



**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

TRABAJO FIN DE GRADO

2015 / 2016

**DISEÑO Y CÁLCULO DE NAVE INDUSTRIAL DESTINADA A METALISTERÍA**

**DOCUMENTO 2: MEMORIA**

**DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO**

NOMBRE Alaitz  
 APELLIDOS Gardoki Gonzalez

FDO.:  
 FECHA: 8-06-2016

**DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA**

NOMBRE Irantzu  
 APELLIDOS Uriarte Gallastegui  
 DEPARTAMENTO Ingeniería Mecánica

FDO.:  
 FECHA: 17-06-2016



**2. MEMORIA**

<b>2.1. MEMORIA DESCRIPTIVA</b> .....	1
<b>2.1.1. OBJETO DEL PROYECTO</b> .....	1
<b>2.1.2. AGENTES</b> .....	1
<b>2.1.3. ALCANCE DEL PROYECTO</b> .....	1
<b>2.1.4. ANTECEDENTES</b> .....	3
<b>2.1.5. CONDICIONES DE DISEÑO</b> .....	4
2.1.5.1. Descripción de la parcela.....	4
2.1.5.2. Justificación urbanística .....	6
2.1.5.3. Características del terreno .....	6
2.1.5.4. Climatología .....	7
2.1.5.5. Uso de la nave .....	8
2.1.5.6. Precio.....	9
<b>2.1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b> .....	9
<b>2.1.7. NORMAS Y REFERENCIAS</b> .....	11
2.1.7.1. Disposiciones legales y normas aplicadas.....	11
2.1.7.2. Bibliografía .....	13
2.1.7.3. Programas de cálculo .....	15
<b>2.2. MEMORIA CONSTRUCTIVA</b> .....	18
<b>2.2.1. ESTUDIO DE LAS SOLUCIONES</b> .....	18
2.2.1.1. Estructura de la nave .....	18
2.2.1.1.1. Material de la estructura.....	18
2.2.1.1.2. Tipo de pórticos.....	19
2.2.1.1.3. Elementos de la estructura principal .....	20
2.2.1.1.4. Elementos de la estructura secundarios .....	21
2.2.1.1.5. Uniones y empalmes.....	23
2.2.1.2. Cerramientos .....	24

2.2.1.2.1. Cerramiento de cubierta.....	24
2.2.1.2.2. Cerramiento de fachada.....	26
2.2.1.3. Correas .....	26
2.2.1.4. Forjado de entreplanta .....	27
2.2.1.5. Junta de dilatación .....	29
<b>2.2.2. SOLUCIONES ADOPTADAS.....</b>	<b>29</b>
2.2.2.1. Estructura de la nave .....	29
2.2.2.1.1. Material de la estructura de la nave .....	29
2.2.2.1.2. Descripción general de la estructura .....	30
2.2.2.1.3. Pórticos .....	31
2.2.2.1.4. Uniones y empalmes.....	34
2.2.2.2. Entreplanta.....	34
2.2.2.2.1. Estructura de entreplanta .....	35
2.2.2.2.2. Forjado .....	35
2.2.2.3. Cerramientos .....	36
2.2.2.3.1. Cerramiento de cubierta.....	36
2.2.2.3.2. Cerramiento de fachada.....	36
2.2.2.4. Correas .....	38
2.2.2.5. Puente grúa .....	39
2.2.2.5.1. Descripción del puente grúa.....	39
2.2.2.5.2. Viga carril .....	39
2.2.2.6. Placas de anclaje.....	40
2.2.2.7. Cimentación .....	41
2.2.2.8. Solera.....	43
2.2.2.9. Escalera .....	44
2.2.2.10. Albañilería .....	45
2.2.2.10.1. Tabiques.....	45

2.2.2.10.2. Falso techo.....	46
2.2.2.10.3. Aislamiento térmico.....	46
2.2.2.10.4. Pavimentos.....	46
2.2.2.10.5. Acabado solera.....	46
2.2.2.11. Carpintería.....	47
2.2.2.11.1. Carpintería exterior.....	47
2.2.2.11.2. Carpintería interior.....	47
2.2.2.12. Instalaciones.....	48
2.2.2.12.1. Instalación contra incendio.....	48
2.2.2.12.2. Saneamiento.....	48
2.2.2.12.2.1. Red de aguas pluviales.....	49
2.2.2.12.2.2. Red de aguas fecales.....	49
2.2.2.12.3. Abastecimiento de agua potable.....	49
2.2.2.12.4. Estructura para ascensor.....	50
2.2.2.13. Urbanización de la parcela.....	52
<b>2.2.3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>54</b>
<b>2.2.4. PRESUPUESTO.....</b>	<b>56</b>
<b>2.3. CUMPLIMIENTO DEL CTE.....</b>	<b>57</b>
<b>2.3.1. SEGURIDAD ESTRUCTURAL.....</b>	<b>57</b>
2.3.1.1. Análisis estructural y dimensionado.....	57
2.3.1.2. Verificaciones basadas en coeficientes parciales.....	58
<b>2.3.2. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.....</b>	<b>61</b>
<b>2.3.3. SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....</b>	<b>62</b>
<b>2.3.4. SALUBRIDAD.....</b>	<b>62</b>
<b>2.3.5. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO.....</b>	<b>63</b>



## 2. MEMORIA

### 2.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

#### 2.1.1. OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como fin aportar la documentación necesaria para llevar a cabo el diseño y cálculo de la nave en la parcela 3.2. del Polígono industrial Urazandi (Erandio), para satisfacer las necesidades de la empresa ALGES S.L., que se dedica principalmente a la fabricación de estructura metálica.

#### 2.1.2. AGENTES

##### ➤ Propiedad-Promotor

La empresa ALGES S.L. es propietaria de la parcela 3.2. del Polígono Urazandi (Erandio), parcela que comparte junto a la 3.1. una manzana al Sur-Este del Polígono que limita al Este con el municipio vecino de Sondika.

Dicha sociedad promueve la ejecución de una nave propia, donde lleva a cabo las actividades propias de su empresa, que consisten en la fabricación de estructura metálica.

##### ➤ Encargo y autor del proyecto

ALGES S.L. ha encargado la redacción del Proyecto a la Ingeniera Mecánica Alaitz Gardoki Gonzalez.

#### 2.1.3. ALCANCE DEL PROYECTO

El desarrollo del presente proyecto conlleva el cálculo de todos los elementos que componen la estructura de la nave, la elección de los acabados, compartimentaciones, cerramientos, carpintería, acabados, etc., el cálculo de la red de saneamiento, la red de abastecimiento de agua potable y el sistema de seguridad contra incendio. Todo ello adecuado a la futura actividad que se desarrollará en el interior de la misma y que será la fabricación de estructura metálica. No formará parte del presente proyecto la instalación eléctrica, ni la instalación de ventilación ni climatización del edificio.

Para llevar a cabo el cálculo de la nave resulta necesario, previamente al diseño de la misma, el estudio de los diferentes tipos de materiales

estructurales y soluciones que actualmente ofrece el mercado. Con el fin de optar por las opciones que mejor se adecuen al presente caso.

Una vez elegidos los elementos estructurales que compondrán la nave, se llevará a cabo la comprobación de su capacidad resistente y se verificará si cumplen las solicitudes necesarias. Se seguirá en todo momento la normativa vigente en dicho ámbito, además del CTE y todos sus Documentos Básicos (DB), cumpliendo de esta forma con las exigencias básicas de calidad que debe cumplir la edificación proyectada y sus instalaciones para satisfacer los requisitos de seguridad y habitabilidad.

Para llevar a cabo el cálculo y la comprobación de los elementos estructurales de la nave se hará uso del software "CYPE Ingenieros" en sus módulos de "Generador de Pórticos" y "Nuevo Metal 3D". El software "CYPE" trabaja con el Método Matricial, que trata de idealizar la estructura real generando grandes sistemas de ecuaciones lineales.

La instalación de la red de saneamiento del edificio y la red de abastecimiento de agua potable se realizará siguiendo el Documento Básico de Salubridad (DB-HS).

Para llevar a cabo la implantación del sistema de seguridad contra incendios se consultará el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio "DB-SI" y el R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendio en los establecimientos industriales, donde se establecen las reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio, en el caso particular de los establecimientos industriales. Mediante dichos documentos se definirán las exigencias que los materiales empleados deberán cumplir, en función de la actividad que se desarrolle en el interior del edificio, con el objetivo de reducir la propagación interior del fuego y aumentar el tiempo de evacuación del mismo.

Los documentos que definen el presente proyecto, acorde al CTE y la norma UNE 157001:2002 son los siguientes:

DOCUMENTO 1: ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 2: MEMORIA

DOCUMENTO 3: ANEXOS

DOCUMENTO 4: PLANOS

DOCUMENTO 5: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO 6: ESTADO DE LAS MEDICIONES

DOCUMENTO 7: PRESUPUESTO

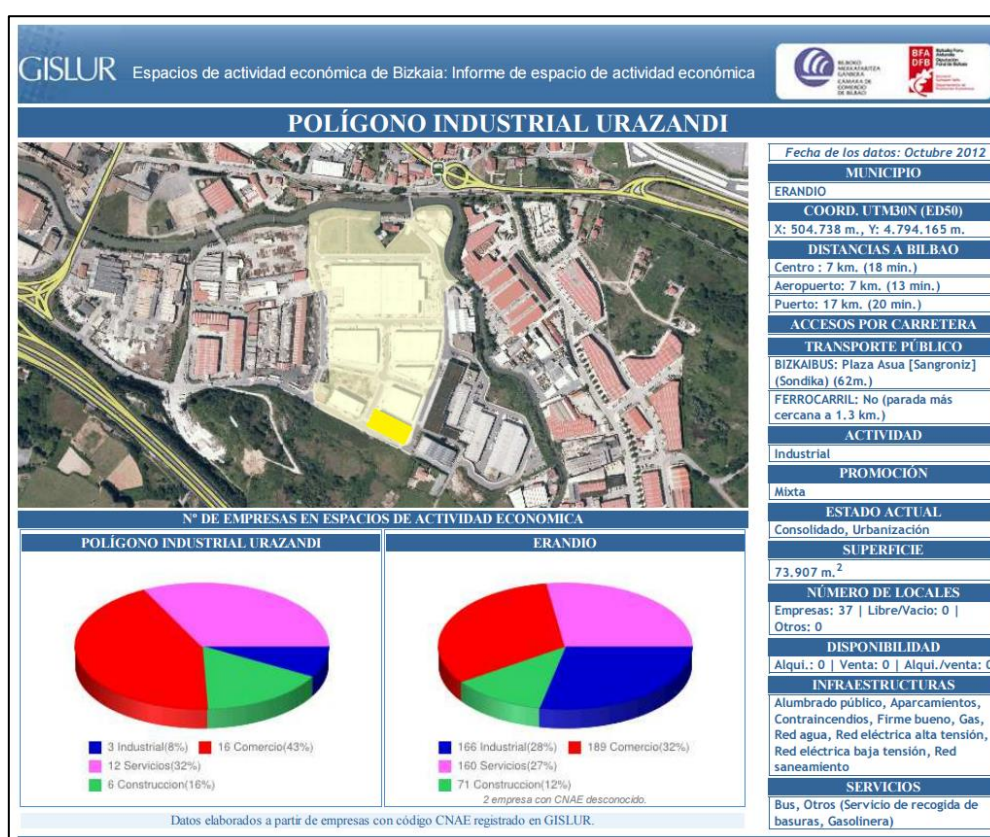
DOCUMENTO 8: ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA



- 8.1. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
- 8.2. ESTUDIO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO
- 8.3. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD
- 8.4. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS

#### 2.1.4. ANTECEDENTES

El estudio realizado por GISLUR y la Diputación Foral de Bizkaia sobre los espacios de actividad económica en Bizkaia, en octubre del 2012, brinda los siguientes datos acerca del “Polígono Urazandi”.



**Figura 1.** Estudio sobre la actividad económica en el Polígono industrial Urazandi (Erandio)

El Polígono se encuentra en suelo clasificado como apto para urbanizar industria según las Normas Subsidiarias (NNSS) del ayuntamiento de Erandio. Cuenta con una superficie total de 73.907 m<sup>2</sup>, en los que se encuentran instaladas un total de 37 empresas, de las cuales la mayoría se dedica al comercio y a los servicios (75%), seguidas por un menor número que se dedica al sector de la industria y la construcción (25%).

El Polígono se encuentra a escasos metros de la salida de la N-637 (“Corredor del Txorierri”) a la BI-3704. El acceso al mismo se realiza mediante un puente que salva el río Asua por la BI-3705 (“Carretera de Asue-Erletxe”).

Los 73.907 m<sup>2</sup> de superficie se dividen en 5 parcelas, varias de ellas subdivididas, como es el caso de la parcela 3.2. Dicha parcela fue previamente adquirida por la empresa ALGES S.L. con el objetivo de llevar a cabo la construcción en ella de sus propias instalaciones. El Polígono se encuentra prácticamente urbanizado, por lo que las labores de urbanización se centrarán únicamente en el interior de la parcela.

La edificación proyectada debe cumplir con la normativa urbanística del municipio en el que se emplaza, que en este caso se encuentra regulada por las NNSS y el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) del ayuntamiento de Erandio.

### 2.1.5. CONDICIONES DE DISEÑO

La nave proyectada debe adecuarse a las necesidades de una empresa que se dedica principalmente a la fabricación de estructura metálica y cuyo objetivo es hacerse con una nave propia con instalaciones suficientemente amplias y modernas.

A partir de estos requisitos se ha llevado a cabo el dimensionamiento y el cálculo del edificio con el fin de lograr una estructura resistente que cumpla con los requerimientos en cuanto a tamaño y resistencia a los que estará sometida en su vida útil. Estos requerimientos se agrupan en los siguientes puntos:

#### 2.1.5.1. Descripción de la parcela

La nave se ubica en la parcela 3.2. del Polígono Urazandi (Erandio). Dicha parcela comparte junto a la 3.1. una manzana al Sur-Este del Polígono, que limita al Este con el municipio vecino de Sondika, al Oeste con la parcela 4 del Polígono y al Norte con la parcela 2.



**Figura 2.** División de parcelas del Polígono industrial Urazandi (Erandio)

Se trata de una parcela casi rectangular, con alineaciones curvilíneas, que presenta unas dimensiones de 28,5x68 m, ocupando una superficie de 1938 m<sup>2</sup>. La parcela no presenta grandes desniveles pero si altos niveles de maleza, ya que siempre se ha encontrado en desuso. El terreno de la parcela se encuentra clasificado por las NNSS de Erandio como suelo apto para urbanizar industria.

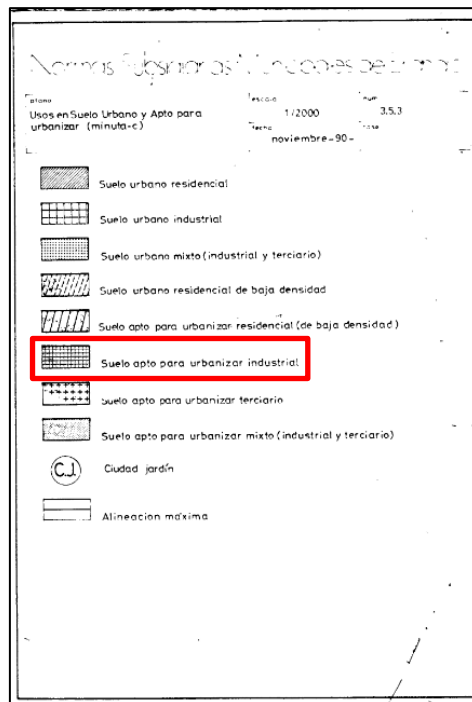
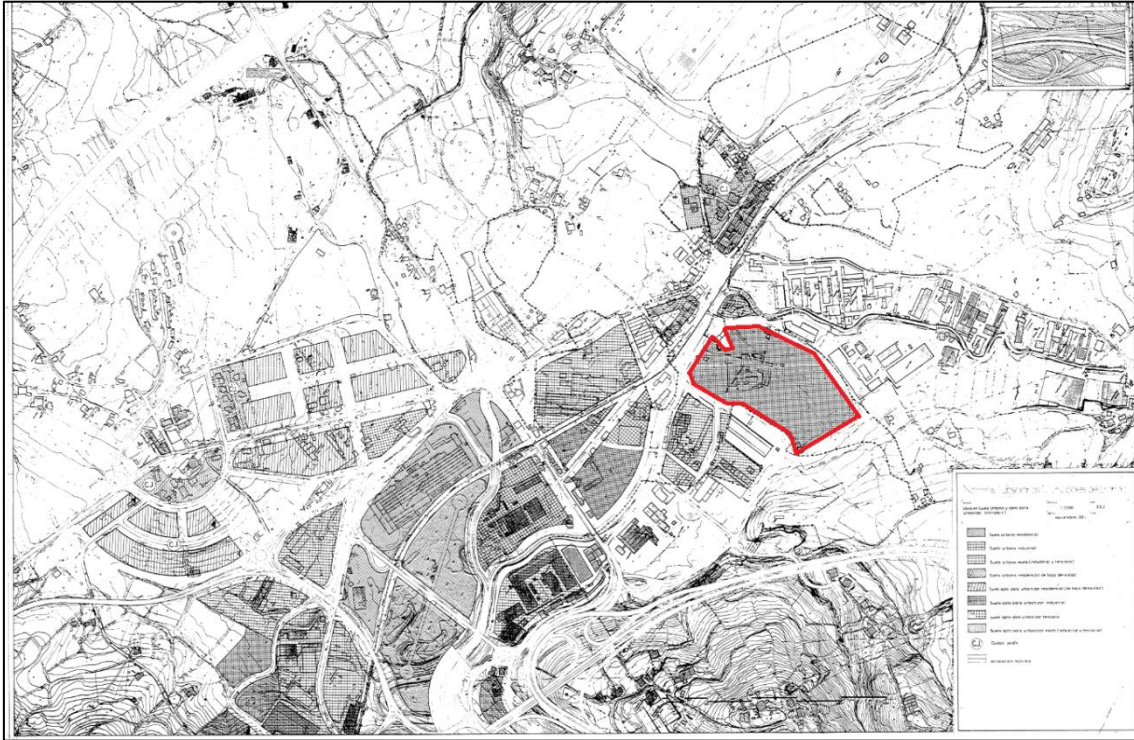


Figura 3. Plano de usos del suelo urbano en Erandio (Noviembre de 1990)

### 2.1.5.2. Justificación urbanística

La nave proyectada debe cumplir con la normativa vigente, en especial, con la normativa urbanística municipal del ayuntamiento de Erandio, que se encuentra regulada por las NNSS y el PGOU. Dicha normativa divide el municipio en varios sectores. El Polígono Urazandi entra dentro del sector Q, cuyo suelo está clasificado como apto para urbanizar industria. Por lo tanto, le serán de aplicación los parámetros urbanísticos relativos al “Área de actuación 14: Ría de Asua, de carácter industrial”. Dichos parámetros se verán alterados ya que la parcela se encuentra en colindancia al municipio de Sondika.

