



**Universidad  
Europea**

**UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID**

**ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO**

**ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**NAVE INDUSTRIAL PARA INSPECCIÓN  
TÉCNICA DE VEHÍCULOS EN VIGO**

**Alumna: D<sup>a</sup> MARINA ÁLVAREZ RIVAS**

**Director: Dr. CARLOS JESÚS VEGA VERA**

**MAYO 2023**

**TÍTULO:** NAVE INDUSTRIAL PARA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS EN VIGO

**AUTORA:** MARINA ÁLVAREZ RIVAS

**DIRECTOR DEL PROYECTO:** CARLOS JESÚS VEGA VERA

**FECHA:** 19 DE MAYO DE 2023

## Resumen

El objetivo del presente Trabajo de Fin de Máster es la realización de una nave industrial cuya finalidad será la realización de inspecciones técnicas de vehículos. La nave estaría situada en el término municipal de Vigo, provincia de Pontevedra. Debido a que la única estación en la que se realizan inspecciones técnicas de vehículos se encuentra en un término municipal diferente y da servicio a más de 300000 personas, este proyecto surge con la finalidad de ampliar la oferta.

La nave principal constará de 760 m<sup>2</sup> útiles y serviría para realizar las tareas principales asociadas a una Inspección Técnica de Vehículos, ITV, y sería un espacio abierto. La estructura secundaria tendrá una superficie total de 200 m<sup>2</sup> y servirá para la realización de las tareas administrativas asociadas.

La realización de los cálculos se ha hecho mediante el programa de cálculo estructural CYPE, mediante algunas de las herramientas que este programa posee. Se emplearon las herramientas Generador de Pórticos, CYPE 3D y Arquímedes. Este programa aplica la normativa en vigor en España, que en este caso es el Código Técnico de la Edificación, CTE, y la Instrucción de Hormigón Estructural, IHE. De esta manera, se realizaron las comprobaciones necesarias para, estructuralmente, realizar dicha nave de acuerdo con la normativa anteriormente mencionada. Además, mediante el programa utilizado, se realizaron el dimensionamiento, calculando esfuerzos, vigas y cimentaciones, entre otros. Por último, fue realizado el presupuesto total.

**Palabras clave:** Nave Industrial, ITV, Vigo, CYPE.

## Abstract

The objective of this Master's Thesis is the construction of an industrial building for the performance of Ministry of Transport tests (MOTs). The building will be located in the municipality of Vigo, province of Pontevedra. Since the only station in which MOTs are carried out is located in a different municipality and provides service to more than 300000 people, this project arises with the aim of expanding the offer.

The main building will have 760 m<sup>2</sup> of usable area and will be an open space to perform the main tasks associated with the MOTs. The secondary structure will have a total surface area of 200 m<sup>2</sup> and will serve for the performance of the associated administrative tasks.

The construction of this building will be carried out using the CYPE structural calculation programme, by using tools that this programme has, like the Portal Frame Generator, CYPE 3D and Archimedes. This programme applies the current regulations in Spain, which in this case will be the Technical Building Code, CTE, and the Structural Concrete Instruction, IHE. In this way, the necessary checks were carried out in order to structurally build the structure in accordance with the aforementioned regulations. In addition, by means of the programme used, the dimensioning was carried out, calculating stresses, beams and foundations, among others. Finally, the total budget was drawn up.

**Key words:** Industrial building, MOT, Vigo, CYPE.

# Índice

<b>Resumen</b> .....	3
<b>Abstract</b> .....	3
<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	8
1.1 Planteamiento del problema .....	8
1.2 Objetivos del proyecto .....	8
1.3 Estructura del proyecto.....	8
<b>Capítulo 2. Motivación</b> .....	10
<b>Capítulo 3. Memoria descriptiva</b> .....	11
3.1 Datos generales. Descripción del edificio .....	11
3.2 Localización de la nave.....	12
3.3 Geometría del edificio.....	13
<b>Capítulo 4. Memoria constructiva</b> .....	16
4.1 Características del suelo.....	16
4.2 Bases de cálculo .....	16
4.3 Sistema envolvente y cubierta .....	16
<b>Capítulo 5. Cargas de la estructura</b> .....	17
5.1 Cálculo de las Cargas.....	17
5.1.1 Acciones permanentes.....	17
5.1.2 Acciones variables.....	18
5.1.3 Acciones accidentales .....	21
<b>Capítulo 6. Dimensionado de perfiles</b> .....	23
6.1 Clasificación del acero.....	23
6.2 Selección de los perfiles.....	24
6.2.1 Pilares parte frontal y trasera .....	26
6.2.2 Pilares laterales .....	26
6.2.3 Vigas módulo administrativo .....	26
6.2.4 Barras celosía americana y pórticos centrales.....	27
<b>Capítulo 7. Esfuerzos</b> .....	28

7.1	Normal o axil (N) .....	28
7.2	Cortantes ( $T_y$ y $T_z$ ).....	28
7.3	Momento torsor ( $M_t$ ).....	29
7.4	Momentos flectores ( $M_y$ y $M_z$ ).....	30
7.5	Conclusiones .....	30
<b>Capítulo 8.</b>	<b>Cimentación .....</b>	<b>32</b>
8.1	Zapatas .....	33
8.2	Vigas de atado .....	33
<b>Capítulo 9.</b>	<b>Uniones .....</b>	<b>35</b>
<b>Capítulo 10.</b>	<b>Planificación temporal y presupuesto .....</b>	<b>38</b>
10.1	Planificación .....	38
10.2	Estructura de Descomposición del Proyecto .....	38
10.3	Diagrama de Gantt .....	39
10.4	Presupuesto .....	41
<b>Capítulo 11.</b>	<b>Normativa empleada.....</b>	<b>44</b>
11.1	Cumplimento CTE.....	44
11.2	Normativa empleada.....	45
<b>Capítulo 12.</b>	<b>Conclusiones y líneas de trabajo futuras .....</b>	<b>47</b>
12.1	Conclusiones .....	47
12.2	Líneas futuras de trabajo .....	48
<b>Anexos .....</b>	<b>.....</b>	<b>49</b>
Anexo I	– Comprobación de la resistencia – Cálculos estructurales CYPE.....	49
Anexo II	– Listados estructura – Cálculos estructurales CYPE.....	49
Anexo III	– Listados cimentaciones– Cálculos estructurales CYPE.....	49
Anexo IV	- Listado uniones – Cálculos estructurales CYPE.....	49
Anexo V	- Planos.....	49
<b>Bibliografía.....</b>	<b>.....</b>	<b>50</b>

# Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Imagen en 3D de la nave .....	12
Ilustración 2. Cartografía Catastral .....	12
Ilustración 3. Cartografía Catastral ortofoto .....	13
Ilustración 4. Datos descriptivos del inmueble .....	13
Ilustración 5. Correas de la estructura .....	14
Ilustración 6. Tirantes en la estructura .....	14
Ilustración 7. Alzado de la estructura proyectada .....	15
Ilustración 8. Mapa eólico de España .....	19
Ilustración 9. Presiones ejercidas por el viento .....	20
Ilustración 10. Mapa de zona de clima invernal .....	21
Ilustración 11. Mapa sísmico .....	22
Ilustración 12. Esfuerzos de la estructura .....	24
Ilustración 13. Leyenda de los esfuerzos .....	24
Ilustración 14. Comprobación dimensionamiento perfiles .....	24
Ilustración 15. Estructura correctamente dimensionada .....	25
Ilustración 16. Cambio disposición de la viga .....	25
Ilustración 17. Perfiles frontal y trasera estructura .....	26
Ilustración 18. Perfiles laterales .....	26
Ilustración 19. Perfiles módulo administrativo .....	27
Ilustración 20. Barras celosía americana y pórticos centrales .....	27
Ilustración 21. Criterio de signos .....	28
Ilustración 22. Esfuerzo Normal .....	28
Ilustración 23. Esfuerzos cortantes .....	29
Ilustración 24. Momento torsor positivo .....	29
Ilustración 25. Momento torsor .....	29
Ilustración 26. Momentos flectores .....	30
Ilustración 27. Gráfica tensión - aprovechamiento .....	31
Ilustración 28. Cimentación .....	32
Ilustración 29. Zapata aislada .....	33
Ilustración 30. Viga de atado .....	34
Ilustración 31. Unión viga a ala del pilar .....	36
Ilustración 32. Perfil angular .....	36
Ilustración 33. Placa de anclaje .....	37
Ilustración 34. Estructura de Descomposición del Proyecto .....	39
Ilustración 35. Diagrama de Gantt .....	40

# Índice de Tablas

Tabla 1. Valores característicos de las sobrecargas de uso .....	18
Tabla 2. Valores del coeficiente de exposición .....	20
Tabla 3. Sobrecarga de nieve en terreno horizontal.....	21
Tabla 4. Características acero S275.....	23
Tabla 5. Presupuesto por partidas .....	41
Tabla 6. Presupuesto gasto personal .....	42
Tabla 7. Material informático .....	42
Tabla 8. Otros costes necesarios.....	43
Tabla 9. Presupuesto total del proyecto .....	43

# Capítulo 1. Introducción

## 1.1 Planteamiento del problema

Actualmente, en la ciudad de Vigo, no existen empresas que realicen servicios de Inspecciones Técnicas de Vehículos, ITVs. La única cercana se encuentra en otro término municipal y esta da servicio a más de 300000 personas, que se encuentra en Peinador.

El presente Trabajo de Fin de Máster se centra en la realización de los cálculos estructurales, tanto legales como técnicos, así como económicos, necesarios para realizar una nave de Inspección Técnica de Vehículos ubicada en Vigo, más concretamente en el barrio de Teis.

## 1.2 Objetivos del proyecto

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar una planta cuyo uso será la realización de inspecciones técnicas de vehículos en la comunidad autónoma de Galicia, más concretamente en la ciudad de Vigo, provincia de Pontevedra.

Nuestra planta tendrá tres líneas, una para coches, otra para ciclomotores y una tercera para vehículos pesados.

Se definen los objetivos de este proyecto se pueden concretar en los siguientes:

- Estudio de la normativa vigente para la ejecución de la planta, así como lo requerido para la inspección.
- Diseño y cálculo de una planta metálica con los espacios necesarios para poder realizar la actividad planteada.
- Presupuesto.
- Planificación temporal.
- Emplazamiento y planos.

## 1.3 Estructura del proyecto

La estructura del proyecto será la siguiente:

- Resumen. En este apartado se resumirán los objetivos del proyecto. Se realizará una breve descripción del trabajo a realizar.
- Capítulo 1: Introducción. Se presentarán tanto el planteamiento del trabajo como la estructura que tendrá el trabajo.
- Capítulo 2: Motivación. Se dará respuesta al motivo para realizar esta investigación, así como los resultados esperados.
- Capítulo 3: Memoria descriptiva. Destacará los aspectos más importantes del proyecto.
- Capítulo 4: Memoria constructiva: Se describirán las soluciones obtenidas.
- Capítulo 5: Cargas de la estructura. Se describirán las cargas que actuarán sobre la estructura, que nos ayudará a entender el dimensionamiento posterior.
- Capítulo 6: Dimensionado de perfiles. Se representarán los perfiles empleados para cada uno de los casos.
- Capítulo 7: Esfuerzos. Se expondrán los esfuerzos a los que está sometida la estructura.

- Capítulo 8: Cimentación. Se describirán las cimentaciones empleadas, así como su dimensionamiento.
- Capítulo 9: Uniones. Se expondrán las uniones a emplear.
- Capítulo 10: Planificación temporal y presupuesto. Se describirán tanto la planificación temporal como las tareas llevadas a cabo y se estimará el presupuesto.
- Capítulo 11: Normativa empleada. Se mencionarán las normas empleadas, el papel que jugarán a lo largo del proyecto, así como la justificación del cumplimiento de estas.
- Capítulo 12: Conclusiones y líneas de trabajo futuras. Se expondrán las conclusiones tras la realización del presente TFM, así como unas líneas de trabajo que podrían servir como punto de partida para un posterior proyecto.
- Anexos. Se incluirán todos los anexos necesarios para la comprensión del proyecto. Todos estos listados, comprobaciones y planos han sido extraídos del programa CYPE para la nave a realizar.
- Bibliografía. Figurarán el conjunto de citas que se usan en el TFM como referencia.

## Capítulo 2. Motivación

El principal motivo para realizar este trabajo ha sido su valor práctico ya que tiene aplicabilidad real.

En mi caso, viene de la necesidad de pasar la ITV en Vigo, ciudad natal de mi familia. Esta ciudad tiene 300000 habitantes y, su área metropolitana cuenta con unos 500000 habitantes. En el área metropolitana solo existe una estación para pasar la inspección a los vehículos. Con esta nave, se daría servicio a gran parte de la población que, además, no tendría la necesidad de salir del término municipal para pasar la inspección.

Para dar cabida a esta demanda, se espera obtener una estructura que sea capaz de albergar las labores propias de la ITV, con la aplicación de la correspondiente normativa vigente. Esta es la principal motivación de la elaboración de este Trabajo de Fin de Máster.

## Capítulo 3. Memoria descriptiva

### 3.1 Datos generales. Descripción del edificio

El objetivo del presente trabajo es el diseño y construcción de una nave industrial con el fin de realizar la Inspección Técnica de Vehículos en su interior. Esta ITV es un examen técnico al que se deben de someter todos los vehículos en España con la finalidad de comprobar el estado para asegurar que puede seguir circulando de una manera segura, tanto para los ocupantes del vehículo como para el resto de usuarios de la vía pública.

