



***NAVE-ALMACÉN PARA RIEGOS DEL NORTE S.A. EN  
ANGUCIANA (LA RIOJA)***

**2. MEMORIA**

**DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO**

NOMBRE: XABIER

APELLIDOS: ORDÓÑEZ QUÍLEZ

FDO.:

FECHA: 01/06/15

**DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA**

NOMBRE: IGNACIO

APELLIDOS: MARCOS RODRÍGUEZ

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA: 01/06/15



## ÍNDICE

<b>2.1 OBJETO DEL PROYECTO</b> .....	1
<b>2.2 ALCANCE DEL PROYECTO</b> .....	2
<b>2.3 ANTECEDENTES</b> .....	4
2.3.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE UNA NAVE .....	5
2.3.2 ELEMENTOS Y MATERIALES DE CIERRE DE UNA NAVE.....	6
2.3.3 CORREAS DE CUBIERTA Y LATERALES.....	11
2.3.4 PÓRTICOS TRANSVERSALES.....	12
2.3.5 UNIONES Y EMPALMES .....	14
2.3.6 VIGAS CONTRAVIENTO Y ENTRAMADOS .....	16
<b>2.4 MEMORIA CONSTRUCTIVA</b> .....	16
2.4.1 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, DESBROCE Y LIMPIEZA .....	16
2.4.2 EXPLANACIÓN, REFINO Y NIVELACIÓN .....	17
2.4.3 EXCAVACIONES .....	17
2.4.4 CIMENTACIÓN .....	17
2.4.5 RED DE SANEAMIENTO Y FONTANERÍA.....	18
2.4.6 SOLERA.....	18
2.4.7 MONTAJE ESTRUCTURAL PRINCIPAL .....	18
2.4.8 FORJADO .....	18

2.4.9 CERRAMIENTO DE FACHADA Y CUBIERTA .....	19
2.4.10 PARTICIONES INTERIORES .....	19
2.4.11 ACABADOS .....	19
2.4.12 INSTALACIONES .....	19
2.4.13 URBANIZACIÓN DEL ENTORNO .....	19
<b>2.5 NORMAS Y REFERENCIAS .....</b>	<b>20</b>
2.5.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	20
2.5.2 BIBLIOGRAFÍA .....	24
2.5.3 PROGRAMAS DE CÁLCULO .....	27
<b>2.6 REQUISITOS DE DISEÑO .....</b>	<b>27</b>
<b>2.7 ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....</b>	<b>31</b>
2.7.1 TIPO DE CUBIERTA .....	31
2.7.2 CERRAMIENTOS DE FACHADA.....	31
2.7.3 CORREAS .....	32
2.7.4 PÓRTICOS .....	32
2.7.5 OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	33
2.7.6 UNIONES Y EMPALMES .....	35
2.7.7 PERFILES Y CALIDAD .....	35
2.7.8 FORJADO .....	35
<b>2.8 RESULTADOS FINALES.....</b>	<b>36</b>

2.8.1 TIPO DE CUBIERTA .....	36
2.8.2 CERRAMIENTOS DE FACHADA.....	38
2.8.3 CUBIERTA DE MARQUESINA .....	38
2.8.4 CORREAS DE CUBIERTA Y FACHADA .....	39
2.8.5 CORREAS DE MARQUESINA .....	41
2.8.6 PÓRTICOS .....	42
2.8.7 OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	44
2.8.8 UNIONES .....	45
2.8.9 FORJADO .....	46
2.8.10 ESCALERAS .....	47
2.8.11 PLACAS DE ANCLAJE.....	47
2.8.12 CIMENTACIÓN .....	48
2.8.13 PUERTAS.....	48
2.8.14 ALICATADOS.....	48
2.8.15 SANEAMIENTO Y FONTANERÍA .....	49
<b>2.9 PLANIFICACIÓN .....</b>	<b>49</b>
<b>2.10 PRESUPUESTO .....</b>	<b>54</b>

## **2.1 OBJETO DEL PROYECTO**

El presente proyecto consiste en el diseño y cálculo de una nave industrial, destinada al desempeño de tareas como centro de almacenaje y distribución de material para el desarrollo de instalaciones de riego.

El proyecto lo realiza Xabier Ordóñez Quílez, con D.N.I. 72402913-V, titulado en Grado en Ingeniería Mecánica.

La nave industrial se ubica en la parcela Nº - 175 del POLÍGONO -7- LA LOMA, situado en el municipio Riojano de Anguciana perteneciente a la comarca de Haro.

Al tratarse de una obra de nueva construcción, se aplicará el Código Técnico de la Edificación (CTE), y por tanto, cada uno de sus Documentos Básicos. Esta normativa se aplicará tanto en el proyecto, la construcción, el mantenimiento, como en la conservación del edificio y sus instalaciones.

Las medidas del pabellón serán de 15 metros de luz y 30 metros de largo, siendo de este modo su superficie total en planta de 450 m<sup>2</sup>. La altura de rasante será de 6 metros alcanzando los 8 metros en la cumbre. Estas serán las medidas definitivas, salvo que, por motivos constructivos, alguna de ellas sufra alguna ligera modificación.

Se ha optado por una cubierta ligera a dos aguas formada por paneles de cerramiento tipo sándwich. En lo referente a los cerramientos laterales y hastiales, estarán formados por una pared de bloques de hormigón hasta una altura de 1,80 metros y a partir de ese punto se cerrará la nave con paneles tipo sándwich. Este modo de cerramiento aumenta la seguridad de la nave frente a posibles robos. Cabe destacar que en uno de sus laterales, la nave contará con una marquesina a un agua que sirva de cubierta para aparcamiento. Dicha cubierta estará compuesta por chapas nervadas con el único objetivo de resguardar a los vehículos de la lluvia y la nieve.

Para establecer unas condiciones óptimas de funcionamiento dadas las características del edificio, se estima conveniente la disposición de una serie de accesos al interior de la nave

con el objetivo de facilitar el transporte, para labores de carga y descarga de materiales, además del acceso en caso de ser necesario, de vehículos específicos de transporte.

Por otro lado, también se estima oportuna la implantación de una puerta peatonal cortafuegos, dotada con barras antipánico, para cumplir los requisitos de accesibilidad y utilización del edificio, prestando atención al reglamento vigente de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Es por ello que, teniendo en cuenta la capacidad de almacenaje de la base logística, en el pórtico hastial delantero se implantará una puerta corredera de grandes dimensiones (5 metros de ancho por 3,5 metros de alto). Para permitir el acceso de los distintos vehículos de la empresa y así facilitar el suministro del material. Esta puerta contará además con un acceso peatonal para agilizar el paso de los usuarios y así procurar que la puerta corredera esté abierta el tiempo oportuno.

Por otro lado, en el lateral opuesto a la marquesina, se situará una puerta peatonal cortafuegos, dotadas de barras antipánico, prestando atención a posibles requerimientos de acceso peatonal de personal o clientes.

Por otra parte, resulta conveniente destacar la disposición de una entreplanta en uno de los extremos de la nave para la implantación de un despacho de gerencia, así como una sala de reuniones y dos servicios. El acceso a dicha entreplanta será mediante una escalera en dos tramos situada junto a uno de los laterales de la nave para optimizar al máximo el espacio disponible en planta baja.

## **2.2 ALCANCE DEL PROYECTO**

Este proyecto conlleva el diseño y el cálculo de todos los elementos necesarios para la construcción de una nave industrial destinada al almacenaje y distribución de material para regadío. Todos los cálculos de la estructura se realizarán cumpliendo con todos los documentos básicos que conforman el Código Técnico de la Edificación (CTE). El CTE es el

marco orientativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir las edificaciones, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad.

Además, se presta especial atención a las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), establecidas por el Decreto 3565/1972, de 22 de diciembre, del Ministerio de Vivienda (BOE 15/01/1973), las cuales presentan unas soluciones técnicas recomendables para los casos prácticos normales en edificación, según determina el Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio (BOE 09/07/1977). Por tanto, pese a ser normas de aplicación voluntaria, tienen el carácter de soluciones y criterios técnicos homologados por la administración.

Por otro lado, inicialmente se realizarán las estimaciones y consideraciones estructurales y constructivas pertinentes con sus correspondientes comprobaciones para posteriormente, proceder a la ejecución de los cálculos con ayuda de diferentes programas informáticos específicos, de entre los cuales destaca el programa de cálculo de estructuras metálicas Nuevo Metal 3D, de CYPE Ingenieros. Este programa se basa, como tantos otros, en el Método Matricial, el cual conduce a grandes sistemas de ecuaciones lineales mediante la idealización de la estructura real. Este método consiste en suponer desconocidos los desplazamientos y giros de los nudos de un modelo de cálculo y para ello se establecen dos tipos de relaciones: las relaciones entre los desplazamientos y los esfuerzos que éstos originan en los nudos de las barras, y el equilibrio de fuerzas entre las acciones exteriores a la estructura y los esfuerzos generados en los nudos, obtenidos anteriormente. Planteando las ecuaciones de equilibrio se establece un sistema matricial de ecuaciones cuyas incógnitas son los desplazamientos. Una vez conocidos dichos desplazamientos y su relación con los esfuerzos en los nudos, se calculan los esfuerzos en los extremos de las barras.

Sin embargo, al tratarse de una idealización de la estructura, el modelo de cálculo se aproxima lo máximo posible al comportamiento real de la estructura, pero existen factores que impiden que la fiabilidad ante dichos cálculos sea total. Por ejemplo, las acciones que actúen sobre la estructura pueden ser diferentes a las cargas supuestas o incluso durante la ejecución de la obra la estructura puede sufrir algún cambio. De todas maneras, estas diferencias entre la estructura real y el modelo de cálculo se salvan prácticamente en su

totalidad mediante la aplicación estricta de la normativa existente y mediante la experiencia del técnico, posicionando en todo momento las conclusiones obtenidas del lado de la seguridad.

Por consiguiente, una vez obtenidos los perfiles óptimos mediante el citado programa de cálculo, se expondrán las comprobaciones pertinentes según las disposiciones establecidas en el propio Código Técnico de la Edificación.

Este proyecto, además del documento de cálculos, también consta de una Memoria donde se describe el objeto del proyecto y se justifican las soluciones adoptadas. También se incluyen planos debidamente acotados que ayudan a completar la definición de lo proyectado en su aspecto constructivo, estableciendo dimensiones, materiales y otro tipo de datos. Para completar este proyecto existe un pliego de condiciones donde se incluyen condiciones técnicas, económicas, administrativas y legales necesarias para la materialización del proyecto, evitando posibles interpretaciones distintas de las deseadas. Además, este proyecto consta de un estado de mediciones y un presupuesto, donde se definen las unidades de cada partida que configuran la totalidad de la obra y el coste de cada una de ellas y de la totalidad del proyecto respectivamente. Concretamente, el presupuesto se estructurará según los siguientes conceptos: Presupuesto de Ejecución Material, Presupuesto de Ejecución por Contrata y Presupuesto Total. Finalmente, en este proyecto también se recogen estudios con entidad propia, como un Estudio Básico de Seguridad y Salud, un Estudio de Protección contra Incendios y un Plan de Control de Calidad, además de un Estudio de Gestión de Residuos en obras de construcción.

### **2.3 ANTECEDENTES**

La nave que concierne a este proyecto se ubicará en el polígono industrial “LA LOMA” en el municipio de Anguciana, perteneciente a la comarca de Haro. La situación donde se pretende realizar la implantación de la nave industrial, con el objetivo de satisfacer las necesidades preceptivas, pertenece a la empresa Riegos del Norte S.A.

Atendiendo a la gran importancia del sector agrario en la zona y la amplia demanda de desarrollo y mantenimiento de instalaciones de regadío, se estima conveniente satisfacer las necesidades de la empresa de implantar un centro de almacenaje y distribución de los distintos materiales necesarios para el desarrollo de su labor.

Además cabe destacar la importancia de la viticultura en La Rioja y más concretamente la comarca de Haro en la que se sitúa la nave estudiada, hecho que asegura la demanda continua del servicio ofertado por la empresa.

La parcela tiene una superficie aproximada de 15.142 m<sup>2</sup>, mientras que la nave supondrá aproximadamente 450 m<sup>2</sup>, posibilitando así la circulación de vehículos de transporte, el almacenamiento en el exterior de la nave cuando así se precise e incluso la realización de pequeños montajes de sistemas de riego en el interior de la nave.