Para cumplir con la normativa municipal vigente, la parcela donde se proyecta la nave cuenta con una superficie de 1938 m<sup>2</sup>. El edificio proyectado se trata de una nave, con cubierta a dos aguas, con una inclinación de 5° respecto a la horizontal, 21 m de luz, 56 m de longitud y 10 m de altura en cumbre. El edificio cuenta además con una entreplanta que ocupa los dos primeros vanos de la nave, es decir, una superficie de 294 m<sup>2</sup>.

JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA			
Parámetros urbanísticos	Normativa	Proyecto	Cumple/No cumple
▪ Tipología	Aislado	Aislado	Cumple
▪ Volumetría	0,8 m <sup>2</sup> c/m <sup>2</sup>	1470 m <sup>2</sup> construidos (0,76 m <sup>2</sup> c/m <sup>2</sup> )	Cumple
▪ Ocupación máxima	70%	1176 m <sup>2</sup> (60%)	Cumple
▪ Altura máxima en cumbre	12 m (PB+2) <sup>(*)</sup>	10 m (PB+1) <sup>(*)</sup>	Cumple
▪ Altura mínima forjado	3 m	3 m	Cumple
▪ Altura mínima planta baja	6 m <sup>(**)</sup>	10 m (taller) 3 m (oficinas)	Cumple
▪ Separación a linderos	5 m	5 m	Cumple

<sup>(\*)</sup> PB: Planta baja

<sup>(\*\*)</sup> La altura mínima entre forjados admitida en zonas de oficinas es de 3 m.

### 2.1.5.3. Características del terreno

El presente proyecto no contempla la realización de un estudio geotécnico. Por lo que con el fin de conocer las características del terreno de la parcela 3.2., se consultarán los estudios geotécnicos llevados a cabo en las parcelas colindantes. El Polígono se encuentra edificado en más de un 75% de su superficie, por lo que dichos datos se considerarán fiables.

Dichos estudios deducen que el terreno que predomina en el Polígono es un tipo de terreno sin cohesión con abundantes cantidades de grava y gravilla, siendo capaz de soportar una tensión máxima de  $3 \text{ N/mm}^2$ . Además, dada la cercanía a la ría Asua el nivel freático se establece a una profundidad media de 2 m en todo el Polígono.

Por esta razón, las cimentaciones de todos los edificios construidos en el Polígono se han resuelto mediante zapatas aisladas unidas mediante vigas de atado, que evitan posibles desplazamientos horizontales de unas zapatas respecto a las otras.

Por lo tanto, teniendo en cuenta la experiencia y siguiendo con la misma solución adoptada en las parcelas vecinas, la cimentación del edificio proyectado se resolverá mediante zapatas aisladas unidas mediante sus respectivas vigas de atado. Resulta importante prestar especial atención a las excavaciones de más de 2 m de profundidad, si las hubiera, ya que en caso de encontrar agua será necesario aplicar un tratamiento impermeabilizante.

#### 2.1.5.4. Climatología

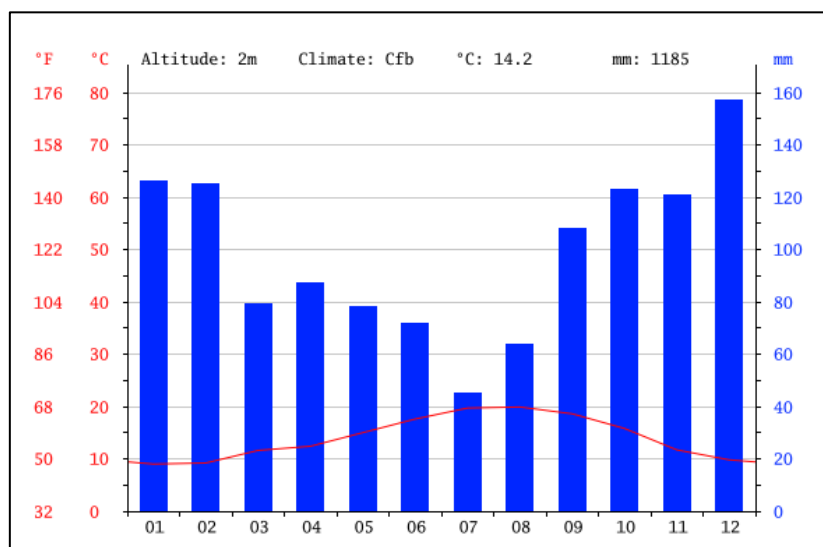
El municipio de Erandio se encuentra en la comunidad autónoma del País Vasco, al Norte de la Península Ibérica. Por lo que cuenta con un tipo de clima oceánico, con temperaturas suaves en invierno y cálidas en verano.



Figura 4. Climas en la Península Ibérica

La temperatura media del municipio es de  $14,2 \text{ }^\circ\text{C}$ , con una máxima de  $19,9 \text{ }^\circ\text{C}$  en los meses de verano y una mínima de  $9 \text{ }^\circ\text{C}$  en los de invierno. Una de las características de este tipo de clima es la abundancia de precipitaciones a lo largo de todo el año, siendo la precipitación anual total de 1185 mm. Razón por la cual la nave deberá contar con una adecuada instalación de evacuación de aguas pluviales, que sea capaz de evacuar dichas precipitaciones. Los

datos mencionados pueden contrastarse en el climograma que se adjunta a continuación:



**Figura 5.** *Climograma del municipio de Erandio*

#### 2.1.5.5. Uso de la nave

La nave se diseñará para que la empresa ALGES S.L. pueda desarrollar la actividad de metalistería en su interior. Para ello será necesaria la diferenciación de dos zonas: la zona de fabricación y la zona administrativa. La zona de fabricación deberá contar además con un portón basculante, con dimensiones suficientemente amplias, para que los camiones puedan realizar los trabajos de carga y descarga en el interior. La zona de fabricación a su vez deberá dividirse en varias subzonas en las que se llevarán a cabo diferentes operaciones de fabricación. Cerca de la zona de descarga deberá encontrarse un almacén para materias primas y otro para productos acabados, siendo las dimensiones de este último relativamente pequeñas, dado que la empresa sigue una filosofía de producción tipo “pull”, fabricando en función de la demanda del mercado.

Resulta indispensable la instalación de un puente grúa de capacidad suficiente para realizar los trabajos de carga y descarga de camiones y la manipulación de materiales de una zona de fabricación a otra. Para no entorpecer los trabajos, el interior de la zona de fabricación deberá ser diáfano, permitiendo así un aprovechamiento máximo de la superficie construida.

La zona administrativa deberá ser suficientemente amplia para albergar diferentes servicios, como: oficinas, aseos, vestuarios, comedor, etc. Y deberá estar correctamente compartimentada, haciendo coincidir, en la medida de lo posible, los tabiques con los pilares, para que éstos no supongan un estorbo a

la hora de hacer uso de los diferentes espacios. Se plantea además la idea de realizar una entreplanta para disponer de una zona de servicio más amplia.

### 2.1.5.6. Precio

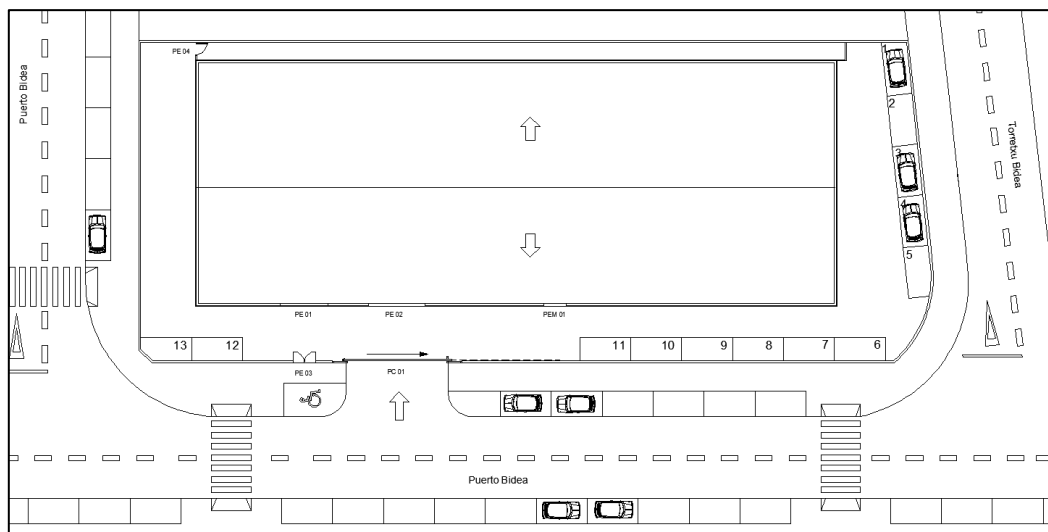
La idea de la empresa ALGES S.L. es, por lo tanto, hacerse con unas instalaciones propias, suficientemente amplias, donde pueda desarrollar su actividad sin impedimentos y que le brinden cierta modernidad al edificio.

Para ello se buscará reducir los costes al máximo, sin escatimar en lo que concierne al diseño, empleando los materiales y unidades de obra justas y necesarias para completar la construcción del edificio. La estructura de la nave será metálica, por lo que los cerramientos no tendrán función estructural. Para obtener reducciones en los costes se realizará un dimensionamiento óptimo de las secciones de los perfiles de acero.

El tiempo de construcción de la nave es otro factor que variará su coste, por lo que a la hora de realizar la planificación se intentará reducir dichos tiempos en la medida de lo posible.

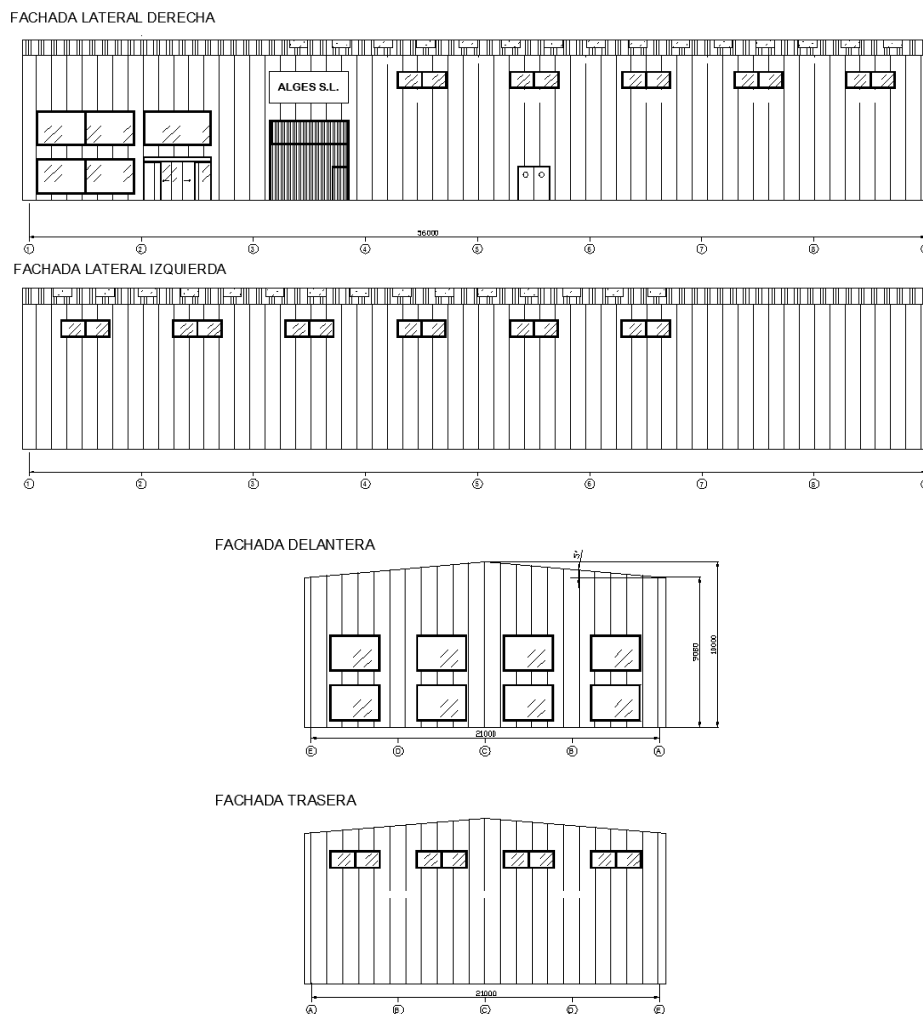
### 2.1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La metalistería ALGES S.L. es una empresa relativamente nueva, ya que lleva 9 años activa en el mercado, durante los cuales ha desarrollado su actividad en una nave en alquiler. El aumento en la demanda sufrido en la última etapa y el no contar con instalaciones propias, han motivado su necesidad por hacerse con una nave propia de dimensiones suficientemente amplias, que le permita realizar su actividad y seguir creciendo en el mercado y cuyas instalaciones la doten de cierto nivel de modernidad.



**Figura 6.** Urbanización parcela 3.2. del Polígono industrial Urazandi (Erandio)

La nueva ubicación de la nave se encuentra en la parcela 3.2. del Polígono industrial Urazandi. Se trata de una parcela con forma casi rectangular y alineaciones curvilíneas que abarca una superficie de 1938 m<sup>2</sup>. Las calles principales del Polígono son “Torretxu Bidea” y “Puerto Bidea”. El acceso a las instalaciones se realiza por esta última.



**Figura 7. Alzados de la nave**

La nave industrial dispone de cubierta a dos aguas con una inclinación de 5°. Presenta unas dimensiones de 21x56 m y 10 m de altura máxima en cumbre, abarcando una superficie de terreno de 1176 m<sup>2</sup> sobre los 1938 m<sup>2</sup> con los que cuenta la parcela. El edificio, de estructura metálica, cuenta con 1470 m<sup>2</sup> construidos en dos plantas, cumpliendo con la normativa urbanística del ayuntamiento de Erandio.

La nave está dotada de dos zonas diferenciadas: la zona de fabricación y la zona administrativa. La zona de fabricación es la más amplia del edificio y cuenta con un puente grúa de 10 tn. La zona administrativa y de oficinas cuenta con dos plantas comunicadas mediante escalera metálica con pisa de chapa lagrimada y ascensor. En esta parte del edificio se ubican las oficinas,



los aseos, el vestuario, un pequeño almacén y demás zonas para el descanso y disfrute del personal, como comedor, zona de descanso, etc.

Las superficies a ejecutar se resumen en la siguiente tabla:

CUADRO DE SUPERFICIES			
Planta baja		Primera planta	
Zona	Superficie	Zona	Superficie
Recepción	73,5 m <sup>2</sup>	Oficinas	147 m <sup>2</sup>
Oficinas	114,57 m <sup>2</sup>	Rellano escalera	36,75 m <sup>2</sup>
Comedor	32,43 m <sup>2</sup>	Zona de descanso	24,5 m <sup>2</sup>
Aseo H.	12,7 m <sup>2</sup>	Aseo H.	14,4 m <sup>2</sup>
Aseo M.	10,15 m <sup>2</sup>	Aseo M.	10,8 m <sup>2</sup>
Aseo Min.	3,67 m <sup>2</sup>	Despacho director	17,5 m <sup>2</sup>
Vestuario	17 m <sup>2</sup>	Sala de reuniones	17,5 m <sup>2</sup>
Oficina taller	12,37 m <sup>2</sup>		
Pequeño almacén	17,64 m <sup>2</sup>		
Taller	882 m <sup>2</sup>		

## 2.1.7. NORMAS Y REFERENCIAS

### 2.1.7.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

Se trata de una obra de nueva construcción por lo que, las exigencias básicas, que establece la normativa vigente, resultan de obligatoria aplicación tanto en la redacción del proyecto, como en el diseño, cálculo, conservación y mantenimiento del mismo y de sus instalaciones.

La normativa principal a seguir en todo momento durante la ejecución del proyecto y su materialización es el **CTE** y todos sus **Documentos Básicos (DB)**, que regulan la calidad de la construcción del edificio y sus instalaciones para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad en él.

- **Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE)**
- **Documento Básico de Acciones en la Edificación (DB-SE-AE)**
- **Documento Básico de Cimientos (DB-SE-C)**
- **Documento Básico de Acero (DB-SE-A)**
- **Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DB-SI)**
- **Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad (DB-SUA)**
- **Documento Básico de Protección frente al Ruido (DB-HR)**
- **Documento Básico de Salubridad (DB-HS)**

Asimismo, para el empleo del hormigón resulta de obligado cumplimiento la **Instrucción del Hormigón Estructural (EHE-08)**, en la que se establecen las exigencias que deben cumplir las estructuras de hormigón para satisfacer los requisitos de seguridad estructural y seguridad en caso de incendio, además de

la protección del medio ambiente, proporcionando procedimientos que permiten demostrar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas.

Para el cálculo del puente grúa y la viga carril se ha consultado la norma **UNE 76-201-88**, donde se fijan las bases de cálculo específicas para los caminos de rodadura de puentes grúa de construcción metálica y mediante la cual se han calculado las acciones que el puente grúa ejercerá sobre los diferentes elementos de la estructura.

En lo referente a seguridad en la obra, el proyecto y todos sus documentos cumplen con la **Ley 31/1995, de 8 de noviembre**, sobre la Prevención de Riesgos Laborales y con el **R.D. 1627/1997, de 24 de octubre**, por el cual se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en la obra.

En lo que concierne al sistema de seguridad contra incendios además del citado DB-SI, el proyecto cumple con el **R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre**, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en establecimientos industriales. La instalación contra incendios del edificio cumple además con el **R.D. 1942/1992 de 5 de noviembre**, por el cual se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios y la **Orden de 16 de abril de 1998**, sobre normas de procedimiento y desarrollo de aquel. De esta forma se consigue reducir aún más el riesgo de que los usuarios del edificio sufran daños derivados de incendios accidentales.

