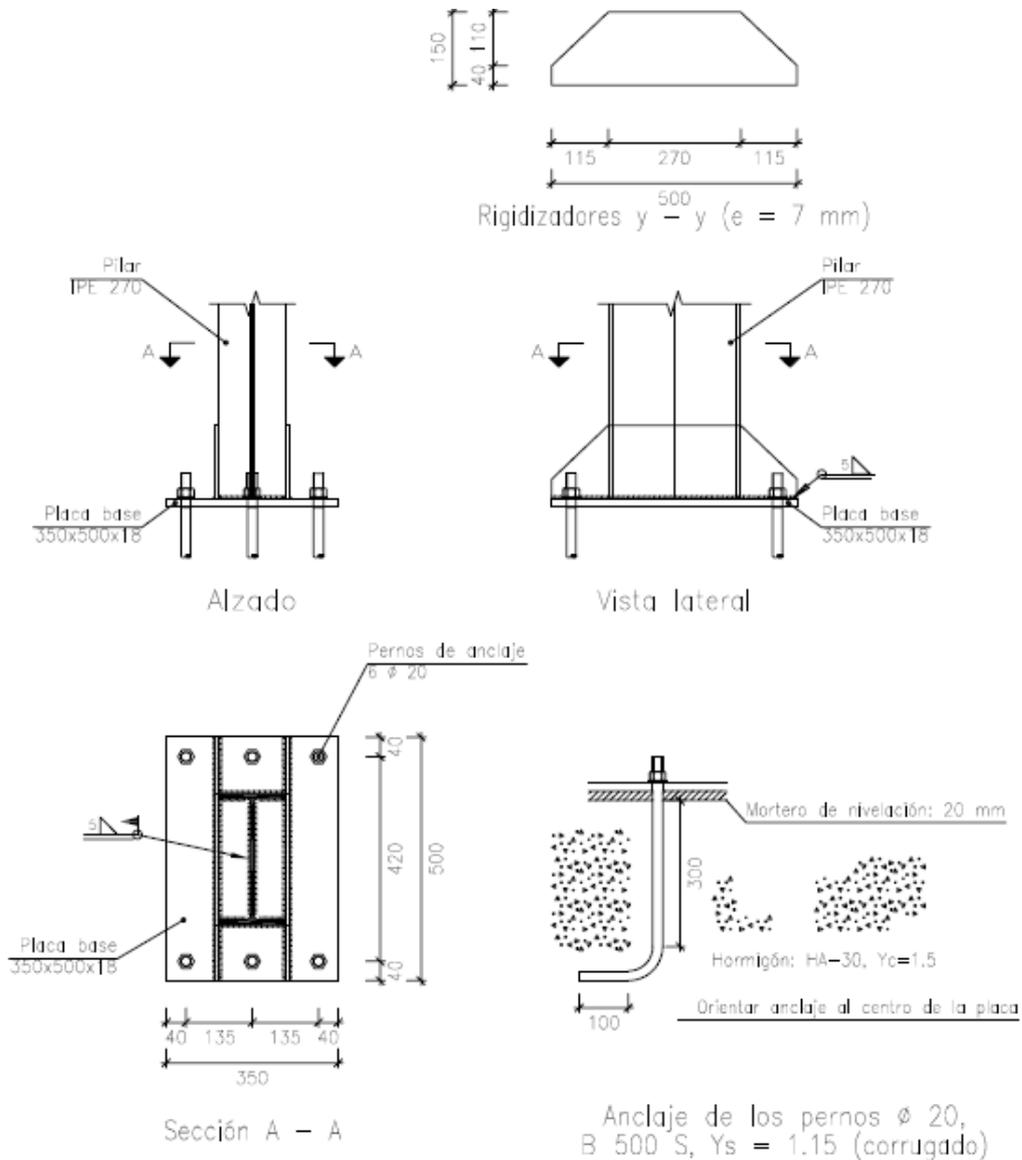


Figura 6.9.4.1. Placa de anclaje pilares pórtico fachada. Fuente: CypeCAD

TIPO	DISPOSICIÓN	PLACA BASE	RIGIDIZADORES	PERNOS
Tipo 1: Pilares de fachada	centrada	Ancho X: 350 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 18 mm	Alto: 150 mm Lado mayor: 500 mm Lado menor: 270 mm Espesor: 7 mm	6 \varnothing 20 mm Longitud: 300 mm Patilla 90º

Tabla 6.9.4.1. Características placa de anclaje pilares de pórtico de fachada. Fuente: creación propia

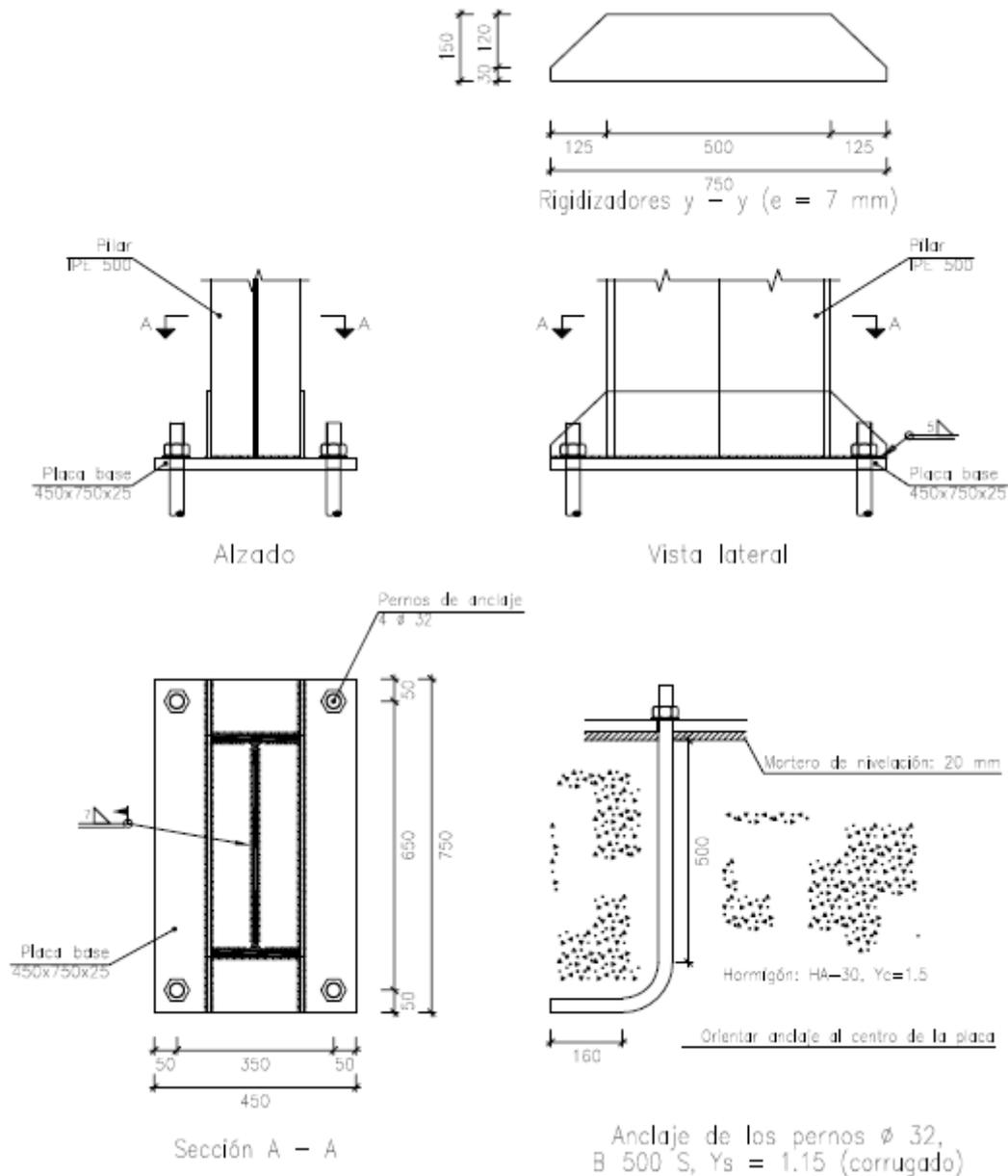


Figura 6.9.4.2. Placas de anclaje pilares pórticos tipo. Fuente: CypeCAD

TIPO	DISPOSICIÓN	PLACA BASE	RIGIDIZADORES	PERNOS
Tipo 2: Pilares pórtico tipo	centrada	Ancho X: 450 mm Ancho Y: 750 mm Espesor: 25 mm	Alto: 150 mm Lado mayor: 750 mm Lado menor: 500 mm Espesor: 7 mm	4 \varnothing 32 mm Longitud: 500 mm Patilla 90°

Tabla 6.9.4.2. Características placa de anclaje pilares pórticos tipo. Fuente: creación propia

7 Presupuesto

A continuación se muestra un resumen del presupuesto total de proyecto dividido por capítulos de obra. Se indica el desglose de cada capítulo y el precio de este. En el documento IV *Presupuesto* se podrá analizar más detalladamente.

RESUMEN PRESUPUESTO

Capítulo	Coste (€)
1. Acondicionamiento del terreno	
Desbroce y limpieza	11.122,35
Excavaciones	5.089,05
Soleras	92.668,80
Compactaciones	66.890,88
Subtotal 1:	175.771,08
2. Cimentaciones	
Regularización (Hormigón de limpieza)	3.073,00
Zapatas	26.387,48
Vigas de atado	3.632,98
Subtotal 2:	33.093,46
3. Estructuras	
Pilares, vigas y correas	208.486,24
Placas de anclaje	6.449,60
Subtotal 3:	214.935,84
4. Elementos fachadas	
Paneles sándwich	59.971,97
Vierteaguas	6.186,88
Puertas y ventanas	15.309,30
Muro de hormigón	131.935,26
Subtotal 4:	213.403,41
5. Elementos cubierta	
Paneles sándwich	27.976,92
Lucernarios	28.968,80
Subtotal 5:	56.945,72
6. Instalaciones	
Canalones y bajantes	3.723,53
Subtotal 6:	3.723,53
7. Gestión de residuos	
Transporte de tierras	1.328,51
Subtotal 7:	1.328,51
8. Urbanización de la parcela	
Pavimentos exteriores	16.184,51
Subtotal 8:	16.184,51

9. Requerimientos	
Puente grúa	16.000
Subtotal 9:	16.000
Presupuesto de ejecución material (PEM)	731.386,06

Presupuesto de ejecución material (PEM)	731.386,06
12% de gastos generales	87.766,33
6% de beneficio industrial	43.883,16
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC=PEM+GG+BI)	863.035,55
21% I.V.A.	181.237,47
Presupuesto base de licitación (PBL=PEC+IVA)	1.044.273,02

Contribuciones al PEM



Figura 7.1. Contribuciones al PEM. Fuente: Arquímedes

El presupuesto de ejecución de material asciende a la cantidad de SETECIENTOS TRENTA Y UN MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS CON SEIS CÉNTIMOS.

Con el objetivo de poder hacerse una idea más general del coste del proyecto, se muestran a continuación los precios por metro cuadrado de nave construida. En el proyecto actual, como se ha comentado anteriormente, la superficie total de la nave es de 2352 m².

Presupuesto de ejecución material	310,96 €/m ²
Presupuesto base de licitación	443,99 €/m ²

A partir del presupuesto de ejecución material (PEM) ya comentado, se han obtenido los indicadores siguientes:

Coste cimentaciones	14,07 €/m ²
Coste estructura metálica	91,38 €/m ²
Coste cerramiento	114,95 €/m ²

DOCUMENTO II: ANEXO URBANÍSTICO

ÍNDICE ANEXO URBANÍSTICO

1 Normativa subsidiaria polígono del Mediterráneo 2

1 Normativa subsidiaria polígono del Mediterráneo

Como se ha comprobado en el punto 5 de la *Memoria descriptiva* (documento I), la parcela en la cual se ubicará el edificio industrial cumple con todas las normas vigentes en España (país en el que tendrá lugar el proyecto) referente a la construcción de edificios industriales.

Una vez se ha comprobado el cumplimiento de la normativa vigente referente a la construcción de edificios industriales tenemos que comprobar que el proyecto cumpla con la normativa vigente del polígono en cuestión, en este caso, la normativa vigente del Ayuntamiento de Albuixech (Valencia).



Figura 1.1. Vista aérea de la parcela. Fuente: Google Maps

En cuanto a la normativa del “Polígono del Mediterráneo” se han extraído los siguientes datos:

El artículo 6º del apartado normas de construcción específica: *“El volumen edificado bruto en la zona de parcelas industriales no superará los 3 m³/m², y el neto por parcela los 6 m³/m².”*

Por tanto, sabiendo que la parcela adquirida tiene un área de 14.444,605 m², el volumen total de la nave industrial no puede superar un volumen máximo de 6 m³/m². Es decir, debe cumplirse que:

$$\text{Volumen nave} = 21638,4 \text{ m}^3 \leq 6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot 14.444,605 \text{ m}^2 = 86.667,63 \text{ m}^3$$

Teniendo en cuenta la ecuación anterior, la nave industrial de 28 m de luz, 84 m de profundidad y una altura de cumbrera de 9,9 m cumple con la normativa vigente del ayuntamiento de Albuixech.

Por otro lado, en el artículo 15º de normas de construcción e instalación de industrias se dice: *“La industria media será la que ocupe una parcela comprendida entre cualquiera de las del Polígono y 20.000 m² dispondrá de un acceso único y aparcamiento en el interior de la parcela.”*

En cuanto a las plazas de aparcamiento se dice lo siguiente: *“Se considerará espacio libre el no ocupado por la edificación, en el que obligatoriamente se situará una zona de aparcamientos de*

superficie no inferior al 10 por 100 de la superficie en planta destinada a las naves de fabricación y almacenaje”

Como se ha comentado en el documento I, se ha dispuesto de 30 plazas de aparcamiento estándar de dimensiones 2,5x4,5 m² y 5 plazas de aparcamiento de tamaño grande, cuyas dimensiones son 3x5 m².

10% de la Superficie (2352 m²) = 235,2 m²

96 plazas aparcamiento estándar=96·(2,65·4,5)=1144,8 m²

12 plazas de aparcamiento grandes=12·(3·5)=180 m²

Aparcamiento total=1324,8 m²

1324,8 m² > 235,2 m²

Por último, dentro del apartado condiciones de volumen, en el artículo 19º (Alineaciones) de la normativa vigente se dice: “Con carácter general se establecen los siguientes retiros, desde la línea de vallado de parcela”.

	Calle	Linde	Ferrocarril
Naves de fabricación	15 m	2/3 altura	5 m

Tabla 1.1. Retranqueos de las parcelas. Fuente: normas subsidiarias del polígono

Como podemos observar en la figura 1.2, la ubicación de la nave industrial respeta los retranqueos indicados por la normativa vigente en el ayuntamiento de Albuixech, quedando todavía superficie para una futura ampliación.

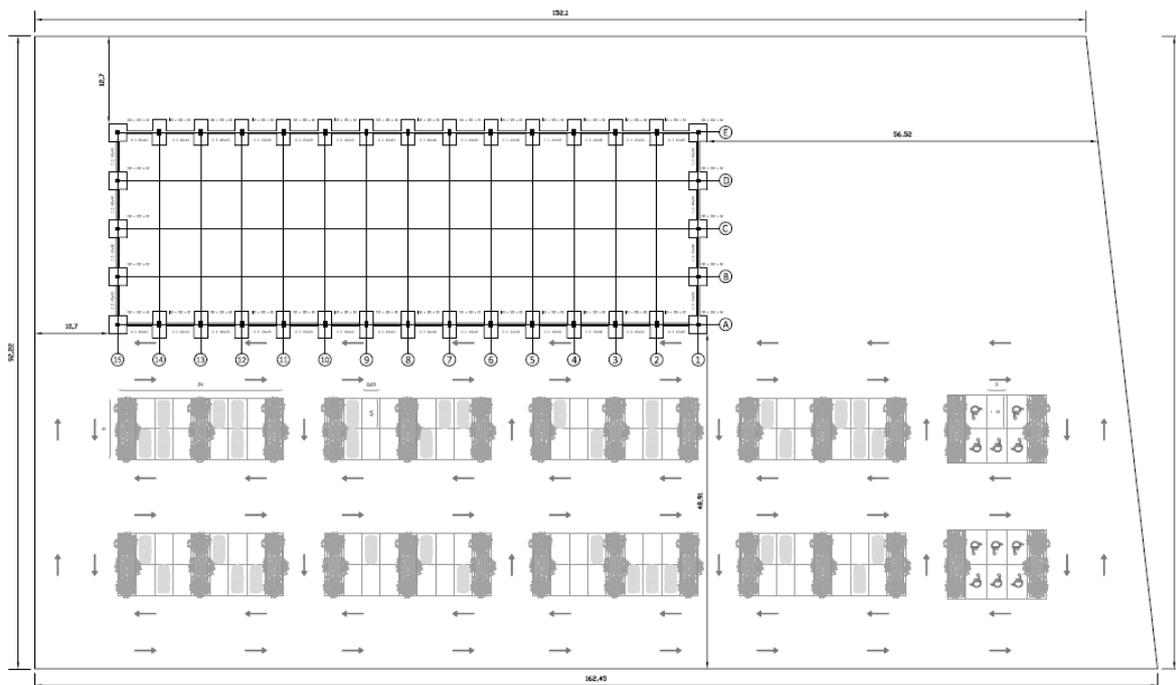


Figura 1.2. Retranqueos y aparcamiento. Fuente: creación propia

DOCUMENTO III: ANEXO DE CÁLCULO

ÍNDICE ANEXO DE CÁLCULOS

1	Modelo estructural.....	2
2	Materiales.....	3
2.1	Acero	3
2.2	Hormigón.....	4
3	Acciones sobre el edificio	5
3.1	Acciones permanentes	5
3.2	Acciones variables	5
3.2.1	Sobrecarga de uso	5
3.2.2	Nieve.....	7
3.2.3	Viento	8
3.3	Acciones accidentales.....	9
3.3.1	Sismo	9
4	Combinaciones de cálculo	10
5	Estructura metálica	11
5.1	Pórtico de fachada.....	11
5.2	Pórtico tipo	27
5.3	Viga carrilera.....	42
5.4	Sistema a contraviento.....	46
5.4.1	Viga contraviento	47
5.4.2	Arriostramiento fachada lateral	53
5.5	Correas	60
5.5.1	Correas de cubierta	60
5.5.2	Correas laterales.....	64
5.6	Placas de anclaje.....	67
6	Cimentaciones	68
6.1	Zapatas	68
6.2	Vigas de atado	69

1 Modelo estructural

El modelo estructural que se ha propuesto ha sido una idealización de una estructura real. La modelización y el dimensionamiento de la nave industrial se han realizado con el programa informático CYPECAD 2015.

CYPECAD 2015 es un paquete de programas pertenecientes a la empresa de CYPE Ingenieros cuyo objetivo es desarrollar y comercializar todo tipo de software técnicos para los profesionales de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

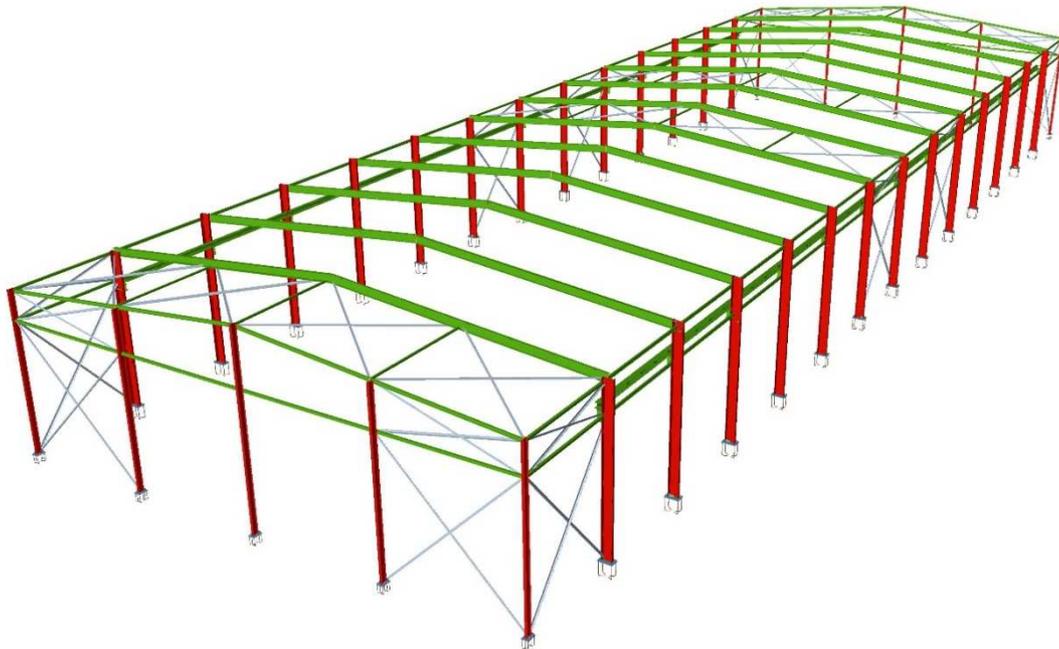


Figura 1.1 Vista 3D. Fuente: CypeCAD

Para la obtención del resultado final del cálculo del modelo industrial se han utilizado diferentes programas:

El primer lugar, se ha utilizado el generador de pórticos, el cual nos permite generar la geometría y las cargas de peso propio, sobrecarga de uso, nieve y viento de un pórtico de forma rápida y sencilla. Además, nos permite poder realizar el dimensionamiento tanto de las correas de cubierta como las laterales, optimizando el perfil de éstas y su separación entre ellas.

Seguidamente, se ha pasado a utilizar el programa CYPE3D el cual hace una visión 3D de la nave industrial. Juntamente con el Metal3D, se ha hecho el cálculo en 3D de la estructura de barras, incluido el dimensionamiento de uniones y de los elementos de la cimentación.

Finalmente, para hacer el cálculo del presupuesto se ha utilizado el programa Arquímedes. Se trata de una herramienta muy completa para mediciones, certificaciones, presupuestos, pliego de condiciones y manual de uso del edificio.

2 Materiales

En la estructura de nuestro edificio industrial, como ya hemos comentado en el documento I, hemos utilizado básicamente dos materiales: acero y hormigón, cuyos tipos y características se detallan a continuación.

2.1 Acero

El acero utilizado en la estructura de nuestra nave industrial son básicamente tres:

- **Acero laminado S275:** es el acero empleado en los pórticos de fachada, pórticos tipo, vigas perimetrales, correas laterales y de fachada y en el sistema a contraviento. El valor numérico que posee corresponde con su límite elástico (275 MPa).

A continuación se muestra una tabla resumen de todos los perfiles empleados con este tipo de acero, así como su ubicación:

ELEMENTO	SERIE	DIMENSIÓN
Pilares de los pórticos de fachada	IPE	270
Jácenas de los pórticos de fachada	IPE	160
Pilares de los pórticos tipo	IPE	500
Jácenas de los pórticos tipo	IPE	400
Vigas perimetrales	IPE	160
Correas laterales	IPE	100
Correas de fachada	IPE	100
Montantes arriostramiento fachada	SHS	120X3.0
Montantes viga contraviento y arriostramiento fachada lateral	SHS	120X3.0
Diagonales viga contraviento y pórtico de fachada	L	100x100x6
Diagonales arriostramiento fachada lateral	L	90x90x6
Viga carrilera	HEA	280

Tabla 3.1.1. Perfiles de los componentes conformados con acero S275. Fuente: creación propia

- **Acero conformado S235:** este acero solo lo hemos empleado para las correas de cubierta. Igual que en el acero laminado S275, el valor numérico 235 indica su límite elástico (en MPa).

SERIE	DIMENSIONES	ELEMENTOS
ZF	180X3.0	Correas de cubierta

Tabla 3.1.2. Perfil correas de cubierta. Fuente: creación propia

- **Acero B500S:** este acero es el utilizado para la realización del armado de hormigón y en los pernos de las placas de anclaje. Este acero, a diferencia de los dos anteriores aceros, no obedece al CTE DB-SE-A, si no que para este acero se tiene en cuenta el EHE-08.32.
La letra B indica que se trata de un acero para hormigón armado, el número 500 indica su límite elástico (en MPa) y la S indica aptitud a la soldabilidad.

Las características son las mismas para todos los aceros y las mostramos a continuación:

MÓDULO DE ELASTICIDAD E (N/mm ²)	COEFICIENTE DE POISSON ν	DENSIDAD ρ (Kg/m ³)	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA α (°C ⁻¹)	MÓDULO DE RIGIDEZ G (N/mm ²)
210.000	0,3	7850	1,2·10 ⁻⁵	81.000

Tabla.3.1.3. Características de los aceros. Fuente: creación propia

2.2 Hormigón

El hormigón que se utiliza durante el proceso de fabricación de nuestra nave industrial es de dos tipos: hormigón armado y hormigón de limpieza (solera de asiento).

- **Hormigón armado HA-30/B/20/Ila+Qb:** este hormigón tiene una consistencia blanda, una resistencia característica de 30 N/mm² y una clase general de exposición Ila, ya que es la única clase general de exposición del hormigón armado. Además, tiene una clase específica de exposición Qb, ya que el edificio industrial se encuentra a menos de 5 km de distancia del mar (una distancia aproximada de 250 m).

Este hormigón se utiliza en los elementos de la cimentación, es decir, en las zapatas y vigas de atado.

- **Hormigón de limpieza HL-150/B/20:** este hormigón tiene una consistencia blanda, la dosificación mínima de cemento que es de 150 Kg/m³ y un tamaño máximo de árido de 20 mm (inferior al máximo recomendado, que es de 30 mm).

Es un hormigón que tiene como fin evitar la desecación del hormigón estructural durante su vertido así como una posible contaminación de éste durante las primeras horas de su hormigonado. El espesor de la solera de asiento (hormigón de limpieza) será la mínima, 10 cm.

3 Acciones sobre el edificio

El DB SE-AE del CTE clasifica las acciones sobre los edificios en función de su variación en el tiempo. Por tanto, podemos distinguir tres tipos de acciones:

- **Acciones PERMANENTES (G):** son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. No obstante, su magnitud puede serlo o no.
- **Acciones VARIABLES (Q):** son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio.
- **Acciones ACCIDENTALES (A):** son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia.

3.1 Acciones permanentes

Como acabamos de comentar, las acciones permanentes son todas aquellas acciones que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante (como las acciones y empujes del terreno o el peso propio de los elementos constructivos) o no (como el pretensado o las acciones reológicas como pueden ser retracción, fluencia o relajación), pero con variación despreciable o tendiendo monótonamente hasta un valor límite.

En el cálculo de las acciones de un edificio industrial, como es nuestro caso, son relevantes las acciones permanentes debidas al peso propio. Por tanto, cogemos como acciones permanentes únicamente las debidas al peso propio de los elementos estructurales y el peso del cerramiento, que en nuestro caso es un panel de tipo sándwich (tanto en las fachadas frontales y laterales y en la cubierta) con un valor de 0,15 kN/m².

3.2 Acciones variables

Las acciones variables son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o las acciones climáticas, y en el caso de hacerlo, tienen un valor que también varía en función del momento en el que estemos haciendo la medida.

La mayoría de las acciones variables tienen su origen en aspectos climáticos (viento, nieve...), en los que la variabilidad de su carga es bastante elevada.

Las acciones variables se clasifican en tres tipos, siguiendo la división establecida en el CTE:

3.2.1 Sobrecarga de uso

La acción variable sobrecarga de uso hace referencia al peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso, incluyendo tanto los efectos derivados del uso normal (personas, mobiliario, maquinaria...) así como las derivadas de la utilización poco habitual (por ejemplo la acumulación de personas).

En la cubierta de nuestra nave no se va a realizar ninguna actividad, y solo será accesible para su conservación, lo que viendo la tabla 3.2.1.1 podemos observar que nos encontramos en la categoría de uso G. Además, la cubierta de nuestra nave industrial, formada por panel sándwich sobre correas, es siempre cubierta ligera y según lo establecido en el CTE, la subcategoría de uso es GI: cubierta ligera sobre correas (véase tabla 3.2.1.1).

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	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 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 3.2.1.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso. Fuente: Tecnología de la construcción

Por tanto, tenemos una categoría de uso G1 lo que implica una sobrecarga de uso relativa o carga superficial de 0,40 kN/m², no pudiendo actuar simultáneamente con otras acciones variables.