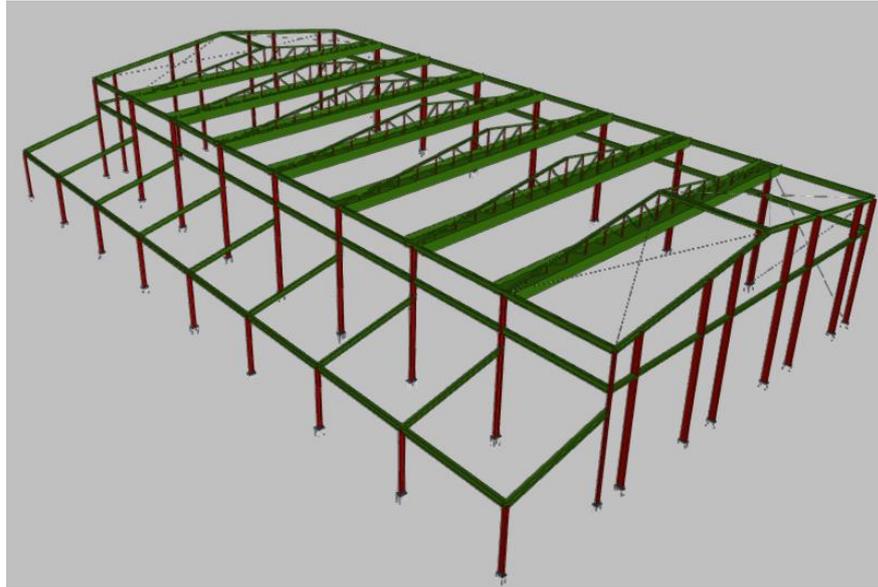
Se ha proyectado una nave principal, en cuyo interior se albergarán tres fosos, dos de ellos para vehículos ligeros y un tercero para vehículos pesados, así como una segunda nave anexa a la principal que contará con las dependencias necesarias para las tareas administrativas y los servicios generales, conectada con la principal. Los vehículos pesados son aquellos de más de 3500 kg (camiones, autobuses, tráiler, ...). Dicha línea será la que se encuentre en el centro de la nave. En cuanto a los ligeros, son aquellos de menos de 3500 kg, como pueden ser furgonetas, camionetas o coches utilitarios. Este estudio se ha realizado de acuerdo con los diversos reales decretos que regulan las Inspecciones Técnicas de Vehículos, refs.[1], [2] y [3].

Debido al espacio que ocupan los vehículos sobre los que se va a hacer la ITV, se requieren espacios exteriores alrededor del edificio, tanto para maniobrabilidad de dichos vehículos como para aparcamiento anterior y posterior a dicha inspección.

Pasaremos ahora a una descripción más exhaustiva de ambas naves:

- Nave principal: esta estructura será un espacio abierto, donde se realizará la ITV propiamente dicha.
- Nave secundaria: en este módulo anexo, adosado al lateral izquierdo de la nave, será donde se encontrará la zona de administración.

Debido a la necesidad requerida por la actividad principal de la nave, dicha nave se encontrará localizada en el centro de la parcela escogida, con la fachada frontal orientada a la entrada de la parcela al Sur. En la siguiente Ilustración 1 puede observarse la generación en 3D de la estructura proyectada.



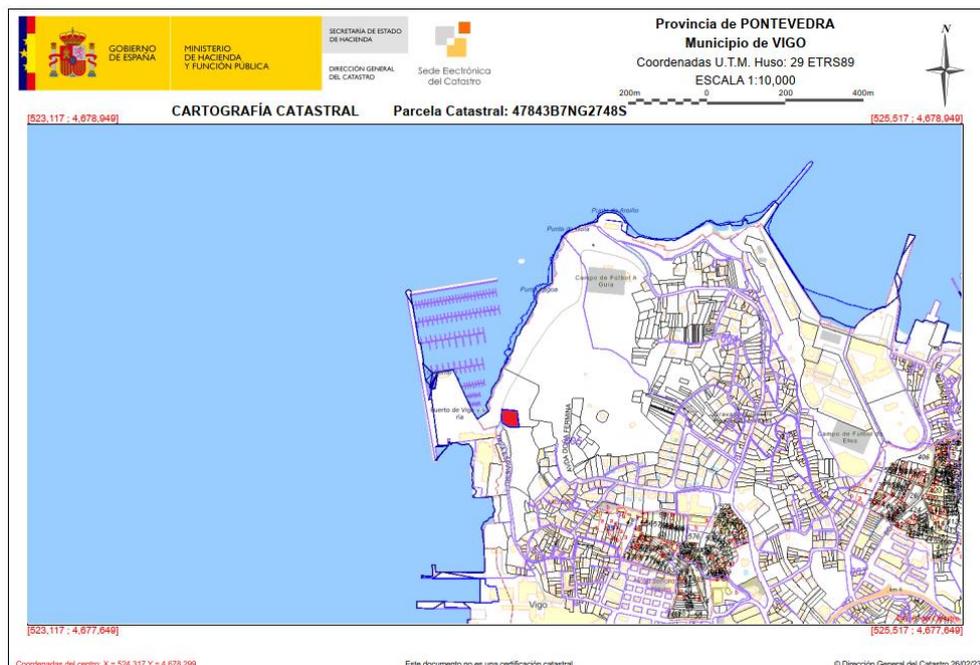
*Ilustración 1. Imagen en 3D de la nave*

### 3.2 Localización de la nave

Este proyecto se implantará en la ciudad de Vigo, más concretamente en el barrio de Teis, ubicado en la provincia de Pontevedra, Comunidad Autónoma de Galicia.

En la Ilustración 2, en rojo, se observa la imagen extraída del catastro donde se proyecta la construcción de la nave industrial. En la Ilustración 3 puede observarse la ortofoto del mismo terreno.

La parcela se encuentra sin edificar, siendo la finca urbana 7843B7NG2748S0001GS, Ilustración 4. En esta imagen se puede consultar la descriptiva y la gráfica de los datos de la parcela escogida.



*Ilustración 2. Cartografía Catastral*

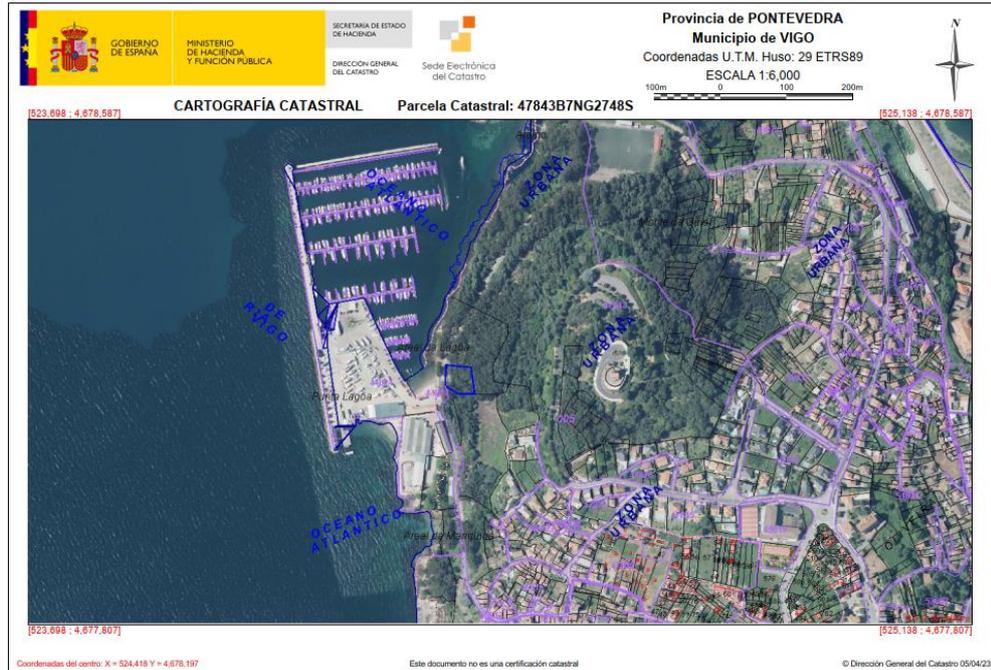


Ilustración 3. Cartografía Catastral ortofoto

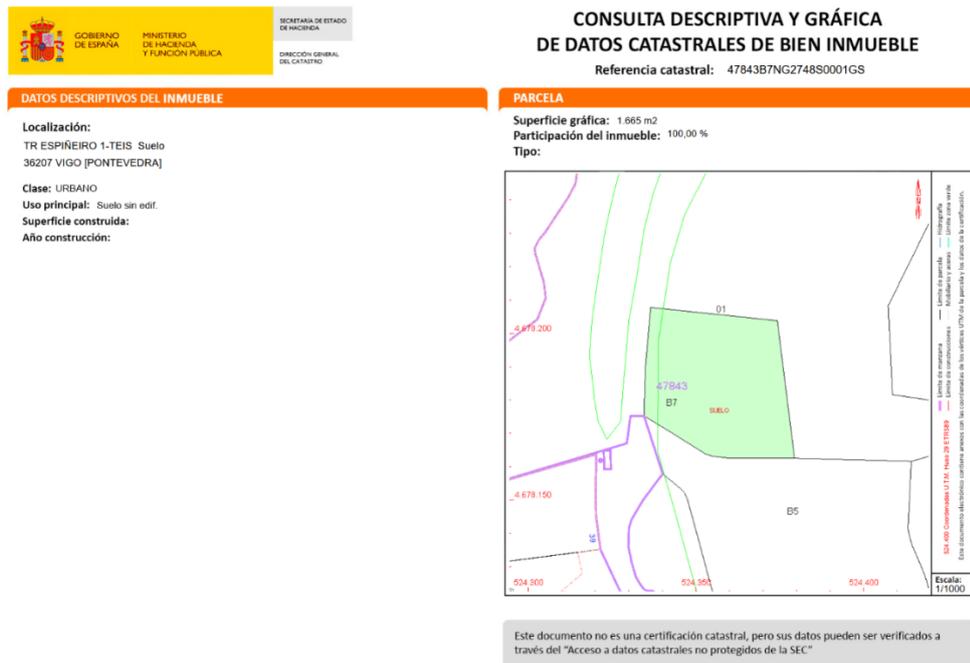


Ilustración 4. Datos descriptivos del inmueble

Las Ilustraciones Ilustración 2, Ilustración 3 y Ilustración 4, así como los datos arriba expuestos, han sido extraídos de la página web del Catastro, ref. [4][4].

### 3.3 Geometría del edificio

Las dimensiones de ambas naves son las siguientes:

- Nave principal: es rectangular, de dimensiones 40 m de largo por 19 m de ancho, y una altura máxima de 8 m. La cubierta será a dos aguas, con una inclinación de un 15%,

perpendicular a las fachadas posterior y frontal. Esta nave tendrá una superficie construida  $760 \text{ m}^2$  útiles. Esta estructura será un espacio abierto.

- Nave secundaria: es un módulo anexo, adosado al lateral izquierdo de la nave, será donde se ubicará la zona de administración, de dimensiones 40 metros de largo por 5 m de ancho. Dispondrá de una cubierta inclinada a un agua con una pendiente de un 16%. La altura máxima será de 4,27 m y con una superficie total de  $200 \text{ m}^2$ .

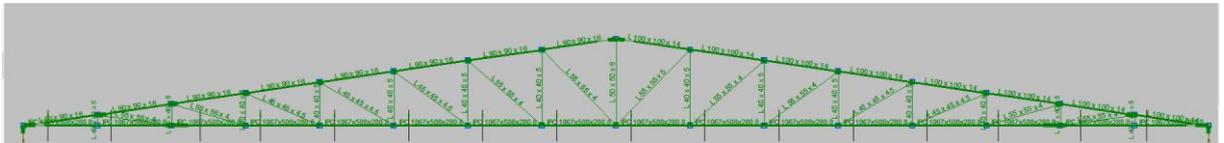
Estas dimensiones quedan justificadas por el espacio mínimo requerido para acomodar toda la maquinaria necesaria para las labores propias de la inspección técnica, que se ha tenido en cuenta para el dimensionamiento previo que se ha realizado para proyectar la nave, tal y como puede verse en el apartado 11.2.

Tal y como se ha comentado en el apartado anterior, la parcela dispone de  $1.665 \text{ m}^2$ , teniendo una superficie en planta de  $975 \text{ m}^2$ , con lo que el terreno sin edificar será de  $690 \text{ m}^2$  y estará pavimentado para acceder a las instalaciones y para facilitar el estacionamiento y las maniobras.

En cuanto a la nave principal, tendrá una celosía americana en los 7 pórticos centrales, excepto en los extremos donde está adosado en los laterales.

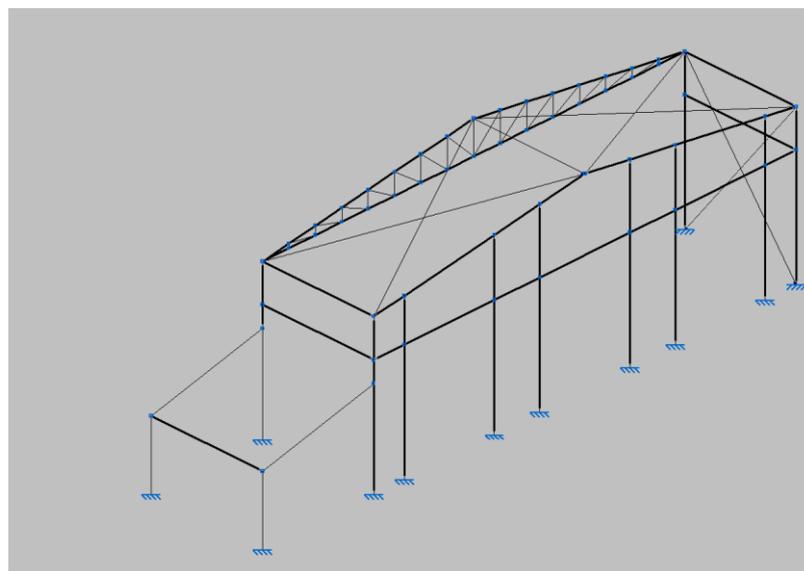
La nave estará desarrollada con 8 vanos separados 5 metros entre sí, con 9 pórticos metálicos.

Las correas que formarán la estructura serán diversas, según las solicitaciones a las que está sometida la estructura, tal y como puede observarse en la Ilustración 5.



*Ilustración 5. Correas de la estructura*

Para el arriostramiento frente al viento, tanto en los laterales como en la cubierta, se emplazarán tirantes en forma de cruces de San Andrés, Ilustración 6. Dichos tirantes trabajan únicamente a tracción.