Respecto al control de calidad en obra, el presente proyecto y todos sus documentos cumplen con el **R.D. 209/2014, de 28 de octubre**, por el que se regula el control de calidad en la construcción.

En lo que respecta a la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) generados en obra, el presente proyecto y todos sus documentos siguen las exigencias determinadas en el **R.D. 105/2008, de 1 de febrero**, por el cual se regula la producción y la gestión de los residuos de construcción y demolición; y con la **orden MAM 304/2002**, por la que se establecen las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. Además se cumple con el **R.D. 4/2009, de 24 de febrero**, por el que se regula la eliminación de residuos por depósito en vertedero y la ejecución de los rellenos.

En lo referente a urbanismo, el edificio proyectado cumple con la **Ley 2/2006, de 30 de junio**, por la cual se regula el urbanismo en la comunidad autónoma del País Vasco. Además sigue estrictamente la normativa del ayuntamiento de Erandio que se cita a continuación:

- **Normas Subsidiarias (NNSS) de Erandio** aprobadas por B.O.B. nº126, de junio de 1993.

- **Plan Parcial del Sector Q de las NNSS de Erandio**, aprobado mediante Orden Foral nº 266/2001, de 5 de abril.
- **Proyecto de Reparcelación del Sector Q de las NNSS de Erandio**, aprobado por Decreto de Alcaldía nº 2.117/2003, del 17 de octubre.
- **Proyecto de Urbanización en desarrollo del Plan Parcial del Sector Q de las NNSS de Erandio**, aprobado por Decreto de Alcaldía nº 2.664/2004 del 15 de noviembre.
- **Estudio de Detalle para la readaptación de las alineaciones y rasantes del Sector Q de las NNSS de Erandio**, presentado en el Ayuntamiento de Erandio con fecha de entrada 15 de noviembre de 2005.

Finalmente, el presente proyecto y todos sus documentos cumplen con el **R.D. 129/1985, de 23 de enero**, por el que se modifican los decretos 462/1971, de 11 de marzo, y 469/1972, de 24 de febrero, que fijan normas en el ámbito de redacción de proyectos y Dirección de Obras de Edificación.

Asimismo, en la medida de lo posible el presente proyecto y todos sus documentos cumplen con las **Normas Tecnológicas “NTE”** de aplicación voluntaria, que plantean soluciones técnicas recomendables para casos prácticos normales de edificación, entre las que destacan las siguientes:

- **NTE-RSS - “Revestimiento de suelos: Soleras”**
- **NTE-ITA – “Instalación de Transporte”**
- **NTE-ISS – “Saneamiento”**
- **Otras**

### 2.1.7.2. Bibliografía

#### ➤ Libros y guías de interés:

- Nonnast, Robert (1991): *El proyectista de estructuras metálicas, Tomo I y II.*  
Obra práctica y resumida, de enseñanza y consulta, con breves explicaciones que tratan todo lo necesario para proyectar, desde fórmulas y su aplicación hasta tablas de perfiles, momentos, esfuerzos, etc.
- Argüelles, Ramón (1975): *La estructura metálica de hoy, Tomo I y II.*  
Obra práctica, con explicaciones más detalladas que el libro anterior, que tratan todo lo necesario para proyectar estructura metálica incluidos cálculos y planos de los tipos estructurales más característicos.
- Argüelles Álvarez, Ramón, Argüelles Bustillo, Ramón, Argüelles Bustillo, José María, Arriaga Martitegui, Francisco, Atienza Reales, José Ramón (2005): *Estructuras de acero. Cálculo.*

Obra redactada por profesores universitarios adaptada al Eurocódigo y al Código Técnico de la Edificación y estructurada como libro de texto con numerosos ejemplos acerca de diversos conceptos relativos al cálculo de estructuras metálicas.

- Reyes, Antonio Manuel (2006): *CYPE. Cálculo de estructuras metálicas con Metal 3D.*  
Manual avanzado para el uso del módulo “Nuevo Metal 3D” de CYPE.
- Arizmendi Barnes, Luís Jesús: *Cálculo y Normativa básica de las Instalaciones en los edificios, Tomo I.*  
Obra práctica para el cálculo de las instalaciones hidráulicas, de ventilación y de suministros con gases combustibles de los edificios.
- Ministerio de Empleo y Seguridad Social: *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo.*  
Guía que facilita la aplicación del R.D. 486/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- EUITI-BI (2013-2014): *Apuntes de Estructuras y Construcciones Industriales.*  
Apuntes de la asignatura Estructuras y Construcciones Industriales del curso académico 2013-2014.
- EUITI-BI (2013-2014): *Apuntes de Elasticidad y Resistencia de Materiales.*  
Apuntes de la asignatura Elasticidad y Resistencia de Materiales del curso académico 2013-2014.
- EUITI-BI (2014-2015): *Apuntes de Arquitectura Industrial.*  
Apuntes de la asignatura Arquitectura Industrial del curso académico 2014-2015.

➤ **Páginas web de interés:**

- CYPE Ingenieros (<http://www.cype.es/>)
- Generador de precios CYPE (<http://www.generadordeprecios.info.com/>)
- Ayuntamiento de Erandio (<http://www.erandio.net/>)
- PGOU de Erandio (<http://erandiopgou.com/>)
- Código Técnico de la Edificación (<http://www.codigotecnico.org/>)
- Constructalia (<http://www.constructalia.com/>)
- AENOR (<http://www.aenor.es/>)
- Foro Soloarquitectura (<http://www.soloarquitectura.com/>)
- GISLUR (<http://www.gislur.com/>)
- BOE (<http://www.boe.es/>)

- Google Maps (<http://www.google.es>maps/>)

#### ➤ **Prontuarios y catálogos de interés**

- Catálogo “GLOBALROOF-Soluciones de cubierta” de la firma ARVAL.
- Catálogo “Paramentos de fachada” de la firma ARVAL.
- Catálogo puentes grúa de la firma ABUS.
- Catalogo “Forjado colaborante” de la firma Europerfil.
- Catálogo de productos de la firma Roca.
- Catalogo “Gama de productos Pladur” de la firma Pladur.
- Catalogo “Pavimentos cerámicos” de Porcelanosa.
- Catalogo “Suelo técnico. Gamaflor Full Steel” de la firma Polygroup.
- Catálogo “Catálogo de productos Composan” de la firma Composan.
- Prontuario “Tubo Estructural” de Condesa.
- Prontuario “Perfiles laminados”
- Prontuario “Perfiles conformados en frío”

#### 2.1.7.3. Programas de cálculo

##### ➤ **Generador de pórticos (CYPE)**

Módulo del programa informático CYPE que permite crear de forma rápida la geometría de un pórtico de la nave, definiendo las cargas de peso propio, uso, nieve y viento que actúan sobre él. Permite el dimensionamiento de las correas de cubierta y laterales, ofreciendo la opción de optimizar el perfil y la separación entre las mismas. Una vez realizado el cálculo de las correas ofrece la opción de exportar la obra a Nuevo Metal 3D, para poder continuar con ella.

##### ➤ **Nuevo Metal 3D**

Módulo del programa informático CYPE, que ofrece la posibilidad de continuar con la obra creada en el Generador de pórticos, o empezar una obra nueva desde cero, añadiendo todas las barras y nudos necesarios para definir la estructura en su totalidad. Al igual que el Generador de pórticos permite introducir las diferentes cargas de forma rápida y permite el dimensionamiento de todos los elementos estructurales, con la opción de optimizar los resultados obtenidos. Incluye además el dimensionamiento de uniones, tanto soldadas

como atornilladas y el dimensionamiento de las cimentaciones y placas de anclaje.

El módulo Nuevo Metal 3D ha sido concebido para el cálculo de estructuras metálicas y basa su cálculo en el método matricial. Se trata de un sistema lineal de ecuaciones en el que se idealiza la estructura y se suponen desconocidos los desplazamientos y los giros de los nudos de las barras. Para solucionar el sistema se establecen tres tipos de relaciones: la relación entre los desplazamientos y los esfuerzos que éstos originan en los extremos de las barras, la relación de compatibilidad entre las deformaciones, poniendo los movimientos de los extremos de las barras (coordenadas locales) en función de los movimientos de los nudos (coordenadas globales) y finalmente, planteando las ecuaciones de equilibrio de los nudos. De esta forma se establecen grandes sistemas lineales de ecuaciones cuyas incógnitas son los desplazamientos. Una vez obtenidos los desplazamientos y conocidas sus relaciones con los esfuerzos en los nudos, es posible calcular dichos esfuerzos.

Para aplicar el método matricial resulta necesario llevar a cabo una idealización y simplificación de la estructura. En la cual se supone un comportamiento lineal de la misma y de los materiales que la forman, considerando pequeños los movimientos de los nudos en comparación a las dimensiones de la estructura y despreciando los fenómenos que varían y afectan a la rigidez. El modelo de cálculo se intenta aproximar lo máximo posible al modelo real, sin embargo, dichas simplificaciones impiden la fiabilidad total de los cálculos realizados. Por ejemplo, las solicitaciones calculadas pueden resultar diferentes a las reales o durante la construcción, la propia estructura puede sufrir cambios o solicitaciones que no estaban previstos. Aun así las pequeñas diferencias que pudieran darse entre el modelo real y el idealizado se consideran mínimas y pueden salvarse mediante la correcta aplicación de la normativa vigente y la experiencia personal de técnicos competentes en la materia.

#### ➤ **CESPLA**

Se trata de un programa informático básico para el cálculo de estructuras reticulares planas. En el presente proyecto se ha hecho uso de él para cálculos puntuales y para obtener ciertos diagramas de momentos.

#### ➤ **CRANEWAY**

Programa informático que realiza el cálculo de vigas carril para puentes grúa según EN 1993-6:2008-9 y DIN 4132:1981-02 y DIN 18800:1990-11.

Realiza un análisis de tensiones para puentes grúa y soldaduras, análisis de fatiga, análisis de formaciones, cálculo de abolladura y análisis de estabilidad para pandeo lateral.

➤ **AutoCAD**

Software de diseño asistido por ordenador empleado para la realización de los planos.

## 2.2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

### 2.2.1. ESTUDIO DE LAS SOLUCIONES

#### 2.2.1.1. Estructura de la nave

##### 2.2.1.1.1. Material de la estructura

Entre los distintos materiales estructurales que se emplean en la realización de naves industriales destacan por su rápida ejecución el hormigón prefabricado y el acero estructural. Cada uno de ellos ofrece diferentes ventajas y desventajas que serán brevemente mencionadas a continuación.

➤ Hormigón prefabricado

Las ventajas del hormigón prefabricado pueden resumirse en su alta resistencia a compresión, bajo coste, larga duración y rápida ejecución. Pese a dicha ventaja el hormigón prefabricado presenta cierto límite a la hora de salvar edificios con grandes luces.



**Figura 8.** Estructura de hormigón prefabricado de nave industrial

➤ Acero

Las ventajas principales que presentan las estructuras de acero se resumen en su alta resistencia tanto a tracción como a compresión, su bajo peso propio en comparación al hormigón y la versatilidad que brinda al proyectista tanto en formas como en acabados. Dado a su bajo peso propio, optimizando los perfiles al máximo, pueden conseguirse secciones muy reducidas y resulta una opción adecuada para salvar grandes luces.

Pese a las ventajas mencionadas es un material sensible al fuego por lo que debe ser protegido con una capa de pintura intumescente que mejore sus propiedades.





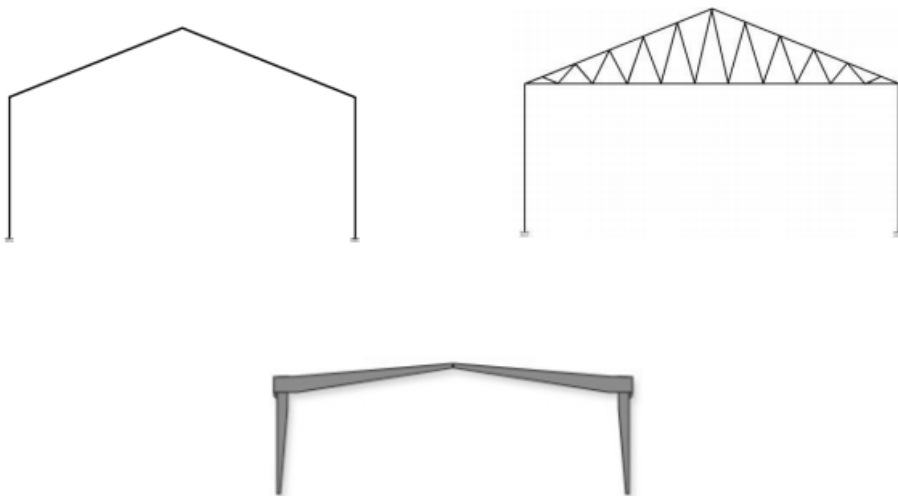
**Figura 9.** Estructura metálica de nave industrial

Analizando las ventajas y desventajas que supone el empleo de cada tipo de material, finalmente se opta por realizar la estructura de la nave mediante perfiles de acero, valorando su mayor flexibilidad a la hora de realizar la estructura y su capacidad para salvar los 21 m de luz con los que cuenta la nave.

#### 2.2.1.1.2. Tipo de pórticos

Los pórticos metálicos empleados en las construcciones industriales se dividen en tres tipos:

- Pórticos de alma llena con perfiles de sección constante.
- Formando triangulaciones (celosías).
- Pórticos de alma llena con perfiles de sección variable.



**Figura 10.** Diferentes tipos de pórticos: sección constante, celosía y sección variable

La distancia entre los pórticos de la presente nave es de 7 m por lo que la última opción queda descartada ya que los perfiles de sección variable se emplean para distancias entre pórticos a partir de 8-10 m.

Entre las dos opciones restantes, se considera más factible la opción de emplear celosías para salvar los 21 m de luz con los que cuenta la nave y evitar el uso de vigas de cantos importantes, pese a que el uso de celosías no permite el aprovechamiento del espacio bajo ellas.

Para verificar la solución adoptada se ha realizado un estudio acerca de la economicidad en lo que respecta a material supone el empleo de una celosía en las vigas de los pórticos de la nave, intentando aligerar la estructura lo máximo posible. Para llevar a cabo el estudio se ha empleado una celosía Warren valorando su buena relación resistencia-peso, ya que elimina las montantes y dispone únicamente de un cordón superior, uno inferior y diagonales. Los detalles del estudio pueden ser consultados en el apartado "3.2.9. Estudio de los pórticos" del documento "3.Anexos" del presente proyecto.

Mediante dicho estudio se verifica que el uso de celosías realizadas mediante perfiles tubulares cuadrados reduce el peso que la estructura debe soportar (alrededor de 1778,77 kg en toda la nave) y por lo tanto, los costes en material. Aunque el coste total del Proyecto no llegue a reducirse, dado que la reducción en el coste del material queda compensada por el aumento del coste de mano de obra, debido a las horas de montaje que supone la instalación de una celosía.

Las celosías se empotrarán a los pilares de la estructura, asimismo los pilares se empotrarán a la cimentación. Por lo tanto, se tratará de pórticos biempotrados que según varios estudios realizados resultan más económicos que los pórticos biarticulados.

La estructura será tratada como traslacional debido que los desplazamientos que presentan los nudos en el plano transversal al edificio, bajo las solicitaciones de cálculo, no pueden ser despreciados.

#### **2.2.1.1.3. Elementos de la estructura principal**

La estructura principal de la nave está compuesta por pórticos, que a su vez se componen de vigas o celosías y pilares.

En caso de emplear pórticos en celosía, se diseñarán dos tipos de pórticos diferentes: los hastiales y los intermedios, también conocidos como pórtico tipo. Esto se debe a que el uso de celosías en los pórticos hastiales supondría un gasto innecesario de tiempo y de material, dado que estos

pórticos soportarán la mitad de carga que los pórticos tipo y la sección de los perfiles que se emplearán como vigas será mucho menor.

Para los perfiles de la celosía se propone el uso de perfiles tubulares cuadrados conformados en frío. Mientras que para los perfiles restantes, vigas y pilares, se preferirá el uso de perfiles laminados en acero S275.

#### 2.2.1.1.4. Elementos de la estructura secundarios

Los elementos de la estructura secundarios hacen referencia a los arriostramientos, pilarillos y vigas de atado.

##### ➤ Arriostramientos

Hacen referencia a los entramados de cubierta, también conocidos como viga a contraviento, y a los entramados laterales. Su misión será absorber los empujes longitudinales provocados por el viento debido a la presión que ejerce sobre las paredes frontales del edificio, así como las fuerzas de inercia longitudinales originadas por el puente grúa en movimiento.

Generalmente los arriostramientos se resuelven mediante tirantes en Cruz de San Andrés enmarcados en sus correspondientes bastidores, aunque también existen otro tipo de disposiciones, como la triangulación en K.

Se prefiere el uso de tirantes para la formación de cruces dado que trabajarán únicamente a tracción evitando cualquier problema que pudiera originarse por pandeo.

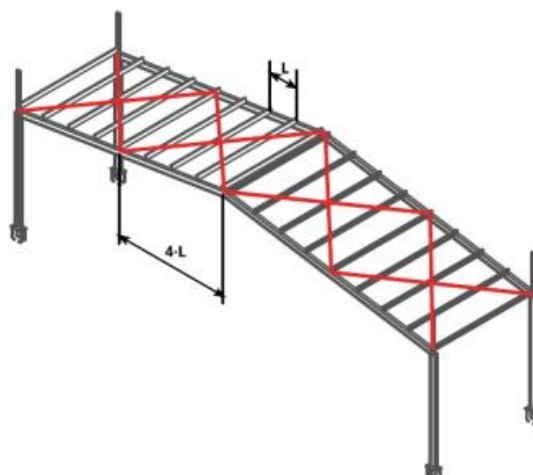
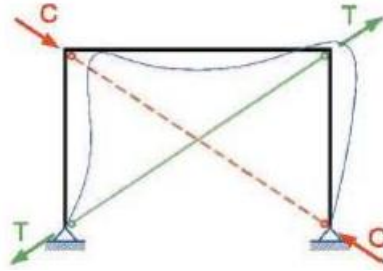


Figura 11. Ejemplo de arriostramiento en cubierta



**Figura 12.** Ejemplo de tirantes formando cruces trabajando a tracción

A priori no se conoce el número de entramados con los que contará la nave, aunque resulta muy común emplear entramados en los pórticos hastiales.