Además, como se ha comentado en el documento 1, se ha tenido en cuenta el efecto de un puente grúa. Este puente grúa se corresponde con un puente grúa bicarril, de carga 5 T y que en función de los parámetros que se muestran en la figura 3.2.1.1, como son luz entre ejes, anchura del motor,

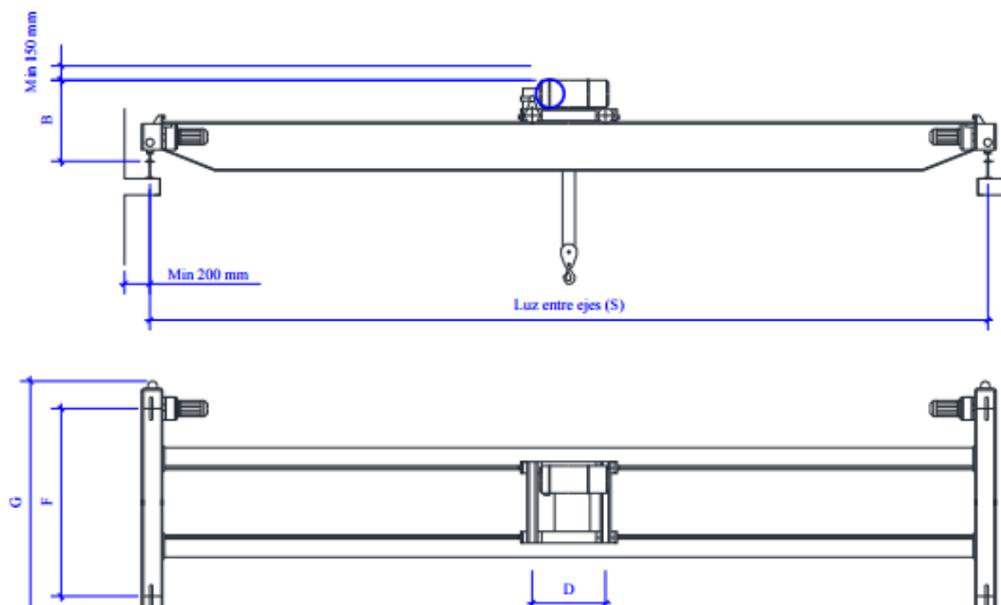


Figura 3.2.1.1. Dimensiones del puente grúa para determinar las cargas. Fuente: manual CYPECAD

la separación entre ruedas... se pueden obtener los valores de las cargas máximas y mínimas sobre las ruedas del puente grúa.

En función de las variables mostradas en la figura 3.2.1.1, se puede obtener los valores de la carga máxima y mínima sobre rueda en la tabla siguiente:

S (m)	B (mm)	F (mm)	G (mm)	Carga por rueda (kN)	
				R _{máx}	R _{mín}
20	770	2900	3460	39.6	14
22	810	3200	3790	42.7	17
24	810	3800	4460	45.7	19.7
26	870	4600	5300	50.7	24.4
28	870	4600	5300	53.2	26.8
30	870	4600	5300	57.2	30.7
32	920	5100	5930	66.3	39.5
34	920	5100	5930	71.7	44.9

Tabla 3.2.1.2. Valores de la carga máxima y mínima sobre ruedas. Fuente: manual CYPECAD

Obteniendo así, una carga máxima de 53,2 kN y una carga mínima de 26,8 kN.

3.2.2 Nieve

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio dependen del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno y de la forma del edificio o de la cubierta.

La normativa aplicada para este tipo de acción variable es el CTE DB-SE-AE. Nuestra nave industrial se encuentra en una zona climática invernal 5 (ver imagen 3.2.2.1) y con una altitud topográfica de 3 msnm. La exposición al viento es de tipo N (normal).



Figura 3.2.2.1. Distintas zonas climáticas en España. Fuente: Tecnología de la construcción

A la hora de valorar la acción debida a la nieve, se ha tenido en cuenta las siguientes hipótesis de cálculo:

- **Nieve (estado inicial):** tanto la carga en el faldón A como en el B es del 100%.
- **Nieve 1 (redistribución):** la carga en el faldón A del 100% y la carga en el faldón B del 50%.
- **Nieve 2 (redistribución):** la carga en el faldón A del 50% y la carga en el faldón B del 100%.

3.2.3 Viento

La acción del viento sobre un edificio es, en general, una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o una presión estática (q_e) que puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_p$$

Donde:

- q_b es la presión dinámica del viento. Varía en función del emplazamiento geográfico de la obra.
- c_e es el coeficiente de exposición. Varía con la altura (z) del punto considerado y del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la nave industrial.
- c_p es el coeficiente eólico o de presión, depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento y de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie.

Del mismo modo que para la acción variable nieve, la normativa aplicada para este tipo de acción es el CTE DB-SE-AE. Como podemos ver en la imagen 3.2.3.1, se trata de una zona eólica A, y de un grado de aspereza IV (zona industrial). Además, cabe añadir que el periodo de servicio de nuestro edificio será de 50 años.



Figura 3.2.3.1 Valores de la velocidad básica del viento en España. Fuente: Tecnología de la construcción

En esta zona eólica, se tiene una presión dinámica (q_b) de $0,42 \text{ KN/m}^2$. A partir del valor de altura máxima y teniendo en cuenta lo que indica la norma, se ha obtenido el coeficiente C_e (coeficiente de exposición) que tiene un valor de 1,776.

Dentro de esta acción (viento), se han realizado las siguientes hipótesis de cálculo:

- 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.

3.3 Acciones accidentales

Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia, como por ejemplo sismo, incendio, explosión o impacto.

El cálculo de edificios frente a este tipo de acciones es de mayor nivel de complejidad y está regido por unas normativas específicas de cada acción. El cálculo que se ha tenido en cuenta en este proyecto es el del sismo.

3.3.1 Sismo

Las acciones sísmicas están reguladas en la NCSE-02, Norma de construcción sismorresistente: parte general y parte edificación.

En el caso de producirse la acción del sismo, todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor casi permanente, como muestra la siguiente fórmula:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Dentro de la clasificación que se hace según el uso al que se destina el edificio industrial, la nave industrial en cuestión tiene una importancia normal.

Los datos generales del sismo son:

Caracterización del emplazamiento

a_b : Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) a_b : 0.060 g

K : Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K : 1.00

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo III

Sistema estructural

Ductilidad (NCSE-02, Tabla 3.1): Ductilidad baja

ξ : Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) ξ : 4.00 %

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso : 1.00

Fracción de sobrecarga de nieve : 0.50

4 Combinaciones de cálculo

A la hora de realizar los cálculos pertinentes para ver que la nave cumple con todos los requisitos necesarios se han tenido en cuenta las siguientes normas:

- Cimentación: EHE-08
- Hormigón: EHE-08
- Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

Las combinaciones de acciones que se han definido para las distintas situaciones de proyecto, son las siguientes:

- Con coeficientes de combinación:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{Qi} \psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Siendo, para ambos casos:

G_k : Acción permanente

Q_k : Acción variable

g_g : Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$g_{Q,1}$: Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$g_{Q,i}$: Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

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

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

5 Estructura metálica

En este apartado se van a realizar el cálculo, las comprobaciones y demostraciones de toda la estructura de nuestra nave de forma seccionada y detallada.

5.1 Pórtico de fachada

Los pórticos de fachada del edificio industrial en cuestión son los correspondientes a los pórticos 1 y 14. Como se puede observar en la figura 4.1.1, se trata de una estructura simétrica. Por tanto, calculando únicamente un lado se sabe que el lado simétrico también cumplirá. Las comprobaciones relacionadas con los cálculos se realizarán sobre el pilar N71-N72, la jácena N72-N75, el montante N78-N117 y la diagonal N78-N114.

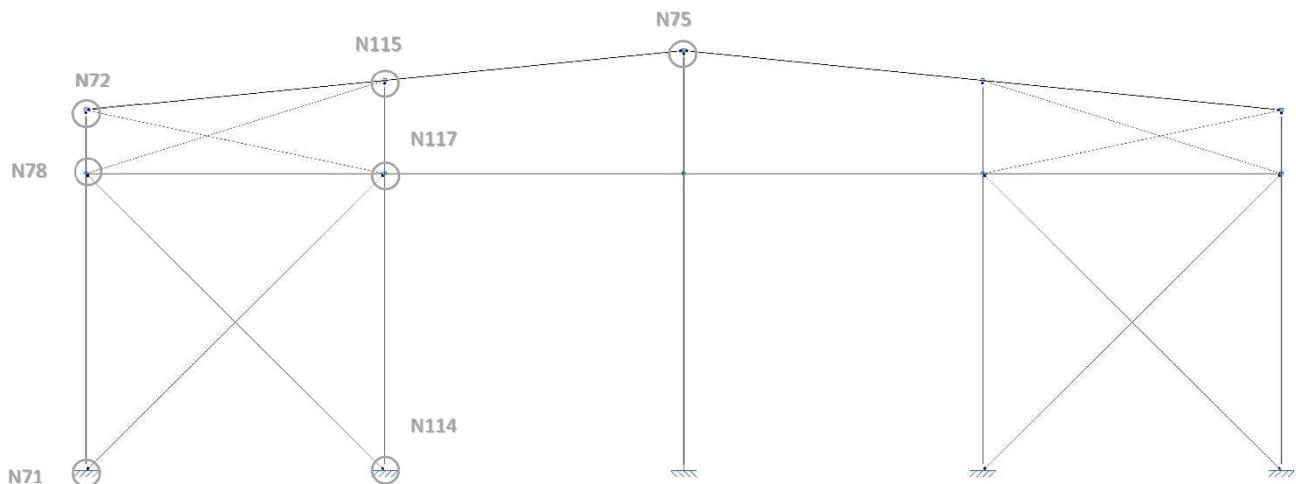


Figura 4.1.1. Pórtico de fachada. Fuente: CYPECAD 2015

En la siguiente tabla, se muestra una descripción completa de los elementos utilizados:

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Sup.} (m)	Lb _{Inf.} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N71/N78	N71/N72	IPE 270 (IPE)	-	6.940	0.060	0.70	0.70	-	-
		N78/N72	N71/N72	IPE 270 (IPE)	0.060	1.380	0.060	1.00	1.00	-	-
		N72/N115	N72/N75	IPE 160 (IPE)	-	6.989	0.046	0.00	1.00	-	-
		N78/N117	N78/N117	SHS 120x3.0 (Cold Formed SHS)	0.060	6.940	-	1.00	1.00	-	-
		N114/N78	N114/N78	L 100 x 100 x 6 (L)	-	9.814	0.085	0.00	0.00	-	-

Notación:
 Ni: Nudo inicial
 Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
 Lb_{Sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior
 Lb_{Inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

Proyecto de edificio industrial con puente grúa para la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora. Polígono del Mediterráneo, Albuixech (Valencia).

Seguidamente, se realiza la comprobación de resistencia:

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N71/N78	81.54	0.000	-1.956	-1.454	1.083	0.000	1.481	-1.774	GV	Cumple
N78/N72	61.23	0.060	-0.637	1.139	-1.259	0.000	-1.270	1.317	GV	Cumple
N72/N115	81.35	6.989	-3.819	-0.044	-1.401	0.000	1.903	0.077	GV	Cumple
N78/N117	44.39	7.000	-2.031	-0.006	0.110	-0.024	-0.261	0.023	GV	Cumple
N114/N78	8.81	0.000	2.774	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple

Por lo que respecta a la comprobación de flecha, se muestra la siguiente tabla resumen:

Referencias:

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.

Flechas									
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz		Flecha activa relativa xz
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz		
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	
N71/N72	3.470	22.38	3.904	2.05	3.470	33.63	3.904	3.19	
	3.470	L/332.4	3.904	L/(>1000)	3.470	L/332.4	3.904	L/(>1000)	
N72/N75	2.796	13.89	3.145	20.01	2.796	24.01	3.145	28.46	
	2.796	L/(>1000)	3.145	L/371.0	2.796	L/(>1000)	3.145	L/371.1	
N78/N117	3.036	1.58	2.169	4.34	2.602	3.07	2.169	7.41	
	3.036	L/(>1000)	1.735	L/(>1000)	3.036	L/(>1000)	1.735	L/(>1000)	
N114/N78	9.201	0.00	7.974	0.00	9.201	0.00	7.974	0.00	
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	

A continuación se va a realizar las comprobaciones E.L.U. Primero realizaremos las comprobaciones en el pilar exterior, dividiéndolo en dos partes: N71-N78 y N78-N72.

Parte inferior del pilar N71/N78:

Perfil: IPE 270 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N71	N78	7.000	45.90	5790.00	420.00	15.90
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70	0.70	0.00	0.00		
L _k	4.900	4.900	0.000	0.000		
C _m	0.900	0.900	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.87} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{29.014} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1,2,3.

$$A : \underline{45.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.92}$$

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\chi_z : \underline{0.24}$$

$$\phi_y : \underline{0.66}$$

$$\phi_z : \underline{2.52}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.	α_y : <u>0.21</u>
	α_z : <u>0.34</u>
$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.	$\bar{\lambda}_y$: <u>0.50</u>
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_z$: <u>1.87</u>
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : <u>36.958</u> t
$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$: <u>509.491</u> t
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$: <u>36.958</u> t
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$: <u>∞</u>

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.711 \text{ t} \leq 13.734 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·PuenteGrúa(PG_2_Carril)(E)+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \frac{1.711}{\text{t}}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \frac{27.468}{\text{t}}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.454 \text{ t} \leq 22.679 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \frac{1.454}{\text{t}}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \frac{45.358}{\text{t}}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.815} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.526} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.804} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>1.956</u> t
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ : <u>1.481</u> t·m
	M_{z,Ed}⁻ : <u>1.774</u> t·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>122.543</u> t
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} : <u>12.922</u> t·m
	M_{pl,Rd,z} : <u>2.590</u> t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.	A : <u>45.90</u> cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>484.00</u> cm ³
	W_{pl,z} : <u>97.00</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2803.26</u> kp/cm ²
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.01</u>
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : <u>1.09</u>
C_{m,y}, C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : <u>0.90</u>
	C_{m,z} : <u>0.90</u>
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : <u>0.92</u>
	χ_z : <u>0.24</u>
λ̄_y, λ̄_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : <u>0.50</u>
	λ̄_z : <u>1.87</u>
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : <u>0.60</u>
	α_z : <u>0.60</u>

Parte superior del pilar N78/N72:

Perfil: IPE 270 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N78	N72	1.500	45.90	5790.00	420.00	15.90
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	1.00	0.00	0.00	
L _k		1.500	1.500	0.000	0.000	
C _m		0.900	0.900	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.57} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{45.90} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{394.382} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a) Y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{5436.834} \text{ t}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{394.382} \text{ t}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{104.315} \text{ t}$$

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1,2y3.	A : $\frac{45.90}{\text{cm}^2}$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : $\frac{2669.77}{\text{kp/cm}^2}$
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : $\frac{2803.26}{\text{kp/cm}^2}$
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : $\frac{1.05}{}$
χ : Coeficiente de reducción por pandeo.	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	χ_y : $\frac{1.00}{}$
Siendo:	χ_z : $\frac{0.85}{}$
$\Phi = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2]$	φ_y : $\frac{0.51}{}$
α : Coeficiente de imperfección elástica.	φ_z : $\frac{0.73}{}$
$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.	α_y : $\frac{0.21}{}$
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	α_z : $\frac{0.34}{}$
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido:	λ̄_y : $\frac{0.15}{}$
N_{cr,y} : Axil crít. pandeo por el eje Y.	λ̄_z : $\frac{0.57}{}$
N_{cr,z} : Axil crít. pandeo por el eje Z.	N_{cr} : $\frac{394.382}{\text{t}}$
N_{cr,T} : Axil crít. pandeo por torsión.	N_{cr,y} : $\frac{5436.834}{\text{t}}$
	N_{cr,z} : $\frac{394.382}{\text{t}}$
	N_{cr,T} : $\frac{\infty}{}$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50%:

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.281 \text{ t} \leq 13.734 \text{ t} \quad \checkmark$$

Para la combinación 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1:

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : $\frac{1.281}{\text{t}}$
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} : $\frac{27.468}{\text{t}}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50%:

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.139 \text{ t} \leq 22.679 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos a una distancia de 0.060 m del nudo N78, para: 0.8·PP+1.05·PuenteGrúa(PG_2)(E)+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : $\frac{1.139}{\text{t}}$
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} : $\frac{45.358}{\text{t}}$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.612} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.369} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.519} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos una distancia de 0.060 m del nudo N78, para:
0.8·PP+1.05·PuenteGrúa(PG_2)(E)+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>0.637</u> t
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : <u>1.270</u> t·m
	M_{z,Ed} : <u>1.317</u> t·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos.	Clase : <u>1</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>122.543</u> t
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} : <u>12.922</u> t·m
	M_{pl,Rd,z} : <u>2.590</u> t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.	A : <u>45.90</u> cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>484.00</u> cm ³
	W_{pl,z} : <u>97.00</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²
f_{yd} = f _y /γ _{M1}	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2803.26</u> kp/cm ²
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
k_y = 1 + (λ̄ _y - 0.2) · $\frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.00</u>
k_z = 1 + (2 · λ̄ _z - 0.6) · $\frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : <u>1.00</u>
C_{m,y}, C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : <u>0.90</u>
	C_{m,z} : <u>0.90</u>
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : <u>1.00</u>
	χ_z : <u>0.85</u>
λ̄_y, λ̄_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : <u>0.15</u>
	λ̄_z : <u>0.57</u>
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : <u>0.60</u>
	α_z : <u>0.60</u>

Jácena N72/N115:

Perfil: IPE 160 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N72	N115	7.035	20.10	869.00	68.30	3.60
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	0.000	7.035	0.000	0.000		
C _m	1.000	0.950	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.23} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 20.10 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 37.098 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 37.098 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : ∞

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{Kz}^2}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

N_{b,Rd} : 27.362 t

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 20.10 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = \bar{f}_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.51}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{1.37}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.23}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{37.098 \text{ t}}$$

$N_{cr,y}$: Axil crít. pandeo al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{37.098 \text{ t}}$$

$N_{cr,z}$: Axil crít. pandeo al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$N_{cr,T}$: Axil crít. pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.792 \text{ t} \leq 6.166 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos a una distancia de 0.349 m del nudo N72, para: 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.792 \text{ t}}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{12.331 \text{ t}}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.066 \text{ t} \leq 9.896 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos a una distancia de 0.349 m del nudo N72, para: 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.066 \text{ t}}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{19.792 \text{ t}}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.757} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.813} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.547} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos a una distancia de 6.989 m del nudo N72, para: 0.8·PP+1.05·Puente Grúa(PG_1)(E)+1.5·V(270°)H1. Siendo:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>3.819</u> t
M_{y,Ed} , M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ : <u>1.903</u> t·m
	M_{z,Ed}⁺ : <u>0.077</u> t·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>53.662</u> t
M_{pl,Rd,y} , M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} : <u>3.311</u> t·m
	M_{pl,Rd,z} : <u>0.697</u> t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.	A : <u>20.10</u> cm ²
W_{pl,y} , W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>124.00</u> cm ³
	W_{pl,z} : <u>26.10</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²
f_{yd} = f _y /γ _{M1}	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2803.26</u> kp/cm ²
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>
k_y = 1 + (λ̄ _y - 0.2) · $\frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.11</u>
k_z = 1 + (2 · λ̄ _z - 0.6) · $\frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : <u>1.00</u>
C_{m,y} , C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : <u>0.95</u>
	C_{m,z} : <u>1.00</u>
χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : <u>0.51</u>
	χ_z : <u>1.00</u>
λ̄_y , λ̄_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : <u>1.23</u>
	λ̄_z : <u>0.00</u>
α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : <u>0.60</u>
	α_z : <u>0.60</u>

Montante N78/N117:

Perfil: SHS 120x3.0 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N78	N117	7.000	13.80	311.98	311.98	487.70
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
β	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	7.000	7.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.70} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación.

Clase : 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 13.80 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 13.452 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 13.452 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 13.452 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.045} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para:
 $0.8 \cdot PP + 1.05 \cdot \text{PuenteGrúa}(PG_2_Carril)(E) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed} : \underline{1.647} \text{ t}$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$

$N_{t,Rd} : \underline{36.850} \text{ t}$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : $\underline{13.80} \text{ cm}^2$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : $\underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : $\underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : $\underline{1.05}$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

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

$\eta : \underline{0.056} \checkmark$

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

$\eta : \underline{0.215} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para:
 $0.8 \cdot PP + 1.05 \cdot \text{PuenteGrúa}(PG_2)(E) + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed} : \underline{2.048} \text{ t}$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$

$N_{c,Rd} : \underline{36.850} \text{ t}$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : $\underline{3}$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1,2 y 3.

A : $\underline{13.80} \text{ cm}^2$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : $\underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : $\underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : $\underline{1.05}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$

$N_{b,Rd} : \underline{9.534} \text{ t}$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1,2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{13.80} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M1}} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\mathbf{\chi} = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\mathbf{\chi_y} : \underline{0.26}$$

$$\mathbf{\chi_z} : \underline{0.26}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\mathbf{\phi_y} : \underline{2.30}$$

$$\mathbf{\phi_z} : \underline{2.30}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\mathbf{\alpha_y} : \underline{0.49}$$

$$\mathbf{\alpha_z} : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\mathbf{\bar{\lambda}_y} : \underline{1.70}$$

$$\mathbf{\bar{\lambda}_z} : \underline{1.70}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$\mathbf{N_{cr}} : \underline{13.452} \text{ t}$$

N_{cr,y}: Axil crit. pandeo respecto al eje Y.

$$\mathbf{N_{cr,y}} : \underline{13.452} \text{ t}$$

N_{cr,z}: Axil crít. pandeo respecto al eje Z.

$$\mathbf{N_{cr,z}} : \underline{13.452} \text{ t}$$

N_{cr,T}: Axil crít. pandeo por torsión.

$$\mathbf{N_{cr,T}} : \underline{\infty}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$

$$\mathbf{0.131 \text{ t} \leq 5.272 \text{ t}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{0.131} \text{ t}$$

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{10.543} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$

$$\mathbf{0.014 \text{ t} \leq 5.366 \text{ t}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{0.014} \text{ t}$$

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{10.732} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.260} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.444} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.402} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos para la combinación de acciones:

1.35·PP+1.05·PuenteGrúa(PG_2)(E)+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>2.031</u> t
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : <u>0.261</u> t·m
	M_{z,Ed} : <u>0.023</u> t·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación.	Clase : <u>3</u>

N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>36.850</u> t
M_{el,Rd,y}, M_{el,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{el,Rd,y} : <u>1.388</u> t·m
	M_{el,Rd,z} : <u>1.388</u> t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.	A : <u>13.80</u> cm ²
W_{el,y}, W_{el,z} : Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{el,y} : <u>52.00</u> cm ³
	W_{el,z} : <u>52.00</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$$k_y = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.13}$$

$$k_z = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.13}$$

C_{m,y}, C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : <u>1.00</u>
	C_{m,z} : <u>1.00</u>

$$\chi_y, \chi_z : \text{Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad \chi_y : \underline{0.26}$$

$$\chi_z : \underline{0.26}$$

$$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z : \text{Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad \bar{\lambda}_y : \underline{1.70}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.70}$$

$$\alpha_y, \alpha_z : \text{Factores dependientes de la clase de la sección.} \quad \alpha_y : \underline{0.80}$$

$$\alpha_z : \underline{1.00}$$

Diagonal N114/N78:

Perfil: L 100 x 100 x 6 Material: Acero (S275)										
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicia I	Final I		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _a ⁽³⁾ (mm)	z _a ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
N114	N78	9.899	11.80	111.10	111.10	65.30	1.40	23.60	-23.60	-45.0
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.										
		Pandeo			Pandeo lateral					
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.					
β		0.00	0.00	0.00	0.00					
L _k		0.000	0.000	0.000	0.000					
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000					
C ₁		-			1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico										

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

A: 11.80 cm²
f_y: 2803.26 kp/cm²
N_{cr}: ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.088} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed}: 2.774 t

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{t,Rd}: 31.503 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A: 11.80 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd}: 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 2803.26 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0}: 1.05

5.2 Pórtico tipo

Nuestra nave industrial está formada por 14 pórticos, separados 6 m. Por tanto, tenemos 12 pórticos tipo (pórticos interiores) completamente idénticos lo que nos permite hacer los cálculos y las comprobaciones solamente en uno de ellos. De la misma forma que el pórtico de fachada, la estructura es simétrica por tanto, únicamente realizaremos los cálculos en una parte de ella. Esta parte está compuesta por el pilar N41-N42, la ménsula N96-N132 y la jácena N158-N45.

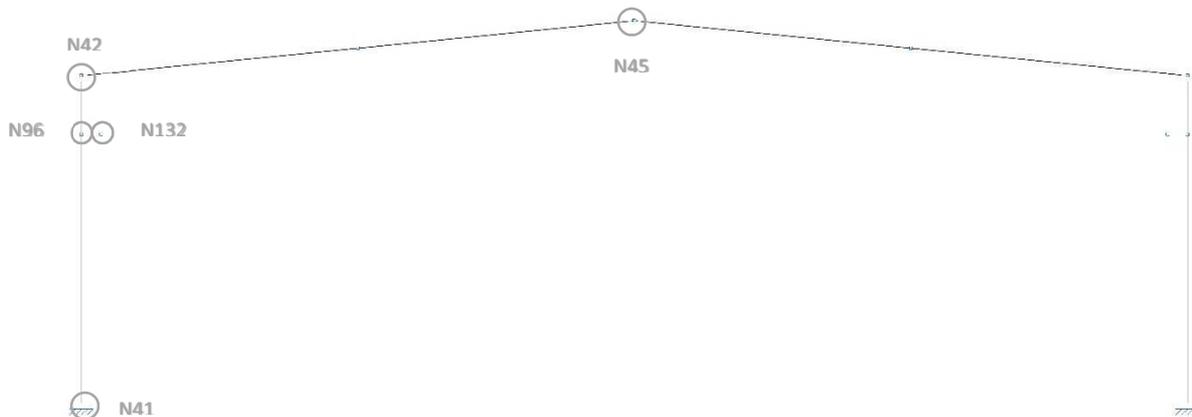


Figura 4.2.1. Pórtico tipo. Fuente: CYPECAD 2015

En la siguiente tabla, se muestra una descripción completa de los elementos utilizados:

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil (Serie)	Longitud (m)			β _{xy}	β _{xz}	Lb ^{Sup.} (m)	Lb ^{Inf.} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N41/N96	N41/N42	IPE (IPE) 500	-	6.500	0.500	0.70	1.79	-	-
		N96/N42	N41/N42	IPE (IPE) 500	-	1.299	0.201	1.00	8.35	-	-
		N158/N45	N42/N45	IPE (IPE) 400	-	7.035	-	0.00	3.98	-	-
		N96/N132	N96/N132	IPE (IPE) 500	0.250	0.250	-	1.00	1.00	-	-

Notación:
 Ni: Nudo inicial
 Nf: Nudo final
 β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
 Lb^{Sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior
 Lb^{Inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

Seguidamente, se realizan las comprobaciones a resistencia:

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N41/N96	44.59	0.000	-12.240	0.000	-6.992	0.000	-23.793	0.001	G	Cumple
N96/N42	60.79	1.299	-8.879	0.003	-6.993	0.000	33.913	0.003	G	Cumple
N158/N45	50.32	5.980	-7.024	0.007	0.034	0.000	16.291	-0.032	G	Cumple
N96/N132	4.97	0.250	0.126	0.111	-1.132	-0.043	-0.323	0.028	GS	Cumple

Referencias:

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.

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)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N41/N42	8.299	1.00	8.299	23.89	8.299	1.97	8.299	42.22
	8.299	L/(>1000)	8.299	L/347.4	8.299	L/(>1000)	8.299	L/347.5
N42/N45	11.004	0.24	8.190	17.97	11.004	0.28	7.135	29.71
	11.004	L/(>1000)	8.190	L/769.1	11.004	L/(>1000)	8.190	L/769.5
N96/N13 2	0.125	0.00	0.125	0.00	0.125	0.00	0.125	0.00
	0.125	L/(>1000)	0.125	L/(>1000)	0.125	L/(>1000)	0.125	L/(>1000)

A continuación se va a realizar las comprobaciones E.L.U. Primero realizaremos las comprobaciones en el pilar exterior, dividiéndolo en dos partes: N41-N96 y N96-N42.