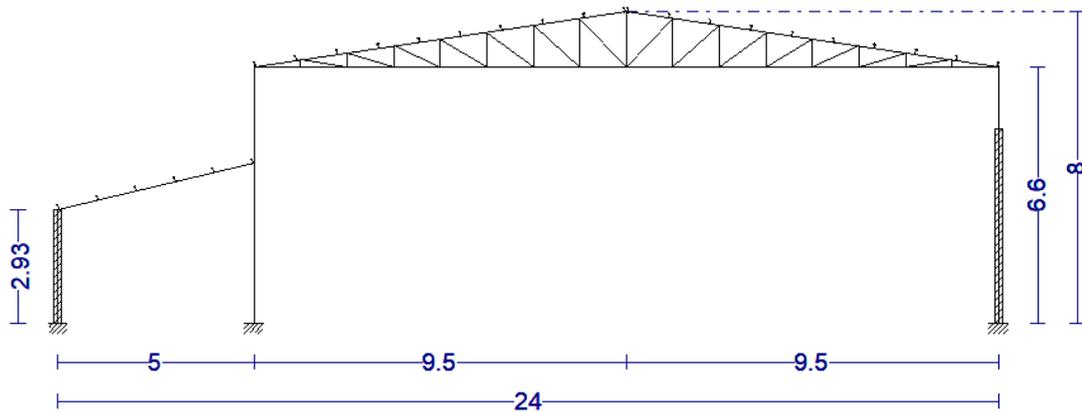


*Ilustración 6. Tirantes en la estructura*

Los muros proyectados para el interior de la nave serán de división entre la nave principal y la parte administrativa, puesto que la nave principal se concibe como una nave diáfana, necesario para realizar la ITV.

Los accesos serán diseñados de tal manera que los vehículos puedan maniobrar de entrada y salida con el espacio necesario sin afectar a la circulación de la zona.

En la siguiente Ilustración 7 puede observarse el alzado de la estructura proyectada.



*Ilustración 7. Alzado de la estructura proyectada*

## Capítulo 4. Memoria constructiva

Para mayor información, puede consultarse el Anexo V - Planos donde se pueden encontrar todos los dibujos necesarios para comprender en totalidad el proyecto realizado.

### 4.1 Características del suelo

La nave se edificará sobre un terreno con una topografía llana, de óptimas condiciones para levantar la construcción. De esta manera, no se requerirán movimientos de tierra para la nivelación.

La textura del suelo que se encuentra en la zona es franco-arenosa, presentado entonces diferentes porcentajes de arena, limo y arcilla.

### 4.2 Bases de cálculo

El diseño de esta estructura ha sido realizado enteramente en el programa CYPE, que es un programa utilizado para el cálculo de estructuras, instalaciones y construcción tanto para el área de arquitectura como para el área de ingeniería.

### 4.3 Sistema envolvente y cubierta

Como se ha descrito con anterioridad, la nave principal tendrá una cubierta inclinada un 15% a dos aguas, con la cumbrera perpendicular a ambas fachadas. Dicha cumbrera, estará formada por faldones continuos idénticamente dimensionados. En cuanto al módulo de las oficinas, tendrá, de igual manera, un único faldón con pendiente del 16% hacia el lado exterior.

La cubierta de ambos módulos estará compuesta por acero galvanizado, doble chapa, de 1 mm de espesor. Tendrá, asimismo, un núcleo aislante de espuma de poliuretano de 5 cm en la nave principal y 10 en la zona administrativa.

Para proporcionar iluminación al interior de la nave, en la zona de inspección, se colocará una cubierta de placas translúcidas dispuestas axialmente en cada vano. De esta manera, la nave central estará iluminada cenitalmente.

## Capítulo 5. Cargas de la estructura

### 5.1 Cálculo de las Cargas

Para el cálculo de cargas con el programa CYPE, se ha tenido en cuenta el Código Técnico de la Edificación, CTE, ref. [5], como marco normativo de referencia. EL CTE establece los requisitos que deben de cumplir las edificaciones en relación a lo establecido en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), ref. [6].

Los programas de CYPE Ingenieros cumplen con esta normativa.

En el Anexo I – Comprobación de la resistencia – Cálculos estructurales CYPE puede consultarse toda la información relativa a estas comprobaciones, extraída del programa para las correas escogidas.

Para el cálculo de los estados límite se tienen en cuenta los siguientes criterios, de acuerdo con el CTE, ref. [5]:

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

Donde:

- $G_k$  Acción permanente
- $P_k$  Acción de pretensado
- $Q_k$  Acción variable
- $\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- $\gamma_P$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
- $\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- $\Psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $\Psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

A continuación, pasarán a describirse estos términos en los siguientes apartados, de acuerdo con lo establecido por el CTE, ref. [5].

#### 5.1.1 Acciones permanentes

##### 5.1.1.1 *Peso propio*

Se debe de tener en cuenta el peso propio de los elementos estructurales, cerramientos, elementos separadores, tabiquería, ...

El programa de cálculo usado tiene en cuenta, generando automáticamente, el peso propio de los elementos introducidos. Es decir, es definido cuando se escoge el tipo de pilar o viga a emplear.

Por ejemplo, para una viga IPE 120, acero S275, tendremos un peso propio de 0,104 kN/m. Este es un acero de construcción estructural básico, que es el que se empleará para este proyecto.

### 5.1.1.2 Pretensado

Las cargas de pretensado son permanentes de valor no constante. El programa las tiene automáticamente en cuenta, tal y como se puede observar en la fórmula del apartado.

### 5.1.1.3 Acciones del terreno

Serán aquellas derivadas del peso de acciones del terreno, o las debidas a desplazamientos y deformaciones. En este proyecto se ha supuesto que el terreno no actúa sobre la estructura, no siendo tenidas en consideración las acciones del terreno para los cálculos de cargas. La roca madre del suelo se supone de origen granítico.

## 5.1.2 Acciones variables

### 5.1.2.1 Sobrecarga de uso

Este tipo de sobrecarga es debida al peso derivado del uso del edificio. En nuestro caso, es una cubierta accesible únicamente para su conservación con lo que, acorde con la Tabla 1, extraída del CTE, ref. [1], Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación, podemos sacar los valores característicos de la sobrecarga que usará en programa de cálculo, ya que es una de las hipótesis de partida introducidas. En la Tabla 1 puede observarse, en rojo, tanto la carga uniforme como la concentrada supuesta para este proyecto.

Tabla 1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(6)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

### 5.1.2.2 Acciones sobre barandillas y elementos divisorios

Tanto las barandillas como los elementos divisorios deben resistir una fuerza horizontal, uniformemente distribuida.

En nuestro caso no se ha proyectado la utilización de este tipo de elementos divisorios, con lo que no han sido tenidas en consideración para los cálculos de cargas.

### 5.1.2.3 Viento

De acuerdo a lo establecido en el CTE, ref. [5], para el cálculo de la sobrecarga de viento, teniendo en cuenta la ubicación de la nave, esta estará ubicada en la zona eólica B, con una velocidad básica de 27 m/s y con un grano de aspereza único de IV.

En la Ilustración 8, pueden observarse las zonas eólicas tomadas como referencia por el programa de cálculo CYPE basándose en el CTE, ref. [5].

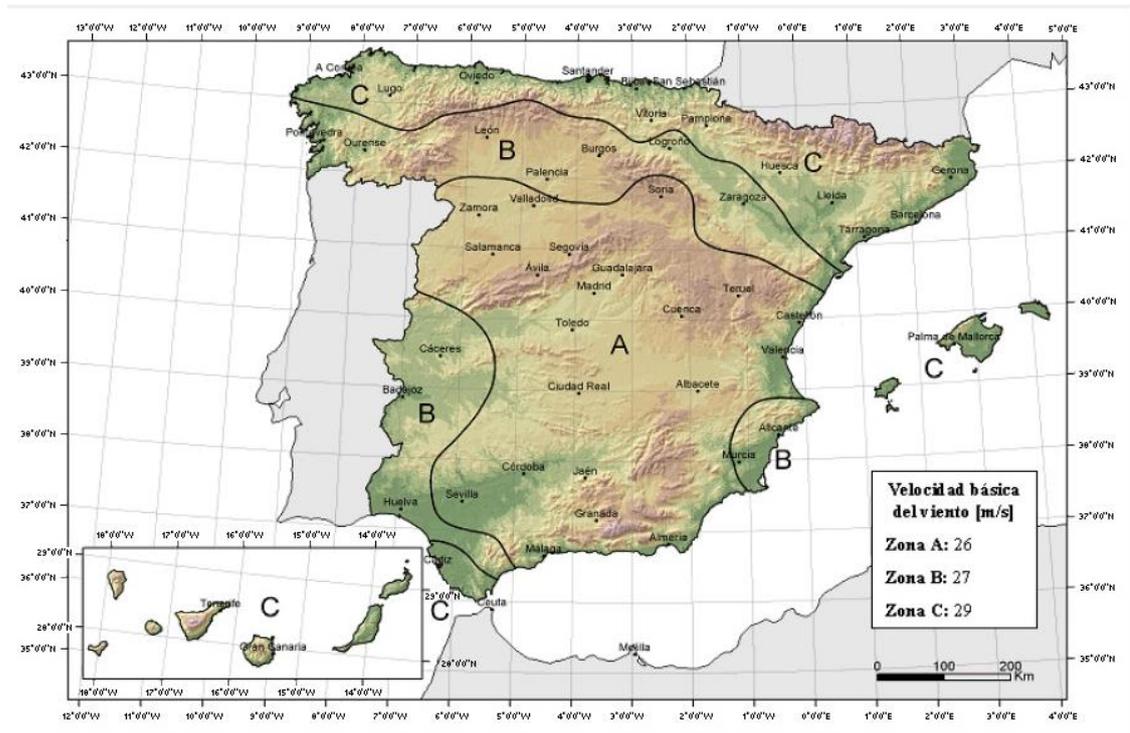


Ilustración 8. Mapa eólico de España

De igual manera, se han introducido los huecos en fachada para realizar este cálculo.

Tanto en la fachada como en la contrafachada se han introducido aperturas para el paso de los vehículos, una para cada línea de inspección.

La acción del viento, acorde con el CTE, ref. [5], se presupone como una fuerza que será perpendicular a la superficie para cada punto que se puede expresar de la siguiente manera:

$$q_e = q_b c_e c_p$$

Siendo:

- $q_e$  Presión estática, derivada de la expresión que figura arriba.
- $q_b$  Presión dinámica del viento. Para la zona considerada, la B, este coeficiente será de 0,45 kN/m<sup>2</sup>, acorde con el Anejo D del CTE, ref. [5].
- $c_e$  Coeficiente exposición, que varía con la altura del punto considerado. Seleccionando en el programa el término municipal de Vigo, este coeficiente será de

20 metros. De igual manera, hay que tener en cuenta el grado de aspereza del entorno, en nuestro caso IV.

Para el cálculo del coeficiente de exposición, es de aplicación la Tabla 2, extraída del CTE, ref. [5]. De aquí se interpola que  $c_e = 2,3$ :

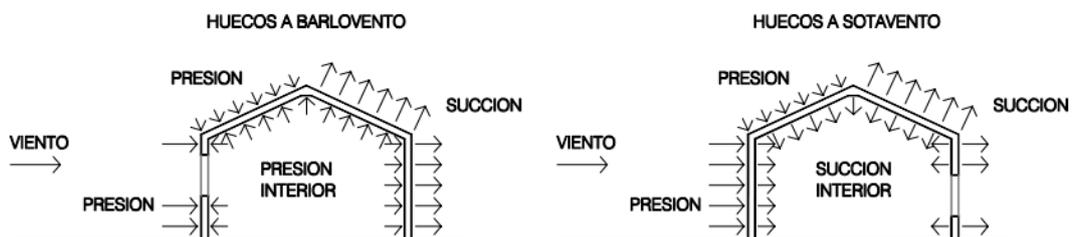
*Tabla 2. Valores del coeficiente de exposición*

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
<b>IV Zona urbana en general, industrial o forestal</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>1,9</b>	<b>2,1</b>	<b>2,2</b>	<b>2,4</b>	<b>2,6</b>
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

- $c_p$  Coeficiente eólico o de presión, que depende de la forma y orientación de la superficie. Para el cálculo de este coeficiente, se tiene en cuenta los efectos de presión interior y exterior del viento sobre nuestra nave, calculándose con la siguiente fórmula:

$$c_p = c_{pe} - c_{pi}$$

Siendo  $c_{pe}$  el coeficiente de presión exterior  $c_{pi}$  el de presión interior. En la Ilustración 9, puede observarse las presiones ejercidas por el viento.



*Ilustración 9. Presiones ejercidas por el viento*

En base a esto, y teniendo en cuenta los huecos introducidos en fachadas, el programa calcula el coeficiente  $c_p$  para cada superficie.

#### 5.1.2.4 Acciones térmicas

En cuanto al estudio de las acciones térmicas sobre la nave, estos efectos se obtienen de la variación media de temperatura de los elementos estructurales que conformarán nuestra nave.

Acorde con lo establecido en el CTE, ref. [5], “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 m de longitud”. Debido a esto, no se ha considerado la afección de las acciones térmicas.

#### 5.1.2.5 Nieve

Este tipo de acción variable es dependiente del clima de la zona. En nuestro caso, estamos en una zona de emplazamiento 1, tal y como puede consultarse en la Ilustración 10, con altitud topográfica de 20 metros, y con una exposición al viento normal.



Ilustración 10. Mapa de zona de clima invernal

Con los datos de la zona de emplazamiento y la altitud, de la Tabla 3 se interpola un valor de  $q_n = 0,3 \text{ kN/m}^2$ .