Si la junta de dilatación se resuelve mediante agujeros rasgados que permitan la libre dilatación de las correas, vigas de atado y carrileras, se dispondrá un entramado a un lado de la junta mientras que el otro quedará libre, pudiendo absorber las dilataciones y movimientos de la nave. En caso de que la junta se resuelva doblando un pórtico se dispondrán arriostramientos a los dos lados del pórtico ya que se tratará de dos edificios diferentes.

#### ➤ Pilarillos

Los pilarillos se ubican en los pórticos hastiales y tienen la función de transmitir las solicitaciones del viento a la cimentación y a la viga a contraviento, coincidiendo con los bastidores que sirven de marco a los tirantes de las Cruces de San Andrés.

Debe considerarse la unión de los pilares a la cimentación, pudiendo ser articulada o rígida. La ejecución de una unión articulada haría trabajar más al pilar, por lo que sería necesaria una sección de perfil mayor, mientras que los esfuerzos transmitidos a la cimentación serían menores y se necesitaría un menor volumen de hormigón. En el caso de uniones rígidas el pilar trabajaría menos, consiguiendo un perfil con menor sección, pero los esfuerzos transmitidos a la cimentación serían mayores y se necesitaría mayor volumen de hormigón.

Los pilarillos se constituirán por perfiles laminados en acero S275.

#### ➤ Vigas de atado

Las vigas de atado son perfiles que se disponen entre pórtico y pórtico, cuya misión es unir las cabezas de los pilares y realizar la transmisión de las

fuerzas longitudinales a las que va a estar sometida la nave, hasta los elementos estabilizadores.

De esta forma los pórticos quedan arriostrados en su plano longitudinal. Es importante que los pilares mantengan su horizontalidad lo mejor posible, pues cualquier desviación de la misma podría provocar un momento en la base de los mismos y por consecuencia, un levantamiento en la zapata.

Las vigas de atado se articularán a las cabezas de los pilares. Se emplearán perfiles laminados en acero S275 de menor sección que los empleados en los pilares.

#### 2.2.1.1.5. Uniones y empalmes

La elección de las secciones en las que se efectúa el empalme de las barras durante el montaje corresponde a aquellas zonas en las que las flexiones son más reducidas. No obstante, frecuentemente, estas uniones se realizan por razones constructivas, en el nudo de la esquina solicitado por los esfuerzos de flexión más importantes.

La unión entre piezas que forman la estructura metálica puede ejecutarse atornillada o soldada. Para las uniones realizadas en taller se prefiere la soldadura, ya que es el medio más rápido. Para las uniones realizadas en obra se emplean de igual modo una u otra. El uso de un tipo de unión u otra quedará en manos del proyectista.

Entre las ventajas que ofrecen las uniones atornilladas destaca:

- Facilidad para el desmontaje.
- Bajos costes operativos.
- No se necesita mano de obra especializada.
- Inexistencia de tensiones residuales.

Pese a dichas ventajas, los agujeros presentan concentraciones tensionales, su ejecución es más lenta y los elementos de tornillería pueden aflojarse con el tiempo y presentar corrosión.

Por otra parte, las uniones soldadas ofrecen las siguientes ventajas:

- Unión perfectamente hermética a los fluidos.
- Presentan igual o mayor resistencia que los metales de la base.
- Su ejecución es rápida.
- Buena apariencia.

Pese a ello, se necesita mano de obra especializada y requieren de un control de calidad riguroso ya que pueden aparecer grietas, tensiones residuales, etc.

### 2.2.1.2. Cerramientos

#### 2.2.1.2.1. Cerramiento de cubierta

La cubierta es un elemento constructivo que está sometido a condiciones muy adversas y ha de satisfacer las funciones de estanqueidad, protección y aislamiento, mejorando la habitabilidad en el interior del edificio. El hecho de estar expuesto continuamente a diversos agentes exteriores (radiación solar, viento, nieve, etc.) provoca que la cubierta se vea sometida a un deterioro constante, lo que obliga a emplear ciertos tipos de materiales que la protejan.

El uso de tejas cerámicas queda totalmente descartado, dado que el peso propio de la cubierta ascendería a  $100 \text{ kg/m}^2$ , lo que repercutiría negativamente en el cálculo de la estructura. Entre los sistemas más extendidos para su uso en las cubiertas de naves industriales se encuentran los siguientes:

- Chapa simple perfilada: Se trata de chapas de acero galvanizado. Entre las ventajas que ofrecen destacan su fácil colocación, gran versatilidad y bajo peso que favorecen su manejo y reducen la carga que soporta la cubierta. Entre las desventajas destacan su nulo aislamiento acústico y térmico, por lo que se obtienen locales extremadamente calurosos en verano y extremadamente fríos en invierno. Por ello, su uso se limita a locales en los que no se prevé el tránsito de personas.

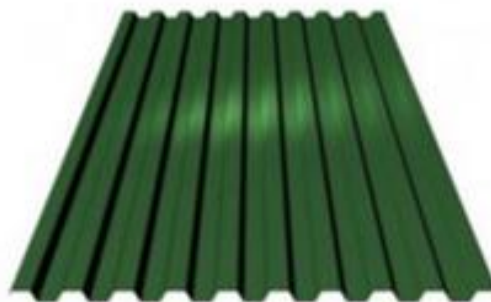
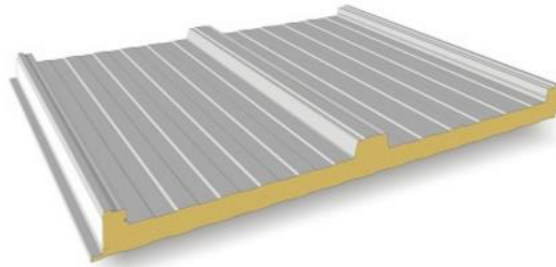


Figura 13. Chapa metálica simple perfilada

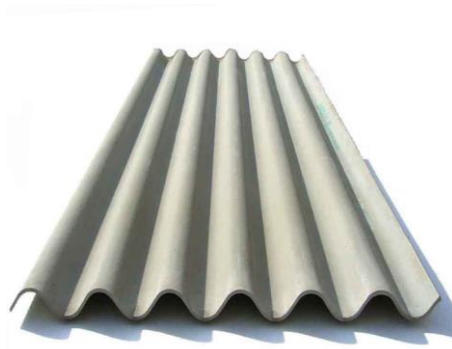
- Paneles prefabricados tipo sándwich: Se componen de dos chapas de acero, una exterior y otra interior, de espesor alrededor de 0,5 mm y

unidas entre sí por un núcleo de material aislante, pudiendo ser éste espuma de poliuretano, lana de roca, etc. Se trata de un tipo de panel autoportante cuyo espesor varía generalmente entre 30 y 80 mm, en función del nivel de aislamiento que se requiera en el interior del local. Se emplea tanto para cerramientos de fachada como de cubierta. Se trata de una de las soluciones más extendidas en la realización de cerramientos en naves industriales.



**Figura 14.** *Panel sándwich*

- **Fibrocemento:** Las placas de fibrocemento sustituyen a las antiguas placas de uralita, que se formaban a partir de fibras de amianto, material considerado perjudicial para la salud humana. Las placas se colocan solapadas de manera que se eviten posibles filtraciones de agua al interior. Ello requiere una previa preparación de las mismas, realizando los cortes necesarios. Entre sus principales ventajas destacan su ligereza y su resistencia a la intemperie, frente a sus desventajas de escaso aislamiento térmico.



**Figura 15.** *Placa de fibrocemento*

A la hora de tomar una decisión se tendrá en cuenta principalmente los factores de peso propio, aislamiento, comportamiento frente al fuego y rapidez en la ejecución. Tomando finalmente la decisión de emplear paneles prefabricados tipo sándwich, dado que sus características proporcionan un adecuado aislamiento al edificio sin necesidad de ningún otro tipo de aislamiento adicional. Además este tipo de cubierta no repercutirá

negativamente en el cálculo de la estructura, ya que se trata de un tipo de aislamiento ligero y rígido, que arriostrará las correas en su plano.

### 2.2.1.2.2. Cerramiento de fachada

Al igual que los cerramientos de cubierta, los cerramientos de fachada también se encuentran continuamente expuestos a diferentes agentes externos. Entre los cerramientos empleados en las fachadas de las naves industriales destacan los siguientes:

- Ladrillos: Sistema poco extendido para la realización de fachadas de naves industriales dado que su colocación requiere de bastante tiempo. Su uso se encuentra más extendido para la realización de los tabiques interiores del edificio.
- Paneles de hormigón prefabricado: Se trata de paneles de hormigón previamente fabricados en taller, que disponen de machihembrado para realizar un fácil y rápido ensamblaje en su puesta en obra. Suelen emplearse placas de hormigón aligeradas (placas alveolares).



Figura 16. Placas alveolares para cerramiento de fachada

- Panel sándwich: Se trata del mismo sistema empleado en el cerramiento de cubierta.
- Chapas metálicas simples: Se trata del mismo sistema empleado en el cerramiento de cubierta.

Para tomar una decisión acerca del cerramiento lateral a emplear se tendrá en cuenta los factores de aislamiento, comportamiento ante el fuego y rapidez en la ejecución. En este caso, el peso propio tendrá menor incidencia en la decisión final, dado que, la estructura del edificio no deberá soportar la carga del cerramiento. Finalmente, siguiendo el mismo razonamiento empleado en la elección del cerramiento de la cubierta, se ha optado por el uso de paneles prefabricados tipo sándwich.

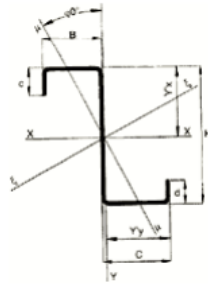
### 2.2.1.3. Correas

Las correas metálicas son los elementos constructivos sobre los que apoya el cerramiento de la nave, que apoyan a su vez sobre los dinteles o los

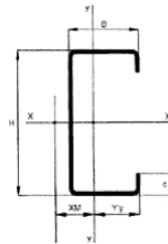


cordones superiores de las celosías, mediante ejiones que impiden su vuelco. Con cerramiento de paneles prefabricados ligeros se emplean como correas perfiles laminados en caliente o conformados en frío. Entre estas dos opciones se preferirán los perfiles conformados en frío dado su buena relación resistencia-peso.

La elección de un tipo de perfil u otro variará en función de la pendiente de la cubierta. Para una inclinación de cubierta menor del %20, los perfiles conformados en C son la opción más adecuada, ya que son los que mejor trabajan, mientras que para inclinaciones mayores se opta por el empleo de perfiles conformados en Z.



**Figura 17.** Correas conformadas en Z para una inclinación mayor del 20%



**Figura 18.** Correas conformadas en C para una inclinación menor del 20%

En el caso de las correas instaladas en los paramentos de la nave, se colocarán de tal forma que dispongan su eje débil perpendicular al plano de la pared, lo que resultará muy favorable para resistir las cargas del viento pero no las debidas a su propio peso y al del cerramiento. Por lo que, en numerosas ocasiones para reducir los momentos que se crean en el plano paralelo a la correa se deberá disponer tirantes de redondo o pletinas.

#### 2.2.1.4. Forjado de entreplanta

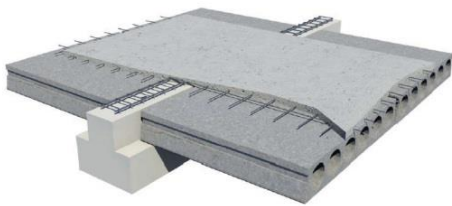
Los forjados dividen el espacio vertical en subespacios, generando diversos planos de utilización dentro del edificio. Se trata de los elementos estructurales que reciben directamente las cargas y las transmiten a los restantes elementos de la cubierta. Deben ser capaces de resistir las cargas correspondientes a su uso sin presentar deformaciones ni vibraciones

excesivas. Según la forma de transmitir las cargas existen varios tipos de forjados entre los que se diferencian los forjados unidireccionales y los bidireccionales.

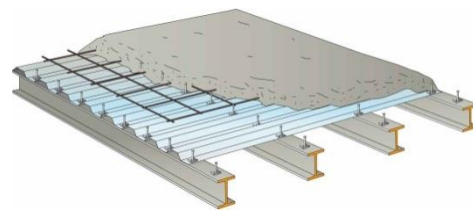
- **Forjado unidireccional:** Se trata de los forjados que flectan principalmente en una dirección y que deben apoyar sobre elementos lineales, tales como correas, muros de carga, etc. También pueden presentar una pequeña flexión transversal, que será mucho menor que la flexión principal y en numerosas ocasiones podrá ser despreciada.
- **Forjado bidireccional:** Se trata de forjados que flectan en dos direcciones, por lo que pueden apoyar sobre elementos lineales o puntuales, tales como pilares, que no tienen por qué estar dispuestos de forma ordenada.

Dada las características de la estructura de la nave se optará por un forjado unidireccional, que apoyará sobre una estructura de entreplanta compuesta por correas y vigas cargadero, en las que se preferirán perfiles laminados en acero S275, que transmitirán las solicitaciones a los pilares, que a su vez las transmitirán a la cimentación.

Dentro de los forjados unidireccionales existen diferentes tipos de soluciones: forjados de chapa colaborante, forjados de losas alveolares o macizas, forjados de bovedillas o viguetas, etc. La elección de una u otra solución se realizará en base a los parámetros y consideraciones constructivas pertinentes.



**Figura 19.** Forjado de losa alveolar



**Figura 20.** Forjado de chapa colaborante

Finalmente, se opta por el uso de un forjado de chapa colaborante, valorando su rapidez a la hora de la ejecución, razón por la que su uso se encuentra muy extendido en todo tipo de edificaciones industriales con varias plantas. Este tipo de forjado arriostrará la estructura de la entreplanta en su plano, reduciendo notablemente las longitudes de pandeo de correas y vigas. Pese a la rapidez en su ejecución, la capacidad de salvar grandes luces con secciones muy reducidas y su peso propio relativamente pequeño, presenta una serie de desventajas, entre las que se encuentran su elevado coste, su mal comportamiento térmico y acústico y su necesidad de ser protegido ante el fuego.

### 2.2.1.5. Junta de dilatación

El CTE prohíbe la existencia de elementos longitudinales continuos de más de 40 m de longitud si se quieren desprestigiar los esfuerzos producidos por las variaciones térmicas. El edificio proyectado cuenta con 56 m de longitud por lo que, deberá optarse por considerar los esfuerzos térmicos o por realizar una junta en el pórtico intermedio del edificio.

En caso de optar por la opción de realizar una junta de dilatación, se realizará en todos los elementos estructurales longitudinales de la nave, es decir, correas, vigas de atado y carrileras, debiendo coincidir todas en el mismo pórtico.

Dichas juntas pueden ser resueltas de varias formas: duplicando pórticos, mediante ménsula, agujeros rasgados, etc. Siendo la primera opción, la menos económica ya que conllevaría la construcción de un pórtico adicional.

## 2.2.2. SOLUCIONES ADOPTADAS

### 2.2.2.1. Estructura de la nave

#### 2.2.2.1.1. Material de la estructura de la nave

La estructura de la nave se realiza mediante perfiles metálicos atendiendo a las razones mencionadas en el apartado anterior.

Los perfiles metálicos se clasifican según el tipo de acero en la UNE EN 10025. Generalmente en construcción, para perfiles laminados se emplea el acero S275 y para perfiles conformados el S235.

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)			Temperatura del ensayo Charpy °C	
	Tensión de límite elástico $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )		Tensión de rotura $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )		
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63		
S235JR				20	
S235J0	235	225	215	360	0
S235J2					-20
S275JR					20
S275J0	275	265	255	410	0
S275J2					-20
S355JR					20
S355J0	355	345	335	470	0
S355J2					-20
S355K2					-20 <sup>(1)</sup>
S450J0	450	430	410	550	0

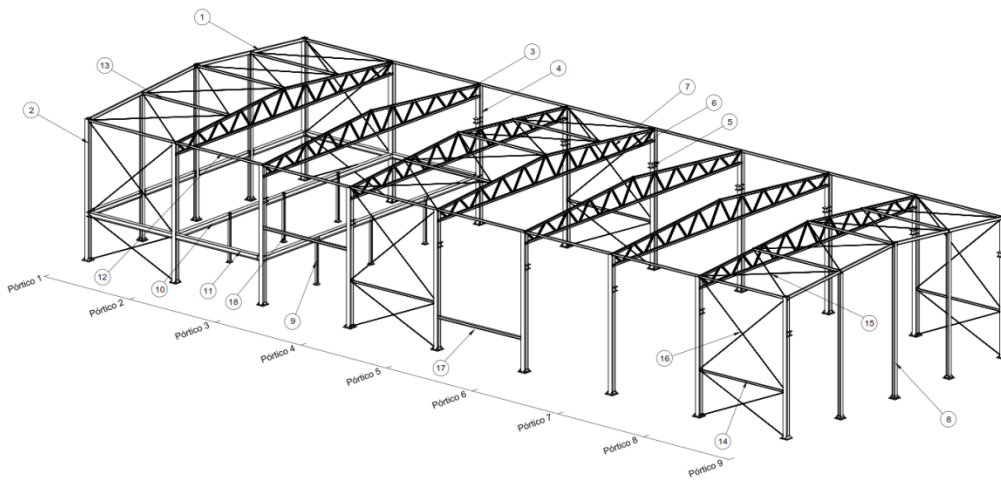
<sup>(1)</sup> Se le exige una energía mínima de 40J.

Figura 21. Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025

Para la celosía se preferirá el uso de perfiles tubulares en acero S275 que dotarán al interior del edificio de una agradable estética. Para el resto de elementos estructurales se preferirá el uso de perfiles laminados en acero S275: gama IPE, IPN, HEB, etc.

### 2.2.2.1.2. Descripción general de la estructura

La nave proyectada cuenta con una luz de 21 m y una longitud de 56 m. La distancia entre pórticos es de 7 metros, consiguiendo así un total de 9 pórticos. La cubierta de la nave es a dos aguas y cuenta con una inclinación de 5° respecto a la horizontal.



**Figura 22.** Estructura 3D de la nave

Los pórticos tipo de la nave cuentan con una celosía Warren que evita el uso de vigas de cantos importantes y aligera la estructura. Los pórticos hastiales son pórticos de alma llena constituidos por perfiles laminados.

En los 42 m de camino de rodadura del puente grúa de 10 tn, la estructura de la nave cuenta con ménsulas que sirven de apoyo a la viga carril.