Parte inferior del pilar N41/N96:

Perfil: IPE 500 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N41	N96	7.000	116.00	48200.00	2142.00	89.30
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.70	1.79	0.00	0.00	
L _k		4.900	12.526	0.000	0.000	
C _m		1.000	0.900	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{\quad 1.27 \quad} \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la deformación

$$\text{Clase} : \underline{\quad 4 \quad}$$

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$\mathbf{A_{ef}} : \underline{\quad 109.14 \quad} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{\quad 2803.26 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N_{cr}} : \underline{\quad 188.485 \quad} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$\mathbf{N_{cr,y}} : \underline{\quad 649.083 \quad} \text{ t}$$

$$\mathbf{N_{cr,y}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N_{cr,z}} : \underline{\quad 188.485 \quad} \text{ t}$$

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{128.088 \text{ t}}$$

Donde:

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{109.14 \text{ cm}^2}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77 \text{ kp/cm}^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.85}$$

$$\chi_z : \underline{0.44}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{0.79}$$

$$\phi_z : \underline{1.49}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.69}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.27}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido:

$$N_{cr} : \underline{188.485 \text{ t}}$$

$N_{cr,y}$: Axil crít. pandeo al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{649.083 \text{ t}}$$

$N_{cr,z}$: Axil crít. pandeo al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{188.485 \text{ t}}$$

$N_{cr,T}$: Axil crít. pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo

V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$6.992 \text{ t} \leq 39.306 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes para 1.35·PP+1.5·Q(G1) son:

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{6.992 \text{ t}}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{78.611 \text{ t}}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo

V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.020 \text{ t} \leq 52.611 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes para PP+SX+0.3·SY son:

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.
 $V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{Ed} : 0.020 t
 $V_{c,Rd}$: 105.222 t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.446} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.421} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.319} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1). Siendo:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 12.240 t
 $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}$: 23.793 t·m
 $M_{z,Ed}$: 0.001 t·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación **Clase**: 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd}$: 309.694 t
 $M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y}$: 58.575 t·m
 $M_{pl,Rd,z}$: 8.970 t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A**: 116.00 cm²
 $W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y}$: 2194.00 cm³
 $W_{pl,z}$: 336.00 cm³
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.13}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. $C_{m,y}$: 0.90

$C_{m,z}$: 1.00

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : 0.84

χ_z : 0.42

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: 0.71

$\bar{\lambda}_z$: 1.31

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección. α_y : 0.60

α_z : 0.60

Parte superior del pilar N96/N42:

Perfil: IPE 500 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N96	N42	1.500	116.00	48200.00	2142.00	89.30
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	8.35	0.00	0.00	
L _K		1.500	12.526	0.000	0.000	
C _m		1.000	0.900	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \quad \underline{\underline{0.69}} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\mathbf{Clase} : \quad \underline{\underline{4}}$$

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$\mathbf{A_{ef}} : \quad \underline{\underline{109.14}} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \quad \underline{\underline{2803.26}} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N_{cr}} : \quad \underline{\underline{649.083}} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$\mathbf{N_{cr,y}} : \quad \underline{\underline{649.083}} \text{ t}$$

$$\mathbf{N_{cr,y}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N_{cr,z}} : \quad \underline{\underline{2011.347}} \text{ t}$$

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{248.825 \text{ t}}$$

Donde:

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{109.14 \text{ cm}^2}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77 \text{ kp/cm}^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.85}$$

$$\chi_z : \underline{0.93}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{0.79}$$

$$\phi_z : \underline{0.61}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.69}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.39}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{649.083 \text{ t}}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{649.083 \text{ t}}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{2011.347 \text{ t}}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$6.993 \text{ t} \leq 39.306 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q(G1)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{6.993 \text{ t}}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{78.611 \text{ t}}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.025 \text{ t} \leq 52.611 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.6·PuenteGrúa(PG_1)(E)-SX-0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.025} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{105.222} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.608} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.564} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.349} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.299 m del nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{8.879} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{33.913} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{309.694} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{58.575} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{8.970} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{116.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{2194.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{336.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.01}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{0.90}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.84}$$

$$\chi_z : \underline{0.93}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.71}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.40}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q(G1)$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$6.993 \text{ t} \leq 38.465 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{6.993} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{76.930} \text{ t}$$

Jácena N158/N45:

Perfil: IPE 400 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N158	N45	7.035	84.50	23130.00	1318.00	51.10
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.00	3.98	0.00	0.00	
L _k		0.000	28.000	0.000	0.000	
C _m		1.000	0.560	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.91} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{80.91} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{62.332} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$$N_{cr,y} : \underline{62.332} \text{ t}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{52.525} \text{ t}$$

Donde:

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $A_{ef} : 80.91 \text{ cm}^2$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : 1.05$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \quad \chi_y : 0.24$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \quad \phi_y : 2.50$$

α : Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_y : 0.21$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_y : 1.91$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido: $N_{cr} : 62.332 \text{ t}$

$N_{cr,y}$: Axil crit. pandeo al eje Y. $N_{cr,y} : 62.332 \text{ t}$

$N_{cr,z}$: Axil crít. pandeo al eje Z. $N_{cr,z} : \infty$

$N_{cr,T}$: Axil crít. pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \infty$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 3.625 \text{ t} \leq 26.512 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q(G1).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 3.625 \text{ t}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 53.024 \text{ t}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.010 \text{ t} \leq 40.401 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos para la combinación de acciones PP+SX+0.3·SY.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 0.010 \text{ t}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 80.803 \text{ t}$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.503} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.426} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.210} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos a una distancia de 5.980 m del nudo N158, para: 1.35·PP+1.5·Q(G1).

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N_{c,Ed}** : 7.024 t
M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **M_{y,Ed}⁺** : 16.291 t·m
M_{z,Ed}⁻ : 0.032 t·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación. **Clase** : 1

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta. **N_{pl,Rd}** : 225.596 t
M_{pl,Rd,y}, **M_{pl,Rd,z}**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **M_{pl,Rd,y}** : 34.894 t·m
M_{pl,Rd,z} : 6.114 t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : 84.50 cm²
W_{pl,y}, **W_{pl,z}**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **W_{pl,y}** : 1307.00 cm³
W_{pl,z} : 229.00 cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : 1.05

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.11}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

C_{m,y}, **C_{m,z}**: Factores de momento flector uniforme equivalente. **C_{m,y}** : 0.56

C_{m,z} : 1.00

χ_y, **χ_z**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **χ_y** : 0.23

χ_z : 1.00

λ̄_y, **λ̄_z**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. **λ̄_y** : 1.95

λ̄_z : 0.00

α_y, **α_z**: Factores dependientes de la clase de la sección. **α_y** : 0.60

α_z : 0.60

Ménsula N96/N132:

Perfil: IPE 500 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N96	N132	0.500	116.00	48200.00	2142.00	89.30
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		0.500	0.500	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.13} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{109.14} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{18102.122} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{407340.003} \text{ t}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{18102.122} \text{ t}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces $\bar{\lambda} \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} : \underline{0.13}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$A_{ef} : \frac{109.14}{\text{cm}^2}$$

$$f_y : \frac{2803.26}{\text{kp/cm}^2}$$

$$N_{cr} : \frac{18102.122}{\text{t}}$$

$$N_{cr,y} : \frac{407340.003}{\text{t}}$$

$$N_{cr,z} : \frac{18102.122}{\text{t}}$$

$$N_{cr,T} : \frac{\infty}{\text{t}}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$3.798 \text{ t} \leq 39.306 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·PuenteGrúa(PG_1)(E).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{3.798}{\text{t}}$$

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{78.611}{\text{t}}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.111 \text{ t} \leq 52.611 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.250 m del nudo N96, para la combinación de acciones PP+0.6·PuenteGrúa(PG_2)(E)-SX-0.3·SY.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{0.111}{\text{t}}$$

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{105.222}{\text{t}}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.250 m del nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·PuenteGrúa(PG_1)(E)+0.9·V(0°)H1.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>0.307</u> t
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : <u>0.820</u> t·m M_{z,Ed} : <u>0.001</u> t·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>309.694</u> t
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} : <u>58.575</u> t·m M_{pl,Rd,z} : <u>8.970</u> t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.	A : <u>116.00</u> cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>2194.00</u> cm ³ W_{pl,z} : <u>336.00</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2803.26</u> kp/cm ²
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.00</u>
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : <u>1.00</u>
C_{m,y}, C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : <u>1.00</u> C_{m,z} : <u>1.00</u>
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : <u>1.00</u> χ_z : <u>1.00</u>
λ̄_y, λ̄_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : <u>0.03</u> λ̄_z : <u>0.13</u>
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : <u>0.60</u>

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

5.3 Viga carrilera

La viga carrilera es sobre la cual el puente grúa va a realizar el desplazamiento en el eje y. Esta viga carrilera debe dimensionarse para que aguante la carga proporcionada por el puente grúa (elementos que eleva).

Como se puede observar en la figura 5.3.1, se disponen de dos vigas carrileras, cada una situada a cada fachada lateral.

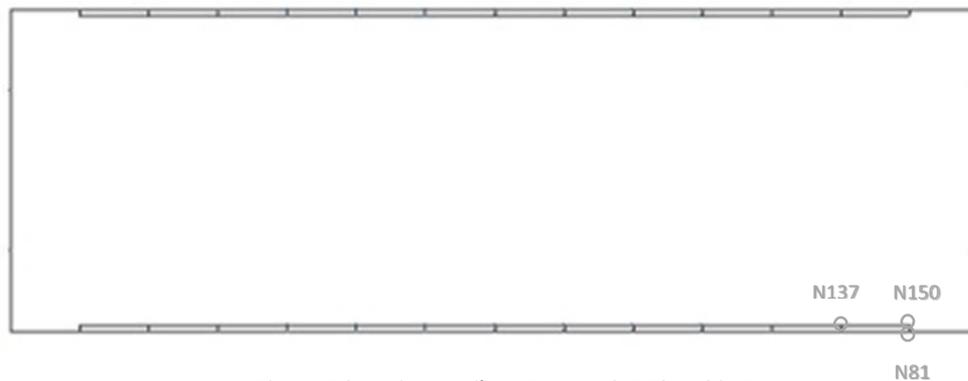


Figura 5.3.1. Viga carrilera. Fuente: CYPECAD 2015

En la figura 5.3.2 se muestra el detalle de la viga carrilera empleada. Se puede observar su posición encima de la ménsula y la orientación de la misma, sobre la cual el puente grúa realizará su desplazamiento permitiendo así llevar a cabo su función y transportar los materiales a los lugares deseados.

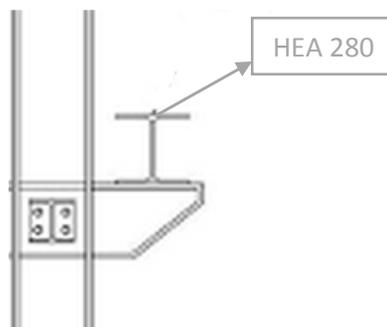


Figura 5.3.2. Detalle viga carrilera. Fuente: Google

Para abordar los cálculos de la viga carrilera se va a realizar las comprobaciones pertinentes en el tramo compuesto por los nudos N150-N137:

Viga carrilera N150/N137:

Perfil: HE 280 A Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N150	N137	6.000	97.30	13670.00	4763.00	62.10
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.00	1.00	1.00		
L _k	0.000	0.000	6.000	6.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.73} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase:** 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 97.30 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y:** 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}:** 513.968 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y}:** ∞

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z}:** ∞

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo **M_{b,Rd}** viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{el,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd} : \underline{22.404} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3. $W_{el,y} : 1012.59 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : 1.05$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad \chi_{LT} : 0.83$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad \Phi_{LT} : 0.83$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_{LT} : 0.21$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT} : 0.74$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral. $M_{cr} : 51.997 \text{ t}\cdot\text{m}$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z} \quad M_{LTV} : 37.859 \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{r,z}^2 \quad M_{LTW} : 35.643 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $W_{el,y} : 1012.59 \text{ cm}^3$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : 4763.00 \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : 62.10 \text{ cm}^4$

E : Módulo de elasticidad. $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$

G : Módulo de elasticidad transversal. $G : 825688 \text{ kp/cm}^2$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. $L_c^+ : 6.000 \text{ m}$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. $L_c^- : 6.000 \text{ m}$

$C_1 : 1.00$

C₁: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

i_{f,z}: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{7.74} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{7.74} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.034} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N150, para la combinación de acciones PP+0.6·PuenteGrúa(PG_2)(E)-0.3·SX-SY.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.236} \text{ t·m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N150, para la combinación de acciones PP+0.6·PuenteGrúa(PG_1)(E)+0.3·SX+SY.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.310} \text{ t·m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{el,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{9.083} \text{ t·m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

W_{el,z}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,z} : \underline{340.21} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.271 \text{ t} \leq 16.647 \text{ t} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N150, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.271} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{33.294} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.052 \text{ t} \leq 59.945 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N150, para la combinación de acciones $PP+0.6 \cdot \text{PuenteGrúa}(PG_1)(E)+0.3 \cdot SX+SY$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.052} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{119.890} \text{ t}$$

5.4 Sistema a contraviento

El sistema de arriostramiento se considera un elemento secundario en las estructuras, sin embargo conviene no prescindir de ellos para que el comportamiento del conjunto estructural sea el adecuado (restringir la traslacionalidad). Aparte de los arriostramientos transversales utilizados en las vigas para reducir las longitudes de pandeo lateral, la misión principal de este sistema en los edificios industriales es absorber los empujes provocados por la acción del viento debido a la presión que esta ejerce sobre las paredes de la nave.

Como se puede observar en la figura 5.3.1, el sistema a contraviento está formado por dos partes: viga contraviento y arriostramiento lateral.

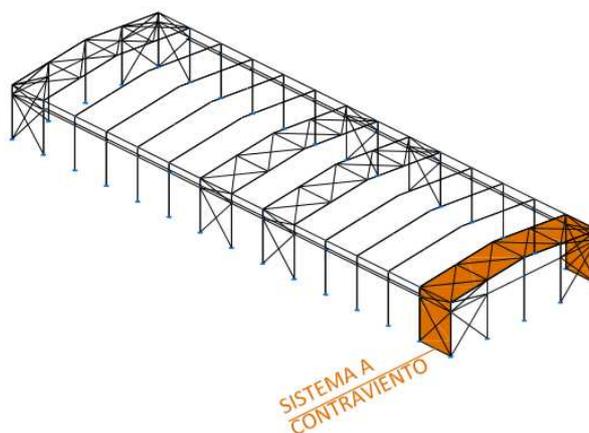


Figura 5.3.1. Sistema a contraviento. Fuente: creación propia

5.4.1 Viga contraviento

En la figura 5.3.1.1 se puede observar el detalle de la viga contraviento y las barras sobre las que se va a hacer el cálculo, que son las más desfavorables. Estos elementos son el montante central N70-N75 y la diagonal N75-N123.

Como se ha comentado anteriormente, se trata de una viga contraviento del tipo Pratt (doblando las diagonales debido a la acción del viento).

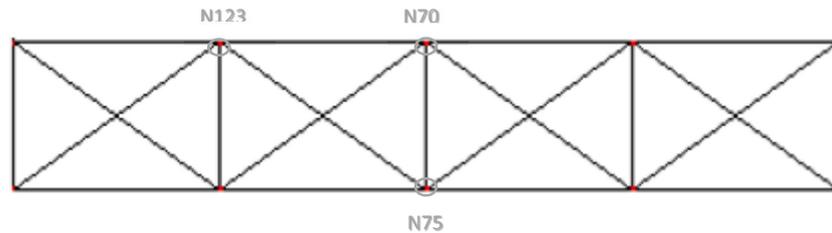


Figura 5.3.1.1. Viga a contraviento. Fuente: creación propia

Primer se muestra una tabla resumen de la descripción de los elementos:

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Sup.} (m)	Lb _{Inf.} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N70/N75	N70/N75	SHS 90x3.0 (Cold Formed SHS)	-	6.000	-	1.00	1.00	-	-
		N123/N75	N123/N75	L 100 x 100 x 6 (L)	0.060	9.126	0.060	0.00	0.00	-	-

Notación:
 Ni: Nudo inicial
 Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
 Lb_{Sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior
 Lb_{Inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

Seguidamente, se muestra la comprobación de resistencia:

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N70/N75	40.90	3.375	-1.950	0.000	0.001	0.000	0.040	0.000	GV	Cumple
N123/N75	8.20	0.060	2.584	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple

Por lo que respecta a la comprobación de la flecha:

Referencias:

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.

Proyecto de edificio industrial con puente grúa para la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora. Polígono del Mediterráneo, Albuixech (Valencia).

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)							
N70/N75	2.625	0.06	3.000	4.81	2.625	0.13	3.000	5.59	
	2.625	L/(>1000)	3.000	L/(>1000)	2.625	L/(>1000)	3.000	L/(>1000)	
N123/N75	7.985	0.00	6.274	0.00	7.985	0.00	8.556	0.00	
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	

De la viga contraviento se van a analizar los dos elementos más desfavorables: el montante N70-N75 y la diagonal N123-N75.

Montante N70/N75:

Perfil: SHS 90x3.0 Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N70	N75	6.000	10.20	127.05	127.05	201.36	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β		1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K		6.000	6.000	0.000	0.000		
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.96} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 10.20 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 7.456 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

- a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y} : 7.456 \text{ t}$
 b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : 7.456 \text{ t}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \qquad N_{b,Rd} : 5.539 \text{ t}$$

Donde:

- A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. $A : 10.20 \text{ cm}^2$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

- f_y :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$
 γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : 1.05$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \qquad \chi_y : 0.20$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \qquad \phi_y : 2.85$$

α : Coeficiente de imperfección elástica. $\phi_z : 2.85$
 $\alpha_y : 0.49$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida. $\alpha_z : 0.49$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \qquad \bar{\lambda}_y : 1.96$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\bar{\lambda}_z : 1.96$
 $N_{cr} : 7.456 \text{ t}$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y} : 7.456 \text{ t}$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : 7.456 \text{ t}$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \infty$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.035 \text{ t} \leq 3.884 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N70, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.035} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{7.769} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.000 \text{ t} \leq 3.979 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N70, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{7.958} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.116} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.409} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.386} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.375 m del nudo N70, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{1.950} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{0.040} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{27.239} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{0.910} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{0.910} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{10.20} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{34.07} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{34.07} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.28}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.28}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.20}$$

$$\chi_z : \underline{0.20}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.96}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.96}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

Diagonal N123/N75:

Perfil: L 100 x 100 x 6 Material: Acero (S275)										
Nudos		Longitud d (m)	Características mecánicas							
Inicia I	Final I		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _a ⁽³⁾ (mm)	z _a ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
N123	N75	9.246	11.80	111.10	111.10	65.30	1.40	23.60	-23.60	-45.0
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.										
		Pandeo			Pandeo lateral					
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.					
β		0.00	0.00	0.00	0.00					
L _k		0.000	0.000	0.000	0.000					
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000					
C ₁		-			1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico										

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{11.80} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{\infty}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.082} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{2.584} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{31.503} \text{ t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A: 11.80 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd}: 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 2803.26 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0}: 1.05

5.4.2 Arriostramiento fachada lateral

En este elemento del sistema a contraviento, se va a realizar las comprobaciones en el montante N67-N72 y la diagonal N82-N71, siendo estos los elementos más desfavorables.

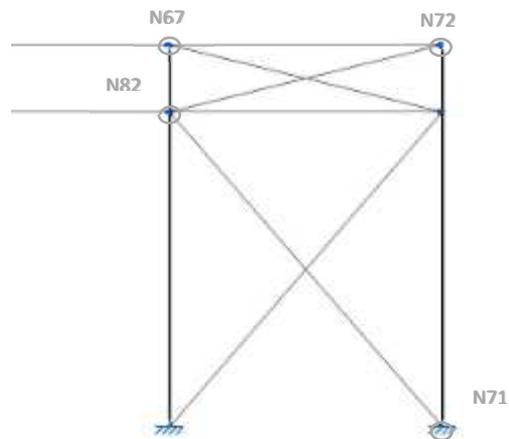


Figura 5.3.2.1. Arriostramiento lateral. Fuente: CYPECAD 2015

La descripción de los elementos se muestra a continuación:

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil (Serie)	Longitud (m)			β _{xy}	β _{xz}	Lb _{Sup} (m)	Lb _{Inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N67/N72	N67/N72	SHS 120x3.0 (Cold Formed SHS)	-	6.000	-	1.00	1.00	-	-
		N62/N67	N62/N67	IPE 160 (IPE)	-	6.000	-	0.50	0.50	-	-
		N71/N82	N71/N82	L 90 x 90 x 6 (L)	0.208	8.932	0.080	0.00	0.00	-	-

Notación:
 Ni: Nudo inicial
 Nf: Nudo final
 β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
 Lb_{Sup}: Separación entre arriostramientos del ala superior
 Lb_{Inf}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

La comprobación a resistencia realizada es la siguiente:

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N67/N72	29.33	0.000	-2.693	-0.002	-0.061	0.029	-0.084	-0.009	GV	Cumple
N62/N67	10.66	3.000	-1.254	0.000	0.000	0.000	0.096	0.000	GV	Cumple
N71/N82	11.45	0.208	3.210	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple

Por lo que respecta a la comprobación de la flecha:

Referencias:

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.

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)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	
N67/N72	2.625	0.25	3.375	1.15	2.625	0.48	3.750	1.47	
	2.625	L/(>1000)	3.375	L/(>1000)	2.625	L/(>1000)	3.375	L/(>1000)	
N62/N67	2.250	0.00	3.000	1.44	2.250	0.00	3.000	1.44	
	-	L/(>1000)	3.000	L/(>1000)	-	L/(>1000)	3.000	L/(>1000)	
N71/N82	6.140	0.00	6.140	0.00	6.140	0.00	6.140	0.00	
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	

En el arriostramiento lateral vamos a realizar las comprobaciones a: montante N67-N72 y a la diagonal N75-N123.

Montante N67/N72:

Perfil: SHS 120x3.0 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N67	N72	6.000	13.80	311.98	311.98	487.70
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _k	6.000	6.000	0.000	0.000		
C _m	0.950	0.950	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.45} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase:** 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 13.80 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y:** 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}:** 18.309 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y}:** 18.309 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z}:** 18.309 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.073} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.222} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{2.703} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{36.850} \text{ t}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{13.80} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{12.161} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{13.80} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.33}$$

$$\chi_z : \underline{0.33}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{1.86}$$

$$\phi_z : \underline{1.86}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.45}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.45}$$

$$N_{cr} : \underline{18.309} \text{ t}$$

$$N_{cr,y} : \underline{18.309} \text{ t}$$

$$N_{cr,z} : \underline{18.309} \text{ t}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.061 \text{ t} \leq 5.272 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.061} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{10.543} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.002 \text{ t} \leq 5.366 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N67, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.002} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{10.732} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.140} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.293} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.280} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N67, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>2.693</u> t
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : <u>0.084</u> t·m M_{z,Ed} : <u>0.009</u> t·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>3</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>36.850</u> t
M_{el,Rd,y}, M_{el,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{el,Rd,y} : <u>1.388</u> t·m M_{el,Rd,z} : <u>1.388</u> t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.	A : <u>13.80</u> cm ²
W_{el,y}, W_{el,z} : Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{el,y} : <u>52.00</u> cm ³ W_{el,z} : <u>52.00</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2803.26</u> kp/cm ²
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : <u>1.13</u>
$k_z = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : <u>1.13</u>
C_{m,y}, C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : <u>0.95</u> C_{m,z} : <u>0.95</u>
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : <u>0.33</u> χ_z : <u>0.33</u>
λ̄_y, λ̄_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : <u>1.45</u> λ̄_z : <u>1.45</u>
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : <u>0.80</u> α_z : <u>1.00</u>

Diagonal N71/N82:

Perfil: L 90 x 90 x 6 Material: Acero (S275)											
Nudos			Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final	Área (cm ²)		I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
N71	N82	9.220	10.50	80.72	80.72	47.56	1.25	20.80	-20.80	-45.0	
<p>Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.</p>											
		Pandeo			Pandeo lateral						
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.						
β	0.00		0.00	0.00	0.00						
L _K	0.000		0.000	0.000	0.000						
C _m	1.000		1.000	1.000	1.000						
C ₁	-			1.000							
<p>Notación: β: Coeficiente de pandeo L_K: Longitud de pandeo (m) C_m: Coeficiente de momentos C₁: Factor de modificación para el momento crítico</p>											

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{10.50} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N_{cr}} : \underline{\infty}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \mathbf{0.115} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \underline{3.210} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{28.033} \text{ t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : 10.50 \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

5.5 Correas

En nuestra estructura tenemos dos tipos de correas: por un lado, correas de cubierta y por otro lado, correas de fachada y laterales. Adaptándose a las necesidades de nuestra nave industrial, los perfiles que primero cumplen las condiciones son los siguientes:

ELEMENTO	SERIE	DIMENSIONES
Correas de cubierta	ZF	180X3.0
Correas laterales y de fachada	IPE	100

Tabla 5.5.1. Tipos de correas. Fuente: creación propia

5.5.1 Correas de cubierta

Las correas de cubierta son elementos pretensados ligeros, que sirven como soporte del material de cubrición en los edificios industriales, así como de elementos rigidizadores de la estructura prefabricada.

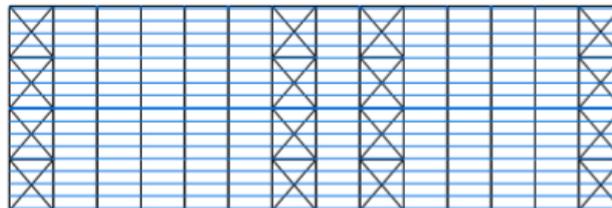


Figura 5.5.1. Correas de cubierta. Fuente: creación propia

Los datos de las correas de cubierta se muestran en la siguiente tabla:

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: ZF-180x3.0	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.71 m	Número de vanos: Tres vanos
Tipo de Acero: S235	Tipo de fijación: Fijación rígida

Tabla 5.5.1. Datos correas de cubierta. Fuente: CYPECAD 2015

Y la comprobación de resistencia se muestra a continuación:

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 83.54 %

Tabla 5.5.2. Comprobación resistencia. Fuente: CYPECAD 2015

Barra pésima en cubierta

Perfil: ZF-180x3.0 Material: S235											
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
	0.851, 6.000, 8.585	0.851, 0.000, 8.585	6.000	9.30	435.88	56.77	-113.98	0.28	1.44	2.69	15.5
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
			Pandeo				Pandeo lateral				
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.				
			β	1.00	0.00		0.00				
			L _k	6.000	0.000		0.000				
			C ₁	-				1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico											

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	M _y M _z	V _y	V _z	N _t M _y M _z	N _c M _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t NM _y M _z V _y V _z		
pésima en cubierta	b / t ≤ (b / t) ^{Máx.} Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	x: 0 m η = 83.5	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0 m η = 13.3	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE η = 83.5	
Notación: b / t: Relación anchura / espesor $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión. Eje Y M _z : Resistencia a flexión. Eje Z M _y M _z : Resistencia a flexión biaxial V _y : Resistencia a corte Y V _z : Resistencia a corte Z N _t M _y M _z : Resistencia a tracción y flexión N _c M _y M _z : Resistencia a compresión y flexión NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a cortante, axil y flexión M _t NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															

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

Se debe satisfacer:

$h/t \leq 250$	$h / t : \underline{56.0}$ ✓
$b_1/t \leq 90$	$b_1 / t : \underline{16.0}$ ✓
$c_1/t \leq 30$	$c_1 / t : \underline{4.7}$ ✓
$b_2/t \leq 60$	$b_2 / t : \underline{13.7}$ ✓
$c_2/t \leq 30$	$c_2 / t : \underline{3.7}$ ✓

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.835} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.851, 6.000, 8.585, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(0^\circ)$ H1.

$$M_{y,Ed} : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{y,Ed}^+ : \underline{8.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

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

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} \quad M_{c,Rd} : \underline{10.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_{el} : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión.	$W_{el} : \underline{47.03} \text{ cm}^3$
f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_{yb} : \underline{235.00} \text{ MPa}$
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.133 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.851, 6.000, 8.585, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 9.00 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{b,Rd}$ viene dado por:

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

$V_{b,Rd}$: 67.90 kN

Donde:

h_w : Altura del alma.

h_w : 174.36 mm

t : Espesor.

t : 3.00 mm

ϕ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

ϕ : 90.0 grados

f_{bv} : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

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

f_{bv} : 136.30 MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

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

$\bar{\lambda}_w$: 0.67

Donde:

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_{yb} : 235.00 MPa

E : Módulo de elasticidad.

E : 210000.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 88.07 %

- Coordenadas del nudo inicial: 27.149, 78.000, 8.585
- Coordenadas del nudo final: 27.149, 84.000, 8.585

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*V(180°) H1 a una distancia 3.000 m del origen en el tercer vano de la correa. (I_y = 436 cm⁴) (I_z = 57 cm⁴)

5.5.2 Correas laterales

Las correas laterales son elementos pretensados ligeros, que sirven como soporte del material de cubrición perimetral en los edificios industriales.

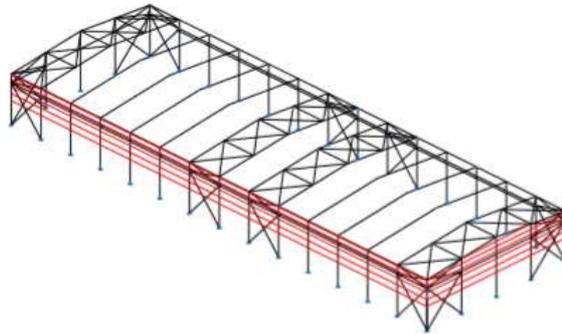


Figura 5.5.2.1. Correas laterales. Fuente: creación propia

Como se puede observar en la figura 5.4.2.1, se han utilizado cinco correas por cada alineación lateral y seis correas para cada pórtico de fachada. En ambos casos, se han utilizado perfiles IPE 100 los cuales se han elegido por dos motivos: funcionalidad y economía.