### 2.3.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE UNA NAVE

En la organización constructiva de una nave industrial se distinguen los siguientes elementos:

- *Correas*: son vigas formadas en general por perfiles metálicos laminados o conformados en frío que reciben directamente la cubierta propiamente dicha, transmitiendo su peso y cargas (nieve, viento, etc.) a los pórticos transversales. También se pueden disponer correas en los paramentos de la nave, las cuales recibirán las cargas horizontales transmitidas mediante los paneles de cerramiento y las transmitirán a los pilares de los pórticos transversales.
- *Pórticos transversales*: están formados por un sistema de vigas de celosía y pilares, o pórticos a dos aguas contruidos con piezas de alma llena de sección constante o variable. Resisten las cargas transmitidas por las correas y también las cargas de viento perpendiculares al eje longitudinal de la nave, recogidas por los pilares.

- *Vigas contraviento*: se organizan añadiendo una celosía en cruz de San Andrés o en forma de K que enlaza los cordones superiores de las cerchas o de las vigas que forman los dinteles de los pórticos. Se disponen en los vanos extremos o intermedios de la nave.
- *Vigas de arriostramiento o de compresión*: generalmente son perfiles similares a los de los pórticos principales, pero de menores dimensiones, que se colocan cerca de la unión viga-pilar de los pórticos transversales y unen estos pórticos entre sí transmitiendo así las cargas longitudinales hasta los entramados laterales. En el caso de que la nave disponga de junta de dilatación, las vigas de arriostramiento serán algunos de los elementos longitudinales que deberán ser discontinuos en dicho punto.
- *Entramados hastiales*: reciben las acciones debidas al viento de dirección longitudinal y forman una estructura que soporta el cerramiento frontal de la nave. Estas acciones horizontales se concentran en los pilares que las transmiten a las vigas a contraviento y también directamente a la cimentación.
- *Entramados laterales*: constituidos por los pilares de los pórticos principales a los que se les añade también una celosía en cruz de San Andrés o en K, en uno o más vanos. Aquellos que forman parte de los entramados laterales reciben, además, las cargas horizontales dirigidas en el sentido longitudinal de la nave por las vigas a contraviento.

### 2.3.2 ELEMENTOS Y MATERIALES DE CIERRE DE UNA NAVE

El cierre de una nave industrial se basa en los cerramientos tanto de cubierta como de fachada; los primeros tienen una mayor repercusión en la estructura principal ya que su peso

propio debe ser resistido por la cubierta de una manera más directa que los cerramientos de fachada, que incluso en algunos casos pueden apoyarse sobre la cimentación.

Hoy en día existe una tendencia a utilizar soluciones prefabricadas de fácil y rápido montaje, proporcionando una mejora de su durabilidad y diversas posibilidades de creatividad para el proyectista.

Respecto a la cubierta, existen principalmente tres tipos: planas, inclinadas y curvas. Todas ellas deberán cumplir las mismas funciones y el proyectista se decantará por el tipo que le convenga según las necesidades constructivas, meteorológicas o económicas. Los cerramientos de cubierta, por sus características inherentes o incorporadas, tienen la misión de contribuir, junto con los demás sistemas constructivos, a la consecución de una durabilidad adecuada y de un ambiente interior controlado. Consecuentemente, las cubiertas deben reunir los requisitos que se describen a continuación:

- *Durabilidad*: no sólo de la estructura, sino también de los materiales de recubrimiento que constituyen la cubierta. Este concepto debe entenderse en sentido amplio y en consecuencia deben considerarse razones de mantenimiento y recuperación, así como los factores económicos y relacionados con el período de vida de la cubierta.
- *Resistencia y estabilidad*: los elementos y componentes estructurales de la cubierta se diseñarán con la resistencia adecuada para que se mantenga intacta, estable y con una deformación limitada y controlada bajo las tensiones que operan a consecuencia de los pesos propios y las sobrecargas.
- *Impermeabilidad*: la cubierta debe ser adecuada a los condicionantes climáticos y, por consiguiente, debe asegurar la estanqueidad al agua de lluvia o nieve. La resistencia que presenta una cubierta en su conjunto a las condiciones

atmosféricas es función principalmente de su recubrimiento exterior, cuya eficacia depende de la capacidad que tenga la estructura para proporcionar la inclinación adecuada para que el agua discurra y no quede estancada.

- *Aislamiento térmico*: con el fin de contribuir al logro de unas temperaturas razonablemente estables y que resulten confortables para la actividad eficaz de los ocupantes del edificio, o bien al logro de la temperatura que sea necesaria para un determinado proceso.
- *Aislamiento acústico*: para la reducción del sonido aéreo y del proveniente de la caída de la lluvia y del granizo. En muchos edificios industriales los niveles de ruido interior son tan altos que hacen innecesaria la reducción del ruido exterior.
- *Protección contra el riesgo de incendio*: no sólo de los que se produzcan en el interior del edificio, sino también de los posibles incendios que se produzcan en el exterior, ya que las cubiertas se pueden incendiar en su parte exterior por la exposición a un calor intenso y a las llamas de los fuegos de las edificaciones adyacentes.
- *Adaptabilidad*: los sistemas estructurales de cubiertas difieren en gran medida en sus exigencias de apoyo, de ahí que en el diseño y elección del tipo de cubierta se deban prever posibles alteraciones o ampliaciones en la construcción, siendo este aspecto bastante normal en edificación industrial debido a las necesidades del proceso.

En lo referente a los materiales, la variedad es inmensa y su aplicación está condicionada por la tipología de la cubierta y el edificio, es decir, si se trata de una cubierta inclinada o plana, o de un edificio industrial, comercial, de viviendas, etc. Usualmente se utilizan materiales de cubrición como: teja, hojas de pizarra, placas de fibrocemento, placas de policloruro de vinilo o poliéster reforzado, chapas de acero, chapas de aluminio, chapas lisas de cobre, chapas de zinc, paneles metálicos, productos bituminosos... Incluso puede darse la combinación de varios materiales en un mismo cerramiento, en función del tipo de cubierta que se trate:

- *Cubierta simple*: es la forma más sencilla de cubierta. Los paneles apoyan directamente sobre las correas de cubierta y se fijan con tornillos y arandelas de estanqueidad. Esta solución puede utilizarse en edificaciones en las que no existan exigencias de aislamiento térmico o acústico.
- *Cubierta con aislamiento visto*: consiste en añadir en la cara inferior de una cubierta simple un aislamiento térmico rígido o semirrígido, acabado en su cara vista con una protección decorativa. El aislamiento puede colocarse dejando una cámara de aire con la chapa o inmediatamente bajo ella.
- *Cubierta tipo sándwich*: supone una solución más compleja que las anteriores, pero presenta prestaciones más elevadas. Está constituida por un perfil interior, un aislamiento y un perfil exterior. Se puede realizar de dos maneras: ejecutadas “in situ” o prefabricadas.
- *Cubierta Deck*: este tipo de cubierta difiere de las anteriores principalmente en que la impermeabilización no se consigue con una chapa perfilada, sino a través de una sucesión de láminas impermeabilizantes.

- *Cubierta invertida*: es una cubierta Deck en la que se altera el orden de las capas, quedando el aislamiento encima de la impermeabilización. El orden de las capas del interior al exterior quedaría así: chapa perfilada, impermeabilización, aislamiento térmico y protección.

En lo que respecta a los cerramientos de fachada, de forma general se pueden clasificar en dos grandes grupos: los tradicionales y los prefabricados. Los tradicionales suelen ser los cerramientos de fábrica de ladrillo y los bloques de hormigón. En los cerramientos verticales prefabricados existe una gama más amplia y principalmente se clasifican en pesados o ligeros (PVC, chapa metálica, muro cortina, fibrocemento,...).

En general, los paramentos verticales deben cumplir tres exigencias principales:

- *Exigencias estructurales*: el cerramiento de fachada debe ser capaz de soportar las acciones horizontales del viento que incide sobre él, las debidas a su propio peso, los esfuerzos debidos a su dilatación y de la estructura a la que está adosado, así como contar con una resistencia al fuego adecuada a lo exigido según normativa.
- *Exigencias ambientales*: el cerramiento debe asegurar la estanqueidad frente al agua y la nieve, así como la ausencia de humedades debidas a la condensación, atenuación de las condiciones acústicas desfavorables o establecimiento de la protección térmica adecuada.
- *Exigencias de durabilidad*: el cerramiento debe contar con la capacidad suficiente para resistir agentes agresivos o abrasivos, así como resultar fácil su mantenimiento y conservación.

### 2.3.3 CORREAS DE CUBIERTA Y LATERALES

Las correas son elementos constructivos que se colocan tanto en la cubierta (correas de cubierta) como en la fachada (correas laterales) cuando el material de cerramiento es ligero, por ejemplo, paneles de acero nervado. Las correas son el primer elemento estructural, sin tener en cuenta los cerramientos, que absorben las sobrecargas y el peso propio y se lo transmiten a los pórticos, para que éstos a su vez transmitan las cargas a la cimentación y de ahí al terreno. Apoyan directamente sobre los cordones de las vigas de celosía o sobre los dinteles de los pórticos, disponiendo ejiones que faciliten el montaje e impidan su vuelco.

Como correas se utilizan generalmente perfiles de acero conformado o perfiles de acero laminado, según estime el proyectista en función de la capacidad de cada perfil y de las necesidades estructurales. El uso de perfiles IPN, IPE o UPN, por ejemplo, es muy común ya que las correas trabajan principalmente a flexión y este tipo de perfiles tienen muy buen comportamiento en uno de sus planos. En el otro plano, que es normalmente el paralelo a la cubierta o a la fachada, donde se contiene el denominado eje débil del perfil, se pueden disponer las tirantillas para reducir la flecha y el momento flector. A veces incluso se opta por doblar la sección de perfil adosando dos perfiles iguales que trabajan como si fueran una sola correa, debido a que pueden sufrir un esfuerzo de compresión axial y resultan excesivamente esbeltas en dirección transversal (eje débil). De todas maneras, últimamente se está potenciando la utilización de perfiles conformados en frío con forma de C, Z o  $\Omega$  debido a que estos perfiles presentan un buen comportamiento a la flexión en ambos planos. Aunque las correas también sufren un esfuerzo cortante, éste apenas influye en su comportamiento y a veces incluso se desprecia frente al momento flector.

Respecto al cálculo, las correas se calculan generalmente como vigas continuas cuyos apoyos coinciden directamente con los pórticos transversales o con las armaduras, según el caso. De esta manera se aprovecha mejor el material tanto por las tensiones como por las deformaciones originadas por la flexión frente a las vigas isostáticas. Sin embargo, es posible realizar también el cálculo como si se tratara de vigas biapoyadas. Además, a la hora de dimensionar las correas se tiene en cuenta el tipo de fijación que las une a los pórticos, si se verán afectadas por un momento flector o éste será absorbido por el cerramiento, etc.

### 2.3.4 PÓRTICOS TRANSVERSALES

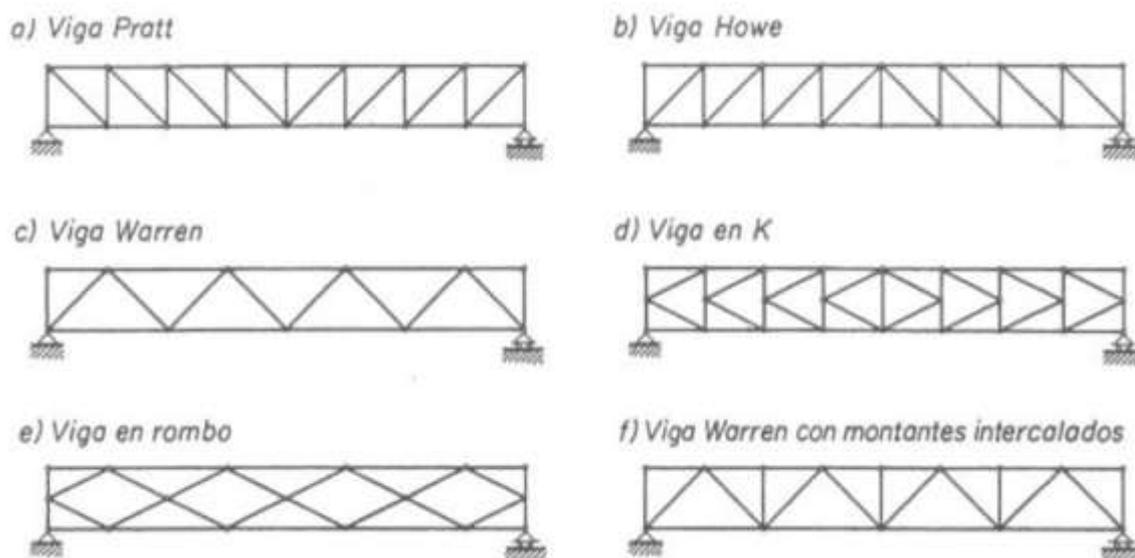
Los pórticos son los elementos estructurales de la nave que transmiten los esfuerzos provenientes de las correas al terreno a través de la cimentación. En función de las características de diseño, como puede ser la luz necesaria entre pórticos o las solicitaciones a las que se vea sometida la nave, existen diferentes tipos de pórticos.