La estructura se arriostra mediante tirantes en Cruz de San Andrés dispuestos en los pórticos hastiales, tanto en cubierta como en los laterales. Dichos arriostramientos ayudan a absorber las fuerzas longitudinales que el viento ejerce sobre la estructura de la nave. Además, dados los 56 m de longitud con los que cuenta la nave y dado que no se tienen en cuenta los esfuerzos debidos a los cambios de temperatura, resulta necesario realizar una junta de dilatación en el edificio. Dicha junta se realiza en el pórtico nº 5 en correas, vigas de atado y vigas carril, resolviéndola mediante agujeros rasgados. Además se arriostra un lado del pórtico nº5 mientras que el otro queda libre, pudiendo absorber las dilataciones y movimientos del edificio.

Los dos primeros pórticos de la nave cuentan con una entreplanta, dotando al edificio de una zona de servicios más amplia. La comunicación entre los dos niveles se realiza mediante escalera y ascensor, que facilita el acceso de personas con movilidad reducida a todos los espacios del edificio.

### 2.2.2.1.3. Pórticos

Como se ha mencionado en el apartado anterior, se emplearán celosías en los pórticos tipo de la nave mientras que los pórticos hastiales serán pórticos de alma llena.

La celosía Warren empleada en los pórticos tipo consta de un cordón superior, un cordón inferior y diagonales que van desde el cordón superior al inferior. La distancia entre nudos en el cordón superior e inferior es de 2,1 m. Por estética tanto el cordón superior como el inferior están formados por perfiles tubulares de dimensiones 140x140x10, al igual que las diagonales, que son también perfiles tubulares, de dimensiones 80x80x8. Los pilares de los pórticos tipo están constituidos por perfiles laminados HEB 320 que le otorgan una rigidez suficiente al edificio y reducen los desplazamientos del mismo.

Resulta necesario realizar el arriostramiento del cordón inferior de la celosía, ya que en caso de no realizarlo, el cordón pandeará como una única pieza con una longitud de pandeo de 21 m. Por ello, el cordón inferior se arriostará en tres puntos, que coincidirán con la distribución de los pilarillos. El arriostramiento se realizará mediante perfiles tubulares que unirán el cordón superior de la celosía con el cordón inferior de la siguiente celosía. Los detalles referentes a dicho arriostramiento pueden consultarse en el PL-19.

Las vigas de alma llena de los pórticos hastiales están constituidas por perfiles laminados IPN 200, mientras que los pilares son perfiles HEB 280.

Los pórticos cuentan con ménsulas realizadas a partir de perfiles HEB 280 e instaladas a 6,75 m de la base de los pilares en todo el camino de rodadura del puente grúa. La nave cuenta con un total de 9 pórticos agrupados en 5 tipos diferentes:

➤ **Pórtico tipo: 4,5,6,7,8 (PL-9)**

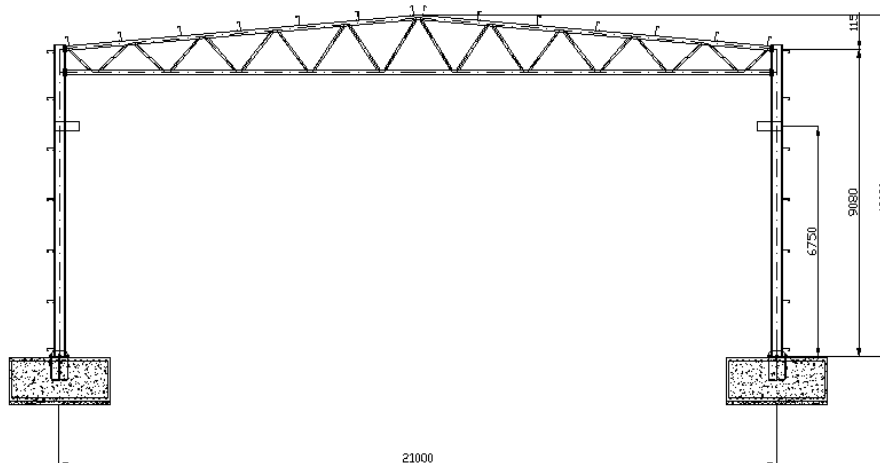


Figura 23. *Pórtico tipo*

- **Cordón superior:** SHS 140x140x10
- **Cordón inferior:** SHS 140x140x10
- **Diagonales:** SHS 80x80x8
- **Pilares:** HEB 320
- **Ménsulas:** HEB 280

➤ **Pórtico hastial delantero: 1 (PL-11)**

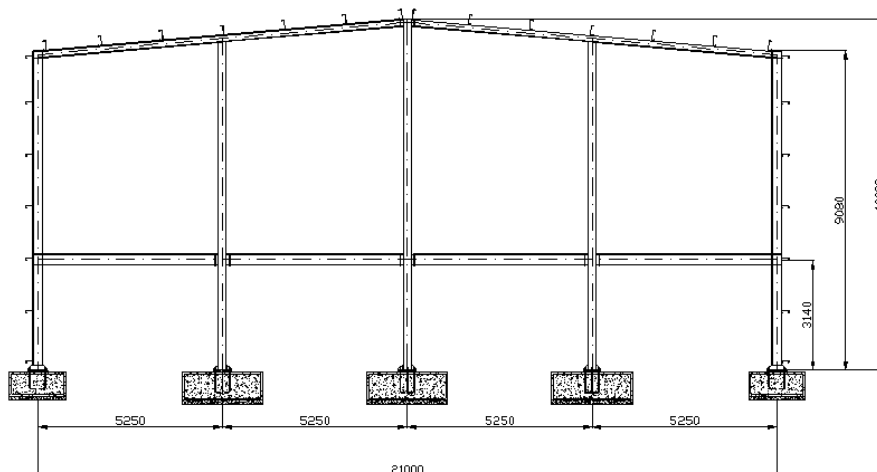


Figura 24. *Pórtico hastial delantero*

- **Vigas:** IPN 200
- **Pilares:** HEB 280
- **Ménsulas:** HEB 280

➤ **Pórtico hastial trasero: 9 (PL-12)**

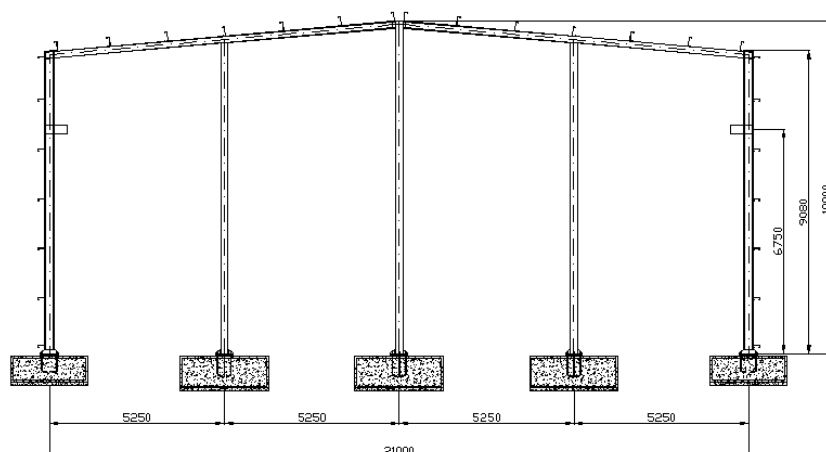


Figura 25. *Pórtico hastial trasero*

- **Vigas:** IPN 200
- **Pilares:** HEB 280
- **Ménsulas:** HEB 280

➤ **Pórtico entreplanta I: 2 (PL-15)**

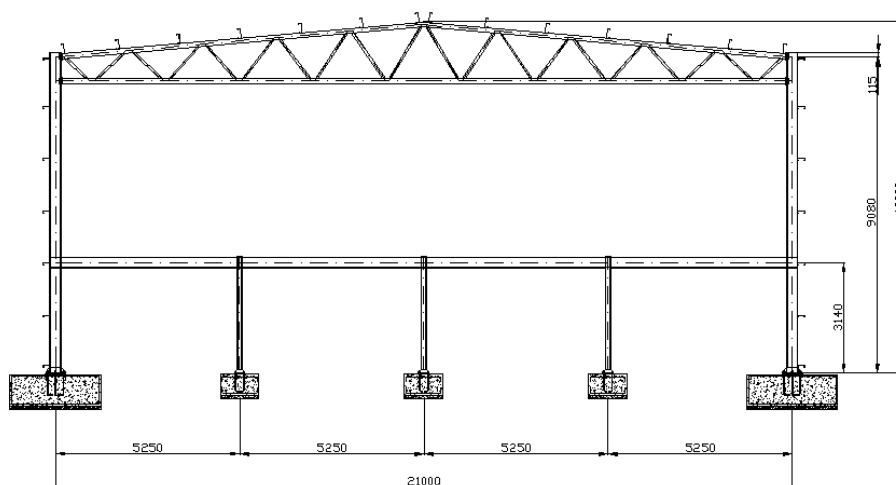


Figura 26. *Pórtico entreplanta I*

- **Cordón superior:** SHS 140x140x10
- **Cordón inferior:** SHS 140x140x10
- **Diagonales:** SHS 80x80x8
- **Pilares:** HEB 320

▪ **Pórtico entreplanta II: 38 (PL-16)**

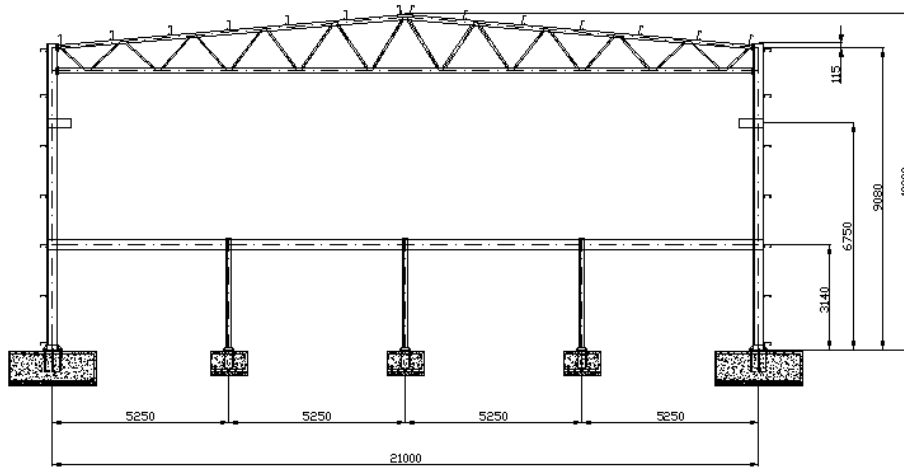


Figura 27. Pórtico entreplanta II

- **Cordón superior:** SHS 140x140x10
- **Cordón inferior:** SHS 140x140x10
- **Diagonales:** SHS 80x80x8
- **Pilares:** HEB 320
- **Ménsulas:** HEB 280

#### 2.2.2.1.4. Uniones y empalmes

Las uniones, tanto las realizadas en taller como las realizadas en obra, entre elementos metálicos serán en su gran mayoría soldaduras.

Se llevará a cabo un estricto control de las soldaduras realizadas en obra mediante los ensayos definidos en el documento "8.3. Plan de Control de Calidad", que para una obra de las presentes dimensiones con un control a nivel normal, resultan suficientes los ensayos no destructivos de líquidos penetrantes.

En numerosas ocasiones se dispondrán rigidizadores y cartelas que refuercen las uniones y las doten de mayor rigidez, asegurando empotramientos perfectos entre los diferentes elementos estructurales.

#### 2.2.2.2. Entreplanta

La entreplanta se ubica en los dos primeros vanos de la nave y forma parte de la zona administrativa del edificio.



### 2.2.2.1. Estructura de entreplanta

La estructura de la entreplanta se sustenta mediante pilares (HEB 140) distanciados 5,25 m entre sí que se encuentran alineados con los pórticos. Las vigas cargadero de la entreplanta se componen de perfiles laminados IPN 320, que a su vez soportan las cargas transmitidas por las correas (HEB 240).

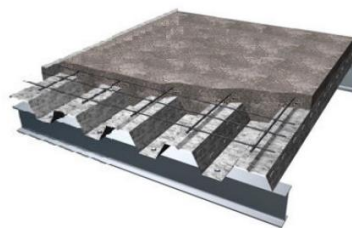
Resulta necesaria la apertura de dos huecos en el forjado, uno para el ascensor y otro para la escalera. El hueco del ascensor tendrá unas dimensiones de 1,75x1,75 m, considerándolas suficientes para que la estructura que soporte al ascensor discurra por dentro de él sin tener contacto con las vigas y correas que forman la entreplanta y por lo tanto, sin transmitirles ningún tipo de carga.

El hueco de la escalera contará con unas dimensiones de 4,373x2,219 m. Las zancas apoyarán sobre correas HEB 280 que formarán el hueco.

Los detalles referentes a la estructura de la entreplanta pueden consultarse en el PL-23.

### 2.2.2.2. Forjado

El forjado de la entreplanta se resuelve mediante el forjado de chapa colaborante "Haircol 59" de la firma Europerfil, con una chapa de espesor 0,75 mm, mallazo de negativos 200x200x8 y capa compresora de 10 cm de hormigón de resistencia característica 250 kg/cm<sup>2</sup>. Las chapas se colocan solapadas y se llevan hasta el borde del forjado, que se encuentra encofrado mediante una chapa perimetral de 1 mm de espesor.



**Figura 28.** Losa de forjado colaborante "Haircol 59"

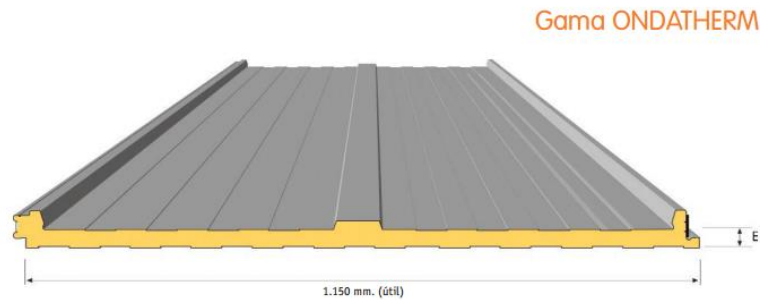
Así como en la estructura de la entreplanta, en el forjado también resulta necesaria la abertura de los huecos para el ascensor y la escalera.

La altura entre forjados de la nave es de 3 m. Los detalles referentes al forjado de la entreplanta pueden consultarse en el PL-23.

### 2.2.2.3. Cerramientos

#### 2.2.2.3.1. Cerramiento de cubierta

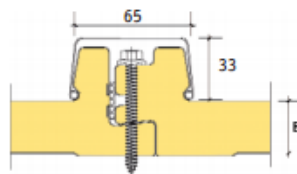
Como cerramiento de cubierta se ha optado por el panel “Ondatherm 1150C” de 80 mm de espesor de la firma Arval. Se trata de un panel prefabricado con altas prestaciones térmicas y acústicas, que mejorará la habitabilidad del espacio interior de la nave.



**Figura 29.** Panel “Ondatherm 1150C” de la firma Arval

Está compuesto por un alma de espuma de poliuretano, que presenta una clasificación frente al fuego B s2 d0, una chapa exterior de acero galvanizado de 0,6 mm que le brindará al panel unas características mecánicas adecuadas para soportar las acciones exteriores de viento, nieve, etc. y una chapa interior de 0,4 mm de espesor de acero galvanizado.

Los paneles se atornillarán a las correas de cubierta mediante tornillos autorroscantes. La unión se ocultará mediante tapajuntas que tendrán un acabado igual que el de los paneles con el fin de mantener una homogeneidad en toda la cubierta. Mediante los tapajuntas se garantizará la estanqueidad y protección de la unión.



**Figura 30.** Fijación por tapajuntas en el panel “Ondatherm 1150C”

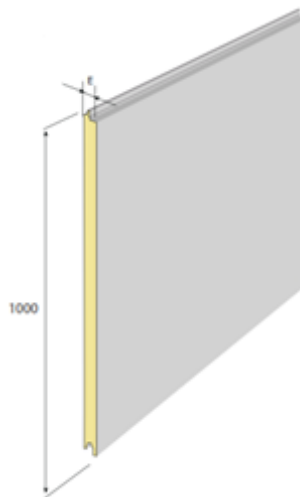
Un 20% de la cubierta de la zona de fabricación de la nave contará con paneles traslúcidos de policarbonato (tipo Danpalón) y poliéster de doble chapa, que proporcionarán luz natural al interior de la nave.

Asimismo la cubierta contará con los remates de cumbrera mediante chapa galvanizada de 1,5 mm de espesor y con la instalación de canalones vistos de chapa galvanizada de 1,5 mm de espesor a ambos lados. Los

canalones se fijarán al cerramiento mediante unas piezas expresamente diseñadas para ello colocadas cada 1 m.

### 2.2.2.3.2. Cerramiento de fachada

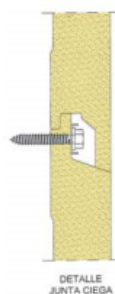
El cerramiento de fachada se resolverá mediante el panel “Arga Plus 1000” de 60 mm de espesor de la firma Arval. Al igual que el panel “Ondatherm 1150 C”, se trata de un panel prefabricado tipo sándwich con altas prestaciones térmicas y acústicas.



**Figura 31.** Panel “Arga Plus 1000” de Arval

Cuenta con una chapa exterior de acero galvanizado lacado de 0,7 mm de espesor con acabado PVDF o poliéster, una capa intermedia de espuma inyectada de poliuretano, que sirve como aislante térmico y acústico, de 50 kg/m<sup>3</sup> de densidad y una chapa interior de 0,5 mm de espesor, acabado en poliéster.

La unión entre paneles se realizará mediante ensamblajes macho-hembra. El panel se fijará a las correas de fachada mediante tornillos autorroscantes y junta oculta que le brindará a la fachada la estanqueidad necesaria.



**Figura 32.** Junta ciega entre paneles “Arga Plus 1000”

La fachada contará con remates en sus esquinas, que se realizarán mediante chapa galvanizada de 1 mm de espesor con acabado igual que los paneles y desarrollo máximo de 0,65 m.

#### 2.2.2.4. Correas

Se emplearán perfiles conformados en frío dada la relación resistencia- peso que ofrecen frente a los laminados, consiguiendo reducir de esta forma costes en materiales. La inclinación de la cubierta de la nave es de  $5^\circ$  (8,75%), por lo que los perfiles conformados en frío que mejor trabajarán serán los perfiles en C, y por lo tanto serán los que se empleen.