Los datos de las correas laterales se muestran en la siguiente tabla:

Datos de correas laterales	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: IPE 100	Límite flecha: $L / 300$
Separación: 1.00 m	Número de vanos: Dos vanos
Tipo de Acero: S275	Tipo de fijación: Fijación rígida

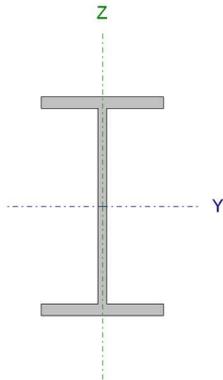
Tabla 5.5.2.1. Datos correas laterales. Fuente: CYPECAD 2015

Y la comprobación de resistencia se muestra a continuación:

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 45.96 %

Tabla 5.5.2.2. Comprobación resistencia. Fuente: CYPECAD 2015

Barra pésima en lateral

Perfil: IPE 100 Material: S275							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	0.000, 12.000, 0.500	0.000, 6.000, 0.500	6.000	10.30	171.00	15.90	1.20
	Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.00	1.00	0.00	0.00			
L _k	0.000	6.000	0.000	0.000			
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

	Barra													COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)			Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y	M _t	M _t V _z	M _t V _y		
pésima en lateral	N.P. ⁽¹⁾	x: 1 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, \text{máx}}$ Cumpl e	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 6 m η = 46.0	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 6 m η = 5.6	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	x: 1 m η < 0.1	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPL E η = 46.0	
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y : 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 η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽¹⁰⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																	

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.460} \quad \checkmark$$

El esfuerzo para la combinación: 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*V(270°) H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{10.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{39.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.056} \quad \checkmark$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.49} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{62.00} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{4.10} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento:
- Flecha: 94.48 %

- Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 6.000, 0.500
- Coordenadas del nudo final: 0.000, 0.000, 0.500

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(270^\circ)$ H1 a una distancia 3.000 m del origen en el segundo vano de la correa.
($I_y = 171 \text{ cm}^4$) ($I_z = 16 \text{ cm}^4$)

5.6 Placas de anclaje

Como hemos comentado en el documento 1, las placas de anclaje son el nexo de unión de la estructura superficial (pilares) con los elementos de cimentación a través de los cuales los soportes transmiten los esfuerzos al cimiento de manera que éste pueda resistirlos y transmitirlos al terreno. Al tratarse como una unión, su cálculo queda recogido en el punto 8.8.1 del CTE DB-SE-A, que las nombra como bases de soportes.

En nuestra nave industrial tenemos dos tipos distintos de placas de anclaje, la disposición de ambas se pueden ver en la siguiente imagen:

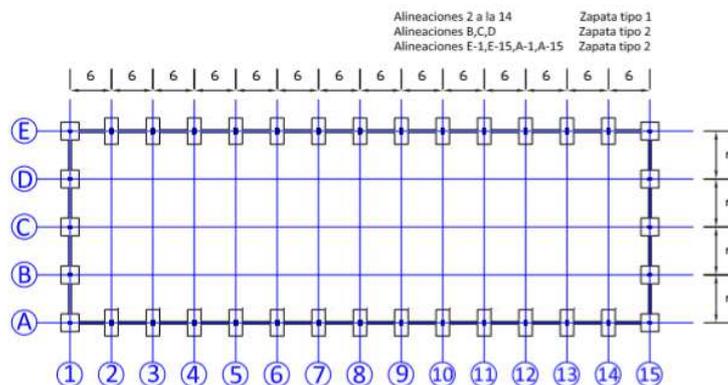


Figura 5.6.1. Cimentación. Fuente: CYPECAD 2015

Las placas de anclaje cumplen las siguientes funciones: mecánicas (transmiten un esfuerzo entre dos materiales con características y comportamientos diferentes) y constructivas (garantiza la posición exacta del pilar, consigue la misma cota para las bases de los pilares y asegura la verticalidad del pilar).

A continuación se muestra una tabla resumen de las características y la descripción de las dos tipos de placa de anclaje:

TIPO	DISPOSICIÓN	PLACA BASE	RIGIDIZADORES	PERNOS
Tipo 1: Pilares de fachada	centrada	Ancho X: 350 mm Ancho Y: 500 mm Espesor:	Alto: 150 mm Lado mayor: 500 mm Lado menor: 270 mm Espesor: 7 mm	6 \varnothing 20 mm Longitud: 300 mm Patilla 90°
Tipo 2: Pilares pórtico tipo	centrada	Ancho X: 450 mm Ancho Y: 750 mm Espesor:	Alto: 150 mm Lado mayor: 750 mm Lado menor: 500 mm Espesor: 7 mm	4 \varnothing 32 mm Longitud: 500 mm Patilla 90°

Tabla 6.5.1. Tipos placas de anclaje. Fuente: creación propia

6 Cimentaciones

Los elementos principales de la cimentación son dos: las zapatas y las vigas de atado.

6.1 Zapatas

Las zapatas son un prisma ancho (las dimensiones varían para cada edificio) de hormigón situado debajo de los pilares de la estructura. Su función es transmitir al terreno las tensiones a que está sometida el resto de la estructura y anclarla.

Como se ha comentado en el documento I, en el presente proyecto se disponen de dos tipos de zapatas, unas cuadradas situadas en los pórticos de fachada y otras rectangulares utilizadas para todos los pilares de los pórticos tipo.

A continuación se muestra una tabla resumen de ambos tipos:

TIPO	GEOMETRÍA	ARMADO
TIPO 1: Pórtico fachada	Zapata cuadrada	Superior X: 13 \varnothing 12c/20
	Ancho zapata X: 260 cm	Inferior X: 13 \varnothing 12c/20
	Ancho zapata Y: 260 cm	Superior Y: 13 \varnothing 12c/20
	Espesor: 60 cm	Inferior Y: 13 \varnothing 12c/20
TIPO 2: Fachada lateral	Zapata rectangular centrada	Superior X: 11 \varnothing 16c/27
	Ancho zapata X: 195 cm	Inferior X: 11 \varnothing 16c/27
	Ancho zapata Y: 385 cm	Superior Y: 7 \varnothing 16c/27
	Espesor: 80 cm	Inferior Y: 7 \varnothing 16c/27

Tabla 6.1.1. Tipos de zapatas. Fuente: creación propia

6.2 Vigas de atado

Las zapatas aisladas se pueden unir entre sí mediante vigas de atado, que tendrán como objeto principal evitar desplazamientos laterales.

En nuestro caso podemos distinguir dos tipos de vigas de atado: por un lado, las que unen los pilares del pórtico de fachada y por otro, las vigas de atado que unen los pilares de los pórticos tipo. Vease imagen 5.2.1.

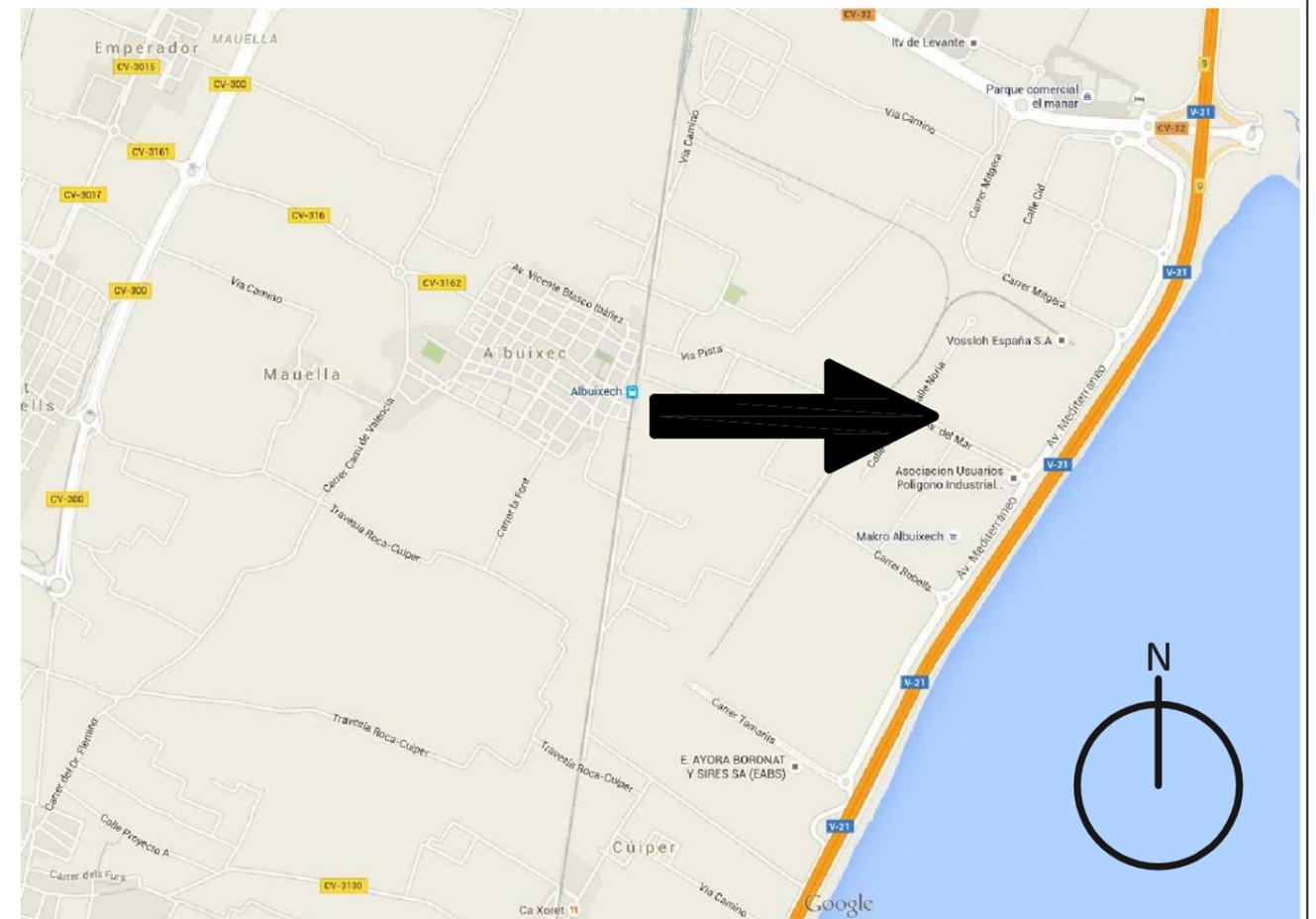
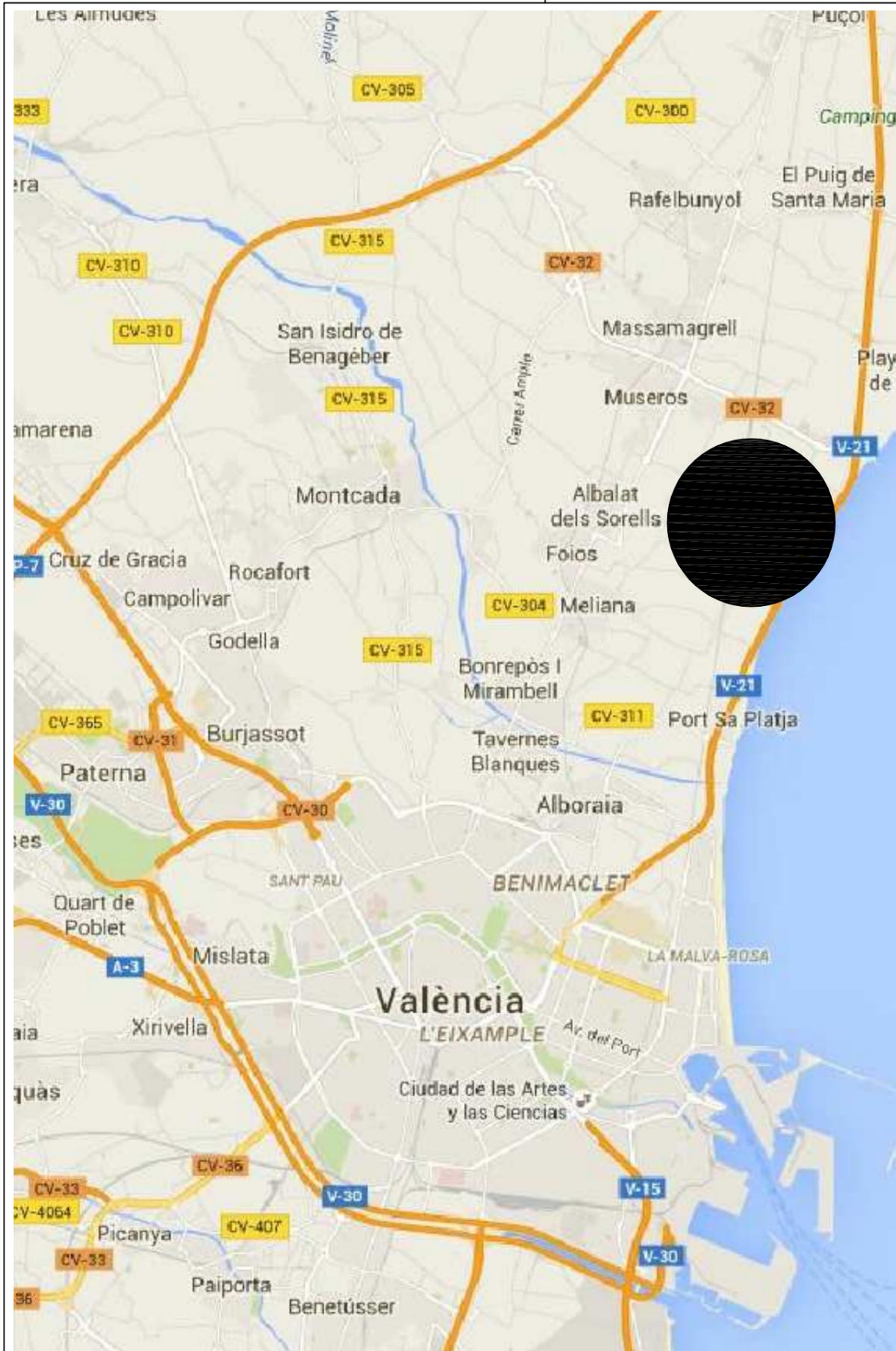
TIPO	GEOMETRÍA	ARMADO
TIPO 1: Pórtico fachada	Ancho: 40 cm	Superior: 2 \varnothing 20
	Largo: 40 cm	Inferior: 2 \varnothing 20
	Canto: 60 cm	Estribos: 16 \varnothing 8c/30
TIPO 2: Fachada lateral	Ancho: 40 cm	Superior: 2 \varnothing 20
	Largo: 40 cm	Inferior: 2 \varnothing 20
	Canto: 80 cm	Estribos: 14 \varnothing 8c/30

Tabla 6.2.1. Tipos de vigas de atado. Fuente: CYPECAD 2015

DOCUMENTO IV: PLANOS

ÍNDICE PLANOS

1. PLANO Nº1. LOCALIZACIÓN
 - 1.1. LOCALIZACIÓN. TÉRMINO MUNICIPAL ALBUIXECH
 - 1.2. LOCALIZACIÓN. VISTA AÉREA
 - 1.3. LOCALIZACIÓN. UBICACIÓN PARCELA
2. PLANO Nº2. EMPLAZAMIENTO Y LINDES
3. PLANO Nº3. DISTRIBUCIÓN PARCELA
4. PLANO Nº4. VISTA 3D
5. PLANO Nº5. CIMENTACIÓN
 - 5.1. CIMENTACIÓN. PLANTA
 - 5.2. CIMENTACIÓN. DETALLES
6. PLANO Nº6. DETALLES PLACAS DE ANCLAJE
7. PLANO Nº7. PÓRTICO FACHADA
 - 7.1. PÓRTICO FACHADA
 - 7.2. PÓRTICO FACHADA. DETALLES
8. PLANO Nº8. PÓRTICO TIPO
9. PLANO Nº9. CUBIERTA
 - 9.1. CUBIERTA
 - 9.2. CUBIERTA. VIGA CONTRAVIENTO
10. PLANO Nº10. VIGA CARRILERA
11. PLANO Nº11. FACHADAS LATERALES
 - 11.1. FACHADAS LATERALES. ALINEACIONES
 - 11.2. FACHADAS LATERALES. ALINEACIONES. DETALLES
12. PLANO Nº12. CERRAMIENTO
 - 12.1. CERRAMIENTO. FACHADAS FRONTALES
 - 12.2. CERRAMIENTO. FACHADAS LATERALES
 - 12.3. CERRAMIENTO. CUBIERTA
13. PLANO Nº13. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto:
PROYECTO DE EDIFICIO INDUSTRIAL CON PUENTE GRÚA PARA LA FABRICACIÓN DE EMBARCACIONES DE HASTA 10m DE ESLORA. POLIGONO DEL MEDITERRANEO, ALBUIXECH (VALENCIA).

Plano:
Localización. Término Municipal Albuixech

Autor:
Rafael Garcia Marqués

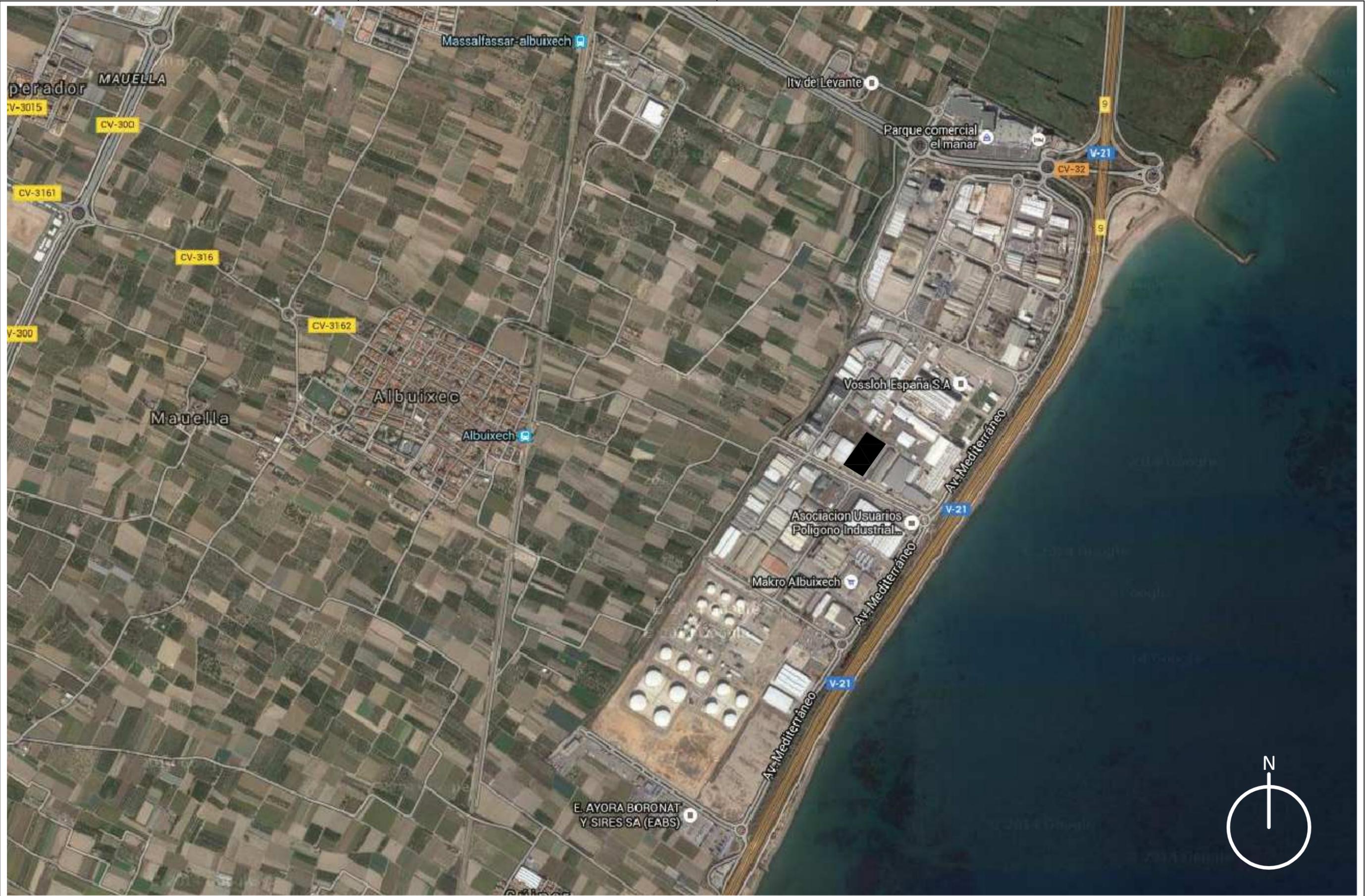
Fecha:
Julio 2015

Escala:

S/E

Nº Plano:

1.1



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto:
PROYECTO DE EDIFICIO INDUSTRIAL CON PUENTE GRÚA PARA LA FABRICACIÓN DE EMBARCACIONES DE HASTA 10m DE ESLORA. POLIGONO DEL MEDITERRANEO, ALBUIXECH (VALENCIA).

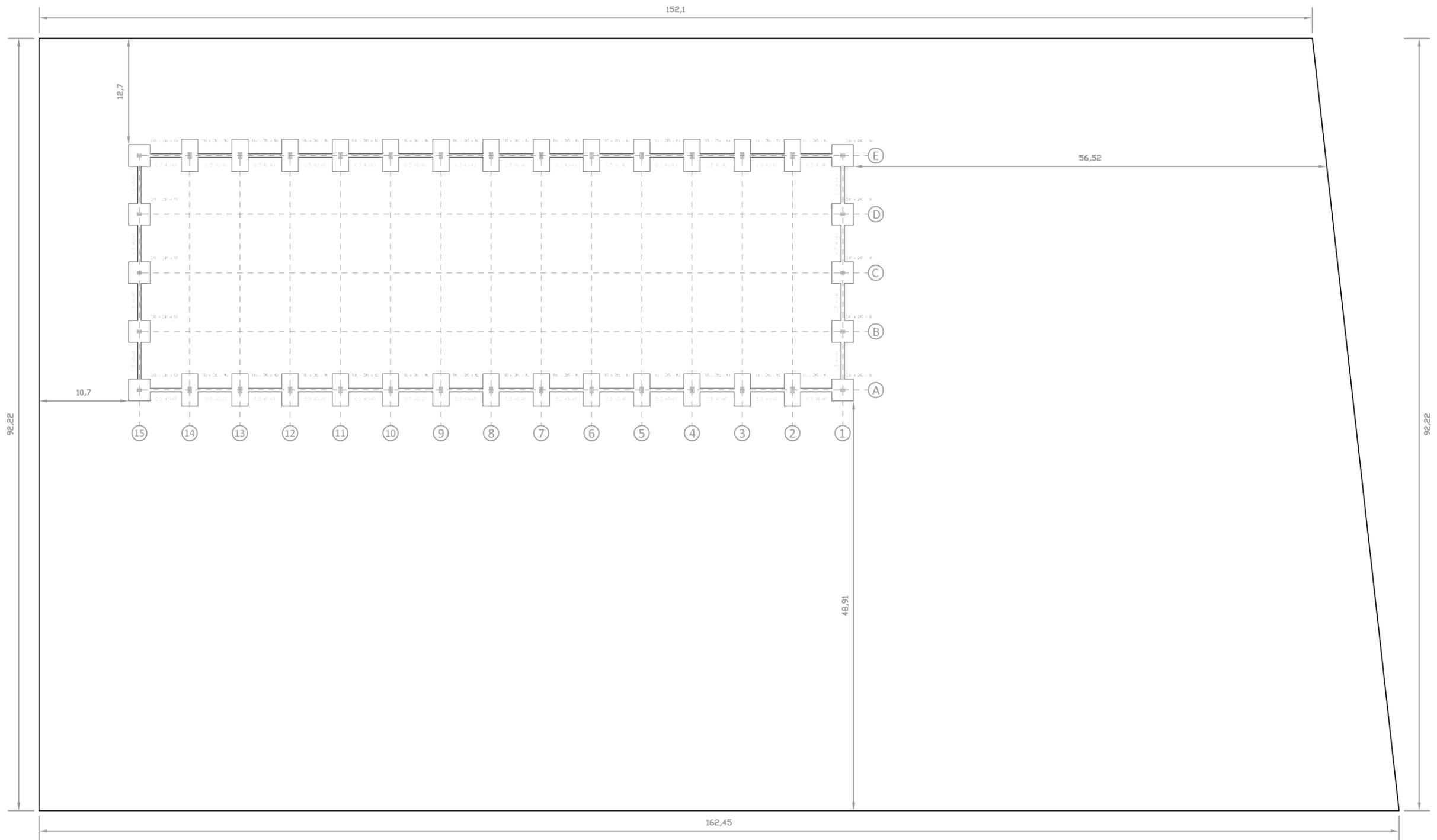
Plano:
Localización. Vista Aérea
 Autor:
Rafael Garcia Marqués

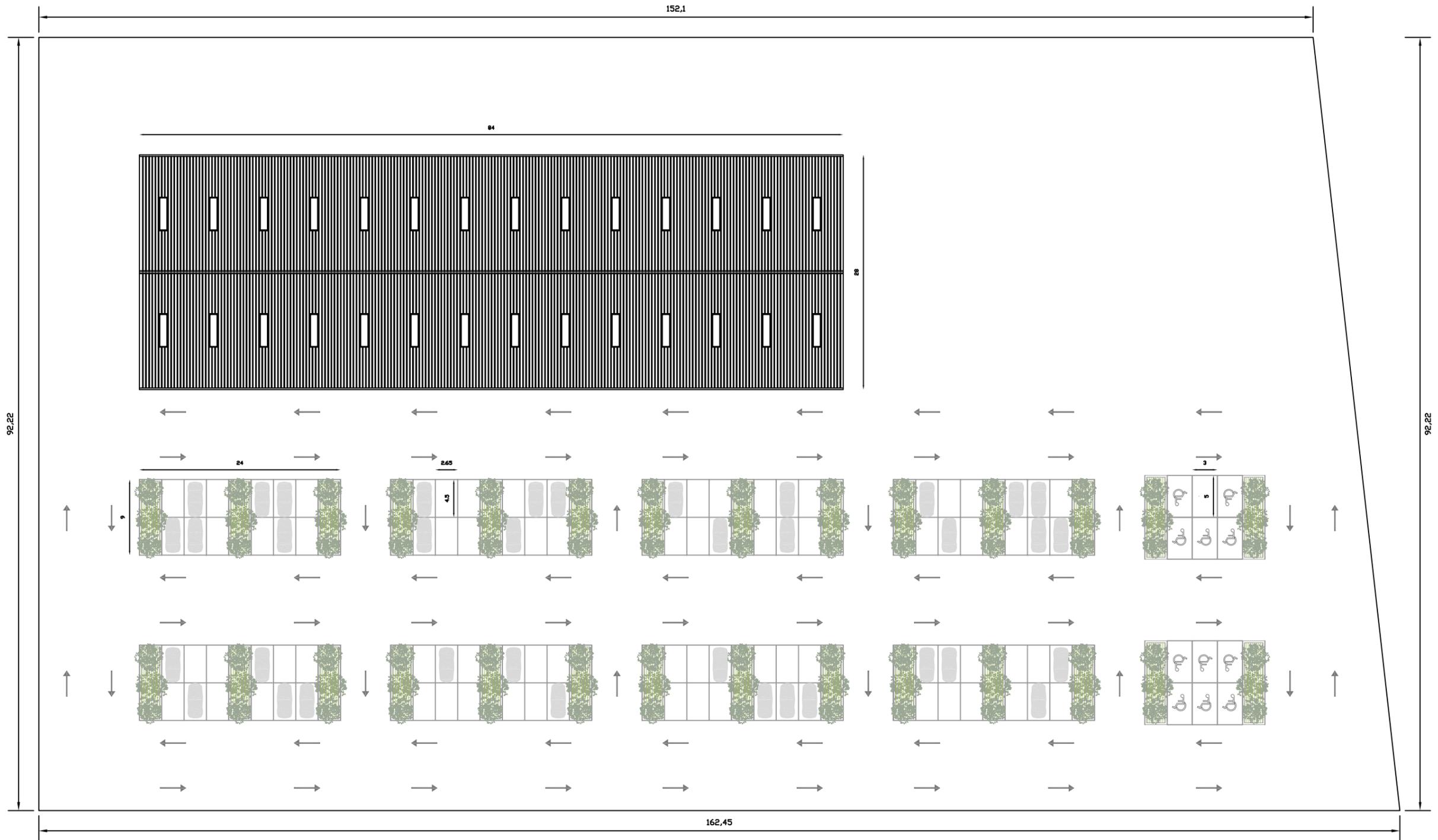
Fecha:
Julio 2015

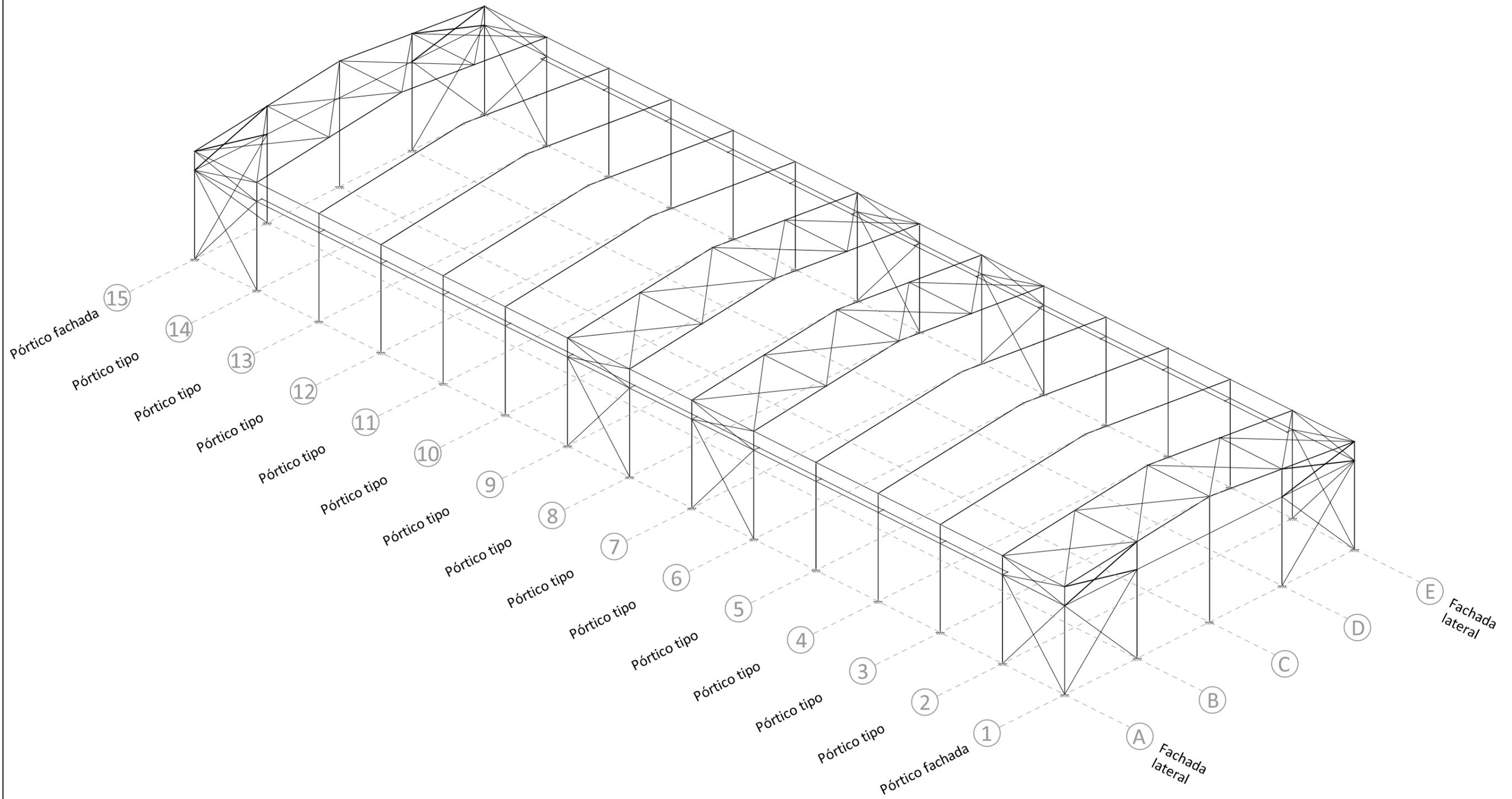
Escala:
S/E

Nº Plano:

1.2







TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto:
 PROYECTO DE EDIFICIO INDUSTRIAL CON PUENTE GRÚA PARA LA FABRICACIÓN DE EMBARCACIONES DE HASTA 10m DE ESLORA. POLIGONO DEL MEDITERRANEO, ALBUIXECH (VALENCIA).