En primer lugar debe elegirse el tipo de material que se va a utilizar para crearlos; éstos pueden ser de hormigón armado, de acero o mixtos. En este estudio son los metálicos los que acaparan el interés. Se pueden diferenciar dos tipos de pórticos metálicos, los que tienen vigas de alma llena por dinteles o los que están formados por una celosía. Evidentemente esta clasificación es muy general, puesto que aparte de las diferentes opciones que se dan en estos dos tipos de pórticos, los pilares también pueden ser de diferentes formas y secciones.

Los pórticos pueden tener muchas y diferentes formas dependiendo de las necesidades constructivas. Por un lado, pueden ser pórticos a un agua o a dos aguas; también pueden ser pórticos adosados, o con forma de diente de sierra, con diferentes inclinaciones, etc. Además, en función de la vinculación del pórtico al terreno, éstos pueden ser biempotrados, biarticulados o triarticulados (cumbreira articulada).

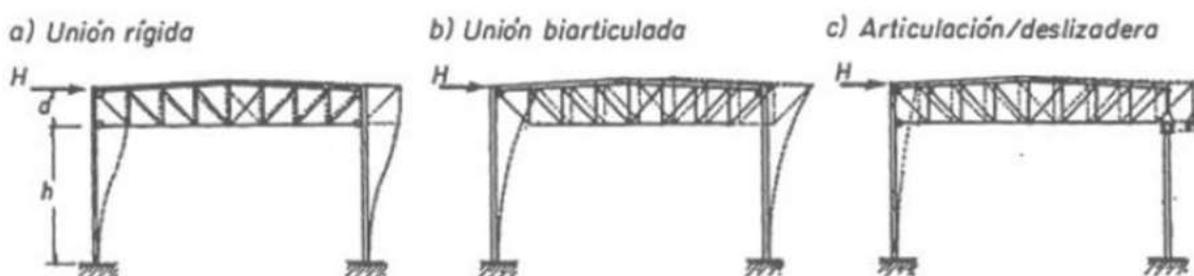
Para decantarse por un pórtico u otro, pueden influir los tipos de unión entre viga-pilar, la unión en cumbreira, el anclaje al terreno, etc. Dependiendo de los tipos de uniones seleccionados se tendrán distribuciones de cargas diferentes, por lo tanto unas necesidades distintas. Dependiendo de la luz y de las cargas a las que se ven sometidos se pueden poner como vigas, perfiles de sección constante, de sección variable, acarteladas, alveolares, rigidizadas, etc.

Cuando se tienen grandes luces, y no se tienen problemas de altura se pueden colocar celosías, que al igual que en los pórticos, existen diferentes tipos de ellas. Existen a su vez, diferentes tipos de triangulaciones para las celosías:



*Figura 1. Tipos de triangulaciones de celosías.*

Al igual que para los dinteles de alma llena, la unión viga-pilar en los pórticos con dintel de celosía puede ser rígida, biarticulada o articulada con deslizadera, todo ello dependiendo de los esfuerzos que soporte el pórtico. Por esa misma razón, los pilares también se verán afectados, ya que se puede dar el caso en que sea necesario armar perfiles, utilizar perfiles de sección variable para ahorrar material e incluso diseñar dos tramos de pilar (pilar en bayoneta).



*Figura 2. Tipos de pórticos.*

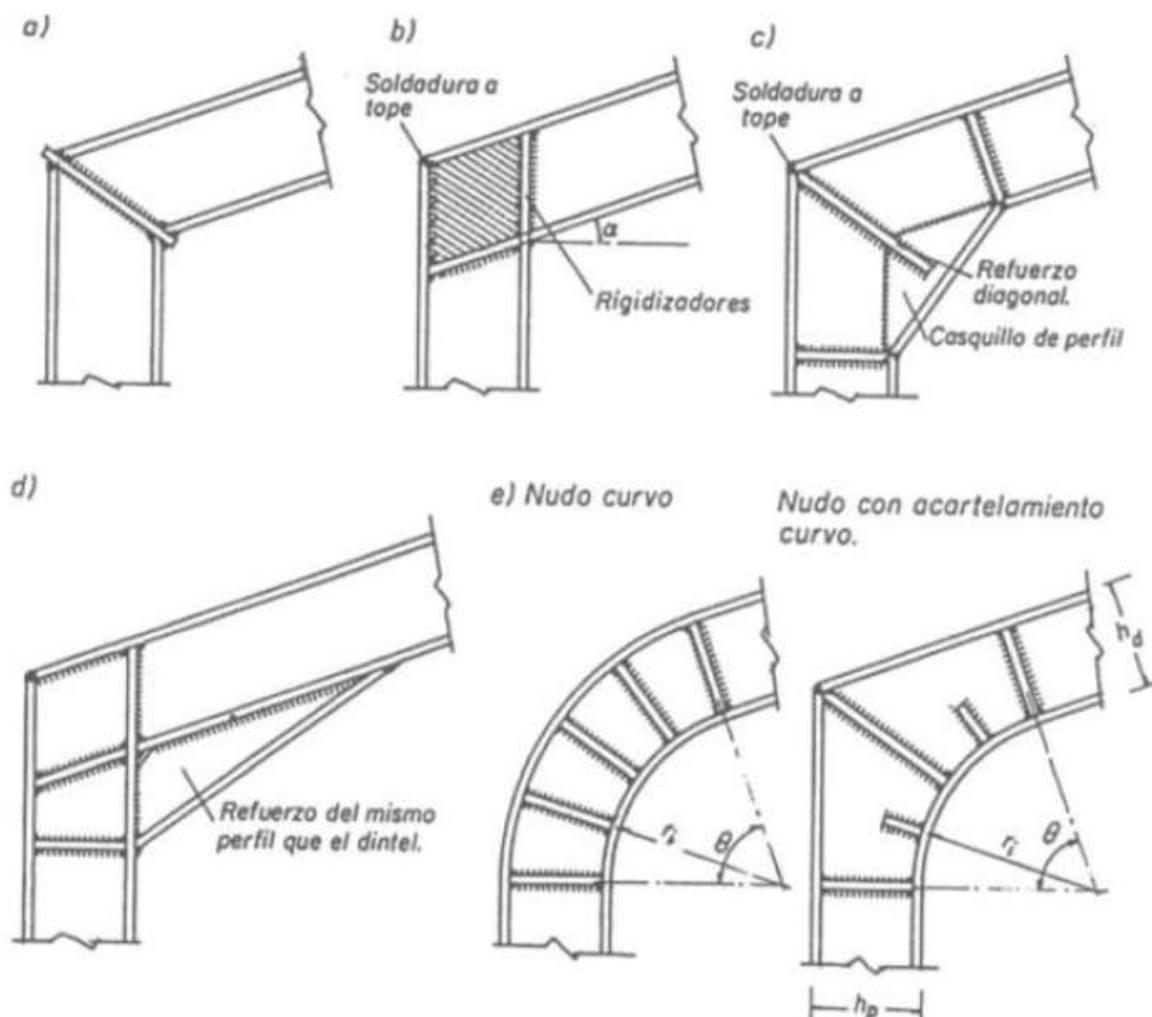
Se observa que las opciones para determinar el pórtico a elegir son infinitas, y el proyectista y su destreza serán los factores determinantes que decanten la balanza por una solución u otra.

Por otro lado, la unión entre los pilares y las zapatas puede ser mediante placas de anclaje y pernos de unión. Dependerá del tipo de unión elegida, articulada, semirrígida o rígida y en consecuencia de los esfuerzos a los que va a estar solicitado. Una unión pilar zapata rígida reduce los momentos máximos y consigue una mayor rigidez transversal del pórtico frente a las fuerzas horizontales, debidas a la acción del viento, puentes grúa, etc. Por el contrario, incrementa las sollicitaciones en cimentación precisando volúmenes mayores de cimentación y sistemas más complicados de basas. Las uniones viga pilar, y la unión de cumbrera se pueden diseñar mediante uniones soldadas o atornilladas siendo éstas empotramientos o articulaciones. En caso de tener momentos muy grandes, es aconsejable disponer articulaciones atornilladas que permitan el giro en cierta medida.

### **2.3.5 UNIONES Y EMPALMES**

La elección de las secciones en las que se efectúa el empalme de las barras durante el montaje, debe corresponder a aquellas zonas en las que las flexiones son más reducidas. Tal y como se ha explicado anteriormente, las uniones pueden ser rígidas, articuladas o semirrígidas. Estas uniones se realizarán mediante soldadura o tornillos. Las uniones atornilladas pueden ser empalmes efectuados con cubrejuntas o con placas de testa.

Para los nudos de esquina, existen distintas disposiciones constructivas. Si el momento flector en la unión es muy elevado, se deberán disponer cartelas para aumentar la sección del material y absorber así el momento flector. También se podrá reforzar una unión (o el resto de la viga o pilar) mediante chapas adosadas al alma o mediante rigidizadores cuando los esfuerzos axiales o cortantes sean importantes.



*Figura 3. Tipos de uniones.*

En el nudo de cumbrera, si las solicitaciones no son muy importantes se suele recurrir a “semiarticulaciones”, ejecutadas cerrando las barras del dintel con dos placas uniéndolas con una pareja de tornillos dispuestos en el eje normal al plano del pórtico. Por otra parte, si la cumbrera tiene una unión rígida, hay que prever en los cambios de dirección bruscos de las alas del perfil, diafragmas o refuerzos que equilibren la fuerza resultante derivada del cambio de dirección.

### **2.3.6 VIGAS CONTRAVIENTO Y ENTRAMADOS**

La viga contraviento, acompañada de los elementos laterales, forma un sistema estable para resistir las cargas longitudinales e impedir los desplazamientos, también longitudinales, de la nave, inmovilizando además en las secciones arriostradas las cabezas de las vigas o cordones superiores de las celosías de los pórticos.

La triangulación que se adopta es, en general, en cruz de San Andrés; no obstante puede utilizarse cualquier otro modelo, como la triangulación en K. La pared del entramado frontal está formada por un grupo de pilares intermedios (pilarillos), que son los que soportan directamente las fuerzas del viento que recibe el cerramiento y las transmiten a la viga contraviento y cimentación.

En los entramados laterales, si la organización constructiva de la nave es tal que el material de cierre puede por sí mismo soportar estas solicitaciones, no es necesario disponer arriostramientos. Sin embargo, si el cerramiento a emplear es ligero o el cerramiento no es capaz de resistir estas solicitaciones, es preciso dar rigidez longitudinal a las paredes, organizando arriostramientos. Si las dimensiones de la nave no son muy grandes, se disponen normalmente dos vanos arriostrados, uno en cada extremo, aunque la mayoría de las veces es necesario disponer más de dos.

## **2.4 MEMORIA CONSTRUCTIVA**

La construcción de este edificio seguirá los siguientes pasos:

### **2.4.1 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, DESBROCE Y LIMPEZA**

Debido a que el solar se encuentra repleto de vegetación, el arreglo de la parcela se efectúa desmontando y desbrozando el terreno por medios mecánicos, con retirada de la vegetación y demás residuos al vertedero. Posteriormente se realiza un relleno de zahorra natural, la cual debe cumplir los requisitos técnicos necesarios, que faciliten su puesta en obra y compactación adecuadas.

### 2.4.2 EXPLANACIÓN, REFINO Y NIVELACIÓN

Tras la limpieza del terreno, se procederá a la explanación, refino y nivelación de este solar de 15.142 m<sup>2</sup>, por medios mecánicos

### 2.4.3 EXCAVACIONES

Se procederá a la excavación de las zapatas, vigas de atado, conductos de saneamiento y arquetas mediante retroexcavadora; con extracción de tierras a bordes para su posterior transporte a vertedero. La excavación de pozos y zanjas se realiza por medios mecánicos, entibando si fuera necesario, o incluso realizando el agotamiento de agua que pudiera existir en la excavación.

### 2.4.4 CIMENTACIÓN

Toda la cimentación se realiza con hormigón de resistencia característica de valor 250 kp/cm<sup>2</sup> de cemento, que será vertido previa eliminación de todo tipo de obstáculos que se encuentren dentro de los límites de la excavación así como de todo tipo de elementos contaminadores de la zona y previa colocación de las armaduras sobre una solera de hormigón de limpieza de 10 cm de espesor. Se construirán las zapatas y las vigas de arriostamiento que unen estas entre sí. En las zapatas se dejarán embebidos los pernos para la colocación de las placas base para los pilares metálicos.