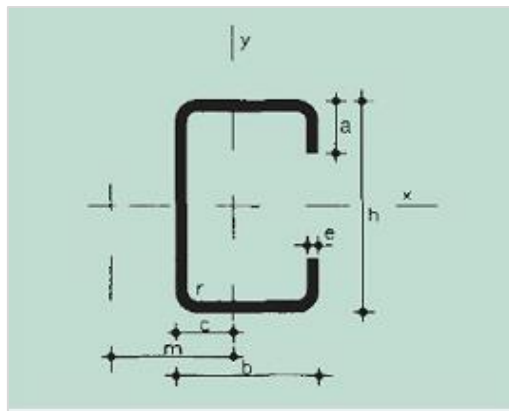


Figura 33. Perfil conformado en C

Las correas de cubierta serán perfiles C 275x3 de acero S235 y distanciados 1,75 m entre sí. Se atornillarán a ejiones R-7641, que a su vez se soldarán a los dinteles hastiales y a los cordones superiores de la celosía.

Las correas laterales serán perfiles C 200x3 de acero S235 y distanciadas 1,5 m entre sí. Se atornillarán a ejiones R-7640, que a su vez se soldarán a los pilares.

Dado que la nave cuenta con una longitud de 56 m, que excede los 40 m a los que limita el CTE la realización de juntas de dilatación, deberá realizarse una junta en las correas en el pórtico central de la nave, pórtico nº 5. La junta se resolverá rompiendo con la continuidad de las correas, empleando agujeros rasgados que permitan la libre dilatación de las mismas.

### 2.2.2.5. Puente grúa

#### 2.2.2.5.1. Descripción del puente grúa

El puente grúa instalado en la nave se trata de un puente grúa birrail modelo “ZLK” de la firma ABUS, con 10 tn de capacidad de carga, 42 m de camino de rodadura, 21 m de luz e instalado a 6,75 m de la base de los pilares.



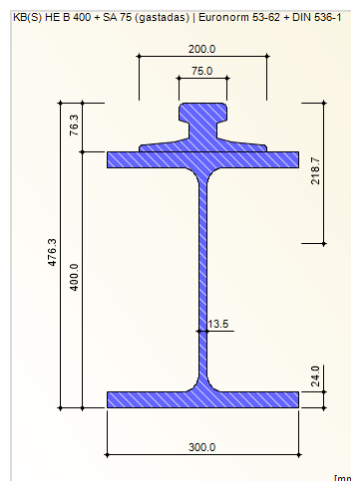
**Figura 34.** Puente grúa birrail ABUS

Las características relativas al puente grúa instalado pueden consultarse en el apartado “3.2.6. Puente grúa” del documento “3.Anexos” del presente Proyecto.

#### 2.2.2.5.2. Viga carril

El cálculo de la viga carril se ha llevado a cabo mediante el software CRANEWAY de Dubla.

La sección de la viga carril está compuesta por el perfil HEB 400 y el carril SA 75, que se unen mediante soldadura en toda su longitud.



**Figura 35.** Sección de la viga carril: HEB 400+ carril SA-75

La viga carril tiene una longitud de 42 m, superando los 40 m que exige el CTE para evitar la colocación de juntas de dilatación. Por lo que resulta preciso colocar una junta, que coincida con la junta del edificio. Dicha junta se ubica en el pórtico nº 5 y se resolverá mediante la discontinuidad de la viga carril, empleando agujeros rasgados, con el fin de otorgarle un libre desplazamiento y dilatación.

La viga carril se soldará a las ménsulas compuestas por perfiles HEB 280 que se encontrarán empotradas a todos los pilares de los pórticos en los 42 m de camino de rodadura del puente grúa.

Los detalles referentes a la construcción de la viga carril pueden consultarse en el PL-26.

### 2.2.2.6. Placas de anclaje

La función de los pilares es transmitir las cargas al terreno a través de la cimentación. Como las tensiones de trabajo del hormigón son muy inferiores a las del acero resulta necesario el uso de placas para realizar el asiento.

Para unir el pilar con la zapata de cimentación pueden emplearse diferentes sistemas. En este caso se ha optado por el empleo de pernos de anclaje, embebidos en el hormigón, con sus respectivas tuercas. El desplazamiento de dichas tuercas facilitará la correcta nivelación de los pilares. Una vez nivelados, se verterá una capa de mortero para cuya compactación se realizarán taladros de 50 mm de diámetro en las placas de anclaje y se apretarán las tuercas para fijar el pilar a la zapata. La nave proyectada cuenta con 5 placas de anclaje diferentes, en acero S275 y pernos de acero corrugado B500S, agrupadas de la siguiente forma:

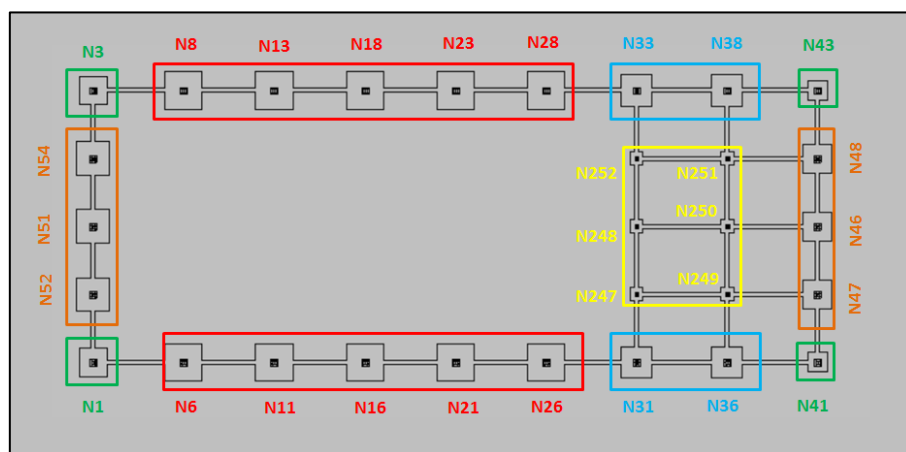


Figura 36. Agrupación de placas de anclaje

Grupo	Nudos	Placa base	Rigidizadores	Pernos
<b>Grupo 1</b>	N6,N8,N11,N13, N16,N18,N21, N23,N26,N28	Ancho X: 575 mm Ancho Y: 575 mm e=30 mm	Paralelos X: 2(150x40x8)  Paralelos Y: 2(150x40x10)	8ø25, L=60 cm Patilla a 90°
<b>Grupo 2</b>	N31,N33,N36, N38	Ancho X: 500 mm Ancho Y: 550 mm e=20 mm	Paralelos X: 2(150x40x7)  Paralelos Y: 2(150x40x7)	8ø25, L=60 cm Patilla a 90°
<b>Grupo 3</b>	N1,N3,N41,N43	Ancho X: 550 mm Ancho Y: 550 mm e=20 mm	Paralelos X: -  Paralelos Y: 2(150x40x7)	4ø25, L=50 cm Patilla a 90°
<b>Grupo 4</b>	N46,N47,N48, N51,N52,N54	Ancho X: 500 mm Ancho Y: 500 mm e=36 mm	Paralelos X: 2(150x40x8)  Paralelos Y: 2(150x40x10)	8ø25, L=60 cm Patilla a 90°
<b>Grupo 5</b>	N247,N248, N249,N250, N251, N252	Ancho X: 300 mm Ancho Y: 300 mm e=20 mm	Paralelos X: -  Paralelos Y: 2(100x30x5)	4ø16, L=50 cm Patilla a 90°

Los detalles constructivos referentes a las placas de anclaje pueden consultarse en el PL-5.

### 2.2.2.7. Cimentación

El estudio geotécnico realizado en el terreno revela que cerca de la superficie se encuentra una capa suficientemente firme capaz de sustentar el edificio, por lo que las zapatas se resuelven mediante zapatas aisladas.

Dichas zapatas cuentan con armado inferior y superior tanto en X como en Y, y con patillas iniciales y finales en todos los cantos, que unen los armados superiores e inferiores.

Las vigas de atado, o riostras, también forman parte de la cimentación. Su función es unir las zapatas entre sí para evitar movimientos horizontales de una respecto a la otra.

El hormigón empleado en la cimentación, tanto de zapatas como de riostras, es hormigón armado de resistencia característica 300 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las armaduras serán de acero B500S.

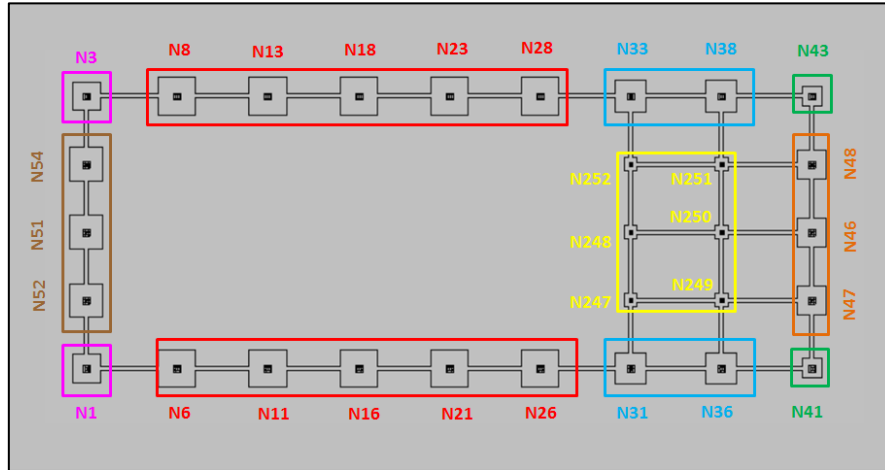


Figura 37. Agrupación de las zapatas

Grupo	Nudos	Dimensiones (cm)	Armado
<b>Grupo 1</b>	N6,N8,N11,N13,N16,N18,N21, N23,N26,N28	295x295x125	Sup X: 16ø16 c/18 Sup Y: 16ø16 c/18 Inf X: 16ø16 c/18 Inf Y: 16ø16 c/18
<b>Grupo 2</b>	N31,N33,N36, N38	260x260x90	Sup X: 14ø14 c/18 Sup Y: 14ø14 c/18 Inf X: 14ø14 c/18 Inf Y: 14ø14 c/18
<b>Grupo 3</b>	N41,N43	160x160x70	Sup X: 8ø14 c/20 Sup Y: 8ø14 c/20 Inf X: 8ø14 c/20 Inf Y: 8ø14 c/20
<b>Grupo 4</b>	N1,N3	230x230x80	Sup X: 11ø16 c/20 Sup Y: 11ø16 c/20 Inf X: 11ø16 c/20 Inf Y: 11ø16 c/20
<b>Grupo 5</b>	N46,N47,N48,	230x230x80	Sup X: 11ø14 c/20 Sup Y: 11ø14 c/20 Inf X: 11ø14 c/20 Inf Y: 11ø14 c/20
<b>Grupo 6</b>	N51,N52,N54	265x265x95	Sup X: 13ø16 c/20 Sup Y: 13ø16 c/20 Inf X: 13ø16 c/20 Inf Y: 13ø16 c/20
<b>Grupo 7</b>	N247,N248, N249,N250, N251, N252	110x110x60	Sup X: 5ø12 c/20 Sup Y: 5ø12 c/20 Inf X: 5ø12 c/20 Inf Y: 5ø12 c/20



Grupo	Nudos	Dimensiones (cm)	Armado
<b>C1</b>	N250-N249, N251-N250, N249-N36, N247-N31, N251-N38, N252-N33, N248-N247, N252-N248, N251-N48, N250-N248, N250-N46, N252-N251, N249-N47, N249-N247	Ancho: 40 Canto: 40	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
<b>C2</b>	N47-N41, N48-N46, N52-N51, N54-N3, N47-N46, N48-N43, N54-N51, N52-N1, N28-N23, N31-N26, N16-N11, N11-N6, N43-N38, N36-N31, N18-N13, N41-N36, N21-N16, N13-N8, N38-N33, N6-N1, N26-N21, N33-N28, N8-N3, N23-N18	Ancho: 40 Canto: 40	Superior: 2Ø16 Inferior: 2Ø16 Estribos: 1xØ8c/30

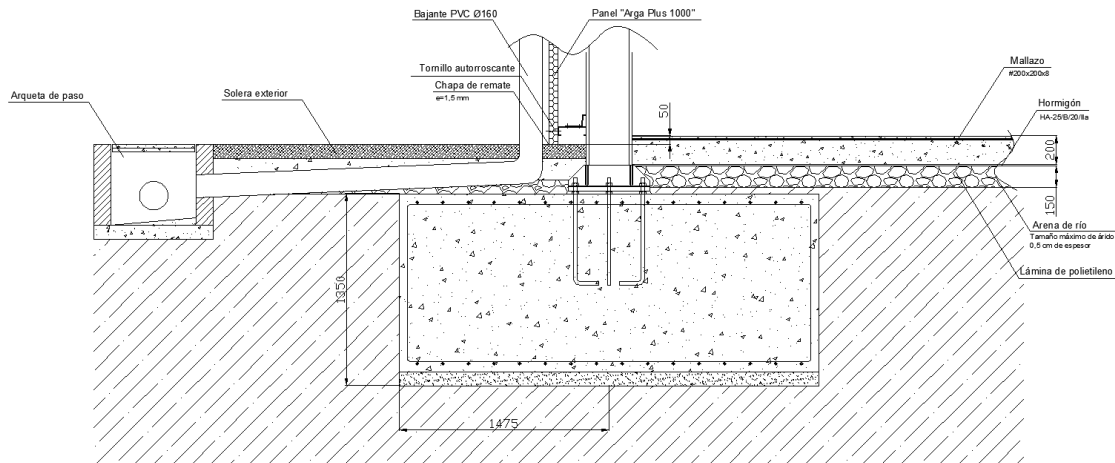
Las vigas de atado C1 se colocarán uniendo las zapatas de la entreplanta, mientras que, las C2 se colocarán uniendo las zapatas del perímetro de la nave.

Los detalles constructivos referentes a las zapatas y vigas de atado pueden consultarse en los planos PL-6 y PL-7 respectivamente.

### 2.2.2.8. Solera

La solera que se emplea como revestimiento del suelo natural en la nave es una solera clasificada como pesada por la Norma Tecnológica NTE-RSS.

La solera se compone de una capa de 15 cm de arena de río con tamaño máximo de grano de 0,5 cm, vertida sobre el terreno natural debidamente compactado y alcanzado un nivel mínimo del 90% el Proctor Normal. Sobre la capa de arena se coloca una lámina de polietileno que realiza la función de impermeabilizante y facilita el movimiento de la capa de hormigón sobre la superficie. Antes de verter la capa de 20 cm hormigón, de resistencia característica 250 kg/cm<sup>2</sup>, se coloca el mallazo de 200x200x8.



**Figura 38. Detalle solera**

Una vez fraguado el hormigón resulta necesario realizar varios tipos de juntas en la solera:

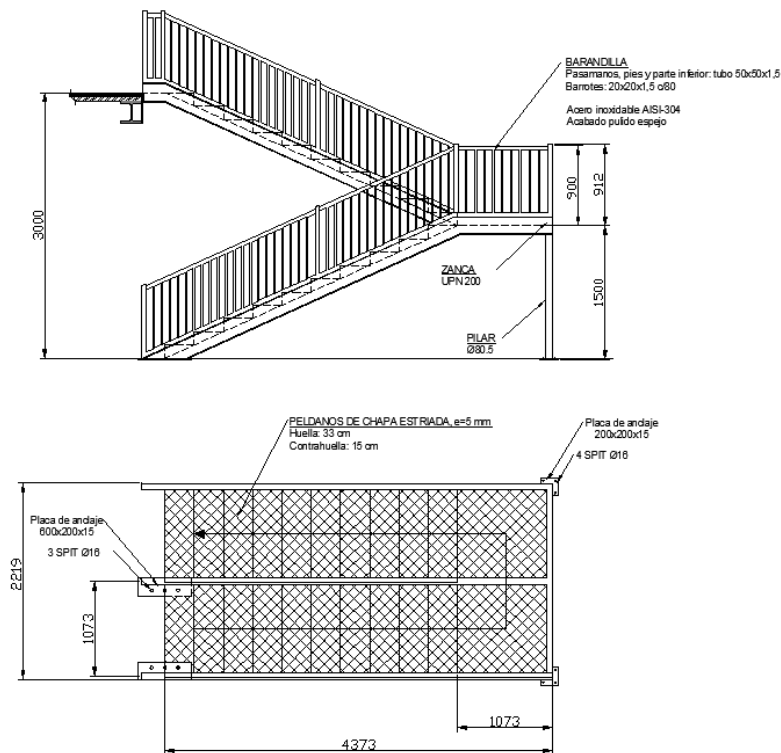
- Juntas de retracción, que coinciden con los pilares del edificio y forman cuadrículas de 7x5,25 m.
- Junta de dilatación, que debe coincidir con la junta de dilatación del edificio.
- Juntas de contorno, en todo el perímetro de la solera en contacto con elementos estructurales como son los pilares, mediante la colocación de poliestireno expandido.

La solera tendrá una altura total de 35 cm y se realizará de forma que el pavimento exterior asfaltado quede 5 cm por debajo de la misma, con el fin de evitar filtraciones de agua en el interior. La altura libre entre la solera y el cordón inferior de la celosía será de 7,85 m.

### 2.2.2.9. Escalera

La escalera que une la planta baja con la primera planta de la zona administrativa es de estructura metálica. Se tratará de una escalera de ida y vuelta, formada por dos tramos iguales, con un descansillo intermedio, que salva una altura de 3 m entre forjados.

Las zancas de la escalera están formadas por perfiles laminados UPN 200, los pilares que la soportan son perfiles tubulares de Ø80x5. Tanto los pilares como las zancas, se unen a la solera mediante placas de anclaje de 15 cm de espesor y tornillos SPIT para el hormigón. El piso de la escalera es de chapa lagrimada, con una huella de 33 cm y una contrahuella de 15 cm. La barandilla instalada es de acero inoxidable AISI 304 con acabado 2B (pulido espejo).



**Figura 39.** Escalera metálica con peldaños de chapa lagrimada

La escalera y todos sus elementos cumplen con la normativa vigente, respecto a dimensiones, huecos entre barrotes, relación huella/contrahuella, etc.

### 2.2.2.10. Albañilería

Los trabajos de albañilería contemplan la compartimentación, el alicatado de la zona administrativa de la nave y el acabado final de la solera. Los detalles referentes a los acabados empleados en cada zona pueden consultarse en el PL-32.