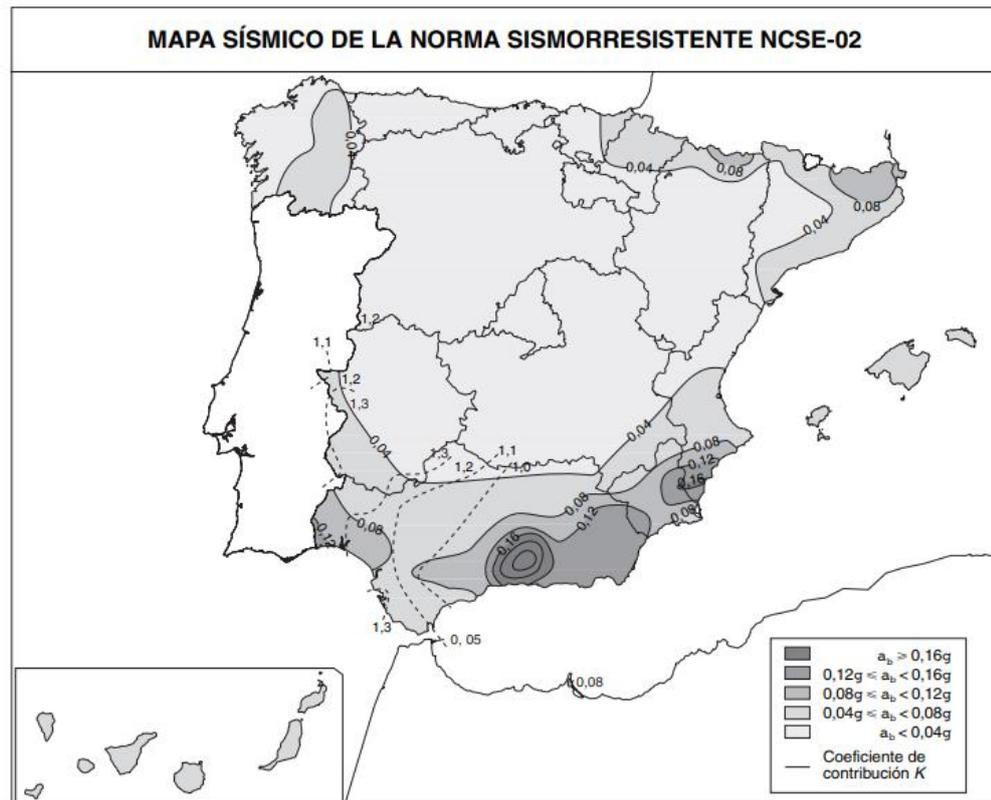
Tabla 3. Sobrecarga de nieve en terreno horizontal

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

### 5.1.3 Acciones accidentales

#### 5.1.3.1 Sismo

La Norma de Construcción Sismorresistente, ref. [7], establece en su anejo I las zonas sísmicas a considerar a la hora del estudio de este punto del CTE, ref. [7]. En la Ilustración 11 pueden observarse estas. Vigo está considerada como zona no sísmica,  $a_b < 0,04$  y, en consecuencia, no resulta necesaria la consideración de los efectos del sismo en los cálculos.



*Ilustración 11. Mapa sísmico*

### **5.1.3.2 Incendio**

Las acciones variables de incendio no han sido objeto de análisis de este proyecto.

### **5.1.3.3 Impacto**

Los impactos de vehículos no han sido objeto del análisis de este proyecto.

## Capítulo 6. Dimensionado de perfiles

A continuación, pasaremos a describir como se seleccionará el tipo de perfil para cada uno de los perfiles de la estructura. Para mayor información puede consultarse el Anexo II – Listados estructura – Cálculos estructurales CYPE donde podemos encontrar todas las comprobaciones a la estructura realizadas por el programa, así como el dimensionado de estos.

### 6.1 Clasificación del acero

Los aceros son aleaciones hierro-carbono con capacidad de ser forjados, ref. [8]. En nuestro caso, se ha escogido un acero de construcción de uso en bruto de forja o laminación de uso general, tipo S275. Se suministran en forma de productos planos y largos cuya temperatura de servicio vaya a ser la temperatura ambiente. La letra S identifica los aceros de construcción mecánica, seguida de 275 que será el valor del límite elástico expresado en MPa. En la Tabla 4 se pueden observar las características del acero S275.

Tabla 4. Características acero S275

Módulo de Elasticidad, E (N/mm <sup>2</sup> )	Módulo de Rigidez, G (N/mm <sup>2</sup> )	Coefficiente de Poisson, $\nu$	Coefficiente de dilatación térmica, $\alpha$ (°C) <sup>-1</sup>	Densidad, $\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )
210000	81000	0,3	$1,2 \cdot 10^{-5}$	7850

La composición del acero será la siguiente:

- Carbono máximo entre 0,21-0,18 %.
- Manganeso máximo 1,5 %. El Mn es un elemento de aleación muy económico que está presente en todos los aceros. Se añade para fijar el azufre y desoxidar el caldo.
- Fósforo máximo entre 0,045-0,035 %. Este elemento aumenta la resistencia a la corrosión.
- Azufre máximo entre 0,045-0,035 %. Se suele añadir este elemento, pese a provocar fragilidad en caliente, para mejorar la mecanizabilidad del acero.
- Nitrógeno libre máximo entre 0,009-0,012 %.

La relación entre el límite elástico y la resistencia de estos aceros varía entre 0,5 y el 0,7 y los alargamientos mínimos a la rotura se encuentran entre 17 y el 21%.

Estos aceros se construyen para soportar solicitaciones mecánicas predeterminadas. En este caso, la función principal es la de resistir cargas que serán perpendiculares al eje. En la Ilustración 14 pueden observarse los esfuerzos a los que está sometida la fachada, así como la leyenda de la Ilustración 13.

Estos aceros son aptos para el soldeo por todos los procedimientos. El único tratamiento admisible será un recocido de relajación de tensiones. Solo se realizará cuando sea necesario recocerlo para relajar las tensiones debidas a operaciones de conformado.

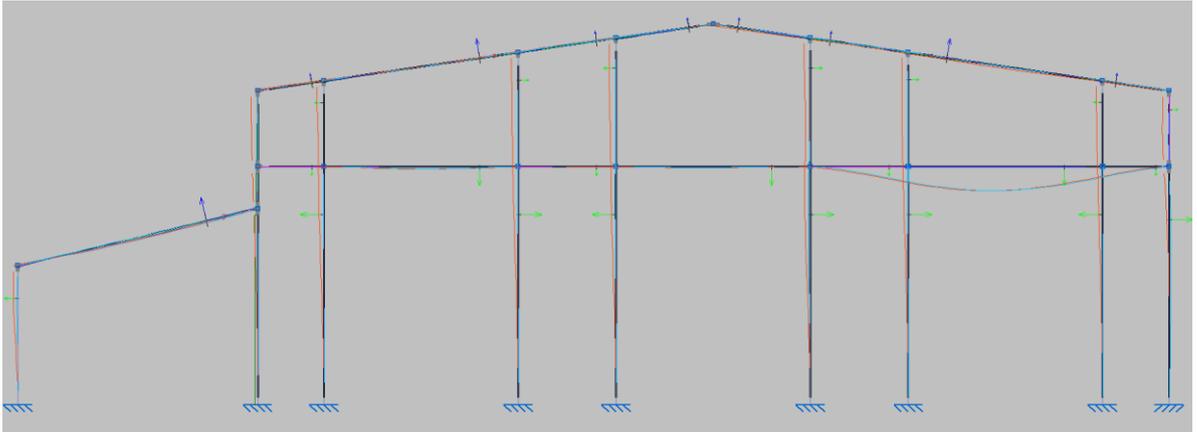


Ilustración 12. Esfuerzos de la estructura



Ilustración 13. Leyenda de los esfuerzos

## 6.2 Selección de los perfiles

Para la selección y dimensionamiento de cada uno de los perfiles, el programa tiene en cuenta cada uno de los esfuerzos y cargas a los que está sometida la estructura y realiza una comprobación de las barras para demostrar si el predimensionamiento inicial es correcto o, en caso contrario, debe de modificarse alguna barra y volver a realizar el cálculo, Ilustración 14. El programa calcula el dimensionamiento óptimo.

Perfil	Peso	Resistencia	Errores
✗ IPE 80	5.97	—	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de la bar...
✗ IPE 100	8.09	—	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de la bar...
✗ IPE 120	10.36	—	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de la bar...
✗ IPE 140	12.87	—	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de la bar...
✗ IPE 160	15.78	263.63 %	
✗ IPE 180	18.76	193.26 %	
✗ IPE 200	22.37	143.49 %	
✗ IPE 220	26.22	108.44 %	
✓ IPE 240	30.69	82.97 %	
✓ IPE 270	36.03	61.72 %	
✓ IPE 300	42.23	46.98 %	
✓ IPE 330	49.14	37.91 %	
✓ IPE 360	57.07	29.94 %	
✓ IPE 400	66.33	23.65 %	
✓ IPE 450	77.56	17.60 %	
✓ IPE 500	90.67	13.97 %	

No se han definido límites de flecha  
Se ha seleccionado no realizar la comprobación de resistencia al fuego

Significado de los iconos

- ✗ Perfil que no cumple alguna comprobación.
- ✓ Perfil que cumple todas las comprobaciones.

Aceptar Cancelar

Ilustración 14. Comprobación dimensionamiento perfiles

Tras esto, se procedería a redimensionar aquellos perfiles que no cumplen. Tras este proceso iterativo, se obtendría la estructura, Ilustración 15. Durante este proceso, las barras que no cumplen se mostrarían en color rojo, mostrándose en color verde aquellas que sí.

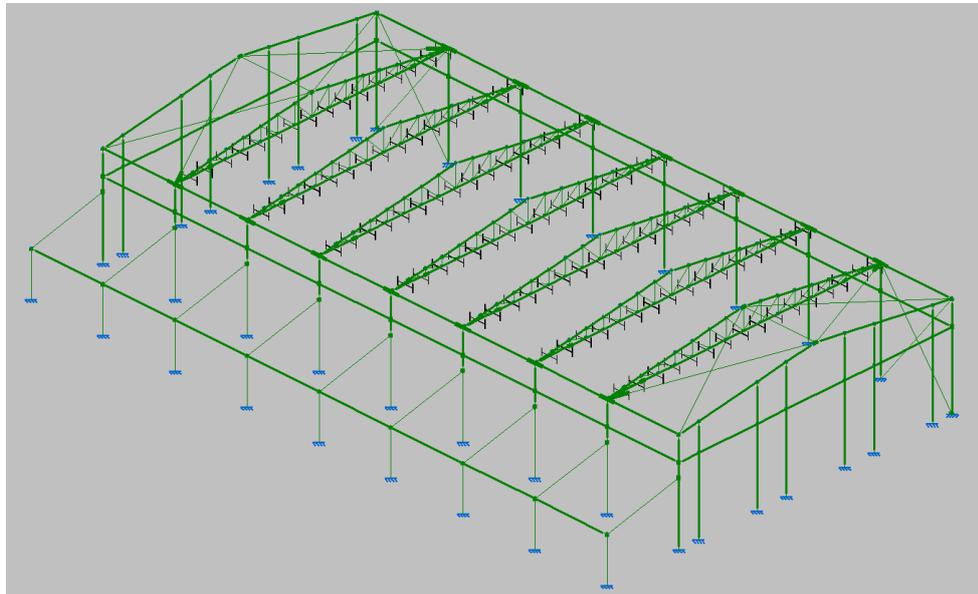


Ilustración 15. Estructura correctamente dimensionada

En muchos casos, ha sido necesario cambiar la disposición de las vigas, cambiando los ángulos de giro, Ilustración 16.

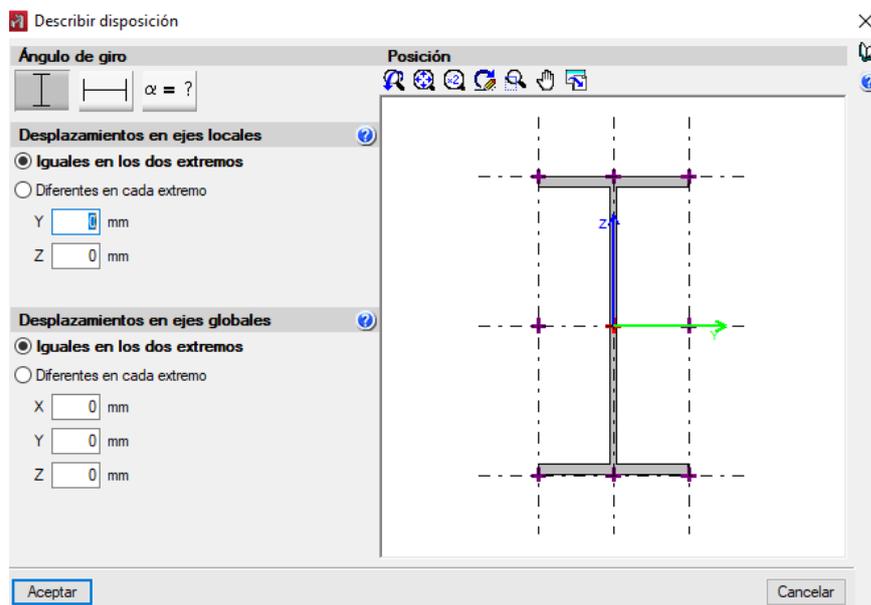


Ilustración 16. Cambio disposición de la viga

Ahora, procederemos a describir los tipos de perfiles usados para cada una de las partes de la estructura en mayor profundidad.



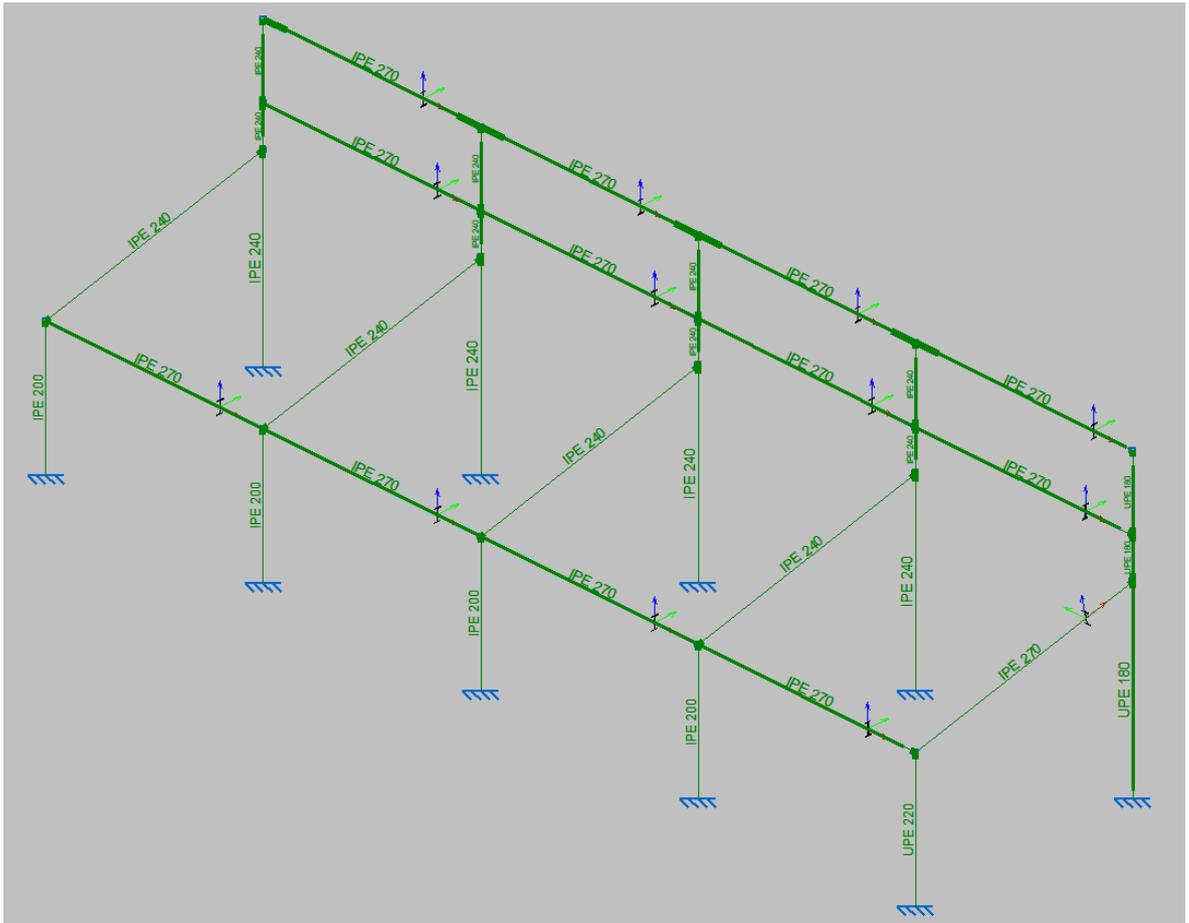


Ilustración 19. Perfiles módulo administrativo

#### 6.2.4 Barras celosía americana y pórticos centrales

En la Ilustración 20 pueden observarse los dimensionamientos para los pórticos centrales, así como la celosía americana. La celosía es una estructura triangulada que está formada por barras rectas conectadas. Su trabajo es, principalmente, a tracción y compresión.