En el remoto caso de que al excavar no se encontrase firme, se continuará el vaciado hasta encontrarlo, debiendo rellenarse dicha excavación con grava compactada de origen prefabricado hasta la cota considerada en donde vaya a ir colocado el mallazo de la zapata. Dicha cota deberá coincidir con el resto de mallazos de cada una de las zapatas que sustentarán los pórticos.

A continuación se indican las recomendaciones constructivas que pueden resultar de utilidad para el cálculo de las zapatas:

- Bajo la zapata deben disponerse 10cm de hormigón de limpieza y las armaduras deben apoyarse sobre separadores. La excavación de los 20-25 cm

inferiores de terreno no debe llevarse a cabo hasta momentos inmediatamente anteriores a verter el hormigón de limpieza para impedir el acceso a todo tipo de elementos contaminantes a la zona de cimentación.

- Salvo grandes zapatas en las que no es de gran relevancia, es muy conveniente disponer de canto constante.

#### **2.4.5 RED DE SANEAMIENTO Y FONTANERÍA**

Se construirán las arquetas previstas y se colocarán los conductos que componen la red de saneamiento y de suministro.

#### **2.4.6 SOLERA**

Se nivelará el solar a base de compactación mediante medios mecánicos. Se colocarán la lámina de polietileno y el mallazo de reparto, y se procederá a su hormigonado. Se realizarán las juntas de contracción en consideración de los efectos térmicos.

#### **2.4.7 MONTAJE ESTRUCTURA PRINCIPAL**

El montaje de la edificación se realizará pórtico a pórtico. Acto seguido, se colocarán los arriostramientos de la nave en Cruz de San Andrés, y las vigas de arriostramiento que unen las cabezas de los pilares. También se situarán los elementos que intervienen en la entreplanta y en los medios de acceso a esta. Finalmente, se colocarán las correas laminadas tanto de fachada como de cubierta, así como perfiles de las puertas implantadas en la nave.

#### **2.4.8 FORJADO**

Para la ejecución del forjado, se implantará el perfil de chapa nervada colaborante MT-100 sobre las vigas implantadas en la estructura con el fin de soportar dicho forjado. Tras el anclaje de estos elementos, se procederá a la ubicación tanto del armado como del mallazo que intervienen en la estructura. Finalmente, se procederá al hormigonado del elemento para completar el forjado dispuesto.

### **2.4.9 CERRAMIENTO DE FACHADA Y CUBIERTA**

Una vez levantada la estructura principal, se procederá a la colocación de los paneles prefabricados de tipo sándwich seleccionados para solventar tanto el cerramiento de cubierta, como el de fachada. Estos paneles se colocarán sobre las correas.

### **2.4.10 PARTICIONES INTERIORES**

En perspectiva de los requisitos pertinentes, se establece la implantación de determinados tabiques de distribución, para la separación de los diferentes espacios contemplados para los aseos, vestuarios, oficinas y despacho de gerencia.

### **2.4.11 ACABADOS**

Se realizarán los alicatados de los aseos, colocación de solado de gres, raseados, taquillas, colocación de ventanas, puertas interiores...

### **2.4.12 INSTALACIONES**

Se procederá a la colocación de todos los conductos necesarios para las instalaciones previstas en el edificio. Con todos los conductos y tomas de corriente ya instalados, se colocarán los urinarios, lavabos....

### **2.4.13 URBANIZACIÓN DEL ENTORNO**

Se procederá a urbanizar el entorno del edificio, para lo que se realizarán labores de asfaltado, creación de zonas verdes, colocación de señalización... De este modo se permite la posibilidad, en caso de precisarse, de almacenar diferentes objetos en el exterior del edificio, facilitando también el tránsito de vehículos de transporte en los alrededores del edificio, mejorando así el funcionamiento del complejo.

## **2.5 NORMAS Y REFERENCIAS**

### **2.5.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS**

En este apartado se presenta la normativa que se debe aplicar a un proyecto de diseño de una nave industrial. Las exigencias básicas que establece esta normativa deben cumplirse tanto en el proyecto, como en la construcción, el mantenimiento y la conservación del edificio y sus instalaciones.

Con ello, el principal marco normativo a seguir en todo momento durante la ejecución de este proyecto será el Código Técnico de la Edificación (CTE) ya que es el que regula las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, en desarrollo de lo previsto en la disposición adicional de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

Dentro del Código Técnico de la Edificación, en su segunda parte destacan los Documentos Básicos que contienen, por un lado, la caracterización de las exigencias básicas y su cuantificación mediante el establecimiento de las características cualitativas o cuantitativas objetivamente identificables del edificio, y por otro lado, unos procedimientos, cuya utilización acredita el cumplimiento de dichas exigencias básicas, que se definen en forma de métodos de verificación o soluciones sancionadas por la práctica.

En este proyecto destacaremos particularmente los siguientes Documentos Básicos:

- Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE)

Tiene como objetivo asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.

- Documento Básico de ACERO (SE-A)

Se destina a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero de edificación y se refiere únicamente a la seguridad en condiciones adecuadas de utilización, incluyendo los aspectos relativos a la durabilidad.

- Documento Básico de ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (SE-AE)

Su función consiste en determinar las acciones sobre los edificios para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad) y aptitud al servicio.

- Documento Básico de CIMIENTOS (SE-C)

Se refiere a la seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio de los elementos de cimentación de todo tipo de edificios, en relación con el terreno, independientemente de lo que afecta al elemento propiamente dicho.

- Documento Básico de SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (SI)

Este documento excluye de su ámbito de aplicación “a los edificios, establecimientos y zonas de uso industrial a los que les sea de aplicación el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales”.

- Documento Básico de SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD (SUA)

Se limita el riesgo de que los usuarios sufran daños inmediatamente durante el uso previsto de los edificios, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

- Documento Básico de SALUBRIDAD (HS)

Se trata de reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios, dentro del edificio y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o

enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren y de que deterioren el medio ambiente en su entorno, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

- Documento Básico de PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (HR)

Se limita el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

- Documento Básico de AHORRO DE ENERGÍA (HE)

Ayuda a conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización en el edificio, reduciendo a límites sostenibles su consumo, y también a conseguir que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable.

Según lo explicado respecto al Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio, este proyecto deberá cumplir las directrices que se establecen en el REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO EN LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES (Real Decreto 2267/2004), el cual establece los requisitos que deben cumplir los establecimientos e instalaciones de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, ya que el ámbito de aplicación de esta normativa incluye a los talleres de reparación y los establecimientos de vehículos destinados al servicio de personas y transporte de mercancías. Este reglamento ayuda a reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Por otra parte, teniendo en cuenta que el material prioritario tanto en la cimentación de la nave como en el forjado de la entreplanta, es el hormigón armado, también será de obligado cumplimiento la INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08, en la que se proporcionan procedimientos que demuestran su cumplimiento con suficientes garantías técnicas. Además, es obligatorio el cumplimiento de la INSTRUCCIÓN PARA LA

RECEPCIÓN DE CEMENTOS (RC-08), según Real Decreto 956/2008 de 11 de Septiembre, el cual define las prescripciones técnicas generales que deben satisfacer los cementos y los métodos de ensayo para comprobarlas, para su recepción en las obras de construcción, en las centrales de fabricación de hormigón y en las fábricas de productos de construcción en cuya composición se incluya el cemento.

En lo que respecta a urbanismo, este proyecto es acorde a la Normativa Urbanística Municipal de la Comarca de Haro (La Rioja), la cual tiene por objeto establecer la ordenación urbanística general en todo el territorio del término municipal y la ordenación urbanística detallada en el suelo urbano para el que se ha considerado oportuno habilitar su ejecución directa, conforme a lo dispuesto en la Ley de Ordenación del Territorio y Urbanismo de La Rioja 5/2006, a fin de procurar un marco de habitabilidad adecuado y coherente con el resto de actividades que inciden en la ordenación y desarrollo territorial.

En lo referente al Control de Calidad, este proyecto también cumple con el Decreto 68/2005, de 11 de Enero, del Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno de la Rioja, el cual permite garantizar, a través de los organismos oficiales, el cumplimiento de lo referido en la normativa vigente sobre Control de Calidad en la edificación y también concretar las funciones a desempeñar en esta materia por los facultativos que intervienen en la obra de construcción. Es obligatorio en obras de más de 300.000 €.

Este proyecto también cumple con el Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación en materia de accesibilidad, estableciendo las exigencias dimensionales mínimas que afectan a la accesibilidad y desplazamientos en los edificios de nueva planta, siendo de carácter supletorio de las que puedan dictar las comunidades autónomas en ejercicio de sus competencias.

En lo que respecta a la seguridad en el trabajo, este proyecto cumple con la LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES (Ley 31/1995) y con las DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN, en las que

se desarrolla la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y donde se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud aplicables en las obras.

De manera más genérica, este proyecto cumple con las Normas sobre Redacción de proyectos y dirección de Obras de Edificación, según Decreto 462/1971, donde se establece la obligación de hacer constar expresamente las características que deben reunir los proyectos de obras de edificación de cualquier tipo, así como la obligación de los Órganos encargados de su visado de constatarlo; la obligatoriedad del Libro de Órdenes y Asistencias en toda obra de edificación, y de la expedición del certificado final de obra para la ocupación de cualquier inmueble de promoción privada. También regula la intervención de Colegios profesionales y Oficinas de supervisión de proyectos.

Este proyecto cumple además con el Decreto 105/2008, de 1 de Febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

Finalmente, y de manera no obligatoria, este proyecto cumple con las Normas Tecnológicas de la Edificación, que regulan cada una de las actuaciones que intervienen en el proceso edificatorio: diseño, cálculo, construcción, control, valoración y mantenimiento, aunque su carácter es puramente instructivo.

### 2.5.2 BIBLIOGRAFÍA

La información para llevar a cabo el proyecto descrito se obtendrá de diferentes fuentes, entre las que destacan:

- Libros:
  - James M. Gere, “Timoshenko: Resistencia de materiales”, Ediciones Paraninfo, S.A., 2004.
  - José Calavera Ruiz, “Cálculo de estructuras de cimentación”, 4ª Edición, Intemac Ediciones, 2000.
  - Pedro Jiménez Montoya, “Hormigón Armado”, 15ª Edición, Gustavo Gili, 2010.

- Ramón Argüelles Álvarez, “La Estructura Metálica Hoy”, Bellisco, 2011.
- Antonio Manuel Reyes, “CYPE 2010. Cálculo de estructuras metálicas con Nuevo Metal 3D”, Anaya Multimedia, 2009.
- Páginas web:
  - [www.boe.es](http://www.boe.es)
  - [www.larioja.org](http://www.larioja.org)
  - [www.haro.org](http://www.haro.org)
  - [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)
  - [www.fomento.gob.es](http://www.fomento.gob.es)
  - [www.minetur.gob.es](http://www.minetur.gob.es)
  - [www.euskadieuprecios.com](http://www.euskadieuprecios.com)
  - [www.constructalia.com](http://www.constructalia.com)
  - [www.arcelormittal.es](http://www.arcelormittal.es)
  - [www.structurat.es](http://www.structurat.es)
  - [www.cype.com](http://www.cype.com)
  - [www.aenor.es](http://www.aenor.es)
  - [www.soloarquitectura.com](http://www.soloarquitectura.com)
  - [www.soloingenieria.net](http://www.soloingenieria.net)
  - [www.construmática.com](http://www.construmática.com)
  - [www.hormann.es](http://www.hormann.es)

- [www.grupoincendios.com](http://www.grupoincendios.com)
- [www.hiansa.com](http://www.hiansa.com)
- [www.pladur.com](http://www.pladur.com)
- [www.wurth.es](http://www.wurth.es)
- [www.rockwool.es](http://www.rockwool.es)
- [www.aluinter.com](http://www.aluinter.com)
- [www.bricomarkt.com](http://www.bricomarkt.com)
- [www.logismarket.com](http://www.logismarket.com)
- [www.normabloc.org](http://www.normabloc.org)
- [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)
- Catálogos:
  - Catálogo de cerramientos de cubierta Arval (Arcelor Construcción).
  - Catálogo de soluciones de fachada Arval (Arcelor Mittal).
  - Catálogo de forjados colaborantes Hiansa (Grupo Hiemesa).
  - Catálogo de rematería Incoperfil.
  - Catálogo de productos de la empresa Pladur.
  - Catálogo de productos de la empresa Würth.
  - Catálogo de productos de la empresa Rockwool.
  - Catálogo de productos de la empresa Brico Markt.
  - Catálogo de puertas contra incendios de Athenea.

- Catálogo de puertas correderas industriales Hörmann.
- Catálogo de calentadores y termos Junkers.
- Prontuario de perfiles de acero.
- Catálogo de productos de la empresa Mecalux.