#### 2.2.2.10.1. Tabiques

La compartimentación se realiza mediante placas laminadas de yeso, también conocidas como placas de cartón-yeso, de la firma Pladur a las que se les proporciona, como acabado, una capa de pintura plástica color blanco.

- Pladur Therm R1,6: Tabicado del perímetro de la zona administrativa.
- Pladur N1,5: Compartimentación interior de la zona administrativa. Resulta necesario añadir aislamiento térmico.

### 2.2.2.10.2. Falso techo

- Pladur N1,8: Falso techo de la zona administrativa. Resulta necesario añadir aislamiento térmico.

La instalación de las placas de los tabiques y el falso techo de la planta baja se realizará mediante los productos que ofrece la firma Pladur.

La instalación del falso techo de la primera planta se ha realizado mediante el cálculo de una estructura ligera compuesta por perfiles tubulares, sobre los que apoyarán las placas que forman el falso techo. Esto se debe a que la distancia entre el falso techo de la primera planta y la cubierta de la nave es de alrededor de 4 m y por ello, no pueden emplearse los sistemas que ofrece la firma Pladur.

### 2.2.2.10.3. Aislamiento térmico

El aislamiento elegido para las placas “Pladur N” es lana de roca modelo “Confortpan 208 de ROXUL” de la firma Rockwool, que dota a los diferentes compartimentos de la zona administrativa de un nivel de aislamiento térmico y acústico adecuado, mejorando su habitabilidad.

### 2.2.2.10.4. Pavimentos

Respecto al alicatado de la zona administrativa, se diferencian dos tipos de pavimentos a emplear en función de la zona.

- Pavimento de gres porcelánico “Park” (Porcelanosa): Aseos, vestuario y pequeño almacén.
- Suelo técnico. “Gamaflor Full Steel” grosor “heavy” (Polygroup): Resto de compartimentos de la zona administrativa.

Se opta por el uso de suelo técnico en oficinas dada su funcionalidad para crear un espacio debajo del pavimento que hace posible que servicios como la alimentación eléctrica, el agua, los datos o la telefonía se encuentren disponibles en cualquier punto de las instalaciones.

### 2.2.2.10.5. Acabado solera

Como acabado en la solera se emplea el sistema “Compodur RC autonivelante” capa fina de 1 mm de espesor de la firma Composan. Se trata de un recubrimiento para pavimentos de hormigón en interiores, formado por

un sistema epoxídico bicomponente, obtenido por la aplicación sucesiva de capas de pintura incolora a base de resina epoxi Compodur RC.

### **2.2.2.11. Carpintería**

#### **2.2.2.11.1. Carpintería exterior**

La carpintería exterior del edificio es en su totalidad de aluminio anodizado con rotura de puente térmico. Las fachadas del edificio cuentan con varios ventanales de diferentes dimensiones que proporcionarán luz natural al interior.

El acceso a la recepción del edificio se realiza mediante dos puertas correderas automáticas, mientras que el acceso a la fábrica se realiza mediante un portón basculante de 5x5 m por donde podrán acceder los camiones y el personal de la empresa.

Los detalles de la carpintería exterior pueden consultarse en el plano de memoria de la carpintería (PL-36) y la ubicación de las mismas en las fachadas en el plano de alzados (PL-35).

#### **2.2.2.11.2. Carpintería interior**

La carpintería interior del edificio se constituye por 5 tipos de puertas de diferentes materiales y dimensiones que conectan los diferentes espacios del edificio:

- Puerta cortafuegos electrocincada (RF 30)
- Puerta isoplana o de aglomerado rechapada modelo económico sapelly de una hoja
- Puerta isoplana o de aglomerado rechapada modelo económico sapelly de dos hojas
- Puerta de cristal laminado con carpintería de aluminio
- Puerta balconera practicable

El interior de la nave cuenta además con la instalación de tres ventanales que permitirán controlar la fábrica desde la zona administrativa.

Los detalles de la carpintería interior pueden consultarse en el plano de memoria de la carpintería (PL-36) y la ubicación de las mismas en el interior del edificio en el plano de distribución (PL-29).

### 2.2.2.12. Instalaciones

#### 2.2.2.12.1. Instalación contra incendio

La aplicación del Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (R.D. 2267/2004), caracteriza el establecimiento industrial como una clase de edificio tipo C con un nivel de riesgo intrínseco bajo.

El bajo nivel intrínseco con el que cuenta el establecimiento no ve necesaria la instalación de un sistema automático de detección de incendios. Aun así, por la seguridad de los ocupantes y siguiendo el criterio de dotar al edificio con cierto nivel de modernidad en sus instalaciones, se ha llevado a cabo la instalación de un sistema de detección de incendio automático convencional dotado de los siguientes aparatos:

- 7 extintores de polvo ABC de 6 kg y eficacia 21A-113B
- 1 centralita de detección de incendio convencional
- 22 detectores automáticos, de los cuales:
  - 1 detector óptico de humo
  - 21 detectores de temperatura
- 4 pulsadores manuales
- 3 sirenas óptico-acústicas
- 30 luminarias de emergencia
- 9 señales, de las cuales:
  - 2 de salida de emergencia
  - 4 de pulsadores de alarma
  - 3 de sirenas

A excepción de las luminarias que son de la casa Daisalux, todos los aparatos instalados son de la casa Notifier. Además todos ellos cuentan con Marca AENOR. Los detalles de la instalación contra incendio pueden consultarse en el documento "8.2. Estudio de Seguridad contra Incendio" del presente proyecto y su disposición en el interior del edificio en el PL-40.

#### 2.2.2.12.2. Saneamiento

La red de alcantarillado del Polígono Urazandi es separativa, por lo que, la red de alcantarillado de la nave también lo será. Es decir, por una parte se encontrará la instalación de evacuación de aguas pluviales y por otra la de fecales. De esta forma se evitará la contaminación de las aguas pluviales, ya que las dos redes no se juntarán en ningún momento.

### **2.2.2.12.2.1. Red de aguas pluviales**

La red de evacuación de aguas pluviales cuenta con la instalación de dos canalones, uno a cada lado de la cubierta, de chapa galvanizada de 1,5 mm de espesor y sección trapezoidal.

Los canalones cuentan con 6 sumideros y 6 bajantes cada uno de ellos. Las bajantes son de PVC de Ø160 mm y se encuentran separadas una distancia de 11,2 m entre sí, evitando que coincidan con puertas, ventanas y carteles colocados en la fachada y sujetas a los cerramientos mediante abrazaderas dispuestas cada 1,5 m.

Las bajantes derivan en las arquetas de pluviales prefabricadas de fábrica de ladrillo, de tapa registrable de hormigón armado y de dimensiones 60x60 cm. Las arquetas se unen mediante conductos de PVC de Ø200 mm. Toda la instalación cuenta con un 2% de pendiente, que facilita la evacuación del agua por gravedad. Los conductos derivan el agua de la lluvia a la red general del Polígono que a su vez las vierte al río Asua.

El cálculo, la distribución y las características de la red de evacuación de aguas pluviales pueden consultarse en el apartado “3.6.Instalaciones” del documento “3.Anexos” del presente Proyecto.

### **2.2.2.12.2.2. Red de aguas fecales**

La red de evacuación de aguas fecales cuenta con dos ramales principales, con una bajante de PVC y con dos arquetas de ladrillo de dimensiones 40x40 cm e igual construcción que las arquetas de la red de pluviales. Los ramales, también de PVC, han sido diseñados teniendo en cuenta la disposición de los aseos en el interior de la nave y la situación de la acometida en el Polígono.

La red está diseñada para una pendiente del 2%, que facilitará la evacuación de las aguas por gravedad.

El cálculo, la distribución y las características de los elementos que forman la red de evacuación de aguas fecales pueden consultarse en el apartado “3.6.Instalaciones” del documento “3.Anexos” del presente Proyecto.

### **2.2.2.12.3. Abastecimiento de agua potable**

La instalación de abastecimiento de agua potable del edificio cuenta con una acometida, un contador general y una llave de registro que se encuentran

en el exterior de la propiedad y con una llave de paso que se encuentra en el interior.

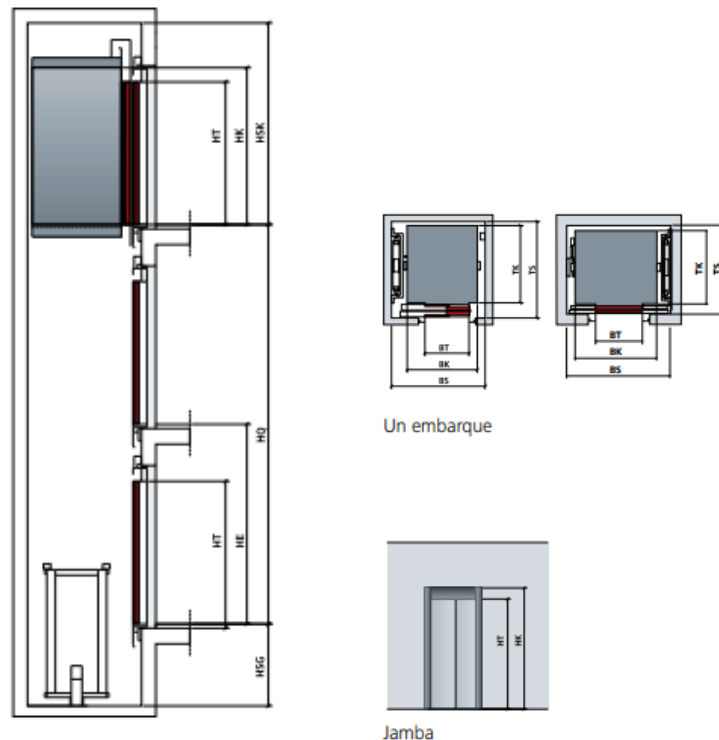
La instalación exterior se realiza mediante tuberías de polietileno de alta densidad mientras que la instalación interior, tanto de agua fría como de agua caliente, se realiza mediante tuberías de cobre que discurren por tabiques y falsos techos.

Para lograr agua caliente sanitaria (A.C.S.) se instala un termo eléctrico en los vestuarios. Se trata de un termo modelo “Elacell Excellence ES 50-5E” de Junkers, de 50 l de capacidad, que abastece de agua caliente a los diferentes aparatos sanitarios instalados en el edificio.

La distribución y características de los elementos que forman la red de abastecimiento de agua potable pueden consultarse en el apartado “3.6.Instalaciones” del documento “3.Anexos” del presente Proyecto.

#### 2.2.2.12.4. Estructura para ascensor

Se llevará a cabo la instalación del ascensor eléctrico “Schinder 3100” para 6 personas con una capacidad de carga de 450 kg y unas dimensiones de cabina de 1x1,25 y 2,135 m de altura, con puerta telescópica de 2 partes de 0,8 m de anchura y 2 m de altura, con un embarque y recorrido de 6 m con dos paradas.





La distancia entre pisos (HE) es:  
 Mín. 2400 mm para altura de puerta de 2000 mm  
 Mín. 2500 mm para altura de puerta de 2100 mm

HE para instalaciones de dos paradas es de un mín. de 2600 mm.  
 Para una altura de puerta de 2000 mm y 2100 mm.

La mínima distancia entre pisos (HE mín.) para embarque opuestos es de 300 mm.

Certificado de maestro constructor de la CE de acuerdo con la Directiva 95/16/CE sobre ascensores

GQ	Perso-nas	VKN	HQ	ZE	Acceso	Cabina			Puertas			Hueco					
						BK	TK	HK	Tipo	BT	HT	BS	TS <sup>1</sup>	TS <sup>2</sup>	HSG		
kg		m/s	m			mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
450	6	0,63	26	7	2	1000	1250	2135	T2	800	2000/2100	1500	1600	1800	1100		
										900		1600					
		1,0	30	10	2	1000	1250	2135	T2	800	2000/2100	1500	1600	1800	1100		
										900		1600					
480	6	0,63	26	7	2	1000	1300	2135	T2	800	2000/2100	1500	1650	1850	1100		
										900		1600					
		1,0	30	10	2	1000	1300	2135	T2	800	2000/2100	1500	1650	1850	1100		
										900		1600					
630	8	0,63	26	7	2	1100	1400	2135	T2	800	2000/2100	1600	1750	1950	1100		
										900		1600					
		1,0	30	10	2	1100	1400	2135	T2	800	2000/2100	1600	1750	1950	1100		
										900							

<b>GQ</b>	Capacidad	<b>BK</b>	Anchura de cabina	<b>T2</b>	Puerta telescópica 2 partes	<b>BS</b>	Anchura de hueco
<b>VKN</b>	Velocidad	<b>TK</b>	Profundidad de cabina	<b>BT</b>	Anchura de puerta	<b>TS<sup>1</sup></b>	Profundidad de hueco 1 embarque
<b>HQ</b>	Reconido	<b>HK</b>	Altura de cabina	<b>HT</b>	Altura de puerta	<b>TS<sup>2</sup></b>	Profundidad de hueco 2 embarques
<b>ZE</b>	Paradas					<b>HSG</b>	Profundidad de foso
<b>HE</b>	Distancia entre pisos					<b>HSK</b>	Es medido desde suelo terminado de la última planta hasta la parte inferior de los elementos de fijación colocados en la parte superior del hueco

Figura 40. Especificaciones del ascensor “Schinder 3100”

Para llevar a cabo la instalación del ascensor resulta necesario el cálculo de la estructura que lo sustentará. La estructura debe ser capaz de albergar dentro de ella la maquinaria que se sitúa por encima del elevador, por lo que cuenta con una altura total de 7,9 m, sobresaliendo por encima del falso techo de la primera planta. Se compone de 4 pilares arriostrados a los 3, 6 y 7,9 m por anillos. En la mitad del anillo superior dispone de una viga sobre la que colgará el ascensor y toda su maquinaria. Todos los perfiles que forman la estructura son perfiles tubulares de acero S275.

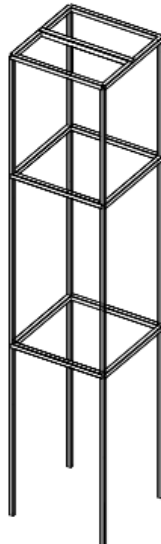
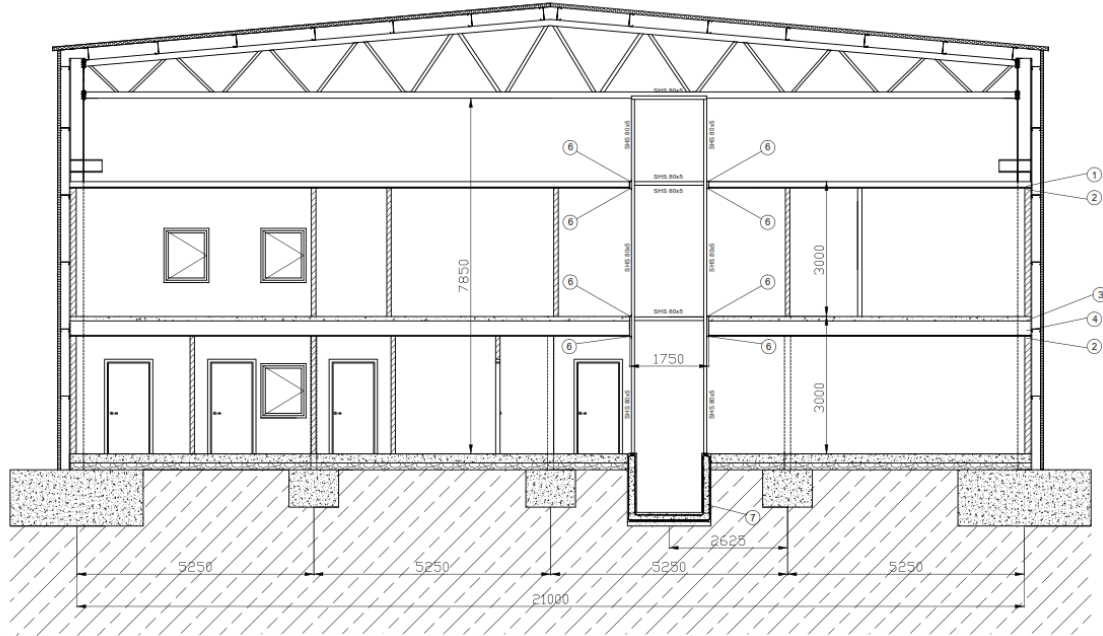


Figura 41. Estructura 3D para el ascensor

Asimismo debe realizarse un foso de 1,3 m de altura y muro de 0,2 m de grosor, en el que se situarán los topes o amortiguadores para frenar el descenso de la cabina en caso de fallo de los mecanismos de parada

automática y fines de carrera y que disminuirá en lo posible los efectos de su caída libre, en caso de rotura de cables. Dicho foso al encontrarse por debajo del nivel de la calle, aunque no se encuentre por debajo del nivel freático (2 m), debe impermeabilizarse interiormente para evitar posibles filtraciones de agua.



**Figura 42.** Sección de la nave

### 2.2.2.13. Urbanización de la parcela

El Polígono Urazandi se encuentra prácticamente urbanizado, por lo que los trabajos de urbanización se ciñen a la urbanización interna de la parcela.

Se proyecta un cerramiento perimetral de la parcela de muro de hormigón y valla de acero de 2,2 m de altura, con el fin de evitar el paso de personas ajenas a la empresa. Dicho cerramiento se compone de hormigón armado hasta una altura de 1 m, y de perfiles tubulares galvanizados de  $\varnothing 50 \times 5$  c/100 mm, hasta los 2,2 m.

La parcela cuenta con una entrada peatonal mediante puerta con portero automático y puerta corredera de 9 m de longitud para paso de vehículos, siguiendo ambas la misma estética del cerramiento con barrotes de  $\varnothing 50 \times 5$  c/100 mm.

La sección del cerramiento mixto, la puerta corredera y su mecanismo de movimiento compuesto por dos ruedas, perfil HEB 100, perfil angular 30x30x5 de 17,8 m de longitud, guías de teflón, etc. se encuentran definidas en los planos PL-33 Y PL-34.

Todo el exterior de la parcela se encuentra asfaltado para facilitar el paso de vehículos. Además se proyectan 13 aparcamientos interiores, que evitarán problemas de aparcamiento a los trabajadores de la empresa. El asfaltado exterior quedará 5 mm por debajo de la solera interior de la nave, para evitar problemas por filtraciones de agua.