Plano:
 Vista 3D

Autor:
 Rafael Garcia Marqués

Fecha:
 Julio 2015

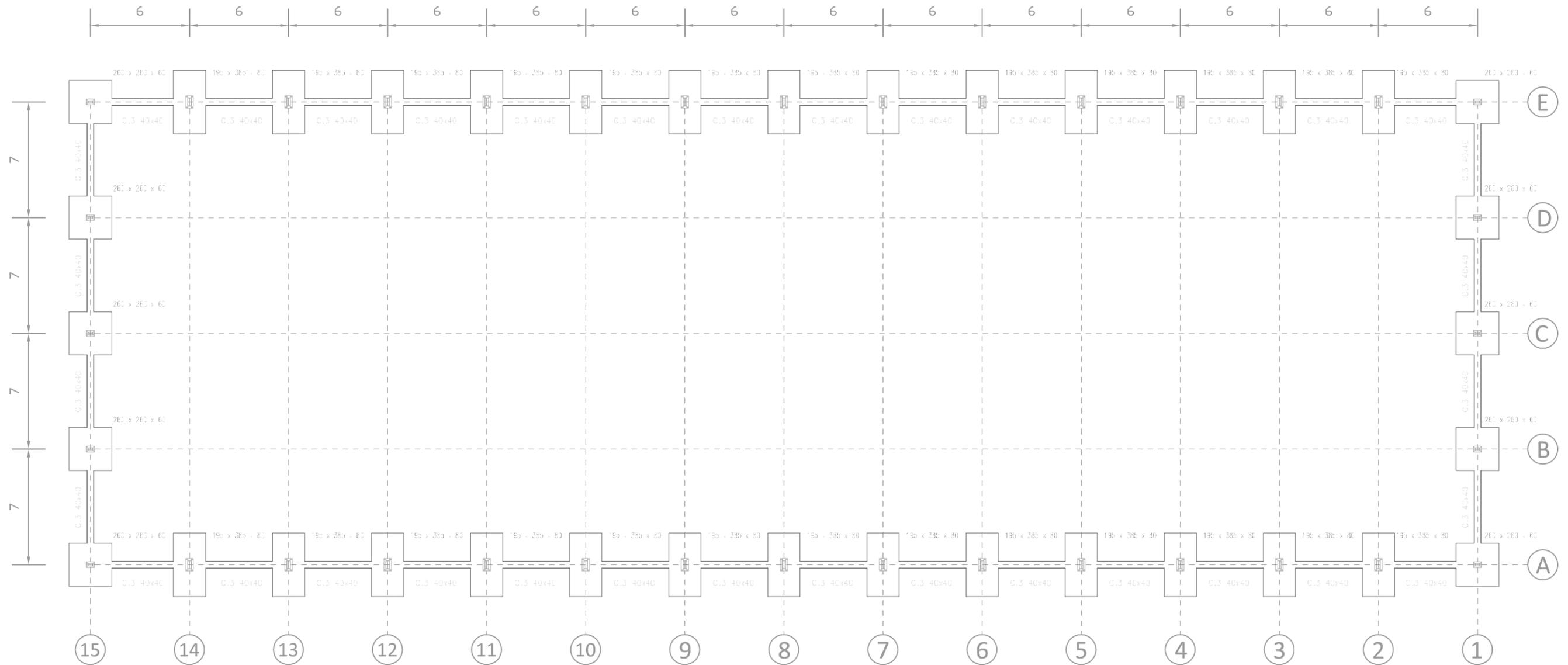
Escala:
 S/E

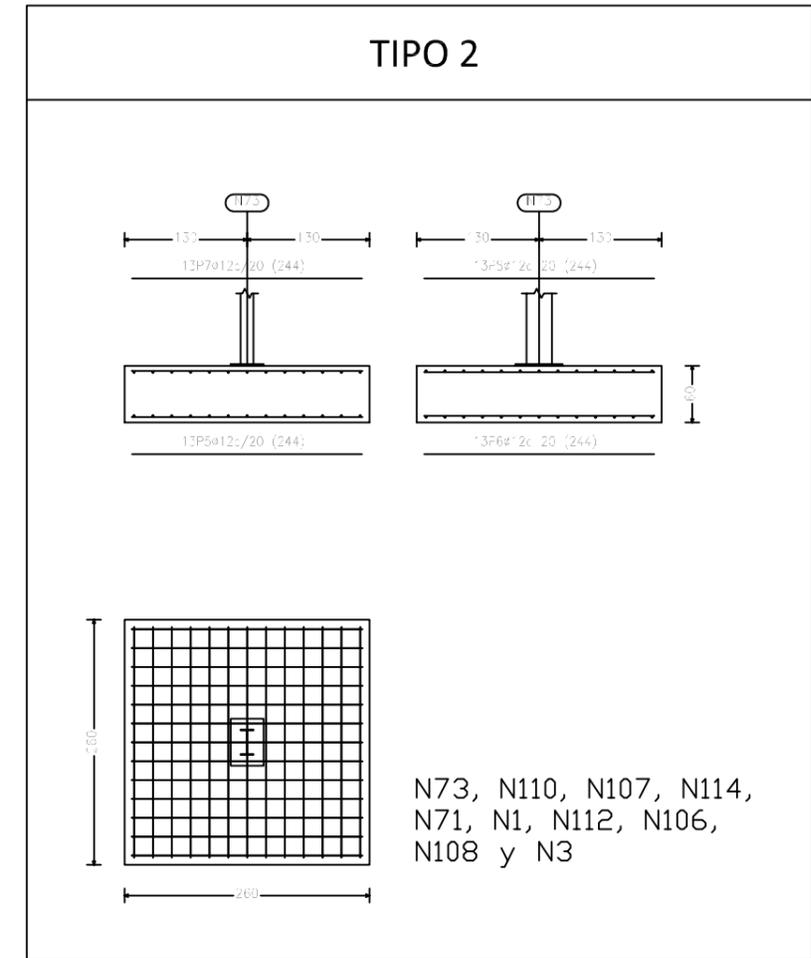
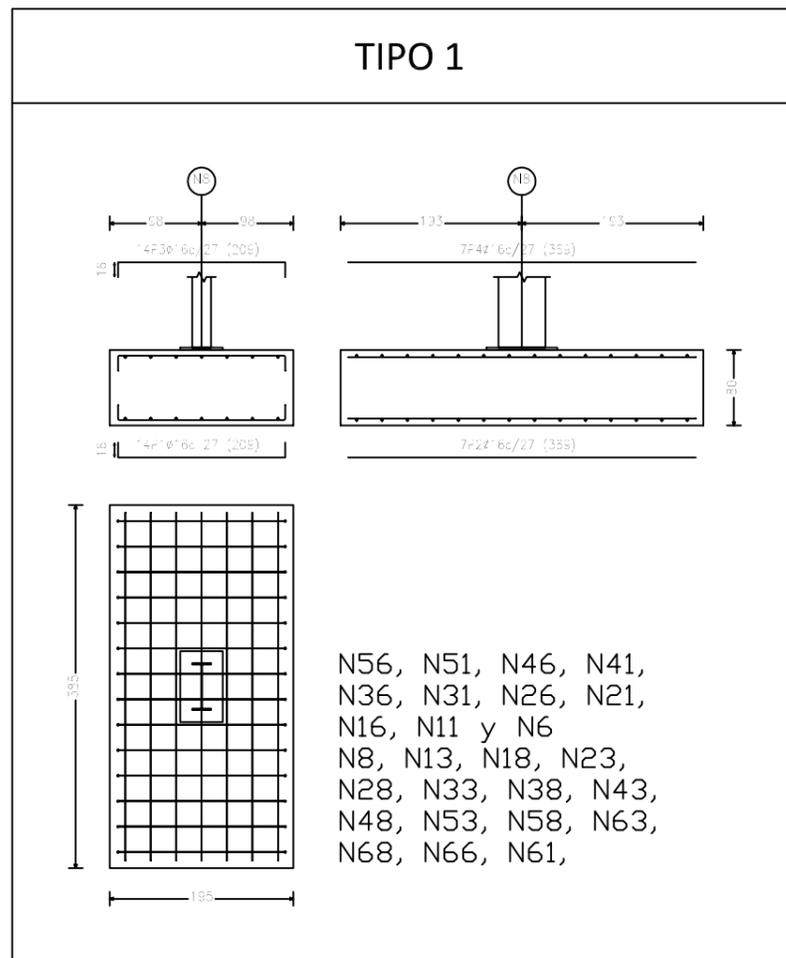
Nº Plano:

4

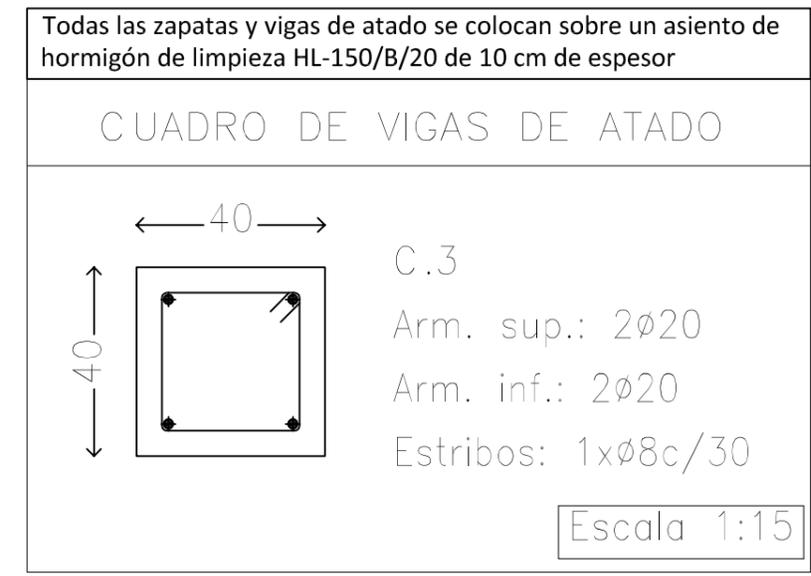
Alineaciones 2 a la 14
 Alineaciones B,C,D
 Alineaciones A-1,A-15,E-1,E-15

Zapata tipo 1
 Zapata tipo 2
 Zapata tipo 2

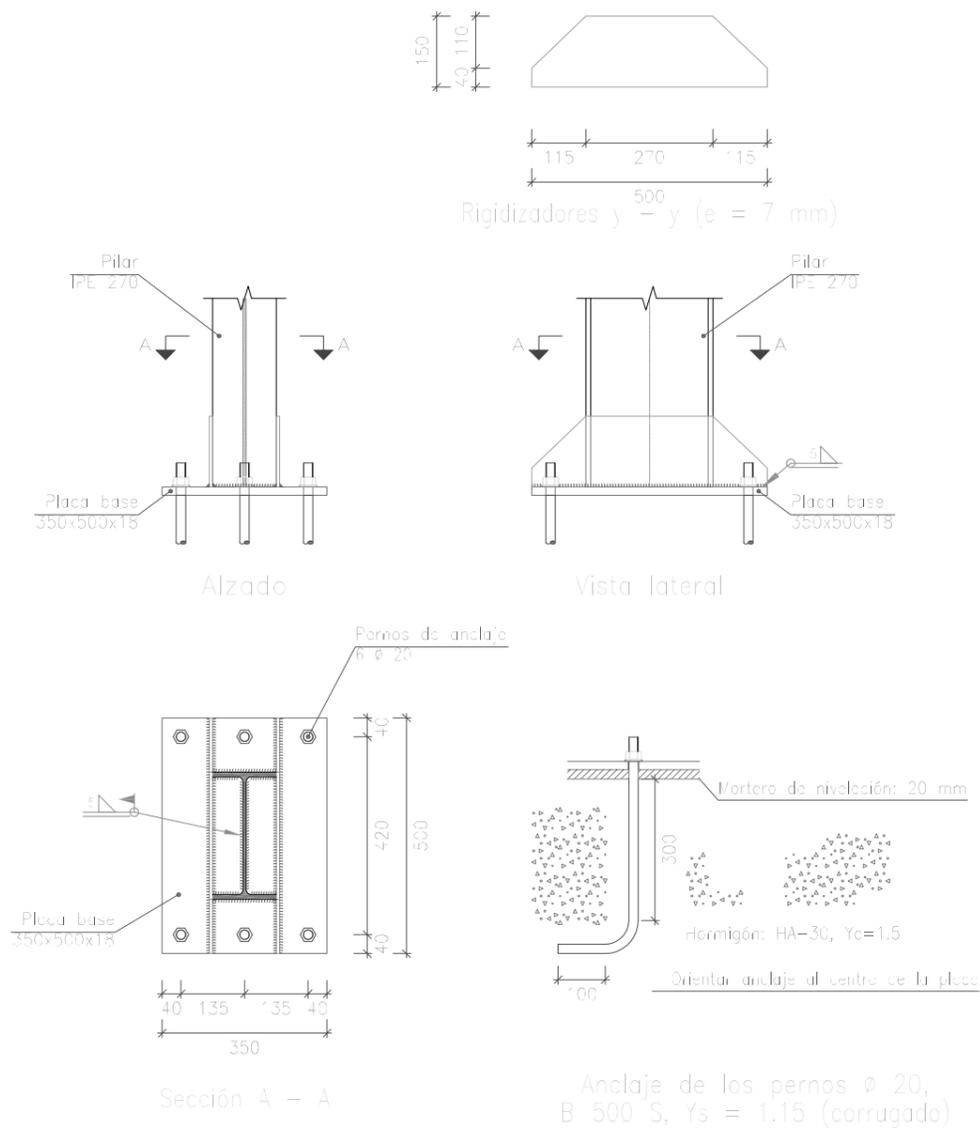




Características de los materiales - Zapatas de cimentación										
Descripción	Hormigón								Acero	
	Nivel Control	Cost. Ponder.	Tipo	Consistencia	Temper. mixt. caso	Exposición Ambiente	Recubrimiento nominal	Recubrimiento nominal sobre el acero	Nivel Control	Cost. Ponder.
Características	Estático	7	C30	B14000 (18 cm)	20 min	Medio	20 mm	30 mm	Normal	7
Especificaciones (Referencias)	Norma	EN 12511								
Notas										
<ul style="list-style-type: none"> - Control Estadístico en E-E, especial o control normal - Solapes según EHE - El acero utilizado deberá estar garantizado con un sistema reconocido SURE, CEMEX, CC-EHE, ... 										
Requisitos nominales										
<p>1.- Recubrimiento inicial concreto inferior ≥ 8 cm. 2.- Recubrimiento superior línea 4/5 cm. 3.- Recubrimiento lateral concreto inferior ≥ 8 cm. 4.- Recubrimiento lateral línea 4/5 cm.</p>										
Datos geotécnicos										
- Tensión admisible del terreno consolidado = MPa (..... kg/cm ²)										



Tipo 1

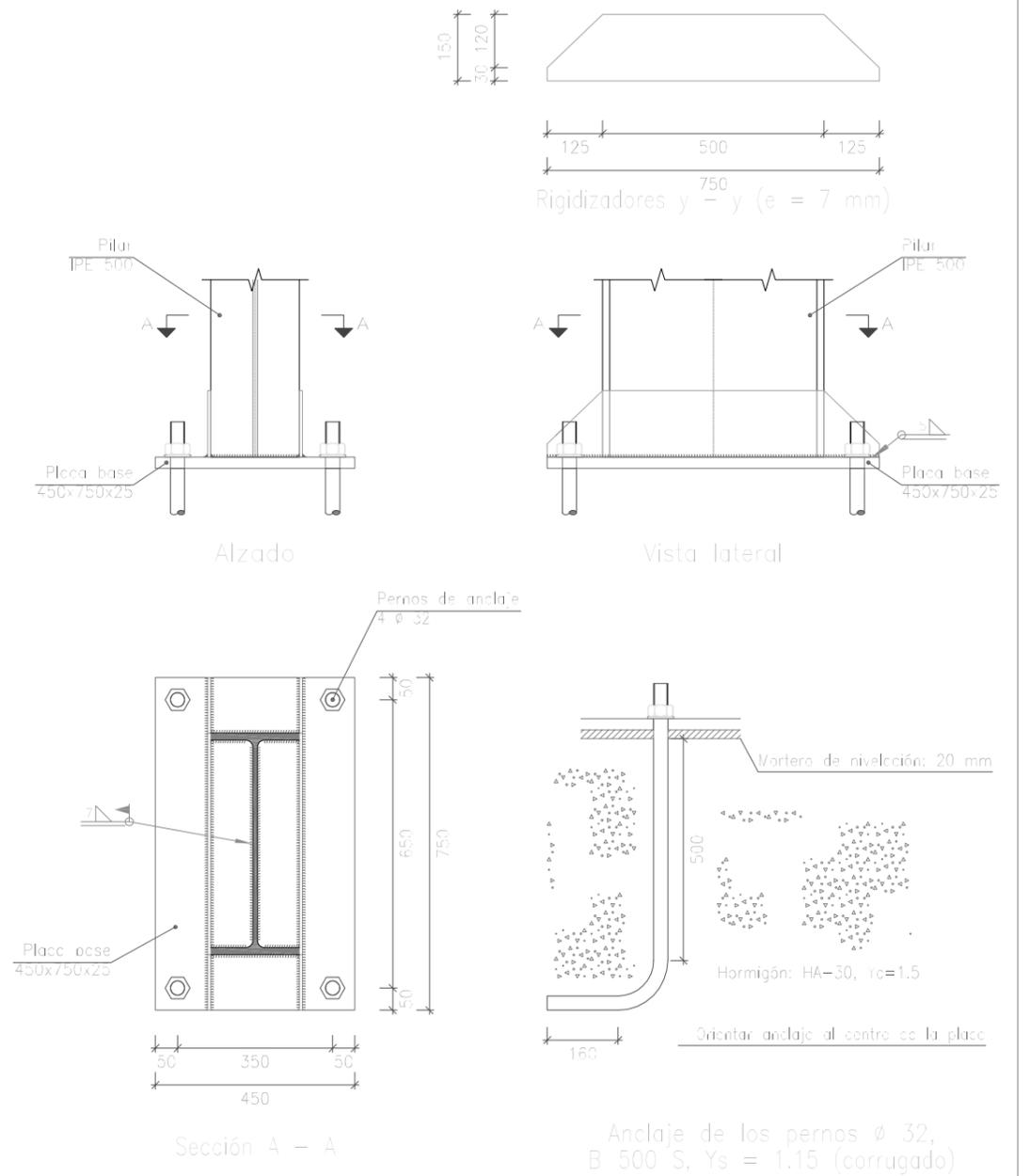


Escala 1:15

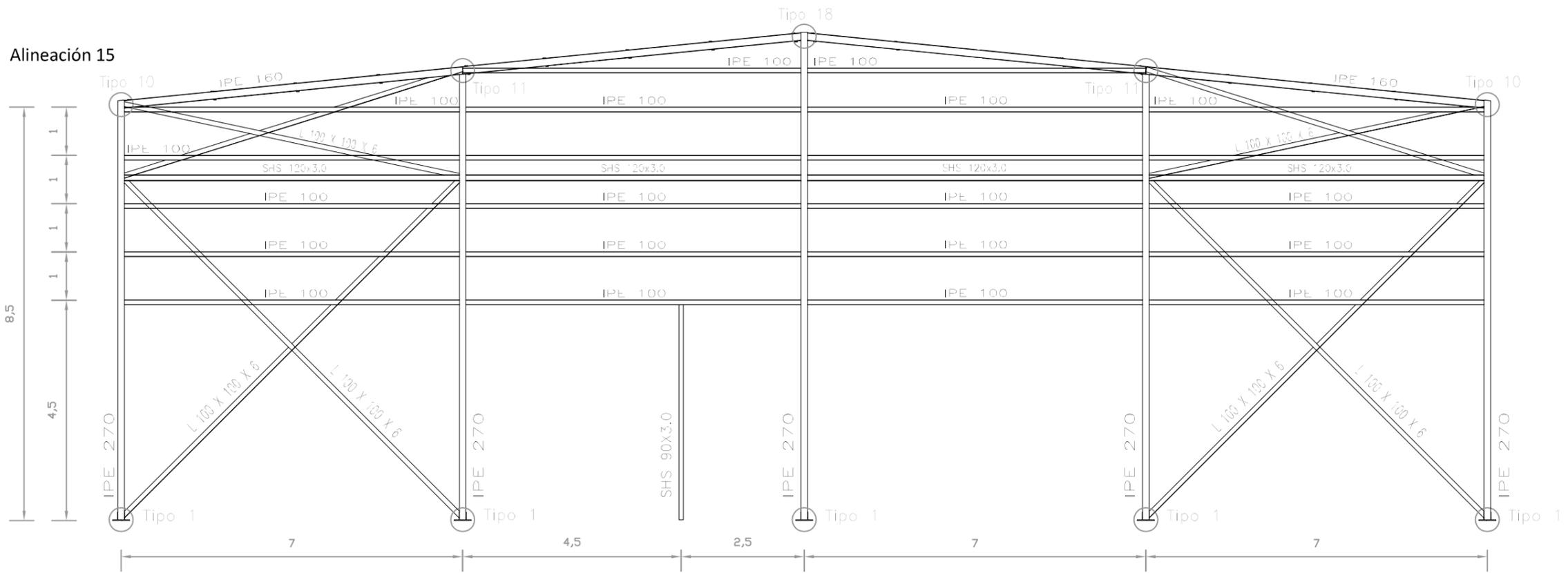
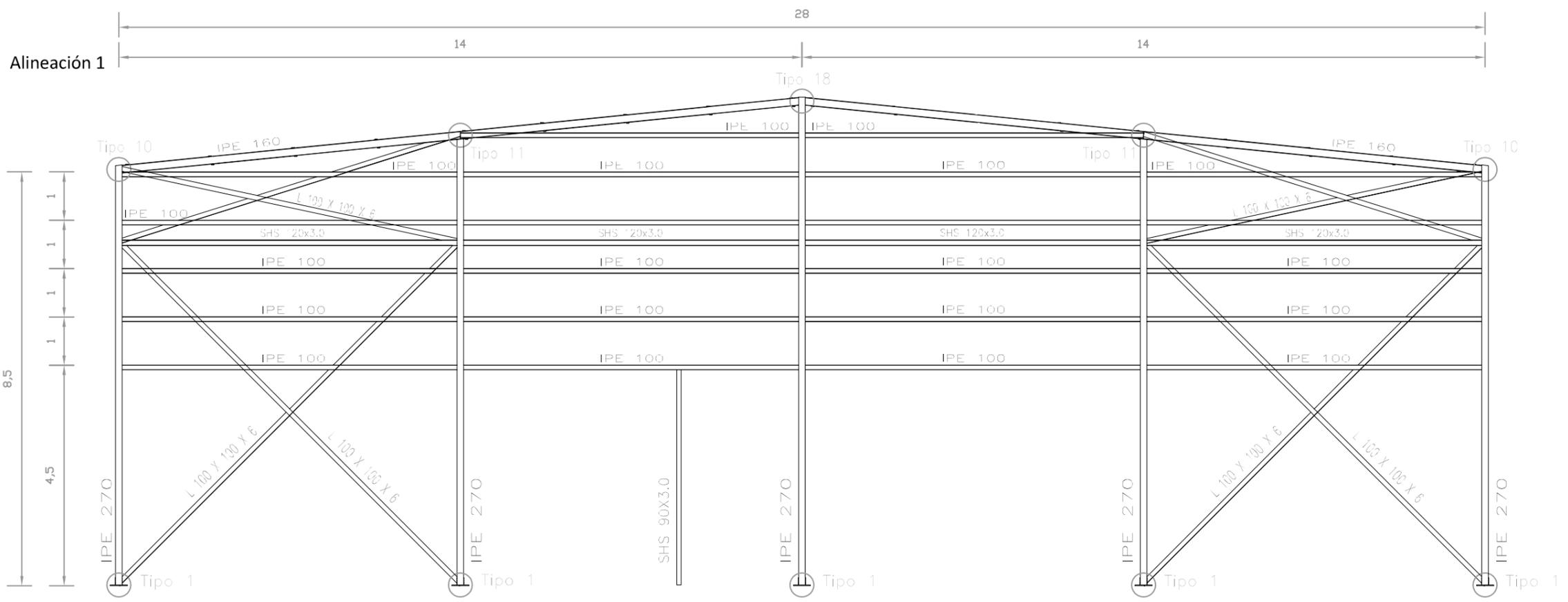
Cuadro de arranques

Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38, N43, N48, N53, N58, N63, N68, N66, N61, N56, N51, N46, N41, N36, N31, N26, N21, N16, N11 y N6	4 Pernos Ø 32	Placa base (450x750x25)
N73, N110, N107, N114, N71, N1, N112, N106, N108 y N3	6 Pernos Ø 20	Placa base (350x500x18)