### **2.5.3 PROGRAMAS DE CÁLCULO**

Los programas informáticos empleados para la ejecución del presente proyecto son los siguientes:

- CESPLA para el cálculo de estructuras planas.
- Generador de Pórticos y Nuevo Metal 3D de Cype Ingenieros para el cálculo y dimensionamiento tanto de los elementos estructurales como de los elementos de cimentación.
- AUTOCAD para elaboración de planos.
- Forjados Colaborantes Hiansa para el cálculo y el dimensionamiento de forjados mixtos mediante chapa nervada colaborante.

## **2.6 REQUISITOS DE DISEÑO**

En este apartado se tendrá en cuenta los datos de partida y las bases establecidas por el cliente y los que se derivan de la legislación, reglamentación y normativa aplicables.

Los principales requisitos que debe cumplir la nave conciernen a la ubicación de esta, la capacidad y la funcionalidad aparente. Al tratarse de una nave industrial destinada al almacenaje y distribución de productos de regadío, se ha optado por situarla en una ubicación estratégica, próxima a la ciudad de Haro y a dos importantes centros urbanos como son Vitoria y Logroño.

Por otro lado, cabe destacar la facilidad de acceso como de evacuación, puesto que la nave se emplaza en el polígono “La Loma” en Anguciana, cercano a la autopista AP-68.

De este modo, estas consideraciones establecen una superficie construible determinada que en consecuencia con la capacidad de almacenamiento requerida, establece las dimensiones definitivas de la nave. Por consiguiente, la conclusión dimensional de la estructura atiende a 30 m x 15 m, con una altura libre de 6 metros y una altura en cumbrera de 8 metros. Este dimensionamiento permite albergar una cantidad considerable de tubería de distintos diámetros y longitudes. Además, propicia una rápida carga y descarga del material y herramienta de trabajo en los diversos vehículos de la empresa para su posterior traslado a obra.

Una vez determinadas las dimensiones de la nave se establece que tiene que tratarse de una nave con cubierta a dos aguas, ya que supone una solución muy recomendable económicamente, dadas las condiciones tanto de longitud como de anchura dispuestas en esta. Además, cabe destacar la construcción de una marquesina adosada a la nave que permitirá aparcar los distintos vehículos de la empresa.

Por otra parte, se establece la implantación de una puerta industrial, además de otra puerta contra incendios de uso peatonal, siendo la primera corredera y estando situada en la parte delantera de la nave, mientras que la puerta de incendios estará situada en el lateral contrario a la ubicación de la marquesina. Se estima conveniente la implantación de una puerta corredera de amplias dimensiones en consecuencia con los requisitos previsibles de funcionamiento y utilización de la nave. Por tanto, dichas puertas serán de 3.5 metros de alto, otorgando la posibilidad del transcurso de furgones de dimensiones considerables con el propósito de establecer las condiciones de carga y descarga más favorables posibles.

En cuanto a los requisitos necesarios que se establecen a través de la normativa, como puede ser a través del CTE, resulta interesante destacar que para desestimar las acciones térmicas en el cálculo, no se permite disponer elementos longitudinales de más de 40 metros. En este caso, al tratarse de una nave de 30 metros de longitud, no es necesario prestar atención a dicha observación. Además, no será necesaria junta de dilatación alguna, puesto que la

norma obliga a introducirlas cada 40 metros o menos para evitar que los elementos longitudinales dilaten en exceso y se creen tensiones que afecten al resto de la estructura.

En otra instancia, cabe mencionar que en el documento referente a los cálculos, aparte de determinar las deformaciones y las tensiones máximas, las flechas, etc. se determinan los tipos de materiales, los perfiles óptimos, las uniones más adecuadas; en definitiva todo lo necesario para conseguir una construcción en buenas condiciones.

De este modo, con el fin de determinar los parámetros geotécnicos del terreno se efectúa una campaña de reconocimiento consistente en un sondeo a rotación con extracción continua de testigo, toma de muestras inalteradas y colocación de un tubo piezométrico con el fin de determinar la cota del nivel freático. Se realiza un informe geotécnico de este terreno que sirve como referencia para el estudio de la cimentación.

En consideración a su comportamiento frente a las cargas de cimentación, los terrenos se pueden clasificar en:

- Rocas: terreno sólido con notable resistencia a compresión.
- Terrenos sin cohesión: terrenos formados fundamentalmente por áridos: grava, arena etc. Predomina en ellos la resistencia debida al rozamiento interno.
- Terrenos coherentes: terrenos formados por arcillas, que pueden contener algunos áridos. Predomina en ellos la resistencia debida a la cohesión.
- Terrenos deficientes: terrenos que en general no reúnen las condiciones necesarias para la cimentación.

Del informe geotécnico se deduce que es un terreno del segundo tipo sin cohesión, con un predominio de grava y gravillas. Este tipo de terreno se encuentra a una profundidad bastante uniforme respecto a la urbanización y no existen variedades significativas en toda la parcela.

Para la ejecución del proyecto se tendrá en cuenta, tanto el informe geotécnico como la experiencia en las parcelas colindantes donde hay edificaciones varias.

La tensión admisible del terreno en situaciones persistentes, depende principalmente de la propia naturaleza del terreno y de la profundidad y anchura del cimiento, en este caso se determina que la tensión que será capaz de soportar el terreno será  $2 \text{ kg/cm}^2$ .

En función del sondeo, se considera un terreno gravera que se clasifica como suelo sin cohesión. De modo que, mediante la realización de algunas catas del terreno con retroexcavadora, al encontrar un buen extracto resistente a muy poca profundidad, se opta por diseñar la cimentación del edificio a base de zapatas aisladas unidas mediante vigas de atado para evitar los desplazamientos.

La nave debido a su uso como base logística de almacenamiento y distribución de material de regadío, se construirá mediante estructura metálica de acero. Los cerramientos tanto de fachada como de cubierta se realizarán mediante panel tipo sándwich. En las fachadas, entre los diferentes paneles existe la posibilidad de intercalar paneles traslucidos, para dotar de mayor iluminación natural a la nave.

Una vez acabado el edificio, se procederá a urbanizar todo el entorno del edificio, mediante la construcción de un área para parking, aceras transitables, zona de almacenaje exterior, zona de invernaderos,... con el fin de cuidar la estética.

Las acciones actuantes sobre las estructuras, se han definido según el CTE-SE-AE (Documento Básico de Seguridad Estructural Acciones en la Edificación). Después, una vez definidas estas, las normativas que se han cumplimentado son el DB-SE-A (Documento Básico Seguridad Estructural Acero). Además de estas normativas de obligado cumplimiento, también se ha hecho uso de otras normativas de cumplimiento voluntario como las NTE (Normas Tecnológicas de la Edificación),... como apoyo.

## **2.7 ANÁLISIS DE SOLUCIONES**

### **2.7.1 TIPO DE CUBIERTA**

Estudiando los distintos tipos de cubierta, se tendrán en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de ellas a la hora de decidir la disposición de la cubierta.

Como requisito de diseño, se ha establecido que la cubierta sea a dos aguas, por lo tanto inclinada, debido a que esta disposición permite una mayor flexibilidad a la nave para el almacenaje en altura y establece unas condiciones óptimas de evacuación de aguas pluviales, evitando además el estancamiento de la nieve sobre esta. En concreto, se considera la solución de cubierta tipo sándwich como la más apropiada dadas las características económicas y de diseño predominantes en este proyecto.

Otra de las decisiones que hay que tomar respecto a la cubierta será la manera en que va unida al resto de la estructura, pudiendo hacerse mediante correas o a través de un forjado. La diferencia entre ellas radica principalmente en que el peso de las correas será mucho menor que el del forjado.

En cuanto a la cubierta de la marquesina se tendrán en cuenta las mismas consideraciones que en la nave. La diferencia radica en que la marquesina será a un agua e inclinada, siendo el cerramiento seleccionado de chapa grecada.

### **2.7.2 CERRAMIENTOS DE FACHADA**

A la hora de elegir el tipo de fachada se tendrán en cuenta la economía, la seguridad y la imagen exterior del edificio principalmente. Además de estos factores, dadas las características del proyecto es imprescindible que el cerramiento, tanto de fachada como de cubierta, cuente con un revestimiento ignífugo que evite la propagación del fuego, es decir, podrá ser un material combustible pero no inflamable. Entre estos revestimientos se encuentran, por ejemplo, la lana de roca o las fibras cerámicas.

Por otro lado, buscando una mayor seguridad ante posibles robos se precisa que el cerramiento desde solera hasta una altura de 1,8 m esté formado por un muro perimetral de

bloques de hormigón prefabricados. Para el resto del cerramiento, se descarta la utilización de hormigón armado para que el peso de la estructura sea el mínimo posible.

### 2.7.3 CORREAS

Considerando que existe una posibilidad considerable de que la cubierta se una a la estructura mediante correas para poder evitar pesos innecesarios, se deben estudiar las opciones que se presentan a la hora de elegir el tipo de correa.

Realmente, no es posible determinar a simple vista el perfil óptimo para esta nave. Sin embargo, los perfiles más comunes para disponer como correas son los perfiles conformados en C, en Z, etc., o los perfiles laminados en I.

Generalmente, en caso de tener fuertes cargas en el plano del faldón, la opción de elegir perfiles conformados suele ser más eficaz porque estos perfiles tienen mayor inercia y por ello un mejor comportamiento ante la flexión en dicho plano y una buena rigidez transversal.

### 2.7.4 PÓRTICOS

Los pórticos de esta construcción, deberán estar diseñados para dejar una luz libre de 15 m y preferentemente se intentarán utilizar pórticos de alama llena en detrimento de pórticos con dinteles de vigas de celosía, puesto que, el aprovechamiento de altura es mejor en los casos en que no existen celosías.

Dependiendo de las solicitaciones a las que esté sometido el pórtico se optará por colocar uno biarticulado, biempotrado o triarticulado. Para tomar esta decisión se tendrá en cuenta la distribución de los esfuerzos a lo largo de los perfiles para las diferentes soluciones. Respecto a esto, los pórticos biempotrados son los que mejor distribuyen los esfuerzos.

Por otra parte, los tipos de perfiles que se utilizarán tanto en los dinteles, como en los pilares serán los necesarios para soportar las solicitaciones a las que se verá expuesto el pórtico, prestando especial atención al porcentaje de aprovechamiento obtenido en cada uno

de ellos, puesto que, probablemente los dinteles soportarán una gran flexión debido a la luz que se desea conseguir y los pilares deberán soportar grandes cargas a compresión.

Los pórticos hastiales, aun recibiendo menos solicitaciones que los pórticos principales, se diseñarán iguales que los demás pórticos. De esta forma se pretenden evitar confusiones en el montaje y también se ofrece la posibilidad de ampliar longitudinalmente la nave en el futuro sin tener que realizar modificaciones en exceso.

## 2.7.5 OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- ARRIOSTRAMIENTOS

Los elementos de arriostramiento tienen como finalidad formar un sistema estable para resistir las cargas longitudinales e impedir los desplazamientos, también longitudinalmente, de la nave, inmovilizando además en las secciones arriostradas las cabezas de las vigas o de los pilares en que se precisen dichos elementos.

Generalmente se adopta una triangulación en cruz de San Andrés, aunque pueden utilizarse otros modelos, como la triangulación en K.

A pesar de que inicialmente no se conoce el número de entramados de los que dispondrá la nave, es muy común disponer entramados en los vanos extremos de la nave a modo de viga a contraviento. En el caso de que el diseño lo exija, se dispondrán entramados adicionales de manera que la nave quede totalmente estable longitudinalmente.

También es preciso definir si se estabilizará la nave transversalmente, ya que, es posible calcular los pórticos como traslacionales y así evitar tener que poner entramados en los pórticos hastiales.

En cuanto a los entramados laterales, si la organización constructiva de la nave es tal que el material de cierre puede por sí mismo soportar estas solicitaciones, no es necesario disponer arriostramientos. Sin embargo, si el cerramiento es ligero, no siendo capaz de resistir estas solicitaciones, es preciso dar rigidez longitudinal a las paredes, organizando entramados laterales.

- PILARILLOS

En los pórticos hastiales, se colocarán pilarillos que soporten directamente las solicitaciones provocadas por el viento que recibe el cerramiento, trasladándolas a la viga contraviento y a la cimentación.

En caso de estimarse que sean necesarios los entramados hastiales, estos pilarillos también servirán para limitar la longitud de las cruces de San Andrés.

Además, dada la posibilidad de implantación de una entreplanta en la nave, estos elementos también tendrán una importante repercusión a la hora de transmitir las solicitaciones generadas por el forjado a la cimentación. Y en consecuencia, deberán implantarse este tipo de elementos en todos los pórticos que abarquen la entreplanta y el propio forjado para asegurar su sustentación.