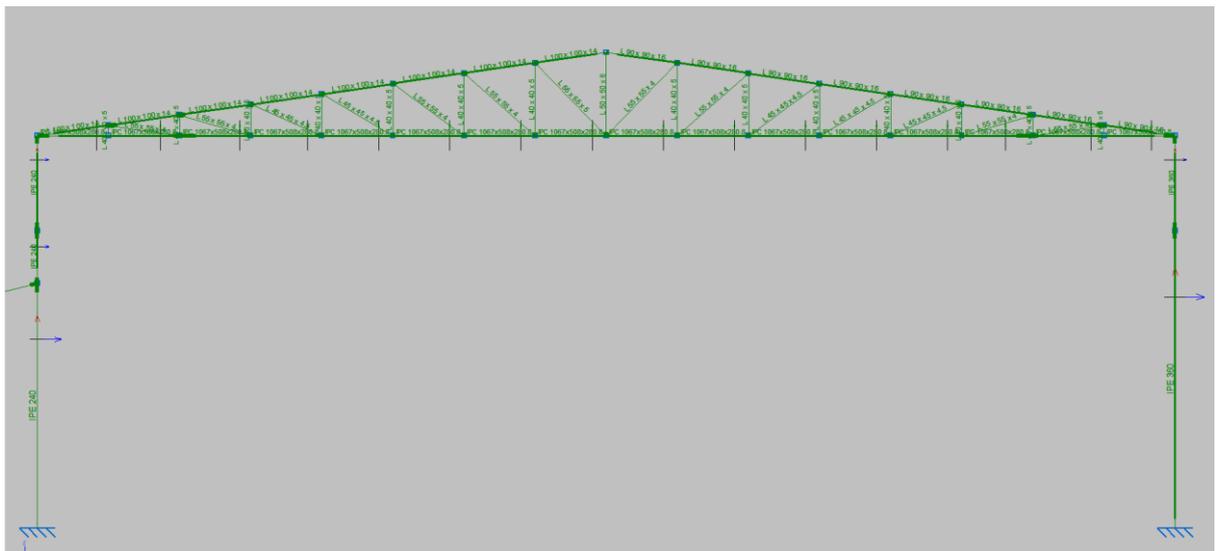


Ilustración 20. Barras celosía americana y pórticos centrales

# Capítulo 7. Esfuerzos

A continuación, se describen brevemente los esfuerzos a los que está sometida la estructura. De igual manera, en la Ilustración 21, se puede el criterio de signos utilizado.

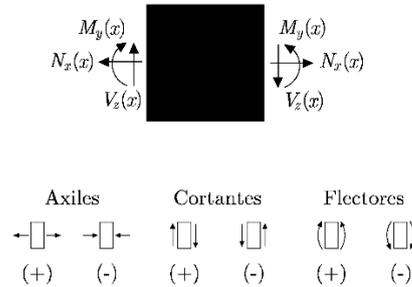


Ilustración 21. Criterio de signos

## 7.1 Normal o axil (N)

Será el esfuerzo normal a la sección o axil, según la tangente a la línea media de la sección, Ilustración 21.

En la Ilustración 22, en color verde, se aprecian los esfuerzos normales sobre una parte de la estructura.

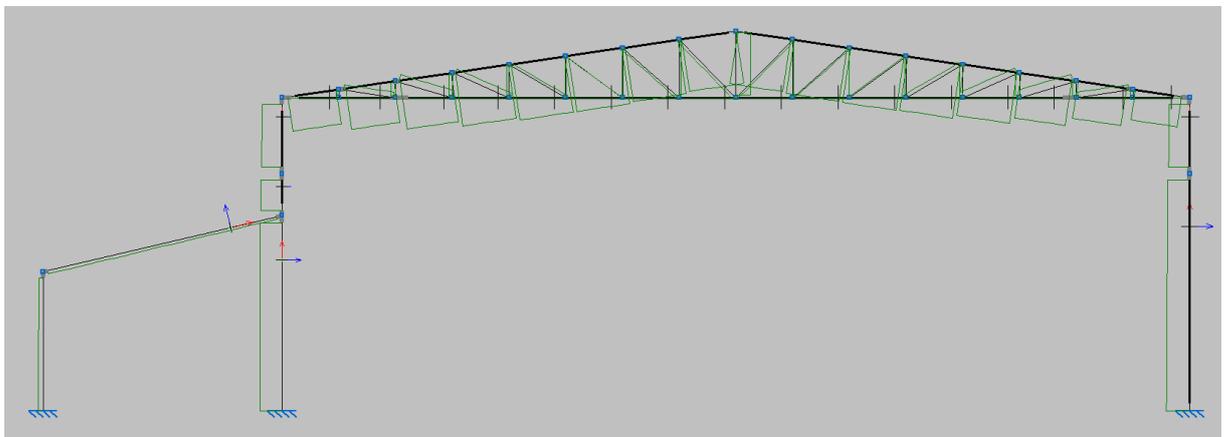
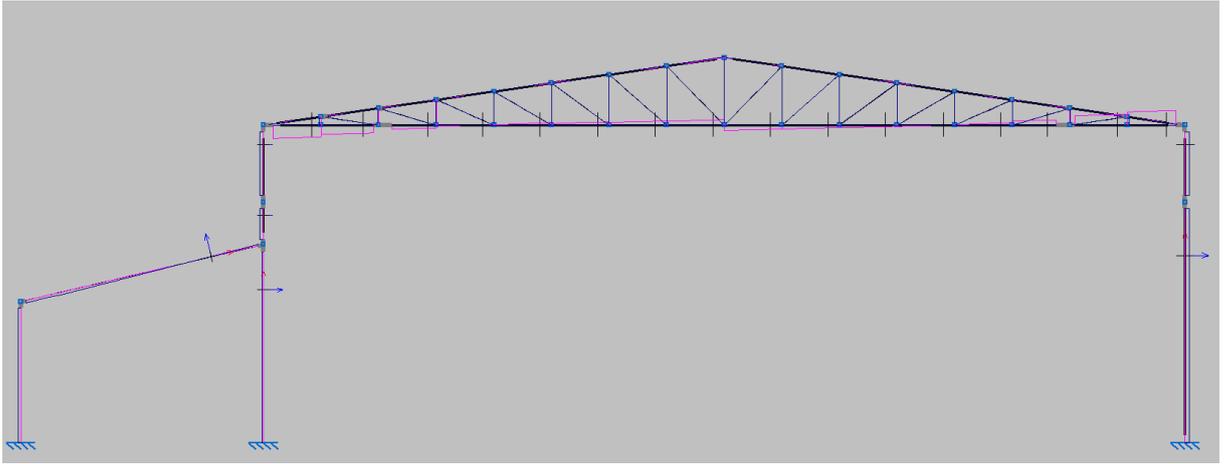


Ilustración 22. Esfuerzo Normal

## 7.2 Cortantes (Ty y Tz)

Los esfuerzos cortantes son la resultante de todas las fuerzas verticales que actúan sobre las vigas, Ilustración 21.

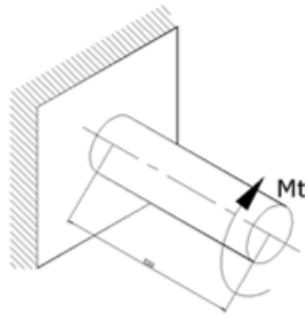
En la Ilustración 23, se pueden observar los esfuerzos cortantes sobre una parte de la estructura. En color rosa el cortante en el eje y en color azul oscuro el cortante en el eje z.



*Ilustración 23. Esfuerzos cortantes*

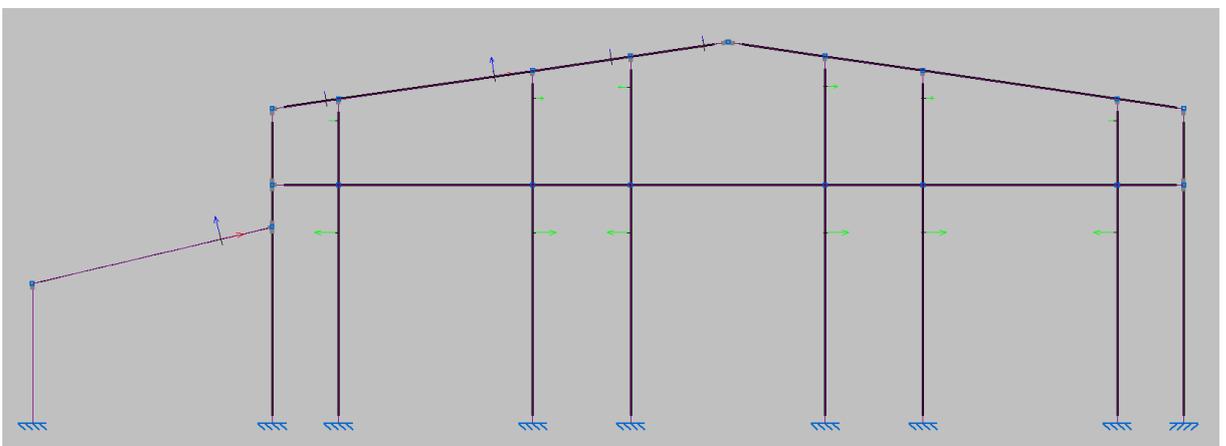
### 7.3 Momento torsor ( $M_t$ )

Se considera momento torsor a aquel momento que actúa alrededor del eje longitudinal de un elemento estructural, Ilustración 24.



*Ilustración 24. Momento torsor positivo*

En la Ilustración 25, se observa en color morado el momento torsor sobre una parte de la estructura.

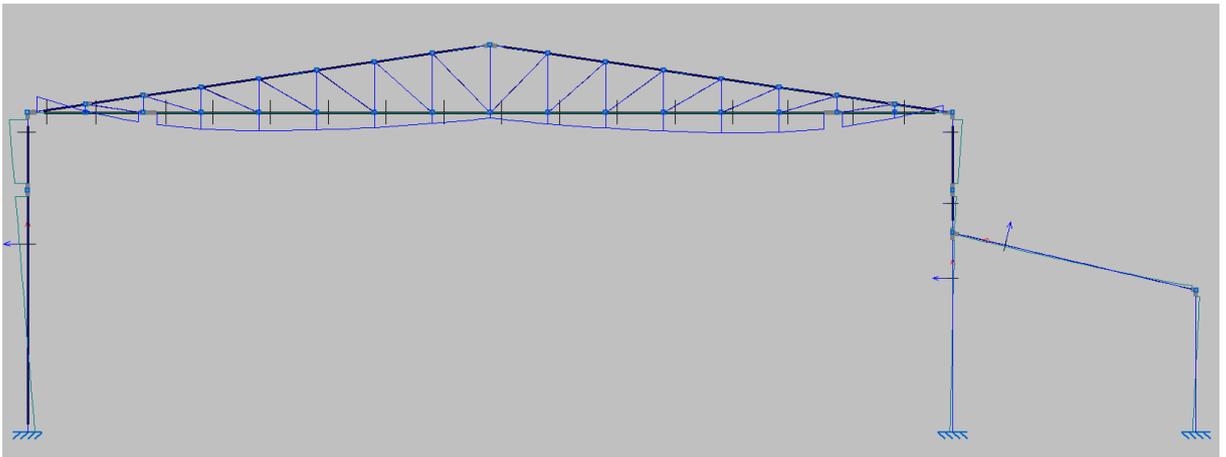


*Ilustración 25. Momento torsor*

## 7.4 Momentos flectores ( $M_y$ y $M_z$ )

Los momentos flectores son las resultantes de la distribución de las tensiones sobre una sección transversal de la viga flexionada, perpendicular longitudinalmente al eje sobre el que se produce la flexión, Ilustración 21.

En la Ilustración 26, se aprecian los momentos flectores, sobre el eje y en color verde, y sobre el eje z en color azul sobre una parte de la estructura.