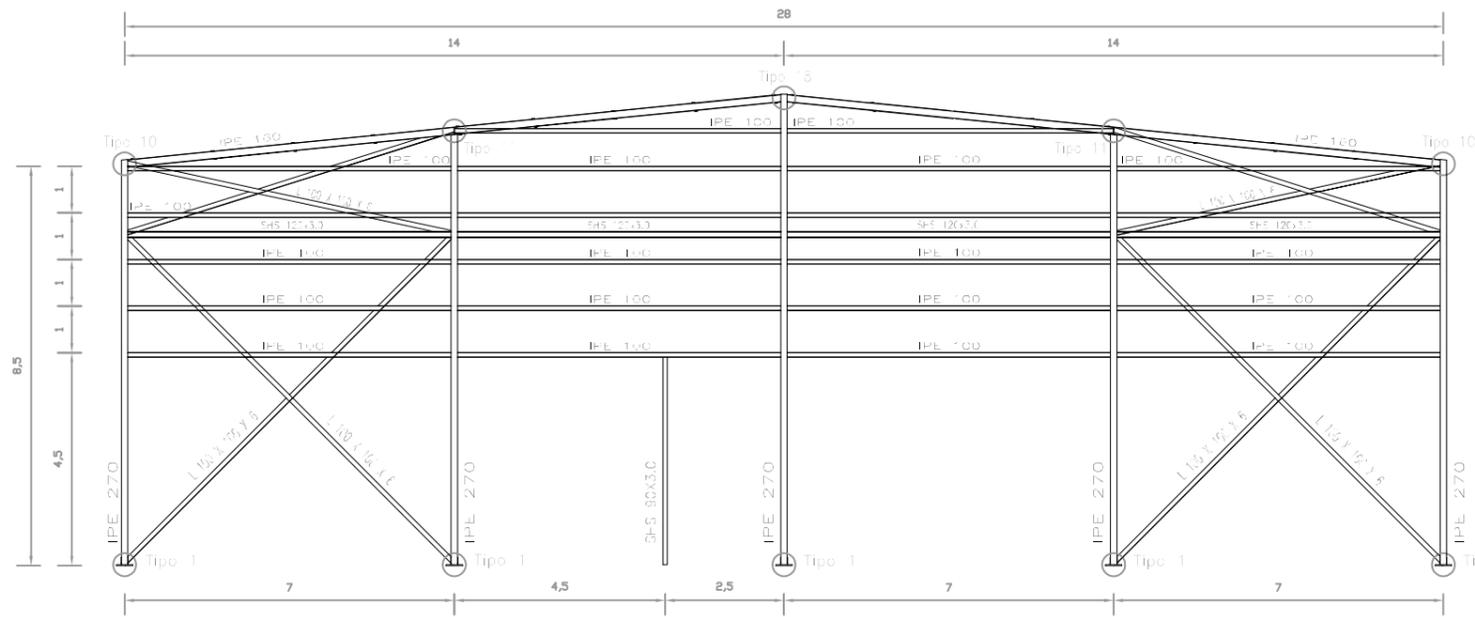
Tipo 2



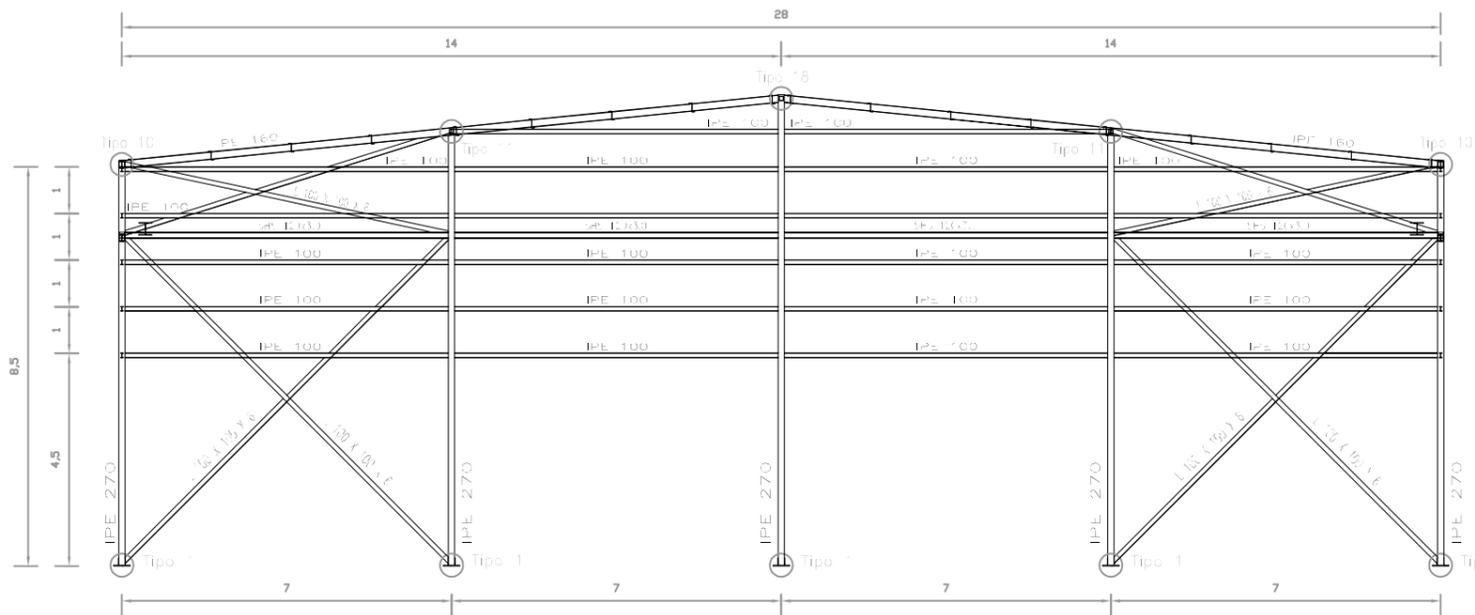
Escala 1:15



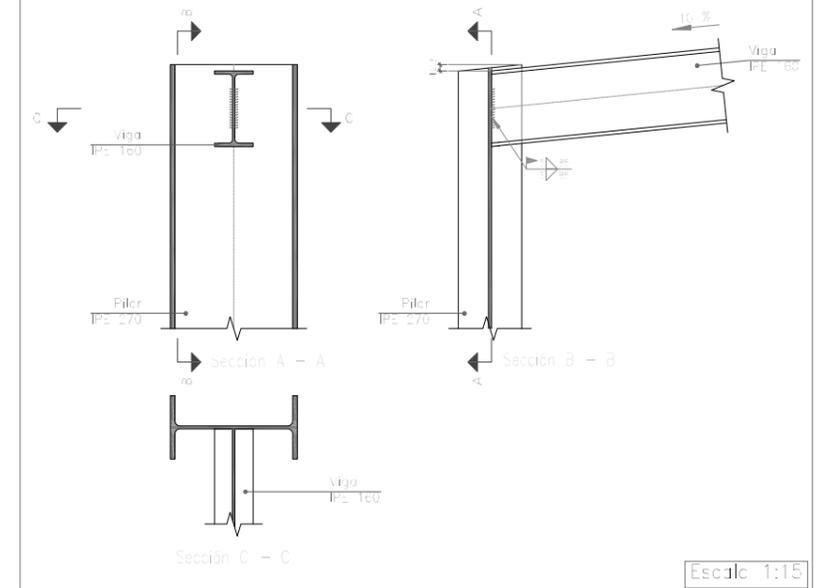
Alineación 1



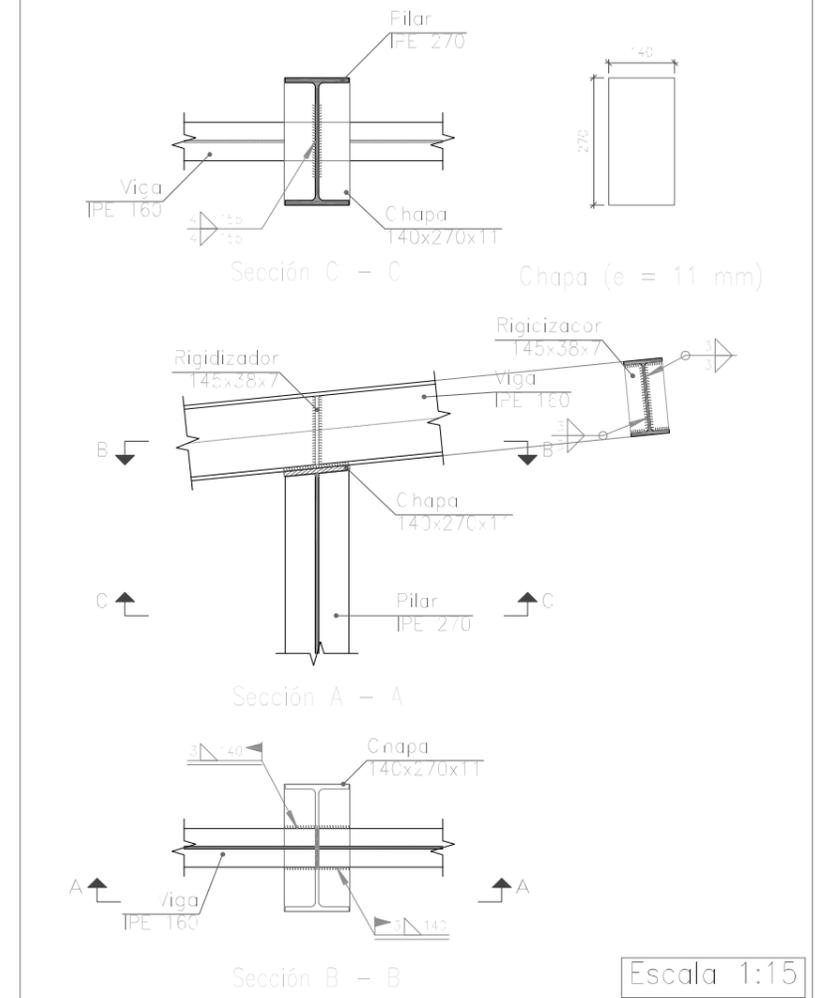
Alineación 15

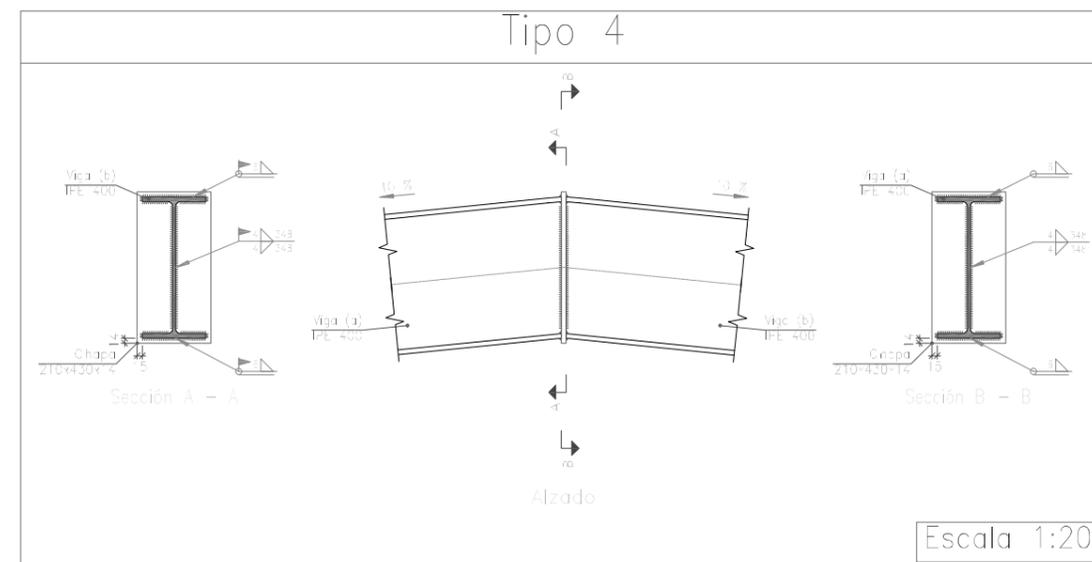
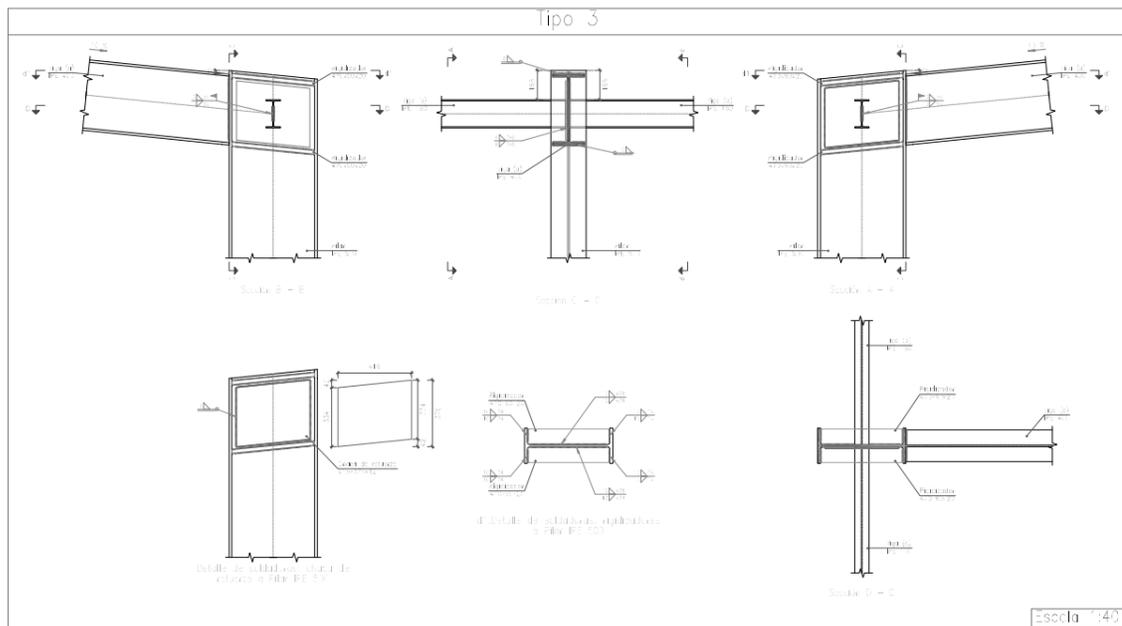
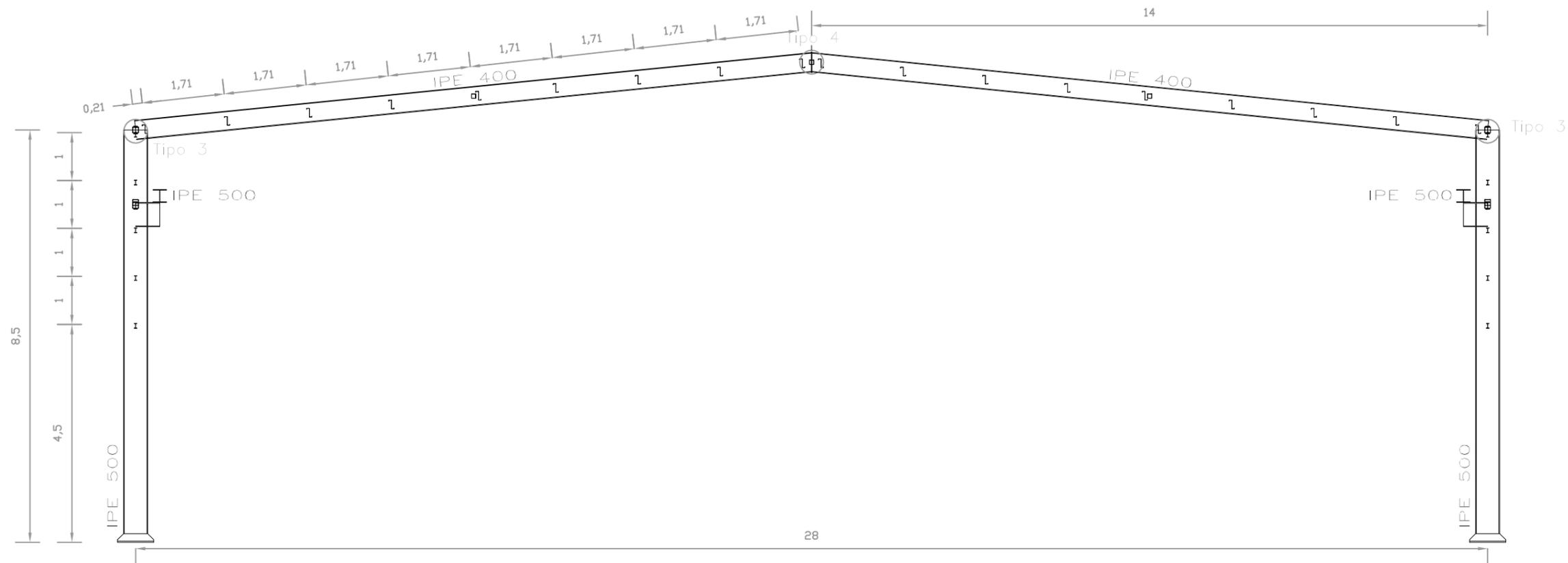


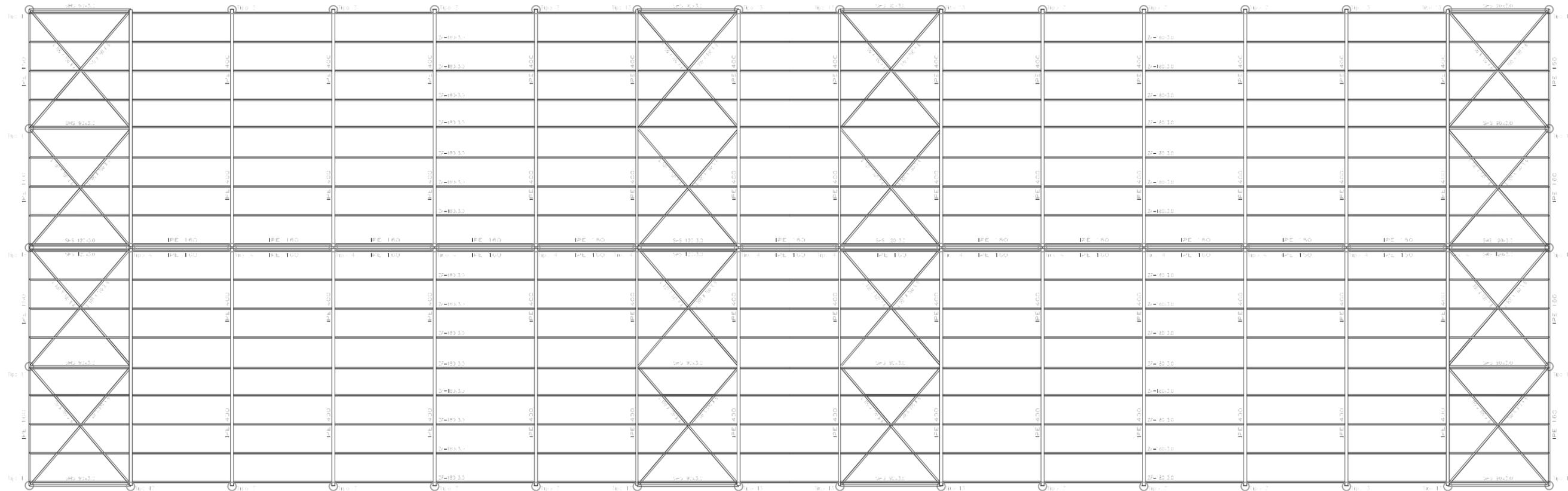
Tipo 10

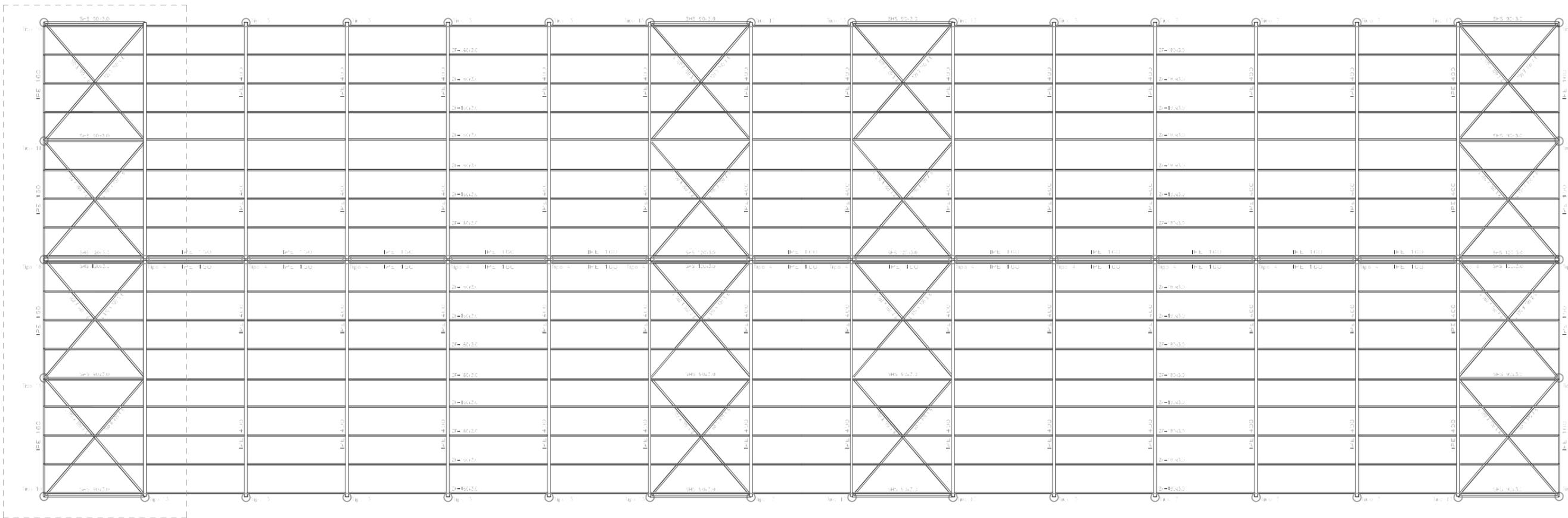


Tipo 11

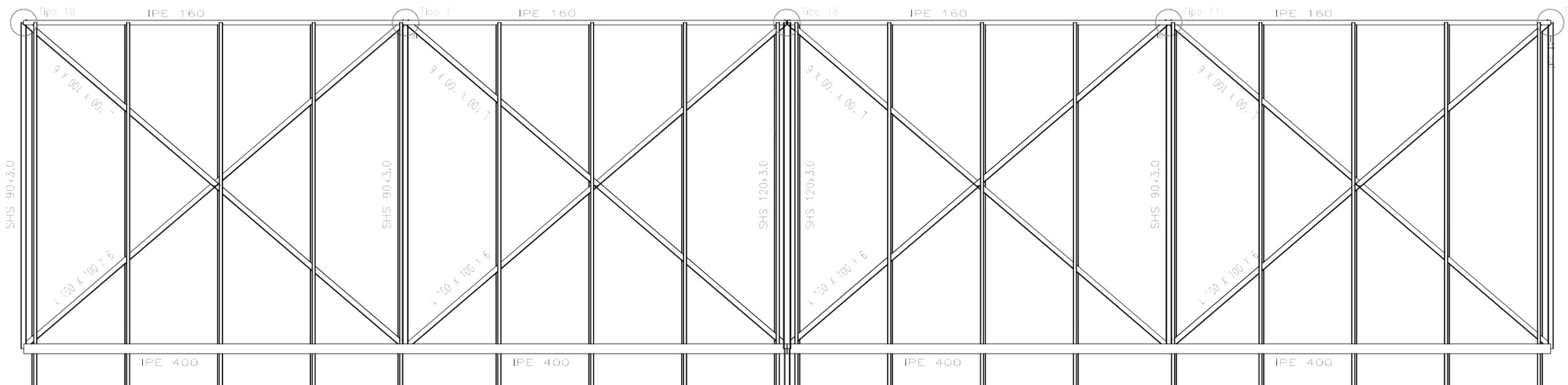


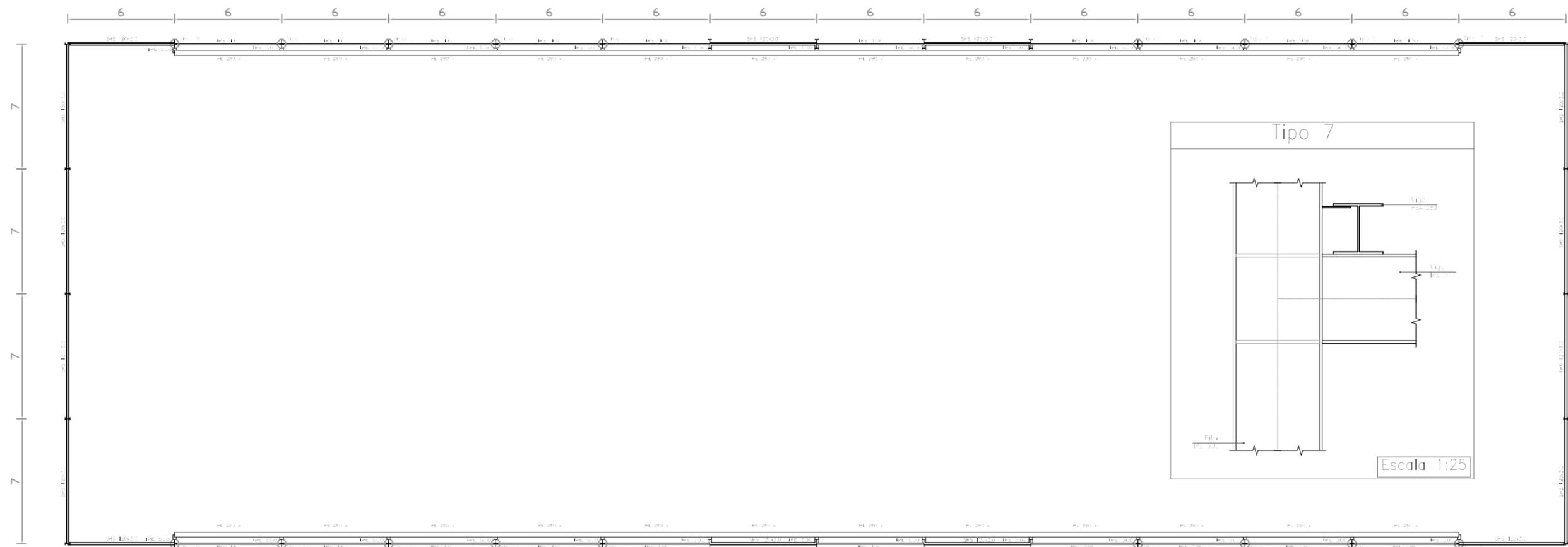






Detalle Viga Contraviento





TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

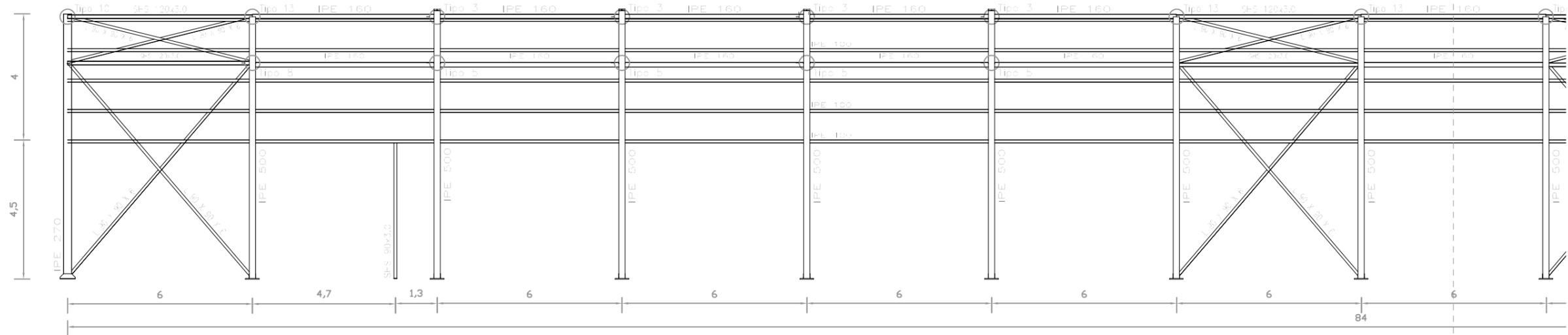
Proyecto: PROYECTO DE EDIFICIO INDUSTRIAL CON PUENTE GRÚA PARA LA FABRICACIÓN DE EMBARCACIONES DE HASTA 10m DE ESLORA. POLIGONO DEL MEDITERRANEO, ALBUIXECH (VALENCIA).