- VIGAS DE ATADO

Las vigas de atado son perfiles que se disponen entre pórticos a lo largo de toda la longitud de la nave, de manera que ayudan a transmitir los esfuerzos longitudinales hasta los elementos de estabilización y evitan los desplazamientos en las cabezas de los pilares.

Estos perfiles se pueden colocar también a diferentes alturas en los pilares, de manera que se consigue reducir la longitud de las cruces de San Andrés. También se pueden situar uniendo entre sí las claves de los pórticos. La distancia y los perfiles serán en función de las necesidades constructivas.

Dependiendo de la decisión que se tome con las correas, será necesario disponer tirantillas para reducir la flecha y el momento flector de éstas en el plano paralelo a la fachada o a la cubierta, según el caso.

Considerando la luz que tendrá la nave y la repercusión del efecto de succión en este proyecto, debido a las puertas de las que dispondrá la nave para su acceso y evacuación, es posible que sea necesario disponer de tornapuntas para evitar el pandeo lateral del ala inferior

de los dinteles. Aún está por determinar su necesidad y, en caso de que sean necesarias, la distancia a la que se colocarán.

### **2.7.6 UNIONES Y EMPALMES**

La elección de las secciones en las que se efectúa el empalme de las barras durante el montaje debe corresponder a aquellas zonas en que las flexiones son más reducidas.

Las uniones que se den en la nave serán soldadas o atornilladas dependiendo de su rigidez rotacional y de dónde se proceda a su montaje.

Las uniones de las correas con los pórticos suelen ser atornilladas, por lo que se estudiará esa solución y la unión entre ellas dependerá del tipo de perfil seccionado, ya que, podrá ser una unión atornillada, por solape o soldada.

Los pórticos tendrán uniones reforzadas por medio de rigidizadores o cartelas para poder soportar los grandes esfuerzos a los que estarán sometidos en las uniones de cumbrera, y en las uniones viga-pilar.

En general, las uniones, ya sean soldadas o atornilladas, tendrán una disposición distinta en función de que la unión sea rígida, articulada o semirrígida.

### **2.7.7 PERFILES Y CALIDAD**

Se colocarán los perfiles que sean necesarios, incluso si es necesario se modificarán para conseguir perfiles de sección variable y aunque se utilizarán preferentemente perfiles de calidad S-275; si es necesario se colocarán perfiles de una calidad superior.

### **2.7.8 FORJADO**

En construcción existen diferentes tipos de forjados según la forma de transmitir las cargas:

- Forjados unidireccionales: Son aquellos que flectan principalmente en una dirección, por lo que deben apoyar sobre elementos lineales tales como vigas o

muros de carga; sin embargo pueden tener flexión transversal, aunque ésta será pequeña en relación con la principal.

- Forjados bidireccionales: Flectan en dos direcciones, por lo que pueden apoyar sobre elementos lineales (vigas, muros) o sobre elementos puntuales, como pilares, que no tienen por qué estar dispuestos de forma ordenada.

En esta ocasión, dadas las características del proyecto se optará probablemente por el tipo de forjados unidireccionales, apoyados sobre vigas y jácenas, transmitiendo así, mediante la estructura metálica, las solicitaciones a la cimentación.

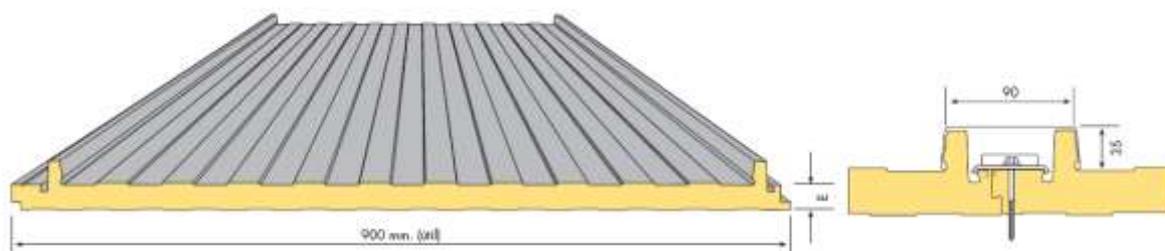
Existen diferentes soluciones constructivas óptimas para forjados unidireccionales tales como forjados de chapa nervada colaborante, forjados de losas alveolares o macizas, forjados de bovedillas y viguetas... La selección se realizará en consecuencia con los parámetros y consideraciones constructivas pertinentes.

## **2.8 RESULTADOS FINALES**

### **2.8.1 TIPO DE CUBIERTA**

El cerramiento de cubierta seleccionado consistirá en unos paneles de tipo sándwich, del catálogo de cerramientos de cubierta de la empresa Arval (Arcelor Construcción), donde se ofertan una gran variedad de productos propicios para su utilización en este tipo de construcciones.

Finalmente se opta por el modelo “Ondatherm 900 C” de la gama Ondatherm, de 80 mm de espesor nominal, que se compone de dos paramentos metálicos con un núcleo de lana de roca, destinado particularmente a cerramientos industriales que requieran una elevada resistencia al fuego.



*Figura 4. Panel Ondatherm “900 C”.*

La fijación de estos paneles es oculta mediante tapajuntas para facilitar el montaje y el desmontaje. Existe la posibilidad de seleccionar entre un grupo de colores determinado e incluso la posibilidad de implantación de este tipo de paneles traslúcidos, con lo cual se dotará de mayor luz natural al entorno interior de la nave.

Cabe destacar además que estos paneles irán colocados sobre las correas dispuestas sobre los dinteles del pórtico con este propósito, formando una pendiente en el conjunto del 26,79 %. Su fijación a las correas se realiza mediante tornillos autorroscantes con recubrimiento de nylon en la cabeza del tornillo, del mismo color que el panel.

Presenta además las siguientes características técnicas:

MATERIAL BASE		NORMATIVA
Espesor de acero	0,6 (ext.)/ 0,4 (int)	EN 10143
Tipo de protección	Galvanizado	EN 10346
	Galvanizado-Prelacado	EN 10169
Clasificación fuego	B s2 d0 bajo pedido	EN 13501-1
Espesor panel	30-200 mm	
Prelacado	Matiz colorissime	

*Tabla 1. Características técnicas del Panel “Ondatherm 900 C”.*

### 2.8.2 CERRAMIENTOS DE FACHADA

El cerramiento de fachada seleccionado también consistirá en unos paneles prefabricados tipo sándwich, del catálogo de soluciones de fachada Arval (Arcelor Mittal). En esta ocasión, se opta por el modelo “Ondatherm 900C”, de la gama Ondatherm, de 80 mm de espesor nominal, consistente en dos caras exteriores de acero de 0,6 mm de espesor en el caso de la chapa exterior y 0,4 mm la interior, conformadas con una ligera nervadura, unidas entre sí por un núcleo central aislante de espuma. Este tipo de paneles están destinados particularmente al recubrimiento de fachadas en edificios industriales y módulos prefabricados.

La fijación de estos paneles es oculta mediante tapajuntas para facilitar el montaje y el desmontaje. Existe la posibilidad de seleccionar entre un grupo de colores determinado e incluso la posibilidad de implantación de este tipo de paneles traslúcidos, con lo cual se dotará de mayor luz natural al entorno interior de la nave.

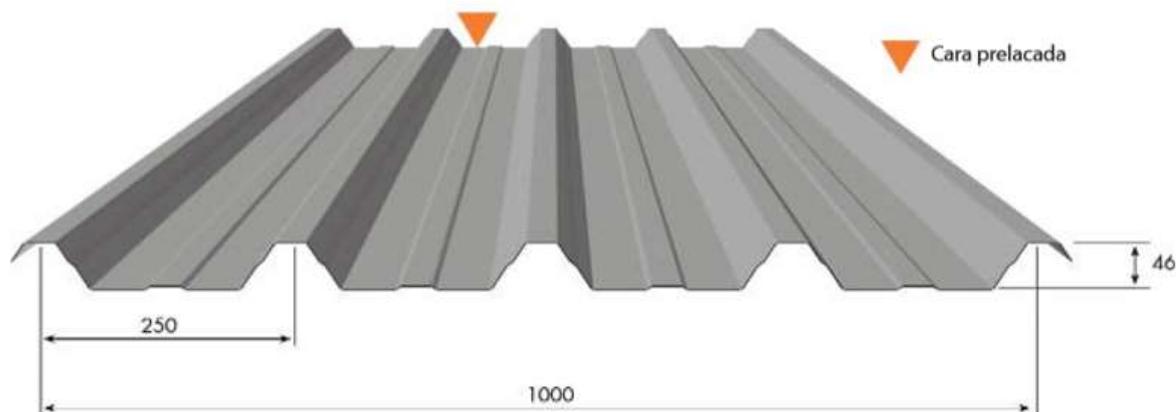
Por otro lado, cabe destacar que estos paneles irán colocados sobre las correas dispuestas en los laterales de la nave y su fijación a estas se realiza mediante tornillos autorroscantes con recubrimiento de nylon en la cabeza del tornillo, del mismo color que el panel.

### 2.8.3 CUBIERTA DE MARQUESINA

El cerramiento de cubierta seleccionado para la marquesina consistirá en unas chapas grecadas, del catálogo de cerramientos de cubierta de la empresa Arval (Arcelor Construcción), donde se ofertan una gran variedad de productos propicios para su utilización en este tipo de construcciones.

Finalmente se opta por el modelo “Hacierco 4.250.46 C” de la gama Trapeza, que se compone de una cara de acero galvanizado prelacado sin aislante de ningún tipo, siendo el espesor de la chapa de 1,2 mm. Este tipo de paramento se destinada particularmente a cerramientos industriales que únicamente tienen el objetivo de resguardar frente a las condiciones meteorológicas, sin tener en cuenta resistencia al fuego, ni transmitancia térmica.

La fijación de estos paneles se solventa mediante solapado de nervio, con tornillo y caballete de apoyo y en el alto del grecado.



*Figura 5. Chapa modelo "Hacienco 4.250.46 C"*

Presenta además, las siguientes características técnicas:

MATERIAL BASE		NORMATIVA
Espesor de acero	0,6/0,7/0,8/1,0/1,2 mm	EN 10143
Tipo protección	Galvanizado	EN 10346
	Galvanizado-prelacado	EN 10169-1
Prelacado	Carta Colorissime	

*Tabla 2. Características técnicas de la Chapa "Hacienco 4.250.46 C".*

#### 2.8.4 CORREAS DE CUBIERTA Y FACHADA

Las correas de cubierta serán de perfil laminado UPE 140, con una separación máxima de 1.875 mm y de acero S-275. Mientras que, las correas de fachada serán de perfil laminado UPE 140, con una separación máxima de 2.000 mm y de acero S-275.

Teniendo en cuenta que la nave tiene una longitud de 30 metros, no será necesario disponer una junta de dilatación que contribuya a disminuir los efectos de las variaciones de la temperatura. En edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero, pueden

no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación de forma que no existan elementos continuos de más de 40 metros de longitud. En este caso, al ser la longitud de la nave de 30 m no habrá ningún elemento continuo que supere la longitud máxima establecida por el CTE.

Las correas tendrán unas dimensiones de 30 metros en el sentido longitudinal de la nave y de 15 metros en el sentido transversal, puesto que se dispondrán y estimarán como vigas continuas, estableciendo unas longitudes acorde a los parámetros dimensionales de la nave a estudio.

Se utilizará una unión rígida para unir las correas a los perfiles de los pórticos, lo que implica que se considere la cubierta como infinitamente rígida en su plano y, por tanto, las correas sólo soportan la flexión en el plano normal a la cubierta y se supone que la cubierta impide el giro de las correas por lo que no habrá momento torsor. Los únicos esfuerzos que soportan son el de momento flector y cortante en el plano perpendicular a la cubierta. Tampoco se comprueba el pandeo lateral del ala inferior ni se tiene en cuenta la flexión desviada para perfiles que no están en ejes principales.

Considerando la longitud de la nave y la separación entre correas se estima un requerimiento de 10 correas de cubierta UPE 140, es decir, 5 correas en cada faldón, y 12 correas de fachada UPE 140, con 3 correas por regla general en cada fachada, teniendo en cuenta, evidentemente, las interferencias en los huecos reservados a las puertas de acceso y evacuación de la nave industrial. Se tendrá en cuenta que en el tramo inferior de cerramiento no será necesaria correa alguna al solucionarse mediante muro perimetral de bloques de hormigón.