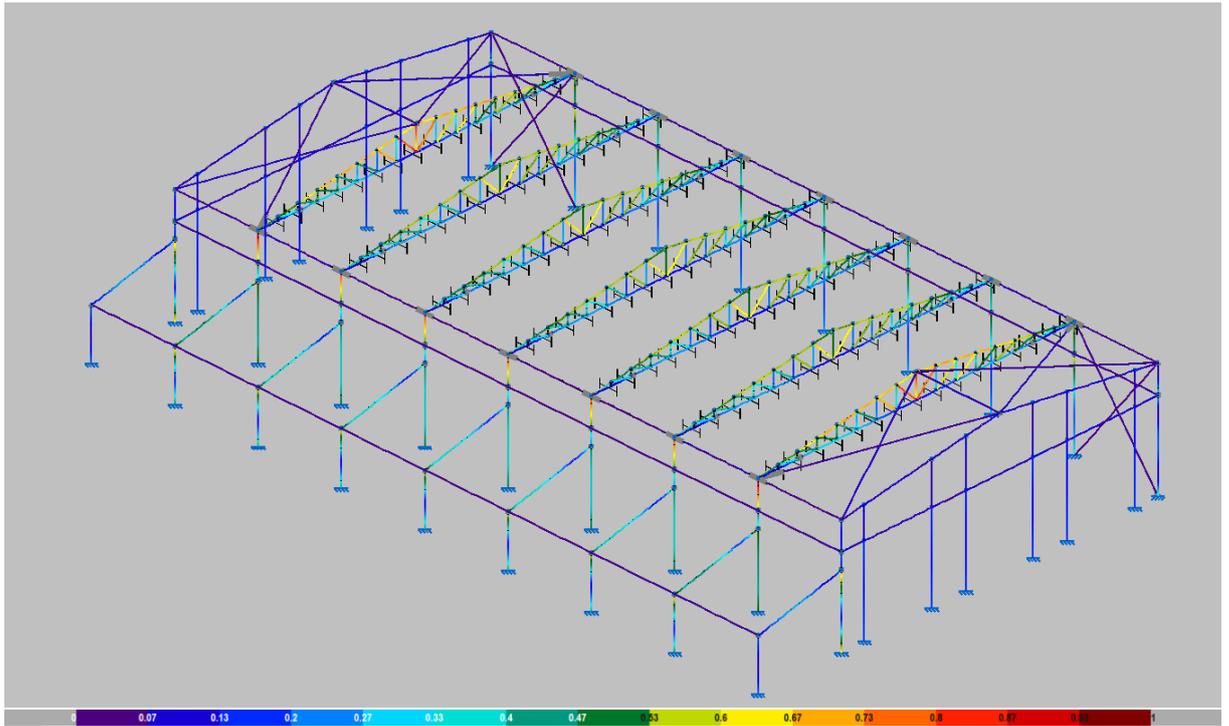


*Ilustración 26. Momentos flectores*

## 7.5 Conclusiones

En Ilustración 15 se puede apreciar que todas las barras están en color verde. De igual manera, mediante la consulta del Anexo II – Listados estructura – Cálculos estructurales CYPE, que nos muestra la comprobación de los cálculos estructurales, se puede afirmar que la nave es estructuralmente estable y cumple con las comprobaciones. En la Ilustración 27, puede observarse la gráfica tensión aprovechamiento de la estructura, con la correspondiente leyenda.

De acuerdo con todo lo anterior, las barras más solicitadas se encuentran en un color rojizo, y serán esos puntos dónde haya una mayor tensión en la estructura pero ninguna de ellas supera el máximo de tensión admisible.



*Ilustración 27. Gráfica tensión - aprovechamiento*

## Capítulo 8. Cimentación

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el dimensionamiento del sistema de cimentaciones se ha realizado mediante el programa CYPE.

Acorde con el Cálculo de Estructuras de Cimentación, ref. [9], el cimiento es aquella parte de la estructura encargada de transmitir las cargas actuantes sobre la totalidad de la construcción del terreno. Dado que la resistencia y la rigidez del terreno son muy inferiores a las de la estructura, la cimentación posee un área en planta muy superior a la suma de las áreas de todos los pilares y muros de carga. Para el cálculo de las cimentaciones, se ha seguido el EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural, ref. [10].

Para este dimensionamiento, se ha decidido optar por una cimentación superficial y se resolverá con zapatas aisladas y combinadas y vigas arriostradas.

Para mayor información, puede consultarse el Anexo III – Listados cimentaciones– Cálculos estructurales CYPE donde se encuentran todas las comprobaciones a la cimentación realizadas por el programa, así como el dimensionado.

La cimentación constará de treinta y tres zapatas aisladas, situadas en cada uno de los pilares. De igual manera, estarán unidos entre sí por las vigas de atado. Su principal función es la de evitar los desplazamientos laterales de las zapatas, dando una mayor rigidez a los cimientos, Ilustración 28.

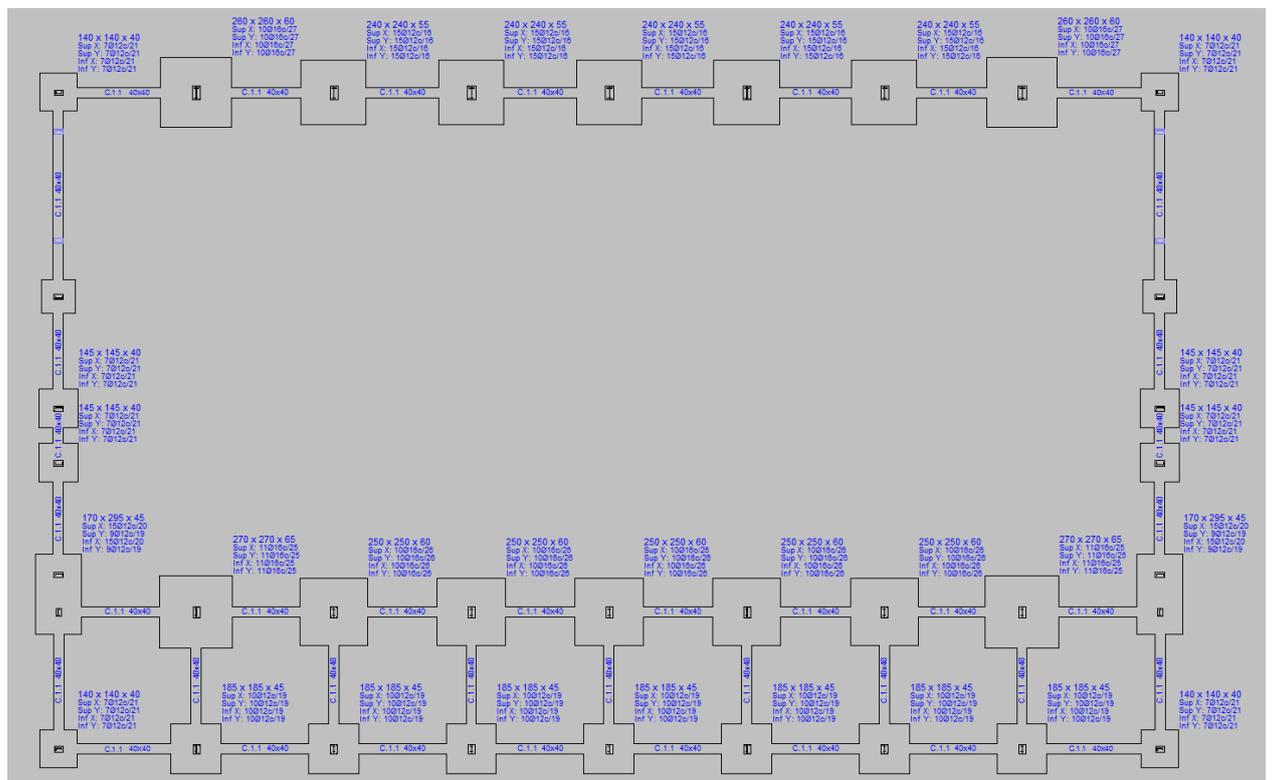


Ilustración 28. Cimentación

Toda la nave transmitirá las cargas al suelo y es necesaria una cimentación adecuada para mantener adecuadamente estable la estructura y, de igual manera, distribuir los pesos lo más adecuadamente posible.

De la misma manera que para para los perfiles, el programa tiene en cuenta las tensiones y los esfuerzos a los que estará sometida la cimentación y realiza una comprobación tanto de las zapatas como de las vigas de atado para demostrar si el predimensionamiento inicial es correcto o, en caso contrario, debe de modificarse algún elemento y volver a realizar el cálculo. El programa calcula el dimensionamiento óptimo.

Ahora, se describirán los diversos tipos de zapatas, así como las correspondientes vigas de atado.

## 8.1 Zapatas

Se entiende por zapata aislada, acorde con el Cálculo de Estructuras de Cimentación, ref. [9], aquella sobre la que carga un solo pilar o aquella sobre la que cargan dos pilares continuos separados por una junta de dilatación.

En el Anexo III – Listados cimentaciones– Cálculos estructurales CYPE, encontramos los 9 tipos diferentes de zapatas, así como su geometría y armado. De igual manera, se podrá observar la comprobación final.

En la Ilustración 29 figura el detalle de una zapata aislada, que cumple con todas las comprobaciones requeridas, al igual que el resto de zapatas aisladas, véase el Anexo III – Listados cimentaciones– Cálculos estructurales CYPE.

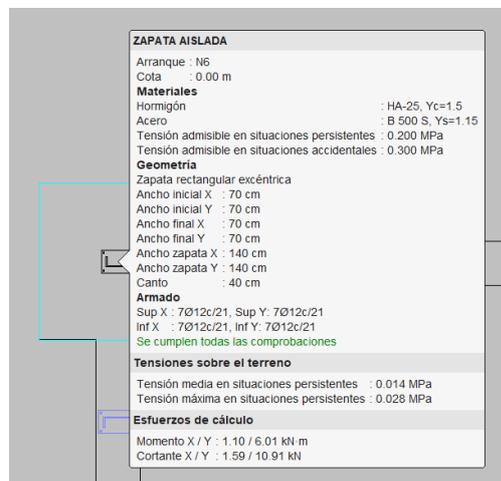


Ilustración 29. Zapata aislada

## 8.2 Vigas de atado

Las zapatas arriostradas o vigas de atado son vigas de hormigón armado cuya función es la de unir las zapatas para, de esta manera, prevenir los movimientos relativos entre las zapatas absorbiendo cargas horizontales. Si se hubieran considerado las cargas de sismo, las vigas de atado serán bidireccionales, en vez de unidireccionales.

En el Anexo III – Listados cimentaciones– Cálculos estructurales CYPE, podemos encontrar la descripción de las vigas y su medición, así como la comprobación final.

El detalle de una viga de atado figura en la Ilustración 30. Puede apreciarse como cumple con todas las comprobaciones requeridas, al igual que el resto de vigas de atado, véase el Anexo III – Listados cimentaciones– Cálculos estructurales CYPE.

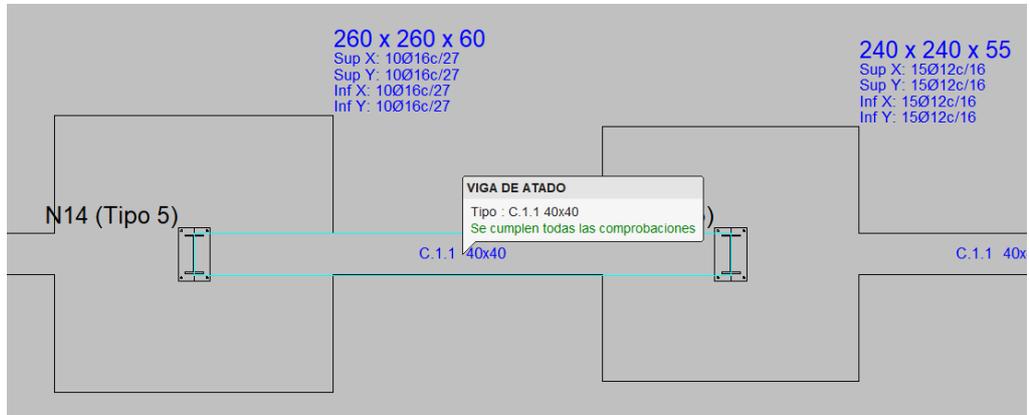


Ilustración 30. Viga de atado

## Capítulo 9. Uniones

Para este proyecto, se ha preferido el uso de uniones soldadas frente a atornilladas.

A continuación, se enumeran tanto las ventajas como los inconvenientes de ambos tipos de uniones.

- Unión por tornillos:

### *Ventajas:*

- Coste reducido
- Repuesto común y fácil reemplazo
- Unión de distintos materiales
- Unión no permanente
- Sin tensiones residuales ni alabes

### *Inconvenientes:*

- La junta es más débil
- No son herméticos a fluidos
- Conductividad eléctrica
- Concentración de tensiones en agujeros
- Corrosión en cabezas de tornillos

- Unión por soldadura:

### *Ventajas:*

- Unión de “cualquier” material
- Se puede automatizar
- Uniones de piezas delgadas y gruesa
- Unión fuerte y estable
- Económica
- Uniones de piezas de área difícil

### *Inconvenientes:*

- Requieren maquinaria específica
- Difícil con distintos materiales
- Personal cualificado

Concretamente, se necesitan uniones fuertes y estables. Asimismo, al tener que unir gran cantidad de piezas estas uniones deben de ser económicas. Al estar situado cerca del mar, se debe de evitar la corrosión inherente a la atmósfera marina. Por estos motivos, se escoge la unión por soldadura.

Estas uniones se realizarán por soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido, MMA. En estos casos, el arco eléctrico se establece entre la pieza y el electrodo revestido. Por esto, se funde tanto el material base como el electrodo. En estos procesos, por tanto, siempre se aporta material. Es un procedimiento manual que permite soldar una amplia gama de materiales en todas las posiciones, siendo de amplia utilización en montajes a pie de obra. El electrodo usado será básico, compuesto por óxidos y sales de carácter básico. Presentan una buena función metalúrgica, pero generan mucha escoria.

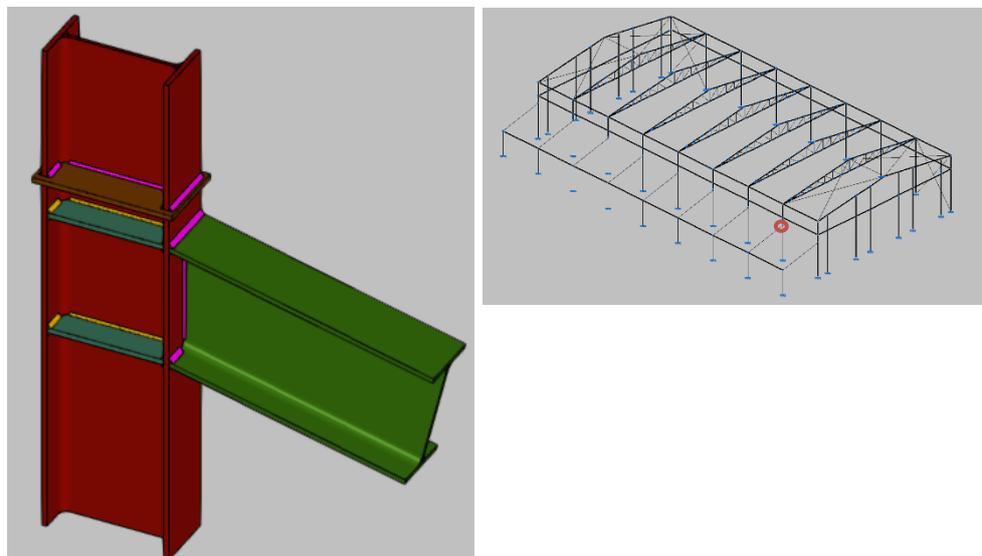
Al igual que para los capítulos 6 y 7, puede consultarse el Anexo IV - Listado uniones – Cálculos estructurales CYPE donde las comprobaciones realizadas en las placas de anclaje, la memoria de cálculo para los 31 tipos de uniones y las mediciones.