Plano: Viga Carrilera
 Autor: Rafael Garcia Marqués

Fecha: Julio 2015
 Escala: 1:250

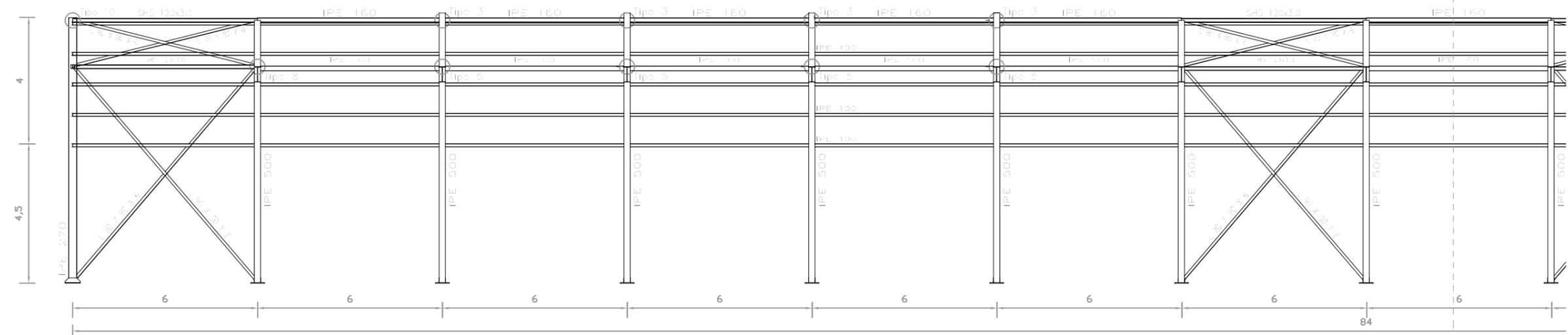
Nº Plano: 10

Alineación A



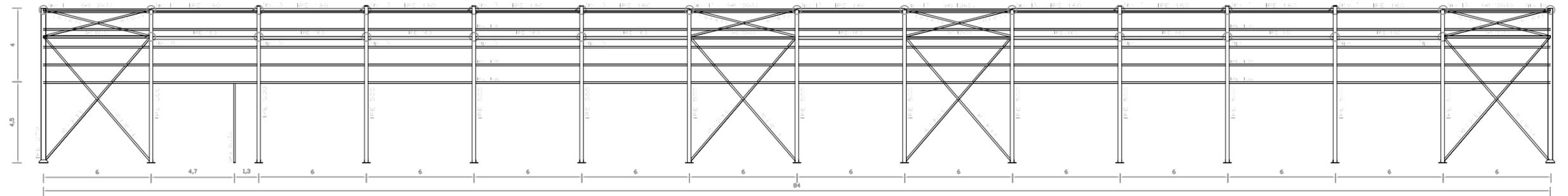
Simetria

Alineación B

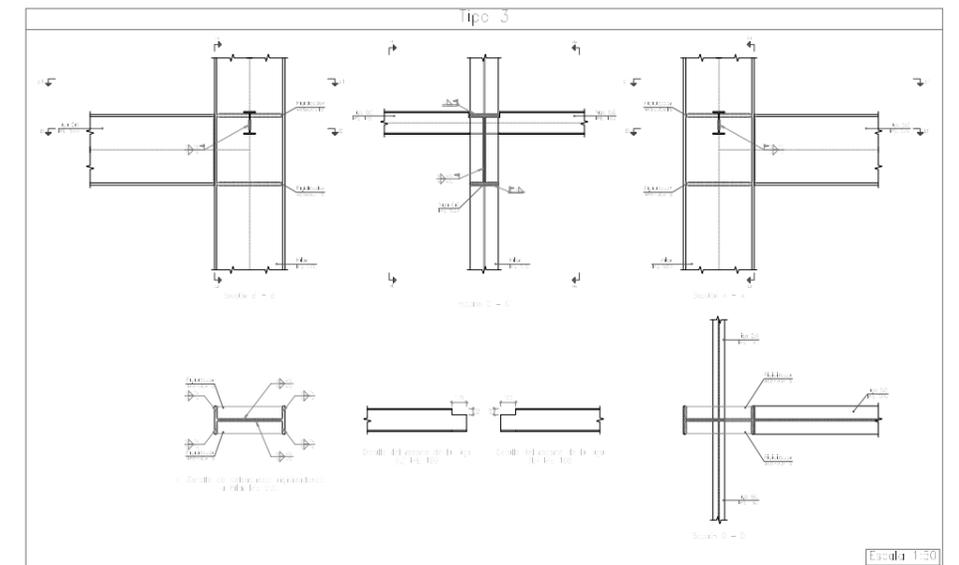
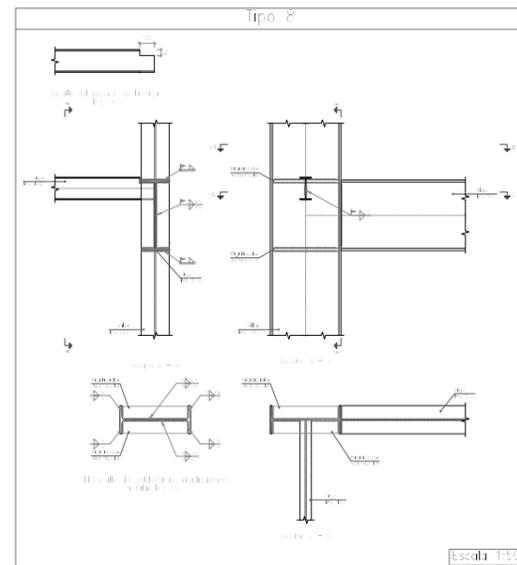
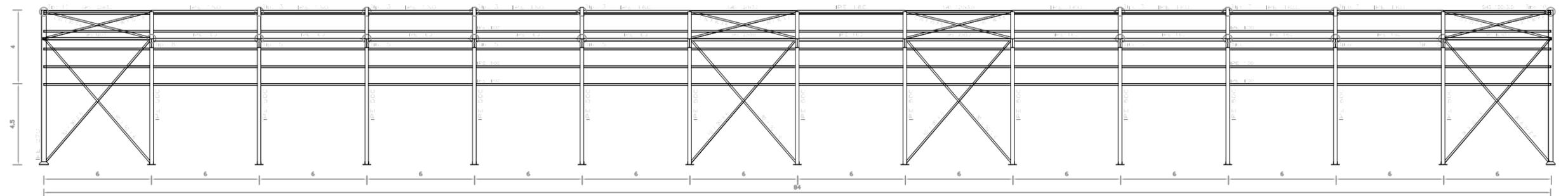


Simetria

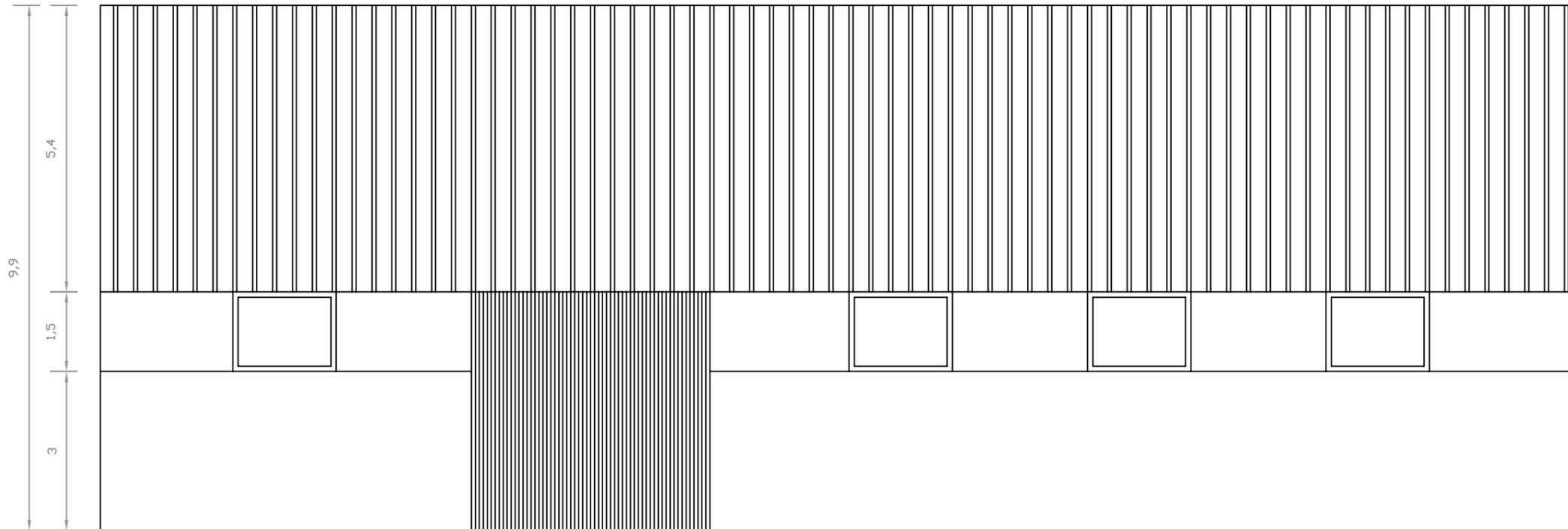
Alineación A



Alineación B



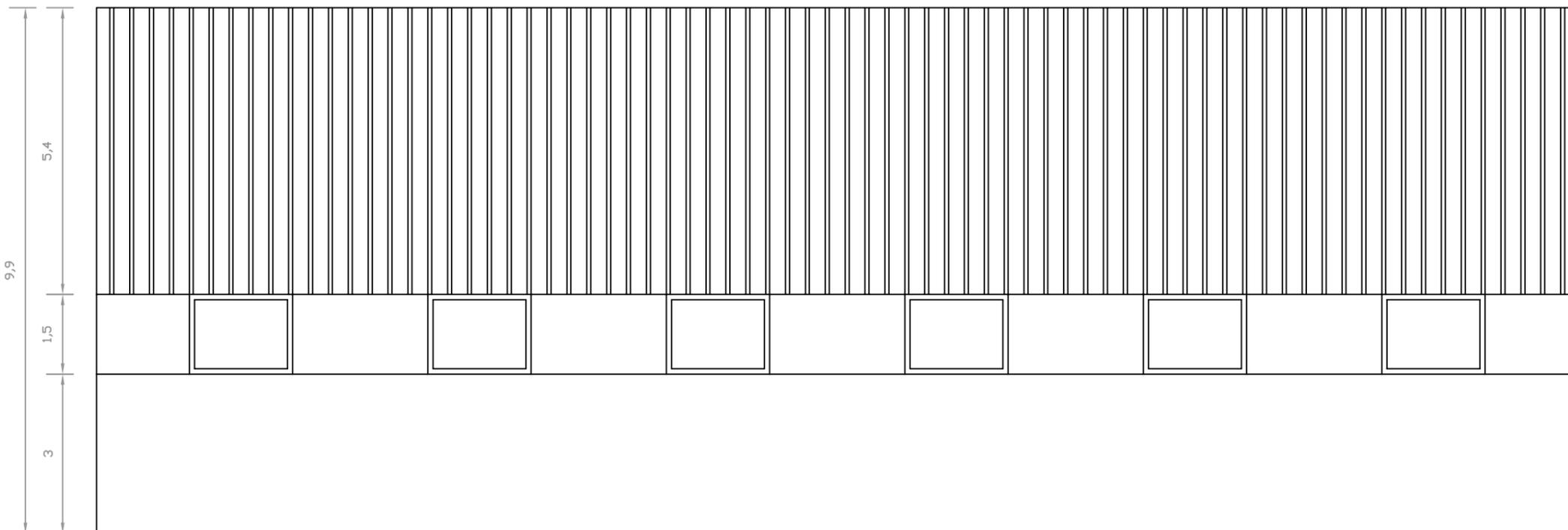
Alineación 1



Panel tipo sandwich aislante con fijadores ocultos

Panel de hormigón prefabricado liso de tipo horizontal

Alineación 15



Panel tipo sandwich aislante con fijadores ocultos

Panel de hormigón prefabricado liso de tipo horizontal

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto:
PROYECTO DE EDIFICIO INDUSTRIAL CON PUENTE GRÚA PARA LA FABRICACIÓN DE EMBARCACIONES DE HASTA 10m DE ESLORA. POLIGONO DEL MEDITERRANEO, ALBUIXECH (VALENCIA).

Plano: **Cerramiento. Fachadas Frontales**

Autor: **Rafael Garcia Marqués**

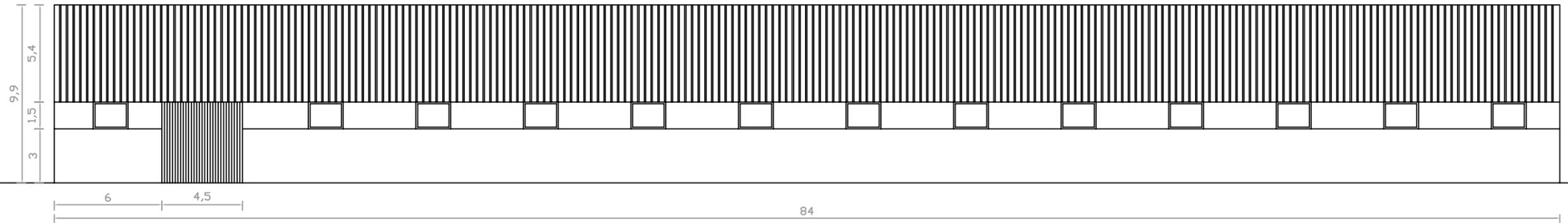
Fecha: **Julio 2015**

Escala: **1:100**

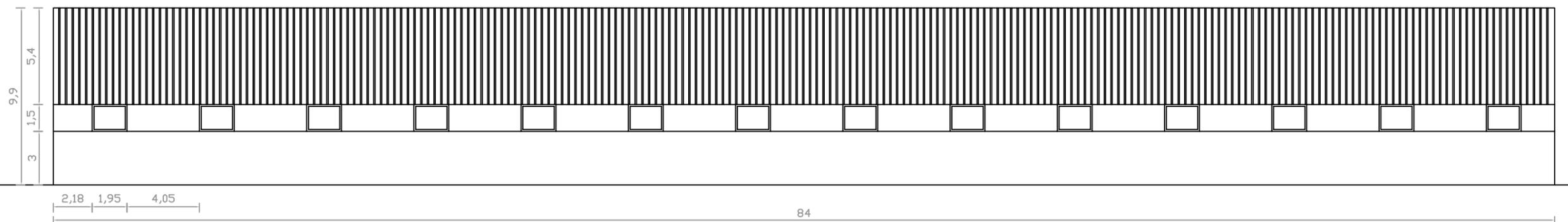
Nº Plano:

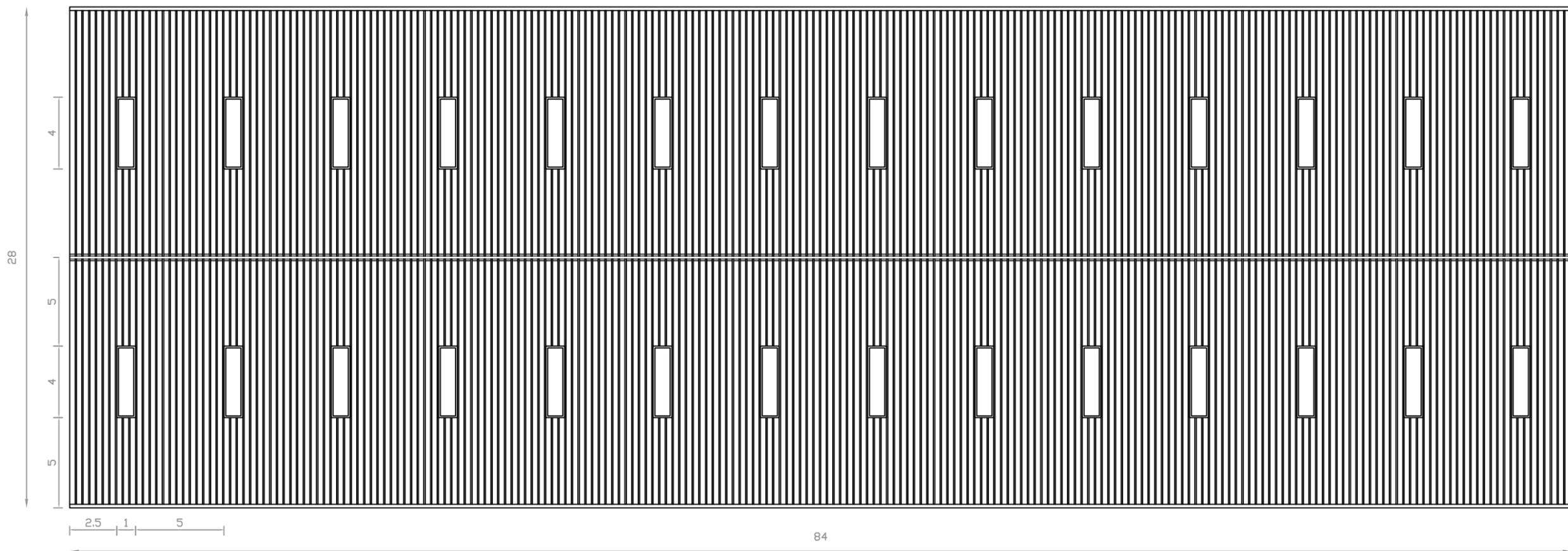
12.1

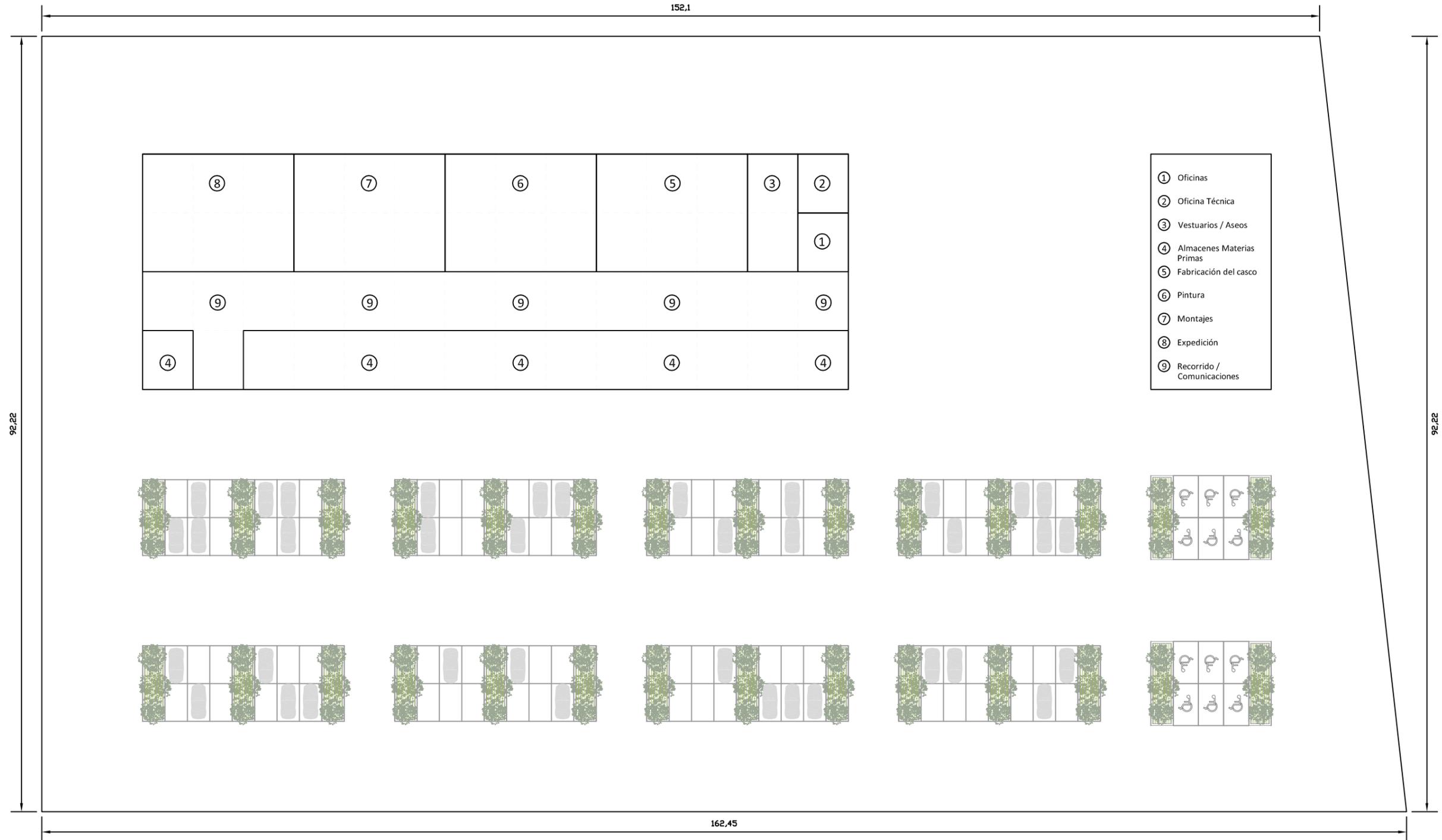
Alineación A



Alineación B







DOCUMENTO V: PRESUPUESTO

ÍNDICE PRESUPUESTO

1	UNIDAD DE OBRA Nº1. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	2
2	UNIDAD DE OBRA Nº2. CIMENTACIONES.....	6
3	UNIDAD DE OBRA Nº3. ESTRUCTURAS.....	8
4	UNIDAD DE OBRA Nº4. ELEMENTOS DE FACHADA	13
5	UNIDAD DE OBRA Nº5. ELEMENTOS DE CUBIERTA.....	16
6	UNIDAD DE OBRA Nº6. INSTALACIONES	18
7	UNIDAD DE OBRA Nº7. GESTIÓN DE RESIDUOS.....	19
8	UNIDAD DE OBRA Nº8. URBANIZACIÓN DE LA PARCELA	20
9	UNIDAD DE OBRA Nº9. REQUERIMIENTOS	21

Para la obtención del presupuesto del presente proyecto, se han utilizado básicamente dos programas pertenecientes al paquete de programas informáticos CYPE. Estos programas son Arquímedes y el generador de precios, el cual nos proporciona el precio de cada elemento utilizado actualizado al mercado actual.

En el documento I se ha podido observar un resumen del presupuesto que ahora detallaremos y describiremos en más profundidad.

1 UNIDAD DE OBRA Nº1. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
A	Capítulo		Acondicionamiento del terreno		175.771,08	175.771,08
AD	Capítulo		Movimiento de tierras en edificación		16.211,40	16.211,40
ADL	Capítulo		Desbroce y limpieza		11.122,35	11.122,35
ADL005	Partida	m ²	Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado. Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm. Incluso transporte de la maquinaria, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado. Incluye: Replanteo en el terreno. Remoción mecánica de los materiales de desbroce. Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce. Carga mecánica a camión. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.	14.444,605	0,77	11.122,35
mq01pan010a	Maquinaria	h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m ³ .	0,016	40,23	0,64
mo111	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,006	15,92	0,10
%		%	Costes directos complementarios	2,000	0,74	0,01
			ADL005	14.444,605	0,77	11.122,35
			ADL		11.122,35	11.122,35
ADE	Capítulo		Excavaciones		5.089,05	5.089,05
ADE010	Partida	m ³	Excavación en zanjas para cimentaciones en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	23,600	24,84	586,22

			Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados 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 las tierras excavadas. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el Director de Ejecución de la obra.			
mq01exn020b	Maquinaria	h	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 115 kW.	0,401	48,54	19,46
mo111	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,263	15,92	4,19
%		%	Costes directos complementarios	2,000	23,65	0,47
			ADE010	23,600	24,84	586,22
ADE010b	Partida	m ³	Excavación en pozos para cimentaciones en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión. Excavación de tierras a cielo abierto para formación de pozos para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados 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 las tierras excavadas. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el Director de Ejecución de la obra.	196,716	22,89	4.502,83
mq01exn020b	Maquinaria	h	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 115 kW.	0,359	48,54	17,43
mo111	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,273	15,92	4,35
%		%	Costes directos complementarios	2,000	21,78	0,44
			ADE010b	196,716	22,89	4.502,83
			ADE		5.089,05	5.089,05
			AD		16.211,40	16.211,40
AN	Capítulo		Nivelación		92.668,80	92.668,80
ANS	Capítulo		Soleras		92.668,80	92.668,80

Proyecto de edificio industrial con puente grúa para la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora. Polígono del Mediterráneo, Albuixech (Valencia).

ANS010	Partida	m ²	<p>Solera de hormigón armado de 20 cm de espesor, realizada con hormigón HA-30/F/20/IIa+Qb fabricado en central con cemento SR, y vertido desde camión, extendido y vibrado manual, y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 sobre separadores homologados, con acabado superficial mediante fratasadora mecánica.</p> <p>Formación de solera de hormigón armado de 20 cm de espesor, realizada con hormigón HA-30/F/20/IIa+Qb fabricado en central con cemento SR, 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, con acabado superficial mediante fratasadora mecánica; apoyada sobre capa base existente (no incluida en este precio). Incluso p/p de preparación de la superficie de apoyo del hormigón, extendido y vibrado del hormigón mediante regla vibrante, formación de juntas de hormigonado y panel de poliestireno expandido de 2 cm de espesor para la ejecución de juntas de contorno, colocado alrededor de cualquier elemento que interrumpa la solera, como pilares y muros; emboquillado o conexión de los elementos exteriores (cercos de arquetas, sumideros, botes sifónicos, etc.) de las redes de instalaciones ejecutadas bajo la solera; y aserrado de las juntas de retracción, por medios mecánicos, con una profundidad de 1/3 del espesor de la solera y posterior sellado con masilla elástica.</p> <p>Incluye: Preparación de la superficie de apoyo del hormigón, comprobando la densidad y las rasantes. Replanteo de las juntas de hormigonado. Tendido de niveles mediante toques, maestras de hormigón o reglas. Riego de la superficie base. Formación de juntas de hormigonado y contorno. Colocación de la malla electrosoldada con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Conexión de los elementos exteriores. Curado del hormigón. Fratasado de la superficie. Aserrado de juntas de retracción. Limpieza y sellado de juntas.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin deducir la superficie ocupada por los pilares situados dentro de su perímetro.</p>	2.352,000	39,40	92.668,80
mt07aco020e	Material	Ud	Separador homologado para soleras.	2,000	0,04	0,08
mt07ame010d	Material	m ²	Malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080.	1,200	1,53	1,84
mt10haf010imc	Material	m ³	Hormigón HA-30/F/20/IIa+Qb, fabricado en central, con cemento SR.	0,210	110,25	23,15
mt16pea020b	Material	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, mecanizado lateral recto, de 20 mm de espesor, resistencia térmica 0,55 m ² K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), para junta de dilatación.	0,050	1,34	0,07
mt14sja020	Material	m	Masilla bicomponente, resistente a hidrocarburos y aceites, para sellado de juntas de retracción en soleras de hormigón.	0,800	1,02	0,82
mq04dua020b	Maquinaria	h	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,042	9,27	0,39
mq06vib020	Maquinaria	h	Regla vibrante de 3 m.	0,089	4,67	0,42
mq06fra010	Maquinaria	h	Fratasadora mecánica de hormigón.	0,557	5,07	2,82
mq06cor020	Maquinaria	h	Equipo para corte de juntas en soleras de hormigón.	0,101	9,50	0,96
mo019	Mano de obra	h	Oficial 1ª construcción.	0,168	17,24	2,90
mo075	Mano de obra	h	Ayudante construcción.	0,168	16,13	2,71
mo111	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,084	15,92	1,34
%		%	Costes directos complementarios	2,000	37,50	0,75

Proyecto de edificio industrial con puente grúa para la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora. Polígono del Mediterráneo, Albuixech (Valencia).