La disposición de las correas de cubierta será con el alma del perfil perpendicular al faldón, con motivo de aprovechar al máximo las características de estos elementos. En el caso de las correas laterales y las de los pórticos hastiales, el alma del perfil será perpendicular al cerramiento de fachada, por los motivos mencionados para las correas de cubierta.

Por otro lado, cabe destacar el sistema de correas implantado a 6 metros de altura con el objetivo de facilitar la ejecución de un falso techo en la entreplanta.

Dicho sistema se realiza mediante la implantación de jácenas de sustentación, de perfil IPE 270, en cada uno de los dos pórticos intervinientes en el sistema. También se dispondrán una serie de vigas de atado de perfil IPE 270 cada 5 metros, coincidiendo con la posición de los pilarillos situados en estos pórticos. Y finalmente se ubicarán una serie de 9 correas de perfil UPE 120 en la dirección transversal de la nave, que facilitará una posible ejecución de un falso techo en la entreplanta de manera cómoda y sencilla.

### **2.8.5 CORREAS DE MARQUESINA**

Las correas de cubierta de marquesina serán de perfil laminado UPE 160, con una separación máxima de 1.695 mm entre si y de acero S-275. Estas serán elementos continuos de 30 metros de longitud al permitir el CTE despreciar los efectos térmicos para dicha longitud.

Se utilizará una unión rígida para unir las correas a los perfiles de los pórticos, lo que implica que se considere la cubierta como infinitamente rígida en su plano y, por tanto, las correas sólo soportan la flexión en el plano normal a la cubierta y se supone que la cubierta impide el giro de las correas por lo que no habrá momento torsor. Los únicos esfuerzos que soportan son el de momento flector y cortante en el plano perpendicular a la cubierta. Tampoco se comprueba el pandeo lateral del ala inferior ni se tiene en cuenta la flexión desviada para perfiles que no están en ejes principales.

La disposición de las correas de cubierta de marquesina será con el alma del perfil perpendicular al faldón de la marquesina, con motivo de aprovechar al máximo las características de estos elementos.

Por último, cabe destacar que no es necesario incluir en el cálculo la posibilidad de desprendimientos de nieve del faldón de la nave hacia la cubierta de la marquesina. Por un lado, el CTE establece que para inclinaciones inferiores a 30° no existe la posibilidad de desprendimiento de nieve. Por otro, el Eurocódigo desestima esta posibilidad para inclinaciones inferiores o iguales a 15°, siendo éste el caso del faldón a estudio.

### 2.8.6 PÓRTICOS

Los pórticos serán biempotrados y traslacionales. Estos pórticos estarán separados 5 metros entre sí y, además de transmitir los esfuerzos longitudinales mediante vigas de atado, arriostramientos y correas, también dispondrán de celosías adicionales en el sentido longitudinal de la nave.

Los pórticos seleccionados corresponden a elementos de sección constante de alma llena. Todos los elementos que forman los pórticos serán de acero S-275.

Así se distinguen los dinteles con perfiles simples HEB 220 y los pilares, también de perfiles simples del tipo HEB 360. Sin embargo, cabe destacar que en los pórticos intermedios se precisa la implantación de cartelas en la unión del pilar con el dintel, puesto que se trata de una zona crítica sometida a grandes esfuerzos en comparación con el resto del pórtico. Mediante este procedimiento se logran optimizar de forma eficiente los perfiles a emplear en los pórticos, puesto que supone una solución atractiva desde el ámbito económico y viable desde el punto de vista constructivo y estructural.

La repercusión principal que demuestra la implantación de estas cartelas sobre los perfiles de acero empleados para la formación del pórtico, radica en el descenso de las tensiones en la zona afectada, en consecuencia con el incremento de acero en esa sección. Este hecho permite la implantación de perfiles metálicos menores tanto en los dinteles como en los pilares.

Por otra parte, cabe destacar también la implantación de acartelamientos en la cumbre de los dinteles de los pórticos intermedios. Aunque en este caso, los dinteles no se encuentran especialmente solicitados, en comparación con el encuentro entre el dintel y el pilar, la implantación de cartelas en este punto garantiza el empotramiento entre estos dinteles que junto con la disminución de las tensiones aparentes en dicha zona, supone un criterio considerable y óptimo para su implantación.

A diferencia de los pórticos intermedios, en los pórticos hastiales y en el segundo pórtico (interviene en la formación de la entreplanta), no se precisa la implantación de cartelas

en ningún punto de los estudiados anteriormente. Esto se debe, principalmente, a que los pórticos hastiales soportan menores tensiones en el plano y el posicionamiento estratégico de pilarillos en estos pórticos favorece la distribución de esfuerzos, precisando así perfiles menores a los requeridos en los pórticos intermedios.

Por otra parte, en previsión de los esfuerzos generados por el viento tanto en la fachada frontal como trasera, y dada su transmisión, en parte, por los pilarillos a los pórticos hastiales, se considera aceptable la implantación de elementos de arriostramiento como cruces de San Andrés, viga contraviento y vigas de atado en el sentido longitudinal de la nave para disminuir las tensiones originadas en el eje débil de los pórticos hastiales. También tendrán cierta repercusión sobre el pórtico hastial frontal y el segundo pórtico, las jácenas y vigas de atado que forman la entreplanta.

En cuanto a los pórticos que darán forma a la marquesina lateral, se ha seleccionado un perfil HEB 160. Estos estarán unidos, rígidamente y con acartelamientos, a los pilares de los distintos pórticos que forman la nave, dando por tanto un total de 7 pórticos que sostienen la cubierta de la marquesina. Además, se colocarán perfiles circulares huecos de diámetro 155 mm y espesor 6 mm, biarticulados uniendo las vigas que forman la estructura de la marquesina y los pilares de los pórticos. Con esto se consigue reducir las solicitaciones de las vigas así como reducir la longitud de pandeo en el plano del pórtico, hecho importante debido a la elevada longitud de los perfiles. Estas consideraciones nos permiten disponer la marquesina en voladizo, permitiendo así el aparcamiento de vehículos con el mínimo de maniobras posible y evitando que posibles choques de vehículos con la marquesina provoquen daños graves en la estructura.

Finalmente se determina que todos los pórticos, salvando las diferencias mencionadas, tendrán la misma disposición que los pórticos intermedios, que son los que requieren un dimensionamiento mayor dadas las solicitaciones que soportan. No obstante, se comprobarán que todos los pórticos una vez dimensionados, cumplan todas las especificaciones establecidas en el CTE.

### 2.8.7 OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- ARRIOSTRAMIENTOS

Los arriostramientos de la nave, tanto en cubierta como en fachada, se componen de tirantes redondos generalmente de 18 mm de diámetro, de acero S 275, dispuestos en Cruz de San Andrés.

Estos tirantes trabajan únicamente a tracción y ayudarán a mantener la estabilidad longitudinal de la nave.

- PILARILLOS

Los pilarillos en los pórticos hastiales tienen la función principal de soportar los esfuerzos derivados del viento en esas fachadas y transmitir los esfuerzos originados por este fenómeno a la estructura metálica y a la cimentación, de esta manera la nave soporta mejor los esfuerzos longitudinales generados por este fenómeno, evitando así un dimensionamiento excesivo de los pórticos.

Los pilarillos empleados en la nave industrial se empotrarán en la base y se articularán a los dinteles de los pórticos. Todos los pilarillos empleados en este proyecto serán de acero S 275.

Los pilarillos que se emplearán en esta nave serán perfiles HEB 180 tanto para los pórticos hastiales, como para el pórtico penúltimo. Además de lo mencionado anteriormente, estos pilarillos formarán parte de la estructura de la entreplanta y de la puerta principal.

Resulta interesante destacar la repercusión evidente de los elementos que forman la entreplanta sobre los pilarillos tanto del pórtico hastial trasero como de su pórtico adyacente (penúltimo pórtico), puesto que se encargan de transmitir los esfuerzos derivados de estos elementos a la estructura y a la cimentación.

Finalmente, mencionar la implantación de pilarillos de perfil HEB 100 para formar, junto con las vigas HEB 100, el marco de la puerta contra incendios implantada entre los dos últimos pórticos.

- VIGAS DE ATADO

Las vigas de atado se disponen biarticuladas en la cabeza de los pilares y también como marco, junto con los dinteles o los pilares de los pórticos, de las cruces de San Andrés, tanto del entramado lateral como de las vigas contraviento, presentes en la nave estudiada. Los perfiles empleados serán HEB 120 para las vigas de atado de toda la nave y serán de un acero S 275.

Por otro lado, las vigas que atan las jácenas del forjado de la entreplanta, dada la repercusión de este y los esfuerzos aparentes en estos elementos, serán biempotradas, como el resto de elementos que sustentan el forjado, este tipo de vigas de atado precisan un dimensionamiento superior dadas las condiciones constructivas mencionadas, de modo que, finalmente se obtienen unos perfiles IPE 270 para este conjunto de vigas en concreto.

Cabe mencionar también la implantación de vigas biarticuladas de perfil HEB 120 para la ejecución, junto con los pilarillos del pórtico hastial frontal, del marco de la puerta corredera industrial implantada para el acceso de vehículos a la nave.

### 2.8.8 UNIONES

La unión entre las piezas que forman una estructura metálica puede efectuarse mediante soldadura o con tornillería. Mientras que para los trabajos realizados en taller, el medio de unión más usado y económico es la soldadura, para los trabajos de montaje en obra se utilizan de igual modo la soldadura o las uniones atornilladas.

También se deben considerar los medios de unión entre la cimentación y la estructura mediante los pernos conectadores para la unión entre acero y hormigón en el caso de estructuras mixtas.

La unión entre piezas por soldadura presenta las siguientes ventajas:

- El tiempo de preparación es menor que en el caso de las uniones atornilladas.
- Las uniones prácticamente no se deforman y son estancas.

- Las uniones son más sencillas y tienen mejor apariencia

A pesar de todo esto, emplear soldaduras requiere de precauciones a la hora de su ejecución en obra; llevarlas a cabo exige personal cualificado, los encargados de realizar estos trabajos deben llevar protección y deben cuidarse las soldaduras a la intemperie sobre todo en tiempos inclementes; toda su ejecución requiere de control de calidad.

Sin embargo, dadas las características mencionadas, en esta nave se disponen generalmente una mayoría de uniones soldadas.

### **2.8.9 FORJADO**

Para la sustentación de todos los elementos de la entreplanta, se precisa de la implantación de un forjado. Dadas las circunstancias, en esta ocasión, se considera que un forjado compuesto o colaborante representa la solución constructiva más idónea, puesto que su empleo se extiende para todas aquellas obras donde se requieran tanto las máximas prestaciones técnicas y mecánicas, como rapidez de ejecución y garantías.

Gracias a sus características superiores, se adapta a cualquier tipología edificatoria (industrial, comercial, deportiva, residencial). Presenta notables beneficios económicos, sobre todo si se tiene en cuenta al inicio del proyecto: comporta una disminución del canto medio del forjado, y por tanto una reducción de peso que se traduce en una reducción de la sección resistente de la estructura (pilares, vigas, cimentaciones). La adopción de esta tecnología responde además a ciertas exigencias ineludibles en los edificios modernos, como la conducción de servicios ofimáticos, la utilización de falsos techos y una mejor planificación de las diferentes fases de ejecución.

Finalmente, se determina la implantación de un forjado colaborante de la empresa Hiansa (Grupo Hiemesa), en concreto un forjado mixto mediante chapa nervada colaborante de perfil MT-100 y espesor 1,2 mm. El hormigón empleado para resolver el forjado será HA-50 y el acero de armado B-500S.

El forjado se ubica sobre las vigas de perfil IPE 270 implantadas a tres metros de altura, entre las jácenas, de perfil IPE 270, de los dos últimos pórticos.

### **2.8.10 ESCALERAS**

Como medios de acceso a la entreplanta se opta por la instalación de una escalera prefabricada que se montará in situ y se ubicará en uno de los extremos de la nave para optimizar al máximo el espacio.

Prestando atención a las normativas pertinentes y a los criterios constructivos aparentes, la escalera dispondrá de dos tramos inclinados de peldaños y una meseta en el punto medio de la escalera.

### **2.8.11 PLACAS DE ANCLAJE**

Debido a que los pilares metálicos no podrían asentar directamente sobre el hormigón de la cimentación, ya que éste no resistiría las tensiones transmitidas, se dispondrán unas placas metálicas entre el pilar y la cimentación. Su misión fundamental será la de disminuir las tensiones para que puedan ser admisibles para el hormigón. Los soportes distribuirán los esfuerzos de compresión, transmitidos por las zonas comprimidas del pilar, sobre una superficie suficiente de hormigón por medio de elementos de transición, como son las placas de anclaje o basas, para que no se supere la resistencia de cálculo del citado hormigón.