De la igual manera que el dimensionado de las cimentaciones o de las uniones era un proceso iterativo, en este caso también ha sido así. En muchos casos ha tenido que cambiarse la disposición de las vigas, así como el perfil para poder soldarse entre sí.

Al finalizar este proceso, en muchos casos, ha tenido que volver a dimensionarse la estructura para adaptarse a los cambios requeridos.

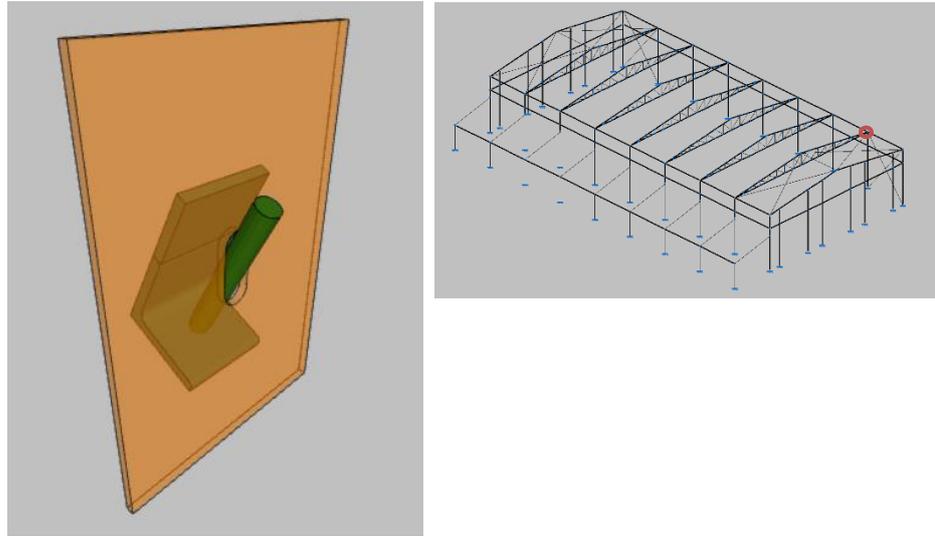
En la

Ilustración 31 figura la unión de viga al ala del pilar y el detalle de dónde se puede encontrar en la imagen de la derecha, entre dos pilares inferiores y superiores IPE 240, en color rojo, y una viga IPE 240, en color verde. Han tenido que introducirse chapas de transición, cuya finalidad es la de sostener o mejorar las soldaduras que, por el diseño o el espesor que presentan, tienen una raíz que dificulta que el aporte de metal.



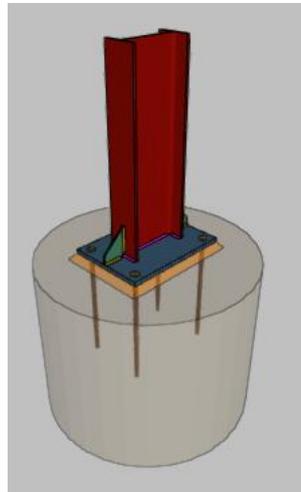
*Ilustración 31. Unión viga a ala del pilar*

En la Ilustración 32 se aprecia un perfil angular, el detalle de dónde se puede encontrar en la estructura en la imagen de la derecha.



*Ilustración 32. Perfil angular*

En la Ilustración 33 puede observarse la placa de anclaje de un pilar IPE 200, siendo la placa de anclaje una pieza formada por una placa o chapa de acero cuadrada o rectangular y de espesor variable, a la que se unen cuatro redondos doblados en forma de L para el anclaje al hormigón. Se utiliza para unir, transmitir y distribuir la carga de un soporte al elemento de cimentación o forjado, ref. [11].



*Ilustración 33. Placa de anclaje*

## Capítulo 10. Planificación temporal y presupuesto

En este apartado se describen tanto la planificación temporal como las tareas llevadas a cabo para la elaboración de este proyecto, para de esta manera estimar el tiempo ocupado en hacerlo. De igual manera, se estimará el presupuesto, es decir, lo que costaría el levantamiento de esta nave en caso de encargarla a una empresa privada.

La duración total de este proyecto ha sido de 4 meses, comenzándolo en enero de 2023 y finalizándolo en mayo del mismo año, momento en el cual se finalizó con la redacción de esta memoria.

Acorde con la guía de aprendizaje de la asignatura, el tiempo aproximado de realización es de 300 horas, divididas de la siguiente manera:

- 6,25 horas de exposición.
- 6,25 horas de tutorías.
- 287,5 horas de trabajo personal individual.

Estas tareas están detalladas en la Estructura de Descomposición del Proyecto (EDP) que sirve de base para realizar el diagrama de Gantt.

### 10.1 Planificación

- Fase 1: Asignación del trabajo. Búsqueda de tutor, primera reunión a través de Teams con el tutor e inscripción en el listado del TFM. Se valoraron con el tutor diferentes alternativas para, finalmente, decidirse con la más óptima para los fines académicos del alumno. De la misma manera, se hizo una planificación temporal en base a la fecha de presentación deseada.
- Fase 2: Recopilación de información y primera aproximación al programa. En esta segunda fase se recopiló la información referente al trabajo escogido, así como se estudió la normativa necesaria para la realización del mismo. De la misma manera, se hizo un dimensionamiento previo de la nave, basada en la información recopilada en la fase anterior. De igual manera, con ayuda del Manual del Usuario del CYPE, ref. [12], se comenzó introducir naves preliminares en CYPE y a familiarizarse con el programa.
- Fase 4: Realización de la nave. En esta fase, y con ayuda de toda la información recopilada en las fases anteriores, se procedió a introducir la nave final en CYPE, junto con el dimensionamiento adecuado, así como las diversas iteraciones en la estructura necesarias construir una nave estructuralmente viable.
- Fase 5: Redacción de la memoria. El desarrollo de la memoria se ha ido realizando a la par que las fases anteriores, por lo que ha habido cierto solapamiento entre fases.

### 10.2 Estructura de Descomposición del Proyecto

La EDP del proyecto ayuda, de una manera rápida, a visualizar las tareas principales y más importantes de este trabajo. Las tareas están organizadas de una manera muy genérica hasta un nivel más detallado. En la Ilustración 34 figura la EDP del trabajo.

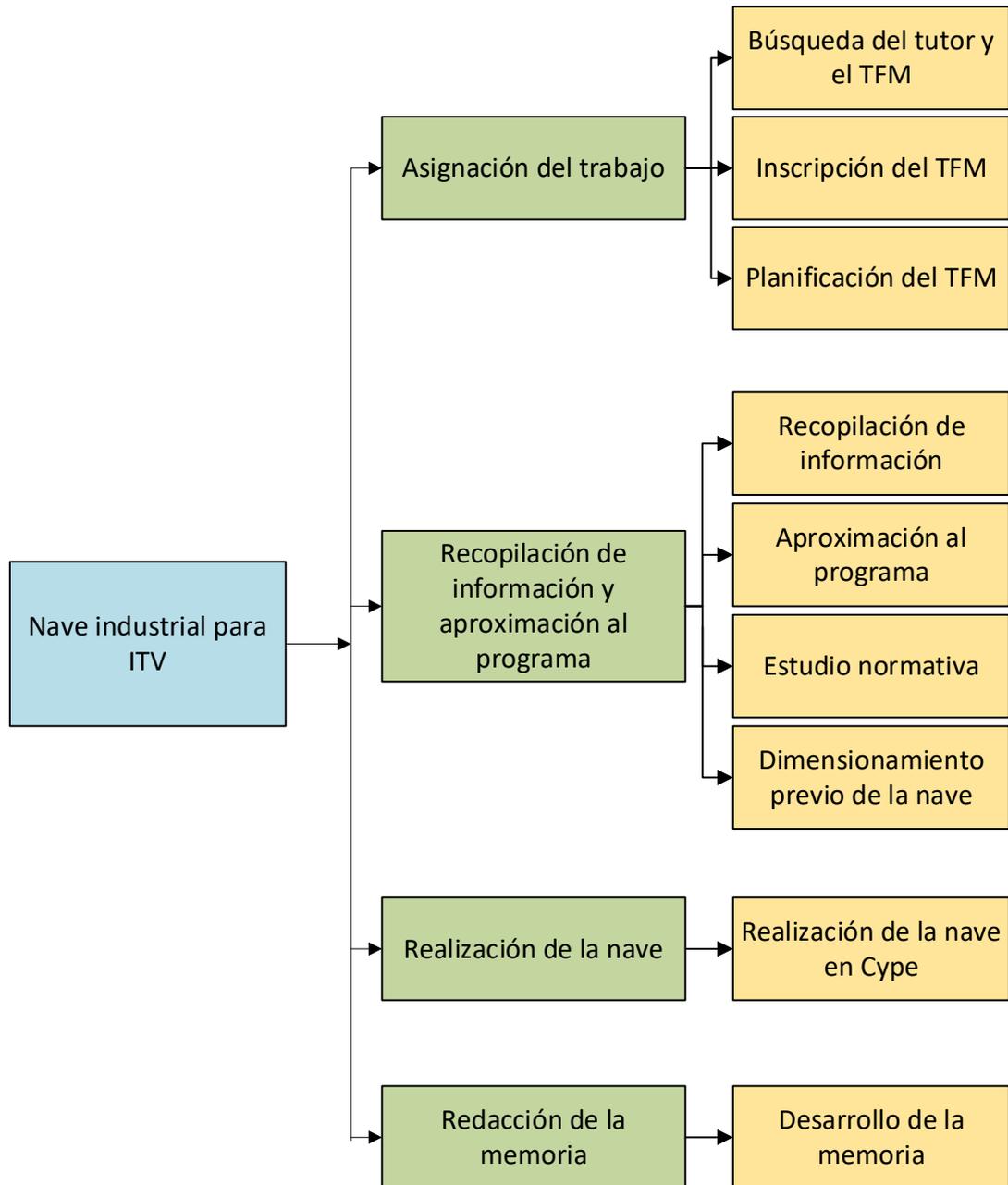


Ilustración 34. Estructura de Descomposición del Proyecto

### 10.3 Diagrama de Gantt

Mediante esta herramienta, podemos consultar la duración de cada una de las tareas, tal y como puede observarse en la Ilustración 35. Las partes de más peso son la recopilación de información y la realización de la nave en el programa de cálculo.

La redacción de la memoria se inició a la par que la recopilación de la información.

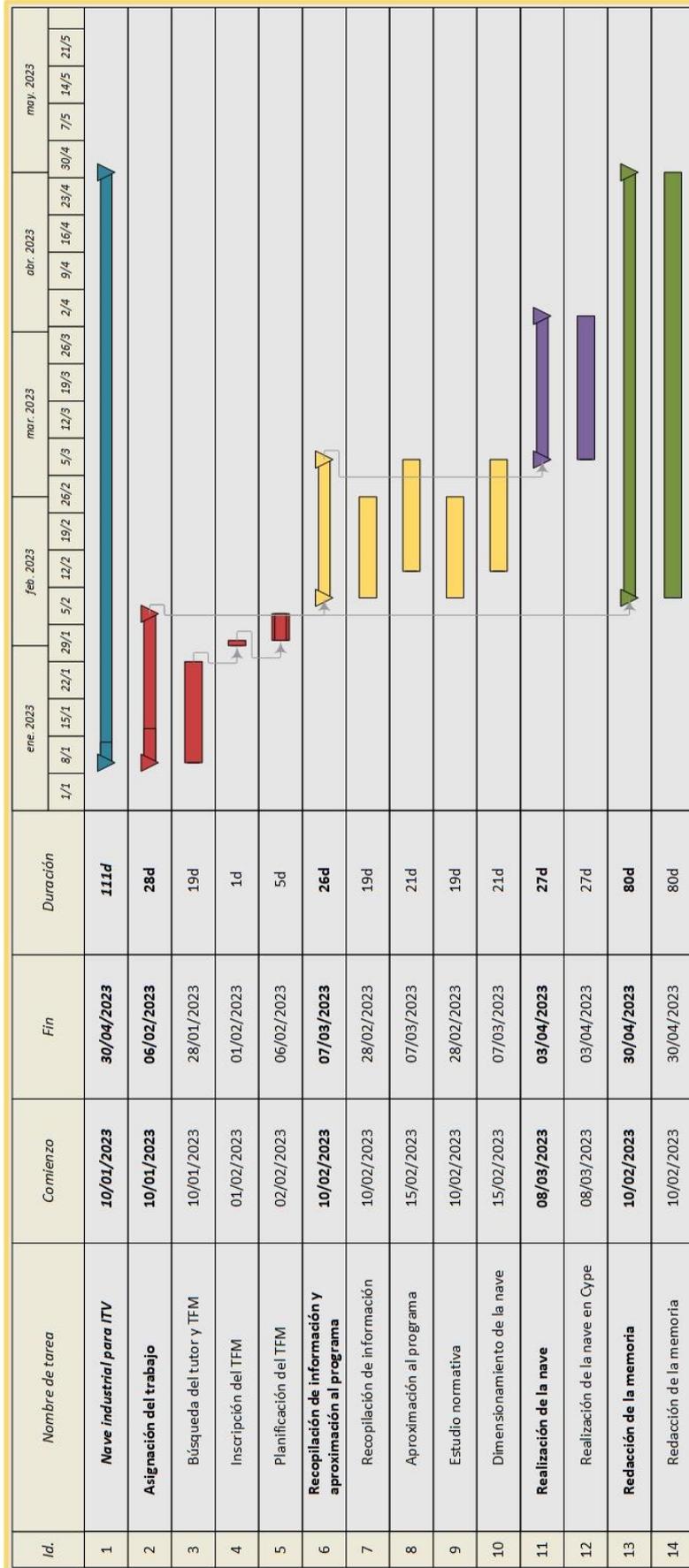


Ilustración 35. Diagrama de Gantt

## 10.4 Presupuesto

En cuanto al presupuesto se refiere, el programa de cálculo posee una herramienta, Arquímedes, para la creación de dicho presupuesto basándonos en la estructura ya introducida en CYPE.