			ANS010	2.352,000	39,40	92.668,80
			ANS		92.668,80	92.668,80
			AN		92.668,80	92.668,80
AM	Capítulo		Mejoras del terreno		66.890,88	66.890,88
AMC	Capítulo		Compactaciones		66.890,88	66.890,88
AMC010	Partida	m ³	Relleno a cielo abierto con zahorra artificial caliza, y compactación al 95% del Proctor Modificado con compactador tándem autopropulsado, en tongadas de 30 cm de espesor, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, para mejora de las propiedades resistentes del terreno de apoyo de la cimentación. Ejecución de los trabajos necesarios para obtener la mejora de las propiedades resistentes del terreno de apoyo de la cimentación superficial proyectada, mediante el relleno a cielo abierto con zahorra artificial caliza, y compactación al 95% del Proctor Modificado con compactador tándem autopropulsado, en tongadas de 30 cm de espesor, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501 (ensayo no incluido en este precio). Incluso carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos. 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. Criterio de medición de obra: Se medirá, en perfil compactado, el volumen realmente ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.	2.352,000	28,44	66.890,88
mt01zah010c	Material	t	Zahorra de machaqueo o artificial, cantera caliza.	2,200	9,47	20,83
mq04dua020b	Maquinaria	h	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,108	9,27	1,00
mq02rot030b	Maquinaria	h	Compactador tándem autopropulsado, de 63 kW, de 9,65 t, anchura de trabajo 168 cm.	0,105	41,00	4,31
mq02cia020j	Maquinaria	h	Camión cisterna de 8 m ³ de capacidad.	0,011	40,08	0,44
mo111	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,031	15,92	0,49
%		%	Costes directos complementarios	2,000	27,07	0,54
			AMC010	2.352,000	28,44	66.890,88
			AMC		66.890,88	66.890,88
			AM		66.890,88	66.890,88
			A		175.771,08	175.771,08

2 UNIDAD DE OBRA Nº2. CIMENTACIONES

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
C	Capítulo		Cimentaciones		33.093,46	33.093,46
CR	Capítulo		Regularización		3.073,00	3.073,00
CRL	Capítulo		Hormigón de limpieza		3.073,00	3.073,00
CRL030	Partida	m ²	Capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20 fabricado en central y vertido desde camión, de 10 cm de espesor. Formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/B/20 fabricado en central y vertido desde camión, en el fondo de la excavación previamente realizada. Incluye: Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida sobre la superficie teórica de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie teórica ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.	321,780	9,55	3.073,00
mt10hmf011bb	Material	m ³	Hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central.	0,105	64,27	6,75
mo044	Mano de obra	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,067	18,10	1,21
mo090	Mano de obra	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,067	16,94	1,13
%		%	Costes directos complementarios	2,000	9,09	0,18
			CRL030	321,780	9,55	3.073,00
			CRL		3.073,00	3.073,00
			CR		3.073,00	3.073,00
CS	Capítulo		Superficiales		26.387,48	26.387,48
CSZ	Capítulo		Zapatas		26.387,48	26.387,48
CSZ030	Partida	m ³	Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 21 kg/m ³ . Formación de zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m ³ . Incluso p/p de separadores, y armaduras de espera del pilar. 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. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.	196,716	134,14	26.387,48
mt07aco020a	Material	Ud	Separador homologado para cimentaciones.	8,000	0,13	1,04
mt07aco010c	Material	kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, elaborado en taller industrial, diámetros varios.	21,036	1,00	21,04
mt10haf010nna	Material	m ³	Hormigón HA-30/B/20/IIa, fabricado en central.	1,100	82,65	90,92

Proyecto de edificio industrial con puente grúa para la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora. Polígono del Mediterráneo, Albuixech (Valencia).

mo041	Mano de obra	h	Oficial 1ª estructurista.	0,419	18,10	7,58
mo087	Mano de obra	h	Ayudante estructurista.	0,419	16,94	7,10
%		%	Costes directos complementarios	2,000	127,68	2,55
CSZ030				196,716	134,14	26.387,48
CSZ					26.387,48	26.387,48
CS					26.387,48	26.387,48
CA	Capítulo	Arriostramientos			3.632,98	3.632,98
CAV	Capítulo	Vigas entre zapatas			3.632,98	3.632,98
CAV030	Partida	m³	Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 53,1 kg/m³. Formación de viga de hormigón armado para el atado de la cimentación, realizada con hormigón HA-30/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 53,1 kg/m³. Incluso p/p de separadores y pasatubos para paso de instalaciones. Incluye: Colocación de la armadura con separadores homologados. Colocación de pasatubos. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase. Curado del hormigón. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.	23,600	153,94	3.632,98
mt07aco020a	Material	Ud	Separador homologado para cimentaciones.	10,000	0,13	1,30
mt07aco010c	Material	kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, elaborado en taller industrial, diámetros varios.	53,057	1,00	53,06
mt10haf010nna	Material	m³	Hormigón HA-30/B/20/IIa, fabricado en central.	1,050	82,65	86,78
mt11var300	Material	m	Tubo de PVC liso para pasatubos, varios diámetros.	0,020	6,50	0,13
mo041	Mano de obra	h	Oficial 1ª estructurista.	0,150	18,10	2,72
mo087	Mano de obra	h	Ayudante estructurista.	0,150	16,94	2,54
%		%	Costes directos complementarios	2,000	146,53	2,93
CAV030				23,600	153,94	3.632,98
CAV					3.632,98	3.632,98
CA					3.632,98	3.632,98
C					33.093,46	33.093,46

3 UNIDAD DE OBRA Nº3. ESTRUCTURAS

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
E	Capítulo		Estructuras		214.935,84	214.935,84
EA	Capítulo		Acero		214.935,84	214.935,84
EAM	Capítulo		Montajes industrializados		208.486,24	208.486,24
EAM040	Partida	kg	Acero S275JR en estructura metálica, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie Cold Formed SHS, con uniones soldadas en obra.	2.223,680	2,25	5.003,28
			<p>Suministro y montaje de acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie Cold Formed SHS, con uniones soldadas en obra. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación. 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. Reparación de defectos superficiales. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
mt07ala010h	Material	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	1,050	0,99	1,04
mt27pfi010	Material	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24
mq08sol020	Maquinaria	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,016	3,10	0,05
mo046	Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,023	18,10	0,42
mo092	Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,023	16,94	0,39
%		%	Costes directos complementarios	2,000	2,14	0,04
			EAM040	2.223,680	2,25	5.003,28
EAM040b	Partida	kg	Acero S275JR en estructura metálica, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie HEA, con uniones soldadas en obra.	10.998,720	2,25	24.747,12

			<p>Suministro y montaje de acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie HEA, con uniones soldadas en obra. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.</p> <p>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. Reparación de defectos superficiales. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
mt07ala010h	Material	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	1,050	0,99	1,04
mt27pfi010	Material	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24
mq08sol020	Maquinaria	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,016	3,10	0,05
mo046	Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,023	18,10	0,42
mo092	Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,023	16,94	0,39
%		%	Costes directos complementarios	2,000	2,14	0,04
			EAM040b	10.998,720	2,25	24.747,12
EAM040c	Partida	kg	<p>Acero S275JR en estructura metálica, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie IPE, con uniones soldadas en obra.</p> <p>Suministro y montaje de acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie IPE, con uniones soldadas en obra. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.</p> <p>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. Reparación de defectos superficiales. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	62.795,040	2,25	141.288,84
mt07ala010h	Material	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	1,050	0,99	1,04
mt27pfi010	Material	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24
mq08sol020	Maquinaria	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,016	3,10	0,05

Proyecto de edificio industrial con puente grúa para la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora. Polígono del Mediterráneo, Albuixech (Valencia).

mo046	Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,023	18,10	0,42
mo092	Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,023	16,94	0,39
%		%	Costes directos complementarios	2,000	2,14	0,04
EAM040c				62.795,040	2,25	141.288,84
EAM040d	Partida	kg	Acero S275JR en estructura metálica, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie L, con uniones soldadas en obra.	6.043,040	2,25	13.596,84
<p>Suministro y montaje de acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie L, con uniones soldadas en obra. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación. 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. Reparación de defectos superficiales. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>						
mt07ala010h	Material	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	1,050	0,99	1,04
mt27pfi010	Material	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24
mq08sol020	Maquinaria	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,016	3,10	0,05
mo046	Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,023	18,10	0,42
mo092	Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,023	16,94	0,39
%		%	Costes directos complementarios	2,000	2,14	0,04
EAM040d				6.043,040	2,25	13.596,84
EAM040e	Partida	kg	Acero S235JRC en estructura metálica, con piezas simples de perfiles conformados en frío de la serie Z, con uniones soldadas en obra.	11.041,740	2,16	23.850,16

			Suministro y montaje de acero UNE-EN 10025 S235JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles conformados en frío de la serie Z, con uniones soldadas en obra. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación. 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. Reparación de defectos superficiales. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
mt07ali020a	Material	kg	Acero UNE-EN 10025 S235JR, en perfiles conformados en frío, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	1,050	0,91	0,96
mt27pfi010	Material	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24
mq08sol020	Maquinaria	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,016	3,10	0,05
mo046	Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,023	18,10	0,42
mo092	Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,023	16,94	0,39
%		%	Costes directos complementarios	2,000	2,06	0,04
			EAM040e	11.041,740	2,16	23.850,16
			EAM		208.486,24	208.486,24
EAS	Capítulo		Pilares		6.449,60	6.449,60
EAS030b	Partida	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 350x500 mm y espesor 18 mm, con 6 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 53,2248 cm de longitud total, soldados. Suministro y montaje de placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 350x500 mm y espesor 18 mm, con 6 pernos soldados de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 53,2248 cm de longitud total. Trabajado y montado en taller. Incluso p/p de taladro central, preparación de bordes, biselado alrededor del taladro para mejorar la unión del perno a la cara superior de la placa, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.	10,000	149,66	1.496,60
mt07ala011d	Material	kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales.	34,360	1,34	46,04
mt07aco010c	Material	kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, elaborado en taller industrial, diámetros varios.	47,254	1,00	47,25
mo046	Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	1,403	18,10	25,39

Proyecto de edificio industrial con puente grúa para la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora. Polígono del Mediterráneo, Albuixech (Valencia).

mo092	Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	1,403	16,94	23,77
%		%	Costes directos complementarios	2,000	142,45	2,85
			EAS030b	10,000	149,66	1.496,60
EAS005	Partida	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 450x750 mm y espesor 25 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 25 mm de diámetro y 50 cm de longitud total.	26,000	190,50	4.953,00
			Suministro y montaje de placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 450x750 mm y espesor 25 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 25 mm de diámetro y 50 cm de longitud total. Trabajado y montado en taller. Incluso p/p de taladro central, preparación de bordes, biselado alrededor del taladro para mejorar la unión del perno a la cara superior de la placa, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
mt07ala011d	Material	kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales.	73,144	1,34	98,01
mt07aco010c	Material	kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, elaborado en taller industrial, diámetros varios.	7,703	1,00	7,70
mq08sol020	Maquinaria	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,028	3,10	0,09
mo046	Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	2,155	18,10	39,01
mo092	Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	2,155	16,94	36,51
%		%	Costes directos complementarios	2,000	181,32	3,63
			EAS005	26,000	190,50	4.953,00
			EAS		6.449,60	6.449,60
			EA		214.935,84	214.935,84
			E		214.935,84	214.935,84

4 UNIDAD DE OBRA Nº4. ELEMENTOS DE FACHADA

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
F	Capítulo		Fachadas		213.403,41	213.403,41
FL	Capítulo		Ligeras		59.971,97	59.971,97
FLM	Capítulo		Paneles sándwich		59.971,97	59.971,97
FLM010	Partida	m ²	Cerramiento de fachada formado por panel sándwich aislante para fachadas, de 40 mm de espesor y 1100 mm de ancho, formado por dos paramentos de chapa lisa de acero galvanizado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de poliuretano de densidad media 40 kg/m ³ , con sistema de fijación oculto.	1.209,600	49,58	59.971,97
			<p>Suministro y montaje de cerramiento de fachada con panel sándwich aislante para fachadas, de 40 mm de espesor y 1100 mm de ancho, formado por dos paramentos de chapa lisa de acero galvanizado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de poliuretano de densidad media 40 kg/m³, con junta diseñada para fijación con tornillos ocultos, remates y accesorios. Incluso replanteo, p/p de mermas, remates, cubrejuntas y accesorios de fijación y estanqueidad. Totalmente montado. Incluye: Replanteo de los paneles. Colocación del remate inferior de la fachada. Colocación de juntas. Colocación y fijación del primer panel. Colocación y fijación del resto de paneles, según el orden indicado. Remates.</p> <p>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 m². Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 3 m².</p>			
mt12ppl100a ab	Material	m ²	Panel sándwich aislante para fachadas, de 40 mm de espesor y 1100 mm de ancho, formado por dos paramentos de chapa lisa de acero galvanizado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de poliuretano de densidad media 40 kg/m ³ , con junta diseñada para fijación con tornillos ocultos, remates y accesorios.	1,000	27,27	27,27
mt13ccg030e	Material	Ud	Tornillo autorroscante de 6,5x130 mm de acero inoxidable, con arandela.	8,000	0,80	6,40
mt13ccg040	Material	m	Junta de estanqueidad para chapas de acero.	2,000	0,90	1,80
mq08sol020	Maquinaria	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	1,080	3,10	3,35

Proyecto de edificio industrial con puente grúa para la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora. Polígono del Mediterráneo, Albuixech (Valencia).

mo050	Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de cerramientos industriales.	0,247	17,82	4,40
mo096	Mano de obra	h	Ayudante montador de cerramientos industriales.	0,247	16,13	3,98
%		%	Costes directos complementarios	2,000	47,20	0,94
FLM010				1.209,600	49,58	59.971,97
FLM					59.971,97	59.971,97
FL					59.971,97	59.971,97
FR	Capítulo	Remates de exteriores			6.186,88	6.186,88
FRV	Capítulo	Vierteaguas			6.186,88	6.186,88
FRV010	Partida	m	Vierteaguas de chapa de aluminio anodizado en color natural, con un espesor mínimo de 15 micras, espesor 1,5 mm, desarrollo 30 cm. Suministro y colocación de vierteaguas de chapa de aluminio anodizado en color natural, con un espesor mínimo de 15 micras, espesor 1,5 mm, desarrollo 30 cm, con goterón, con clara pendiente y empotrado en las jambas, cubriendo los alféizares, los salientes de los paramentos, las cornisas de fachada, etc., compuesto de una capa de regularización de mortero de cemento hidrófugo M-5 de 4 cm de espesor, creando una pendiente suficiente para evacuar el agua, sobre la que se aplica el adhesivo bituminoso de aplicación en frío para chapas metálicas, que sirve de base al perfil de aluminio. Incluso p/p de preparación y regularización del soporte con mortero de cemento hidrófugo M-5, sellado entre piezas y uniones con los muros. Incluye: Replanteo de las piezas en el hueco o remate. Preparación y regularización del soporte. Colocación y fijación de las piezas metálicas, niveladas y aplomadas. Sellado de juntas y limpieza del vierteaguas. Criterio de medición de proyecto: Longitud del ancho del hueco, medida según documentación gráfica de Proyecto, incrementada en 5 cm a cada lado. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, incluyendo los empotramientos en las jambas.	224,000	27,62	6.186,88
mt09moe010a	Material	m³	Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N, hidrófugo, tipo M-5, confeccionado en obra con 250 kg/m³ de cemento y una proporción en volumen 1/6.	0,008	126,83	1,01
mt20wwa010	Material	kg	Adhesivo resina epoxi.	0,360	5,83	2,10
mt20vme010a	Material	m	Vierteaguas de chapa de aluminio anodizado en color natural, con un espesor mínimo de 15 micras, espesor 1,5 mm, desarrollo 30 cm, con goterón.	1,000	10,80	10,80
mt20wwa021	Material	m	Sellado con adhesivo en frío especial para metales.	2,800	1,20	3,36
mo019	Mano de obra	h	Oficial 1ª construcción.	0,272	17,24	4,69

Proyecto de edificio industrial con puente grúa para la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora. Polígono del Mediterráneo, Albuixech (Valencia).

mo111	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,272	15,92	4,33
%		%	Costes directos complementarios	2,000	26,29	0,53
			FRV010	224,000	27,62	6.186,88
			FRV		6.186,88	6.186,88
			FR		6.186,88	6.186,88
LPI	Capítulo	Ud	Puerta de aluminio.			5.750,18
LPI020	partida	m2	Carpintería de aluminio anodizado natural para puerta practicable con chapa opaca, perfilería para una o dos hojas, serie S-40x20, con marca de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD). Carpintería de aluminio anodizado natural para puerta practicable con chapa opaca, perfilería para una o dos hojas, serie S-40x20, con marca de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	40,5	135	5.467,50
mt25pfb011a	Material	m ²	Carpintería de aluminio anodizado natural para puerta practicable con chapa opaca, perfilería para una o dos hojas, serie S-40x20, con marca de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD), incluso p/p de cerradura triangular y rejillas de ventilación.	40,500	135,00	5.467,50
mo019	Mano de obra	h	Oficial 1ª construcción.	0,172	17,24	2,97
mo075	Mano de obra	h	Ayudante construcción.	0,172	16,13	2,77
		%	Medios auxiliares	2,000	5.473,24	109,46
		%	Costes indirectos	3,000	5.582,70	167,48
			LPI020		5.750,18	5.750,18
LCV	Capítulo	Ud	Carpintería exterior de PVC "VEKA".			9.559,12
LCV010	partida	m2	Ventana de PVC "VEKA", sistema Ekosol, dos hojas deslizantes de espesor 74 mm, dimensiones 2000x1500 mm, compuesta de marco, hojas y junquillos con acabado natural en color blanco, con premarco.	37,000	243,76	9.019,12
mt24vek060slg	Material	Ud	Ventana de PVC "VEKA", sistema Ekosol, dos hojas deslizantes de espesor 74 mm, dimensiones 2000x1500 mm, compuesta de marco, hojas y junquillos con acabado natural en color blanco, coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo U _{h,m} = 2,1 W/(m ² K), perfiles de estética recta, espesor en paredes exteriores de 2,8 mm, 5 cámaras, refuerzos interiores de acero galvanizado, mecanizaciones de desagüe y descompresión, juntas de estanqueidad de EPDM, herrajes bicromatados, sin compacto, Según UNE-EN 14351-1.	37,000	243,76	9.019,12
mt24pem010	Material	m	Premarco para carpintería exterior de PVC.	7,000	6,25	43,75
mt15sja100	Material	Ud	Cartucho de masilla de silicona neutra.	0,200	3,13	0,63

Proyecto de edificio industrial con puente grúa para la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora. Polígono del Mediterráneo, Albuixech (Valencia).

mo017	Mano de obra	h	Oficial 1ª cerrajero.	1,375	17,52	24,09
mo057	Mano de obra	h	Ayudante cerrajero.	0,688	16,19	11,14
		%	Medios auxiliares	2,000	9098,73	181,97
		%	Costes indirectos	3,000	9280,70	278,42
LCV010					9559,12	9559,12
L					15.309,30	15.309,30
FEA	Capítulo	m²	Muro de fábrica armada de hormigón.			131.935,26
FEA020	Partida	m²	Cerramiento formado por paneles prefabricados lisos de hormigón armado de 24cm de espesor, un ancho estándar de 3,50m, longitud máxima 13, con acabado en gris y juntas machihembradas que facilitan la unión entre paneles y su sellado, totalmente montado.	856,5	153,86	131.781,22
		h	Oficial 1ª construcción	0.340	19.20	6.46
		h	Ayudante construcción	0.340	17.94	6.10
		h	Peón ordinario construcción	0.180	17.88	3.22
		m²	Panel prefabricado liso de hormigón armado de 20 cm de espesor.	1.000	63.28	63.28
		mes	Grúa móvil sin plataforma de capacidad 50 toneladas	0.260	216.17	56.20
		ud	Puntal metálico telescópico de 3.00 m de altura	1.000	13.37	13.37
		kg	Masilla para sellado en frío de juntas, a base de una combinación de asfalto y caucho sintético, con una densidad 1.35 kg/dm³	1.300	1.84	2.39
		%	Costes Directos Complementarios	0.020	151.02	3.02
FEA020					131.935,26	131.935,26
FEA					131.935,26	131.935,26
F					213.403,41	231.403,41

5 UNIDAD DE OBRA Nº5. ELEMENTOS DE CUBIERTA

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Q	Capítulo		Cubiertas		56.945,72	56.945,72
QL	Capítulo		Lucernarios		28.968,80	28.968,80
QLL	Capítulo		Placas translúcidas sintéticas		28.968,80	28.968,80
QLL010	Partida	m²	Lucernario a un agua con una luz máxima menor de 3 m revestido con placas alveolares de policarbonato celular incolora y 6 mm de espesor.	112,000	258,65	28.968,80

			Formación de lucernario a un agua en cubiertas, con perfilería autoportante de aluminio lacado para una dimensión de luz máxima menor de 3 m revestido con placas alveolares de policarbonato celular incolora y 6 mm de espesor. Incluso perfilería estructural de aluminio lacado, tornillería y elementos de remate y piezas de anclaje para formación del elemento portante, cortes de plancha, perfilería universal con gomas de neopreno para cierres, tornillos de acero inoxidable y piezas especiales para la colocación de las placas. Totalmente terminado en condiciones de estanqueidad. Incluye: Montaje del elemento portante. Montaje de la estructura de perfilería de aluminio. Colocación y fijación de las placas. Resolución del perímetro interior y exterior del conjunto. Sellado elástico de juntas. Criterio de medición de proyecto: Superficie del faldón medida en verdadera magnitud, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá, en verdadera magnitud, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.			
mt21lpe010a	Material	m ²	Repercusión por m ² de lucernario a un agua con una luz máxima menor de 3 m de la estructura autoportante formada por perfilería de aluminio extrusionada con aleación 6063 y tratamiento térmico T-5.	1,000	58,86	58,86
mt21lpe020a	Material	m ²	Repercusión por m ² de lucernario a un agua con una luz máxima menor de 3 m de los elementos de remate, tornillería y piezas de anclaje del lucernario.	1,000	17,25	17,25
mt21lpc010a	Material	m ²	Placa alveolar translúcida, de policarbonato celular, espesor 6 mm, incolora.	1,050	22,16	23,27
mt21lpc020	Material	m	Perfilería universal de aluminio, con gomas de neopreno, para cierres de juntas entre placas de policarbonato celular en lucernarios.	2,000	12,20	24,40
mt21lpc030	Material	Ud	Material auxiliar para montaje de placas de policarbonato celular en lucernarios.	1,500	1,35	2,03
mo010	Mano de obra	h	Oficial 1ª montador.	3,546	17,82	63,19
mo078	Mano de obra	h	Ayudante montador.	3,546	16,13	57,20
%		%	Costes directos complementarios	2,000	246,20	4,92
			QLL010	112,000	258,65	28.968,80
			QLL		28.968,80	28.968,80
			QL		28.968,80	28.968,80
M0	Capítulo	m²	Cubierta inclinada de paneles de acero con aislamiento incorporado.			27.976,92
M010	Partida	m ²	Cobertura con paneles multicapa de chapas de acero de 0,5mm galvanizado y espuma de poliuretano de 0,027 W/(m ² K) de conductividad térmica, realizada según NTE/QTG-8, incluso cubrejuntas y accesorios de fijación.	1069,863	26.15	27.976,92
		h	Oficial 1ª construcción	0.080	19.00	1.52
		h	Peón especializado construcción	0.080	17.94	1.44
		m ²	Panel nervado de 40mm de espesor, compuesto por chapas de acero galvanizado y relleno intermedio de espuma de poliuretano rígido, incluso parte proporcional de tapajuntas y unión entre paneles.	1.000	22.46	22.46
		ud	Tornillo autorroscante de 6,5x70mm de acero inoxidable 18/8, para espesores menores de 3mm, equipado con arandela de metal-neopreno o PVC	0.5	0.44	0.22
		%	Costes Directos Complementarios	0.020	25.64	0.51

Proyecto de edificio industrial con puente grúa para la fabricación de embarcaciones de hasta 10 m de eslora. Polígono del Mediterráneo, Albuixech (Valencia).

	M010	27.976,92	27.976,92
	M0	27.976,92	27.976,92
	Q	56.945,72	56.945,72

6 UNIDAD DE OBRA Nº6. INSTALACIONES

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
I	Capítulo		Instalaciones		3.723,52	3.723,53
IS	Capítulo		Evacuación de aguas		2.551,02	2.551,02
ISB	Capítulo		Bajantes		2.551,02	2.551,02
ISB010	Partida	m	Bajante interior de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por tubo de PVC, serie B, de 160 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo. Suministro y montaje de bajante interior de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por tubo de PVC, serie B, de 160 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales colocados mediante unión pegada con adhesivo. Totalmente montada, conexiónada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio). Incluye: Replanteo y trazado de la bajante. Presentación en seco de tubos, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tubos, accesorios y piezas especiales. Limpieza de la zona a unir con el líquido limpiador, aplicación del adhesivo y encaje de piezas. Realización de pruebas de servicio. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.	102,000	25,01	2.551,02
mt36tit400i	Material	Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de PVC, serie B, de 160 mm de diámetro.	1,000	2,12	2,12
mt36tit010ie	Material	m	Tubo de PVC, serie B, de 160 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1, con el precio incrementado el 20% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1,000	16,98	16,98
mt11var009	Material	l	Líquido limpiador para pegado mediante adhesivo de tubos y accesorios de PVC.	0,030	11,85	0,36
mt11var010	Material	l	Adhesivo para tubos y accesorios de PVC.	0,015	18,06	0,27
mo007	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	0,157	17,82	2,80
mo105	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.	0,079	16,10	1,27
%		%	Costes directos complementarios	2,000	23,80	0,48
			ISB010	12,000	25,01	300,12
			ISB		2.551,02	2.551,02
			IS		2.551,02	2.551,02

ISC	Partida	m	Canalón visto de piezas preformadas.		1.172,51	1.172,51
ISC010	Capítulo	Ud	Canalón circular de PVC con óxido de titanio, para encolar, de desarrollo 250 mm, color gris claro.	224	4,95	1.108,80
mt36cap040	Material	Ud	Material auxiliar para canalones y bajantes de instalaciones de evacuación de PVC.		0,250	1,82
mo007	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.		0,200	17,82
mo105	Mano de obra	h	Ayudante fontanero.		0,200	16,10
		%	Medios auxiliares		2,000	1116,04
		%	Costes indirectos		3,000	1138,36
			ISC010		1.172,51	1.172,51
			ISC		1.172,51	1.172,51
			I		3.723,52	3.723,52

7 UNIDAD DE OBRA Nº7. GESTIÓN DE RESIDUOS

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
G	Capítulo		Gestión de residuos		1.328,51	1.328,51
GT	Capítulo		Transporte de tierras		1.328,51	1.328,51
GTB	Capítulo		Transporte de tierras con camión		1.328,51	1.328,51
GTB010	Partida	m³	Transporte de tierras con camión 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 20 km.	220,316	6,03	1.328,51
			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 20 km, considerando el tiempo de espera para la carga a máquina en obra, ida, descarga, vuelta y coste del vertido. Sin incluir la carga en obra. 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. 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. Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.			
mq04cab010e	Maquinaria	h	Camión basculante de 20 t de carga, de 213 CV.	0,136	42,23	5,74
%		%	Costes directos complementarios	2,000	5,74	0,11
			GTB010	220,316	6,03	1.328,51
			GTB		1.328,51	1.328,51
			GT		1.328,51	1.328,51
			G		1.328,51	1.328,51

8 UNIDAD DE OBRA Nº8. URBANIZACIÓN DE LA PARCELA

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
U	Capítulo		Urbanización interior de la parcela		16.184,51	16.184,51
UX	Capítulo		Pavimentos exteriores		16.184,51	16.184,51
UXF	Capítulo		De aglomerado asfáltico		16.184,51	16.184,51
UXF010	Partida	m ²	Pavimento de 10 cm de espesor, realizado con mezcla bituminosa continua en caliente de composición densa, tipo D12. Formación de pavimento de 10 cm de espesor, realizado con mezcla bituminosa continua en caliente de composición densa, tipo D12, con árido granítico y betún asfáltico de penetración. Incluso p/p de comprobación de la nivelación de la superficie soporte, replanteo del espesor del pavimento y limpieza final. Sin incluir la preparación de la capa base existente. Incluye: Transporte de la mezcla bituminosa. Extensión de la mezcla bituminosa. Compactación de la capa de mezcla bituminosa. Ejecución de juntas transversales y longitudinales en la capa de mezcla bituminosa. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.	1.209,605	13,38	16.184,51
mt47aag020aa	Material	t	Mezcla bituminosa continua en caliente de composición densa, tipo D12, con árido granítico y betún asfáltico de penetración.	0,230	51,04	11,74
mq11ext030	Maquinaria	h	Extendedora asfáltica de cadenas, de 81 kW.	0,003	80,34	0,24
mq02ron010a	Maquinaria	h	Rodillo vibrante tándem autopropulsado, de 24,8 kW, de 2450 kg, anchura de trabajo 100 cm.	0,004	16,58	0,07
mq11com010	Maquinaria	h	Compactador de neumáticos autopropulsado, de 12/22 t.	0,003	58,20	0,17
mo040	Mano de obra	h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	0,006	17,24	0,10
mo085	Mano de obra	h	Ayudante construcción de obra civil.	0,026	16,13	0,42
%		%	Costes directos complementarios	2,000	12,74	0,25
			UXF010	1.209,605	13,38	16.184,51
			UXF		16.184,51	16.184,51
PG	Capítulo	ud	Necesidades interiores de la parcela		1,00	
			UX		16.184,51	16.184,51
			U		16.184,51	16.184,51

9 UNIDAD DE OBRA Nº9. REQUERIMIENTOS

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
R	Capítulo		Requerimientos		16.000,00	16.000,00
RE	Capítulo		Puente grúa		16.000,00	16.000,00
RE010	Partida	Ud	Puente grúa de dos carriles y con una capacidad de carga máxima de 5 T. Puede mover todos los objetos en las tres direcciones del espacio.	1,000	15.874,69	15.874,69
mo010	Mano de obra	h	Oficial 1ª montador.	3,546	17,82	63,19
mo078	Mano de obra	h	Ayudante montador.	3,546	16,13	57,20
%		%	Costes directos complementarios	2,000	246,20	4,92
			RE010		16.000,00	16.000,00

Por tanto, juntando todas las unidades de obra descritas y detalladas anteriormente, el presupuesto del proyecto es el siguiente:

Presupuesto de ejecución material (PEM)	731.386,06
12% de gastos generales	87.766,33
6% de beneficio industrial	43.883,16
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC=PEM+GG+BI)	863.035,55
21% I.V.A.	181.237,47
Presupuesto base de licitación (PBL=PEC+IVA)	1.044.273,02

El presupuesto de ejecución material asciende a la cantidad de SETECIENTOS TREINTA Y UN MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS CON SEIS CÉNTIMOS.

Por lo que respecta al presupuesto base de licitación, asciende a un total de UN MILLON CUARENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS SETENTA Y TRES EUROS CON DOS CÉNTIMOS.