La unión de la placa base con las zapatas de cimentación se llevará a cabo mediante pernos de anclaje embebidos en el hormigón, los cuales inmovilizarán el pilar ante posibles fuerzas de arrancamiento o momentos. El material utilizado será un acero S 275 para las placas y los pernos serán barras corrugadas B 400 S.

Existen 5 tipos diferentes de placas de anclaje en el presente proyecto, descritas completamente en el documento de Anexos referente a los cálculos de esta obra.

### 2.8.12 CIMENTACIÓN

- ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN AISLADOS

Está basada en zapatas aisladas. Se construirán con hormigón armado de 25 MPa. (HA-25). El acero para las armaduras será un acero corrugado B 400 S. En las zapatas irán embebidos pernos de anclaje para los pilares metálicos.

Existen 8 tipos diferentes de zapatas, descritas completamente en el documento de Anexos referente a los cálculos del presente proyecto.

- VIGAS DE ATADO

Se disponen vigas de arriostramiento entre las zapatas con el fin de proporcionar mayor estabilidad a la estructura e impedir desplazamientos horizontales. Su descripción, al igual que sucede con las zapatas, se encuentra en el documento de Anexos de esta obra.

### 2.8.13 PUERTAS

Puesto que se trata de una nave industrial destinada al almacenaje y distribución de maderas de construcción, se prevé un gran tránsito de vehículos y personal, con lo cual se ha optado por la implantación de una puerta corredera industrial de 5 metros de ancho por 3,5 metros de alto, situada en el pórtico hastial delantero de la nave. Además de una puerta peatonal contra incendios, dotada con barras antipánico, emplazada en el lateral de la nave.

La puerta industrial pertenece a la empresa Hörmann y en concreto se trata del modelo de puertas de panel sándwich con material aislante KSP. Por otra parte, las puertas contra incendios implantadas corresponden con el modelo Athenea doble de la casa Athenea.

### 2.8.14 ALICATADOS

El alicatado de los aseos se realizara mediante azulejo de color blanco de 20cm x 20cm. Se recibirá con mortero de cola.

### **2.8.15 SANEAMIENTO Y FONTANERÍA**

Para la estimación de la instalación pertinente tanto de saneamiento para la evacuación de aguas pluviales, como para la evacuación de aguas residuales, se ha acudido al Documento Básico de Salubridad (DB-HS) del Código Técnico de la Edificación y a las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) referentes a estos temas. De igual manera, se ha procedido para tomar las consideraciones procedentes y dimensionar con argumentos suficientes los diferentes elementos y parámetros de la instalación de suministro tanto de agua caliente como de agua fría.

El cálculo y dimensionamiento de estos elementos se detalla de forma específica en el documento de Anexos referente a los cálculos de este proyecto.

## **2.9 PLANIFICACIÓN**

La ejecución de los trabajos debe realizarse siguiendo un orden natural, de abajo hacia arriba y teniendo en cuenta que ciertos trabajos deben ser ejecutados antes que otros por ser soporte de ellos.

A continuación se dispone una breve estimación de la duración de los trabajos a realizar.

Se propone el siguiente orden en la ejecución de los mismos.

Se realizarán en primer lugar los denominados trabajos previos a la realización de la obra propiamente dicha y que consisten en:

- Instalación de los servicios higiénicos, vestuarios y oficina de obra.

Duración: 1 semana

- Acometida eléctrica y cuadro general de protección y medida.

Duración: 2 semanas

- Vallado del solar, con instalación de las puertas de acceso para vehículos y para el personal y señalización.

Duración: 1 semana

- Infraestructura básica de caminos interiores para circulación de vehículos y para el personal.

Duración: 2 semanas

- Acondicionamiento de las zonas destinadas a maquinaria auxiliar y para acopios de materiales.

Duración: 1 semana

A continuación se realizarán los trabajos correspondientes a la infraestructura básica de la urbanización, los cuales pueden simultanearse, si es preciso, con los de movimiento de tierras y cimentación de la edificación y que consisten en:

- |  |                     |
|--|---------------------|
| - Explanación.                                       | Duración: 2 semanas |
| - Red de saneamiento.                                | Duración: 2 semanas |
| - Red de agua potable.                               | Duración: 1 semana  |
| - Canalización para suministro de energía eléctrica. | Duración: 1 semana  |
| - Canalización para servicio telefónico.             | Duración: 1 semana  |
| - Canalización para alumbrado.                       | Duración: 1 semana  |
| - Base para el firme de las calzadas.                | Duración: 1 semana  |
| - Bordillos y solera base para aceras.               | Duración: 1 semana  |

Los trabajos propios de la construcción del edificio, se realizarán siguiendo el orden que se indica a continuación, teniendo en cuenta que los distintos gremios u oficios

organizarán sus trabajos de forma ordenada y procurando reducir, en lo posible, la coincidencia de varios gremios en un mismo tajo.

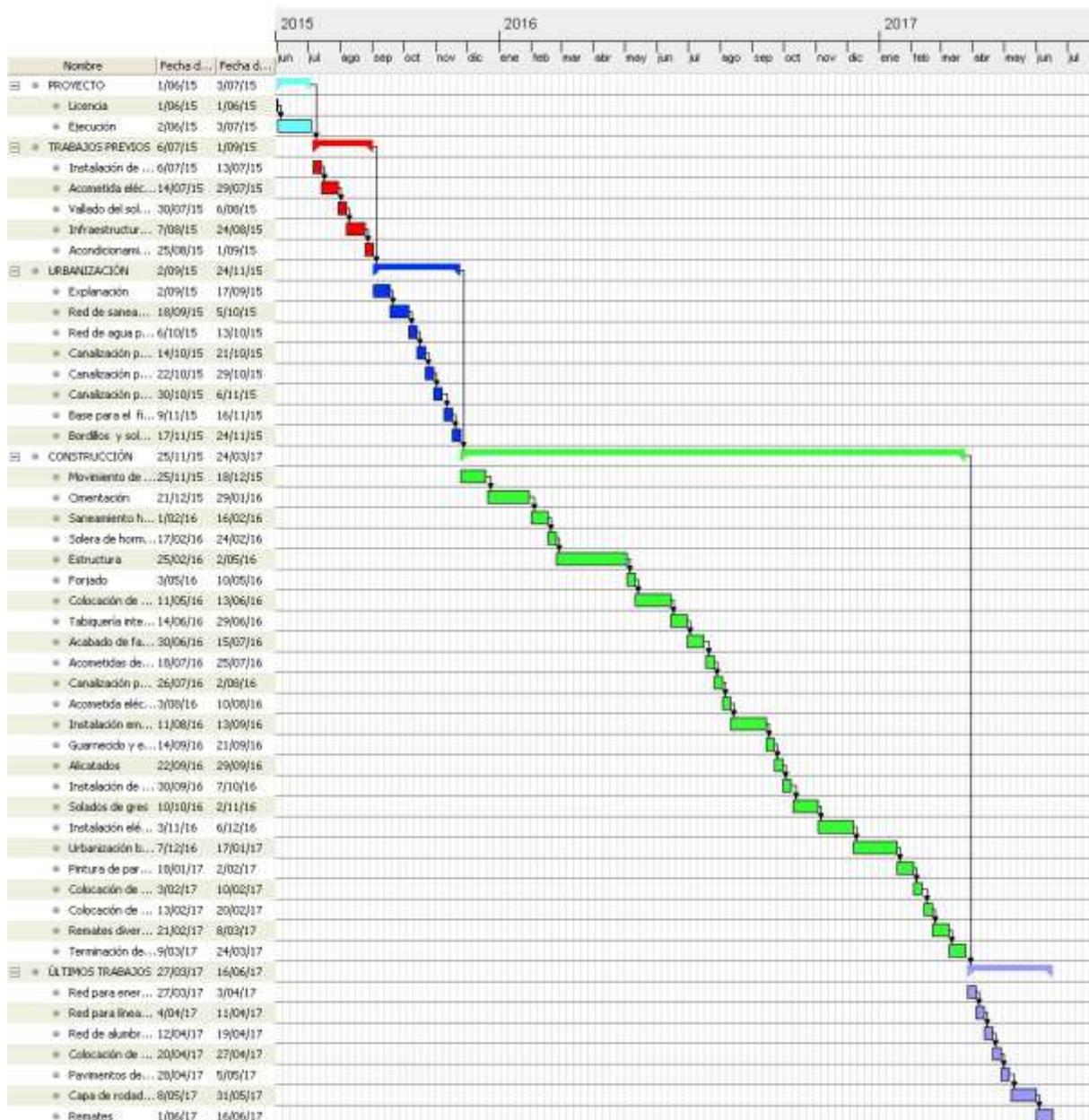
- |  |                     |
|--|---------------------|
| - Movimiento de tierras para cimentación.                    | Duración: 3 semanas |
| - Cimentación.   | Duración: 5 semanas |
| - Saneamiento horizontal y acometida a la general.           | Duración: 2 semanas |
| - Solera de hormigón.  | Duración: 1 semana  |
| - Estructura.  | Duración: 8 semanas |
| - Forjado.   | Duración: 1 semana  |
| - Colocación de material de cerramiento.                     | Duración: 4 semanas |
| - Tabiquería interior.                                       | Duración: 2 semanas |
| - Acabado de fachadas.                                       | Duración: 2 semanas |
| - Acometidas de agua potable.                                | Duración: 1 semana  |
| - Canalización para agua fría y caliente.                    | Duración: 1 semana  |
| - Acometida eléctrica y para teléfono.                       | Duración: 1 semana  |
| - Instalación empotrada para corriente eléctrica y teléfono. | Duración: 4 semanas |
| - Guarnecido y enlucido de yeso.                             | Duración: 1 semana  |
| - Alicatados.  | Duración: 1 semana  |
| - Instalación de desagües.                                   | Duración: 1 semana  |
| - Solados de gres.   | Duración: 3 semanas |
| - Instalación eléctrica.                                     | Duración: 4 semanas |

- Urbanización básica de la parcela. Duración: 5 semanas
- Pintura de paramentos verticales y horizontales interiores.  
Duración: 2 semanas
- Colocación de forros de marcos y puertas interiores.  
Duración: 1 semana
- Colocación de aparatos sanitarios, griferías. Duración: 1 semana
- Remates diversos. Duración: 2 semanas
- Terminación de la urbanización de la parcela. Duración: 2 semanas

Durante las fases últimas, se pueden iniciar los trabajos de acabado de la urbanización general de la finca, que consisten en:

- Red para energía eléctrica. Duración: 1 semana
- Red para líneas telefónicas. Duración: 1 semana
- Red de alumbrado público. Duración: 1 semana
- Colocación de farolas y báculos de alumbrado. Duración: 1 semana
- Pavimento de aceras. Duración: 1 semana
- Capa de rodadura de calzadas. Duración: 3 semanas
- Remates Duración: 2 semanas

A continuación, se muestra un diagrama de Gantt en el cual se refleja la duración de las distintas tareas a desarrollar hasta la finalización del proyecto. Como se puede observar la duración estimada del proyecto es de un año.



**2.10 PRESUPUESTO GENERAL**

<b><u>CAPÍTULO</u></b>	<b><u>DENOMINACIÓN</u></b>	<b><u>IMPORTE</u></b>
CAPÍTULO 1	MOVIMIENTO DE TIERRAS	35.584,25 €
CAPÍTULO 2	CIMENTACIÓN	36.896,86 €
CAPÍTULO 3	ESTRUCTURA METÁLICA	127.470,06 €
CAPÍTULO 4	FORJADO	4.162,54 €
CAPÍTULO 5	CERRAMIENTO	46.149,65 €
CAPÍTULO 6	ALBAÑILERÍA	12.327,10 €
CAPÍTULO 7	CARPINTERÍA	6.997,79 €
CAPÍTULO 8	PINTURAS	18.417,00 €
CAPÍTULO 9	SANEAMIENTO Y FONTANERÍA	17.132,21 €
CAPÍTULO 10	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	30.998,44 €
CAPÍTULO 11	ESTUDIOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	2.925,55 €
CAPÍTULO 12	PLAN DE CONTROL DE CALIDAD	4.498,18 €
CAPÍTULO 13	PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS	4.500,08 €
	Total ejecución material	348.059,71 €
	13% gastos generales	45.247,77 €
	6% beneficio industrial	20.883,59 €
	Total presupuesto contrata	414.191,07 €

Total presupuesto contrata	414.191,07 €
21% IVA	86.980,13 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>501.171,20 €</b>
<b>(IVA INCLUIDO) (€)</b>	

**EL PRESUPUESTO DE CONTRATA IVA INCLUIDO ASCIENDE A: QUINIENTOS UN MIL CIENTO SETENTA Y UN EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS DE EURO.**