La parte trasera del edificio se valla mediante una valla de 2 m de altura, con bastidor de tubo galvanizado y malla galvanizada y prelacada de 1 mm de espesor. El acceso se limita mediante una puerta de acero galvanizado con fijo y malla de las mismas características que el vallado.

### 2.2.3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los trabajos previos a la construcción del edificio se basan en la obtención de las licencias necesarias. Sin ellas no será posible dar comienzo a las obras. Se estima un plazo de alrededor de 1 mes para la obtención de los permisos necesarios, dicho plazo puede verse afectado en función del ayuntamiento del municipio donde se emplazan las obras.

Una vez obtenidos los permisos y previamente a dar comienzo a las obras, se realizará en la parcela la instalación de la caseta de obra, servicios higiénicos, vestuarios, etc., las acometidas eléctricas y de agua potable, el vallado provisional del solar y el acondicionamiento interior de las diferentes zonas destinadas a maquinaria, acopio de materiales, gestión de residuos, etc. Se estima un periodo de alrededor de 1 mes para la realización de dichos trabajos.

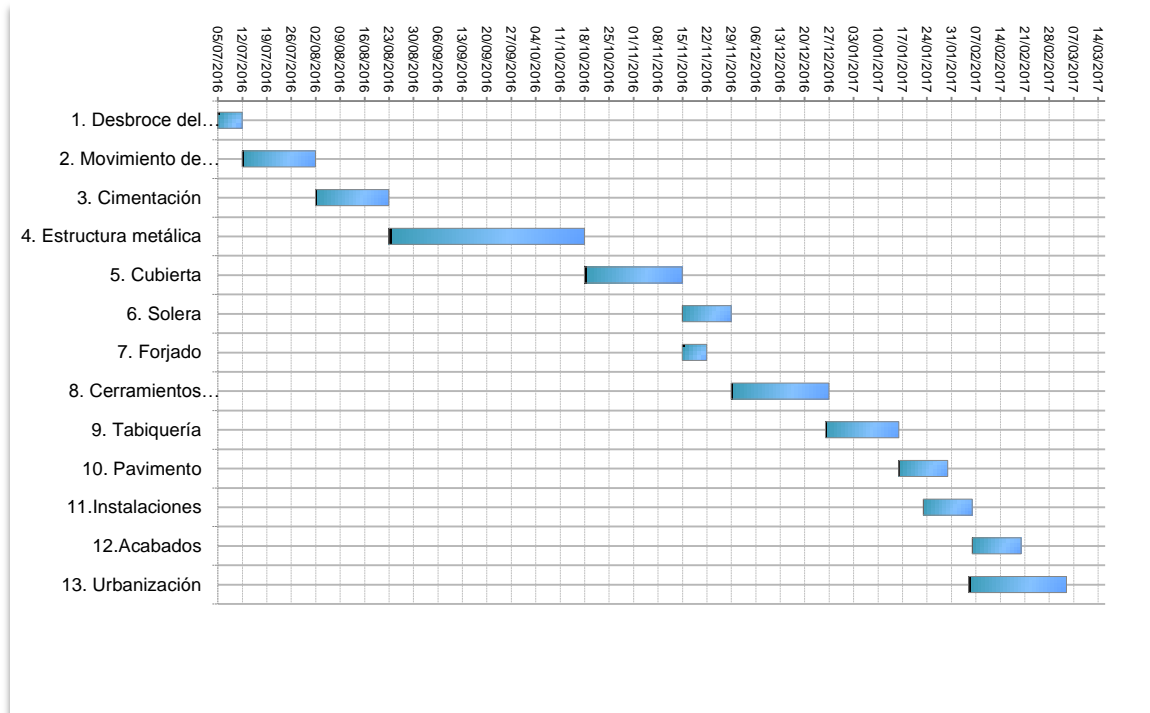
Una vez completados los trabajos previos, se dará comienzo a las obras de construcción del edificio industrial. Dichos trabajos se ejecutarán siguiendo un orden natural y teniendo en cuenta que para realizar ciertas fases de la obra, previamente han de ejecutarse otras fases.

A continuación se indica el orden de ejecución que seguirán las obras junto con una estimación del plazo para completar cada una de las fases:

▪ Desbroce del terreno:	1 semana
▪ Movimiento de tierras y excavación:	3 semanas
▪ Cimentación:	3 semanas
▪ Estructura metálica:	8 semanas
▪ Cubierta:	4 semanas
▪ Solera:	2 semanas
▪ Forjado:	1 semanas
▪ Cerramientos laterales:	4 semanas
▪ Tabiquería:	3 semanas
▪ Pavimento:	2 semanas
▪ Instalaciones:	2 semanas
▪ Acabados:	2 semanas
▪ Urbanización:	4 semanas

Varias de las fases de la obra quedará solapadas con el fin de reducir el tiempo de ejecución de la misma y por lo tanto el coste total del proyecto. A continuación se presentan un diagrama Gantt en el que quedan reflejados las fechas de inicio y fin de cada fase de la obra y las fases que se solaparan.

Las obras de construcción propiamente dichas comenzarán el 5 de julio de 2016 y deberán completarse en un plazo máximo de 8 meses, siendo la fecha de fin de obra establecida en proyecto el 5 de marzo de 2017.



FASE	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	DURACIÓN (DÍAS)
1. Desbroce del terreno	05/07/16	12/07/16	7
2. Movimiento de tierras	12/07/16	02/08/16	21
3. Cimentación	02/08/16	23/08/16	21
4. Estructura metálica	23/08/16	18/10/16	56
5. Cubierta	18/10/16	15/11/16	28
6. Solera	15/11/16	29/11/16	14
7. Forjado	15/11/16	22/11/16	7
8. Cerramientos laterales	29/11/16	26/12/16	28
9. Tabiquería	26/12/16	16/01/17	21
10. Pavimento	16/01/17	30/01/17	14
11. Instalaciones	23/01/17	06/02/17	14
12. Acabados	06/02/17	20/02/17	14
13. Urbanización	05/02/17	05/03/17	28

**2.2.4. PRESUPUESTO****PRESUPUESTO GENERAL**

<b>CAPÍTULO</b>	<b>IMPORTE</b>
<b>CAPÍTULO 1: MOVIMIENTO DE TIERRAS, EXCAVACIÓN Y RELLENO</b>	31.678,77 €
<b>CAPÍTULO 2: CIMENTACIÓN Y HOMIGONADO</b>	53.230,4 €
<b>CAPÍTULO 3: ESTRUCTURA METÁLICA</b>	217.916,64 €
<b>CAPÍTULO 4: PUENTE GRÚA</b>	48.500 €
<b>CAPÍTULO 5: CERRAMIENTOS</b>	132.762,54 €
<b>CAPÍTULO 6: ALBAÑILERÍA</b>	77.395,05 €
<b>CAPÍTULO 7: CAPINTERÍA METÁLICA</b>	32.312,41 €
<b>CAPÍTULO 8: PINTURAS</b>	23.333,96 €
<b>CAPÍTULO 9: FONTANERÍA Y RED DE SANEAMIENTO</b>	12.926,01 €
<b>CAPÍTULO 10: URBANIZACIÓN</b>	92.241,75 €
<b>CAPÍTULO 11: ASCENSOR</b>	15.000 €
<b>CAPÍTULO 12: SEGURIDAD Y SALUD</b>	36.738,06 €
<b>CAPÍTULO 13: SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS</b>	7.447,64 €
<b>CAPÍTULO 14: CONTROL DE CALIDAD</b>	11.015,01 €
<b>CAPÍTULO 15: GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	2.032,76 €
Total ejecución material	794.531 €
13% gastos generales	103.289,03 €
6% Beneficio industrial	47.671,86 €
Total presupuesto contrata	945.491,89 €
21% IVA	198.553,27 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	
<b>CONTRATA (IVA INCLUIDO)</b>	<b>1.144.045,19 €</b>

**EL PRESUPUESTO DE CONTRATA (IVA INCLUIDO) ASCIENDE A  
1.144.045,19 €,**

**UN MILLON CIENTO CUARENTA Y CUATRO MIL CUARENTA Y CINCO  
EUROS CON DIECINUEVE CÉNTIMOS DE EURO.**

## 2.3. CUMPLIMIENTO DEL CTE

### 2.3.1. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

#### 2.3.1.1. Análisis estructural y dimensionado

La edificación proyectada se trata de un edificio de nueva construcción. Dadas las características del edificio y el uso que se le va a dar al mismo no se tendrá en cuenta ninguna condición especial en el diseño y cálculo de la estructura.

Por lo que siguiendo el Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE) se establecen los requisitos relativos a resistencia mecánica y estabilidad que debe cumplir el edificio, así como su aptitud al servicio, incluyendo su durabilidad. Se realiza el análisis estructural y dimensionamiento del edificio y sus elementos siguiendo los estados límite que se mencionan a continuación:

- **Estados límite últimos (ELU):** Son de los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas ya sea porque se produce una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo. Se considera ELU la pérdida de equilibrio del edificio o de una parte estructuralmente independiente o un fallo por deformación excesiva que transforme la estructura o parte de ella en un mecanismo.
- **Estados límite de servicio (ELS):** Son de los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción. Se consideran ELS las deformaciones que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios o al funcionamiento de equipos e instalaciones, las vibraciones que causen una falta de confort para las personas o afecten a la funcionalidad del edificio, los daños o el deterioro que pueda afectar a la apariencia del edificio, etc.

El análisis estructural se realiza mediante modelos en los que intervienen las denominadas **variables básicas**, que representan cantidades físicas, que caracterizan las acciones a las que va a estar sometida la estructura.

Las **acciones** se dividen en:

- **Acciones permanentes (G)**, como el peso propio de la estructura y sus elementos.
- **Acciones variables (Q)**, como el uso, la nieve o el viento.
- **Acciones accidentales (A)**, como los sismos o incendios.

Dichas acciones se determinan a partir del Documento Básico de Acciones en la edificación (DB-SE-AE).

Dado que se trata de un edificio de estructura metálica se ha respetado el Documento Básico de Acero (DB-SE-A), cuyo fin es verificar la seguridad estructural de los elementos realizados a partir de dicho material. Además del Documento Básico de Cimientos (DB-SE-C), cuyo fin es verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio de los elementos de la cimentación del edificio, en relación con el terreno.

### 2.3.1.2. Verificaciones basadas en coeficientes parciales

#### ➤ Capacidad portante y aptitud al servicio

En la **verificación** de los estados límite **mediante coeficientes parciales**, para la determinación del efecto de las acciones y la respuesta estructural, se emplean los valores de cálculo de las variables, obtenidos a partir de sus valores característicos (definidos por su valor medio o su valor nominal), multiplicándolos o dividiéndolos por los coeficientes de seguridad pertinentes.

La capacidad portante, es decir, la aptitud del edificio para asegurar, con la fiabilidad suficiente, la estabilidad del conjunto y la resistencia necesaria durante su periodo de servicio se establece mediante diferentes combinaciones de acciones.

Para la verificación de los **ELU** se seguirán las siguientes expresiones:

- Situaciones persistentes:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Siendo;

$\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}$	Carga permanente
$\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}$	Carga variable cualquiera
$\gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	Otra carga variable cualquiera

- Situaciones variables:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}$	Carga permanente
------------------------------	------------------



- $A_d$  Acción accidental
- $\gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$  Carga variable cualquiera
- $\gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$  Otra carga variable cualquiera

- En los casos en los que la acción accidental sea la sísmica:

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

En cambio, para la verificación de los **ELS** se seguirán las siguientes expresiones:

- Situaciones persistentes:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Situaciones variables:

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

- En los casos en los que la acción accidental sea la sísmica:

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

Superar los ELU supone una situación mucho más grave que superar los ELS, ya que los ELU contemplan el colapso total o parcial del edificio. Esto puede verse reflejado en los coeficientes de seguridad que se emplean para la mayoración de las acciones en cada caso.

**Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones**

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		<b>desestabilizadora</b>	<b>estabilizadora</b>
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

<sup>(1)</sup> Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

**Figura 43.** Coeficientes parciales de seguridad

**Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )**

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

**Figura 44.** Coeficientes de simultaneidad

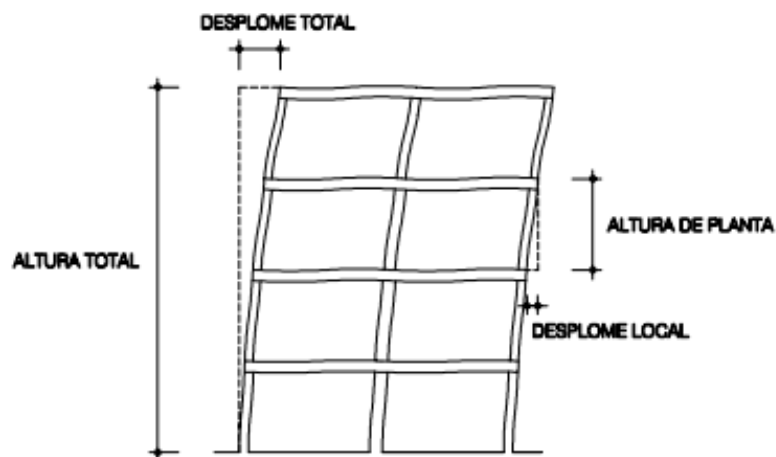
Además en el cálculo de la estructura se han respetado los límites en deformaciones que establece el CTE, que se resumen en los siguientes:

### Flechas

- L/500 en pisos con tabiques frágiles o pavimentos rígidos sin juntas.
- L/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas.
- L/300 para el resto de los casos.

### Desplazamientos horizontales

Se acepta un desplome máximo de L/250 siendo L la altura de la planta del edificio.

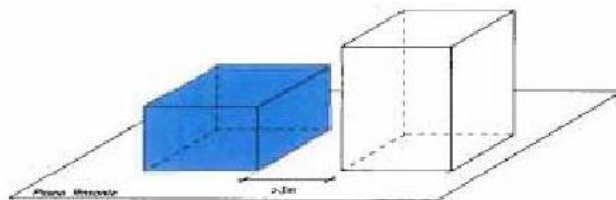


**Figura 4.1** Desplomes

**Figura 45.** Desplomes del edificio

### 2.3.2. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

Aplicando el R.D. 2267/2004 a la presente nave destinada a metalistería y teniendo en cuenta que el establecimiento ocupa todo un edificio y que se encuentra a una distancia superior a 3 m de los edificios colindantes, pertenece al grupo de establecimientos tipo C.



**Figura 46.** Establecimiento industrial Tipo C

El edificio se encuentra dividido en dos sectores:

- Sector 1: Zona de fabricación
- Sector 2: Zona administrativa y de oficinas

Al Sector 1 le corresponde un nivel de riesgo intrínseco 1 bajo, mientras que al Sector 2 le corresponde un nivel de riesgo intrínseco 2 bajo. La superficie construida en el sector 1 será de 882 m<sup>2</sup>, mientras que la superficie del sector 2 será de 588 m<sup>2</sup>. Ambos sectores deben estar correctamente separados por elementos que cumplan la estabilidad al fuego exigida, que en este caso es de 30 minutos.

Se les exigirá una estabilidad al fuego a los elementos estructurales portantes de 30 minutos (RF30). Se entiende como elemento estructural portante de la nave al conjunto de forjados, vigas, soportes y estructura principal y secundaria. Dicha estabilidad se conseguirá mediante la aplicación de una capa de pintura intumescente que reaccionará ante la presencia del fuego protegiendo los elementos metálicos estructurales y aumentando el tiempo de evacuación del edificio.

En cambio, a la estructura principal de la cubierta y sus soportes constituidos por los dinteles, cerchas, etc. que constituyen la estructura de la cubierta y a los soportes que tengan la función de sujetarla, incluidos los que soporten el puente-grúa, no se les exigirá ningún tipo de estabilidad al fuego.

La evacuación del edificio se realizará por la puerta de emergencia para el personal que se encuentre en el Sector 1 y por las puertas correderas automáticas de entrada para los trabajadores que se hallen en el Sector 2. Dichas puertas estarán equipadas con sistema antipánico para casos de emergencia. La puerta de emergencia se encuentra situada en un lugar

estratégico que hace que el recorrido desde cualquier punto del Sector 1 hasta la salida sea inferior a 50 m.

Los detalles sobre el Estudio de Seguridad contra Incendio pueden consultarse en el documento 8.2. del presente Proyecto.

### 2.3.3. SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El edificio proyectado y todos sus elementos e instalaciones cumplen con las exigencias básicas que se establecen en el DB-SUA. El fin de dicho documento es reducir el riesgo que pueden sufrir los usuarios del edificio al hacer uso del mismo, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Se ha prestado especial atención a las exigencias referentes escaleras y accesibilidad del edificio, con el fin de facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria y segura para todas las personas.

### 2.3.4. SALUBRIDAD

El DB-HS regula las condiciones básicas de salubridad que debe cumplir el edificio proyectado. Dichas condiciones se resumen en las siguientes:

➤ Protección frente a la humedad

Los cerramientos, tanto de fachada como de cubierta, otorgan una correcta impermeabilización al interior del edificio, mejorando su habitabilidad.

La solera se aísla mediante una capa de polietileno que evite posibles humedades por capilaridad, mientras que al foso del ascensor, pese a encontrarse por encima del nivel freático (2 m), se le aplica una capa de aislamiento interior.

➤ Red de evacuación de aguas

Se ha realizado la instalación de las redes de evacuación de aguas pluviales y fecales. Ambas redes se diseñan para una inclinación del 2%, que facilitará la evacuación de las aguas por gravedad.

➤ Red de abastecimiento de agua potable

Se ha realizado la instalación de la red de abastecimiento de agua potable al edificio mediante tubos de polietileno de alta densidad en el exterior de

la nave y mediante tubos de cobre, tanto para la instalación de agua fría como para la instalación de agua caliente, en el interior de la nave.

### **2.3.5. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO**

La protección frente al ruido en la edificación se regula mediante el DB-HR, cuyo fin es limitar dentro del edificio, y en condiciones normales de empleo, el riesgo de sufrir molestias o enfermedades que el ruido puede originar sobre los usuarios del mismo.

De esta forma los cerramientos de la nave además de realizar un aislamiento térmico del edificio le brindarán cierto nivel de aislamiento acústico.

Tanto en los tabiques como en los falsos techos que compartimentan la zona administrativa del edificio se emplean diferentes tipos de aislantes, como lana de roca o poliestireno expandido, que ayudará a aislar térmica y acústicamente los diferentes compartimentos del edificio.