En la Tabla 5 se observa el presupuesto desglosado por partidas, extraído de Arquímedes, y teniendo en cuenta el 3% de los impuestos indirectos. El mayor porcentaje del total de presupuesto de la nave se obtiene para las partidas. Supone 98,4 % del total del proyecto, antes de impuestos.

*Tabla 5. Presupuesto por partidas*

Presupuesto por partidas					
Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
		<b>Nave ITV total</b>		<b>702 716.85</b>	<b>702 716.85</b>
1		Acondicionamiento del terreno		20 546.10	20 546.10
1.1		Movimiento de tierras en edificación		20 546.10	20 546.10
1.1.1		Desbroce y limpieza		2 031.30	2 031.30
	m <sup>2</sup>	Desbroce y limpieza del terreno.	1 665.000	1.22	2 031.30
1.1.2		Rellenos y compactaciones		14 269.05	14 269.05
	m <sup>3</sup>	Relleno de zanjas para instalaciones.	1 665.000	8.57	14 269.05
1.1.3		Cargas y transportes dentro de la obra		4 245.75	4 245.75
	m <sup>3</sup>	Transporte de tierras dentro de la obra.	1 665.000	2.55	4 245.75
2		Cimentaciones		251 839.05	251 839.05
2.1		Superficiales		248 142.00	248 142.00
2.1.1		Losas		233 884.80	233 884.80
	m <sup>3</sup>	Losa de cimentación.	960.000	243.63	233 884.80
2.1.2		Zapatas		14 257.20	14 257.20
	m <sup>3</sup>	Zapata de cimentación de hormigón armado.	75.220	189.54	14 257.20
2.2		Arriostramientos		3 697.05	3 697.05
2.2.1		Vigas entre zapatas		3 697.05	3 697.05
	m <sup>3</sup>	Viga entre zapatas.	17.830	207.35	3 697.05
3		Estructuras		373 076.68	373 076.68
3.1		Acero		273 073.48	273 073.48
3.1.1		Forjados		59 808.00	59 808.00
	m <sup>2</sup>	Forjado de viguetas metálicas.	960.000	62.30	59 808.00
3.1.2		Estructuras para cubiertas		36 182.40	36 182.40
	m <sup>2</sup>	Estructura metálica ligera autoportante.	960.000	37.69	36 182.40
3.1.3		Cubiertas autoportantes		43 186.00	43 186.00

	m <sup>2</sup>	Cubierta curva autoportante, simple, de perfiles autoportantes de chapa metálica.	1 100.000	39.26	43 186.00
3.1.4		Vigas		133 897.08	133 897.08
	kg	Acero en vigas.	60 314.000	2.22	133 897.08
3.2		Hormigón prefabricado		100 003.20	100 003.20
3.2.1		Losas		100 003.20	100 003.20
	m <sup>2</sup>	Losa de placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado.	960.000	104.17	100 003.20
4		Fachadas y particiones		19 659.02	19 659.02
4.1		Fachadas ligeras		8 033.06	8 033.06
4.1.1		De chapas de acero y paneles sándwich		8 033.06	8 033.06
	m <sup>2</sup>	Fachada simple, de chapa perfilada de acero.	343.000	23.42	8 033.06
4.2		Particiones ligeras		11 625.96	11 625.96
4.2.1		Paneles de sectorización		11 625.96	11 625.96
	m <sup>2</sup>	Partición interior con paneles de sectorización.	164.000	70.89	11 625.96
5		Cubiertas		37 596.00	37 596.00
5.1		Componentes de cubiertas inclinadas		25 060.00	25 060.00
5.1.1		De chapas de acero y paneles sándwich		25 060.00	25 060.00
	m <sup>2</sup>	Cobertura de chapa perfilada de acero.	700.000	35.80	25 060.00
5.2		Lucernarios		12 536.00	12 536.00
5.2.1		De placas translúcidas sintéticas		12 536.00	12 536.00
	m <sup>2</sup>	Lucernario de placas translúcidas, en cubierta plana.	400.000	31.34	12 536.00

En la Tabla 6, se desglosa el presupuesto de gasto personal, que supondrá el 1,05 % del total del proyecto antes de impuestos.

*Tabla 6. Presupuesto gasto personal*

Gasto personal				
Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€/hora)	Importe (€)
h	Horas trabajo autora TFM	300	25	7 500

En la tabla 7 se desglosa el material informático, con amortización de equipo calculado para el proyecto. Esto supondrá un 0,1 % antes de impuestos.

*Tabla 7. Material informático*

Material Informático				
Tipo	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)

-	<b>Material Informático total</b>	-	<b>700</b>	<b>700</b>
1.1	Equipo informático – Toshiba Portége	1	400	400
2.1	Software		150	150
2.1	Microsoft Office	1	150	150
2.2	CYPE	1	-	-
2.2	Sistema Operativo Windows 10 Pro	1	150	150

A continuación, en la Tabla 8, se describen otros costes necesarios, que comprenden el 0,4 % del total del proyecto.

*Tabla 8. Otros costes necesarios*

<b>Otros costes necesarios</b>					
Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
		<b>Total de otros costes necesarios</b>		<b>3 039.528</b>	<b>3 039.528</b>
1	Crédito	Tasa de matriculación	1	3 000	3 000+
2	kWh	Electricidad	300	0.13176	39.528

Y, por último, se ha calculado el presupuesto total para la ejecución de este proyecto, tal y como podemos observar en la Tabla 9.

*Tabla 9. Presupuesto total del proyecto*

<b>Presupuesto total del proyecto</b>	
Resumen	Importe (€)
Nave ITV total	702 716.85
Gasto personal	7 500
Material Informático total	700
Otros costes necesarios	3 039.53
Total material del proyecto	713 956.38
Gastos generales y Beneficio industrial (15%)	107 093.46
Total Presupuesto	821 049.84
IVA (21%)	172 420.47
<b>Total presupuesto proyecto con IVA</b>	<b>993 470.31</b>

Con estos costes, proporcionados por los cálculos efectuados, se puede afirmar que el planteamiento para la realización de la nave industrial proyectada, cuya finalidad sería la de pasar ITVs, supone un proyecto con posibilidades de ser materializado. Considerando los sentidos técnicos y económicos, se puede manifestar la viabilidad y factibilidad del presente proyecto.

## Capítulo 11. Normativa empleada

En este capítulo abordamos el cumplimiento del CTE, así como la normativa referenciada y la importancia que desempeña.

### 11.1 Cumplimento CTE

Teniendo en cuenta el cumplimiento del Documento Básico DB-SE, Exigencias Básicas de Seguridad Estructural, ref. [5], obliga como requisito de seguridad el aseguramiento de que la construcción tenga un adecuado comportamiento estructural frente a las sollicitaciones y acciones previstas durante el servicio.

Para satisfacer este objetivo, el edificio se debe proyectar cumpliendo con una fiabilidad adecuada las exigencias básicas que se establecen en el DB-SE, ref. [5]:

- Resistencia y estabilidad adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original, y se facilite el mantenimiento previsto.
- Aptitud al servicio conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisible y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

Para conseguir el objetivo de seguridad estructural señalado, además de proyectarse, el edificio deberá fabricarse, construirse y mantenerse de la forma que se establezca en el proyecto, en correspondencia con los documentos básicos del CTE, ref. [5].

Se pasará a definir la estructura, resumiendo los datos ya expuestos en apartados anteriores de la memoria:

- Uso: su uso será el de un edificio empleado para fines industriales.
- Altura: 1 planta.
- Ubicación: la nave estaría ubicada en el barrio de Teis, ciudad de Vigo, provincia de Pontevedra.
- Zona eólica: Acorde con lo que se puede consultar en el apartado 5.1.2.3, la nave se encontraría en la zona eólica B.
- Grado de aspereza: Acorde con lo que se puede consultar en el apartado 5.1.2.3, el grado de aspereza del terreno sería IV, correspondiente con zona urbana, industrial o forestal.
- Zona climática: Acorde con lo que se puede consultar en el apartado 5.1.2.5, correspondería con una zona I.
- Altitud: Acorde con lo que se puede consultar en el apartado 5.1.2.5, estaría a una altitud topográfica de 20 metros.
- Cimentación: Acorde con lo que se puede consultar en el Capítulo 8, tendría zapatas aisladas, mezcladas con vigas de atado.

- Estructura: Tal y como se puede consultar en el Capítulo 6, tendríamos una nave principal, con un módulo anexo administrativo.

En la estructura, se han estudiado las exigencias básicas:

- DB-SE-SE: Acciones en la edificación. En cuanto al cumplimiento de este requisito, para el dimensionamiento las cimentaciones, se ha usado el programa de cálculo CYPE 3D. Este programa el dimensionado lo realiza acorde con la teoría de los Estados Límites Últimos y los Estados Límites de Servicio, tal y como puede observarse en el Anexo II – Listados estructura – Cálculos estructurales CYPE. Estos puntos son los que establece en CTE como exigencias básicas. En cuanto a las acciones que actúan sobre la estructura, estas pueden observarse con mayor detalle en el Capítulo 5. Las verificaciones realizadas sobre las acciones en la edificación pueden consultarse en el citado Anexo II – Listados estructura – Cálculos estructurales CYPE-
- DB-SE-C: Cimientos. La finalidad es la verificación del equilibrio teniendo en cuenta los materiales empleados, de acuerdo con lo establecido el EHE-08 Instrucción de Hormigón estructural, ref. [10], y los requisitos básicos del CTE, ref. [5]. Estas comprobaciones realizadas pueden observarse en el Anexo III – Listados cimentaciones– Cálculos estructurales CYPE.
- DB-SE-A: Acero. Para resolver este apartado del CTE, ref. [5], se remite al apartado Capítulo 5, donde se realiza el estudio de las acciones sobre la estructura. Estas comprobaciones pueden consultarse en Anexo II – Listados estructura – Cálculos estructurales CYPE.
- NCSR-02: Norma de construcción sismorresistente (parte general y edificación). Para el estudio de la NCSR-02, ref. [7], tal y como se explica en el apartado 5.1.3.1, no resulta necesaria la consideración de los efectos del sismo para la construcción de esta nave.
- EHE-08: Instrucción de hormigón estructural. Las explicaciones a este apartado se han realizado en el punto anterior, DB-SE-C.

El resto de puntos que se extraen del CTE, ref. [5], no han sido objeto de estudio de este proyecto.

## 11.2 Normativa empleada

El resto de normativa de referencia, refs. [1], [2] y [3], ha sido empleada para el dimensionamiento previo de la nave. De cara a implantar un ITV, el proyecto debe de cumplir con la citada normativa ya que establece las comprobaciones a realizar sobre los vehículos, así como las normas de instalación y funcionamiento.

La ITV se planea con tres líneas de inspección completas (dos para turismos y otra universal, para los vehículos pesados). De igual manera, será necesario añadir maquinaria para tareas auxiliares.

El Anexo I del Real Decreto 920/2017, de 23 de octubre, por el que se regula la Inspección Técnica de Vehículos, ref. [1], establece los requisitos mínimos necesarios para la circulación por vía pública. Este anexo establece las partes del vehículo a inspeccionar y los fallos que pueden aparecer durante dicha inspección. Debe de cubrir, al menos, los siguientes puntos:

1. Dispositivos de frenado.
2. Dirección.

3. Visibilidad.
4. Equipo de alumbrado y componentes del sistema eléctrico.
5. Ejes, ruedas, neumáticos y suspensión.
6. Chasis y elementos acoplados al chasis.
7. Otros equipos.
8. Emisiones contaminantes.
9. Inspecciones adicionales para los vehículos de transporte de personas de las categorías M2 y M3.

En base a esto, y a lo establecido en el Anexo I, apartado 2, ref. [1], se han identificado las máquinas necesarias.

## Capítulo 12. Conclusiones y líneas de trabajo futuras

### 12.1 Conclusiones

El objetivo del proyecto es la construcción de una nave industrial para la implantación de una Inspección Técnica de Vehículos en la ciudad de Vigo, en el barrio de Teis, en cumplimiento con la normativa vigente. Se puede afirmar, mediante el análisis de los apartados anteriores, que se ha cumplido con el objetivo. Este proyecto ha surgido del interés de la alumna por ampliar conocimientos de la asignatura de Plantas Industriales, cursada en el año anterior e impartida por el profesor que tutoriza este proyecto, Dr. Carlos Jesús Vega Vera.

El principal aprendizaje de este proyecto ha sido el uso del programa CYPE. De acuerdo con la normativa vigente ha dimensionado la nave y se han efectuado todos los cálculos estructurales necesarios, de acuerdo con la normativa vigente. De dicho software, se han usado las tres herramientas siguientes, Generador de Pórticos, CYPE 3D y Arquímedes. Mediante el Generador de Pórticos se ha generado la geometría del pórtico, las cargas de viento y nieve sobre dicho pórtico, y se han dimensionado y optimizado las correas en cubierta y laterales. Para proseguir, se ha exportado la geometría y la carga al CYPE 3D, que toma el proyecto que se obtiene del Generador de Pórticos y lo crea tridimensionalmente. Para dicho proceso, la alumna ha incluido la cimentación, los perfiles y las uniones. Por último, la herramienta Arquímedes se ha utilizado para elaborar el presupuesto.

El programa, y todas sus herramientas, se usan ampliamente para el diseño, el cálculo y el dimensionado de estructuras tanto en el ámbito de la edificación como en el de la obra civil.

Al inicio de este proyecto, se recopiló información y se realizó una primera aproximación al programa y sus herramientas, puesto que era el primer uso de la alumna, y se aprendió a usarlo. Teniendo claro el tipo de nave que se quería realizar, así como las mejores opciones, estructuralmente hablando, se dimensionó dicha nave.

De igual manera, también se ha ampliado el conocimiento sobre el CTE, ámbito de estudio de varias asignaturas del máster, al realizarse una aplicación práctica de este en el ámbito de las estructuras.

Asimismo, tras el análisis del presupuesto obtenido, se considera viable la realización de dicha nave.

Acorde con lo establecido a Guía de Aprendizaje del Campus Virtual de la asignatura, se han podido desarrollar los siguientes puntos:

- Realización de búsqueda bibliográfica.
- Interpretación de la información obtenida.
- Definición de la estructura, herramientas, hitos de entrega y objetivos.
- Impacto económico y social.
- Desarrollo de un proyecto integral del ámbito de la ingeniería industrial.

---

## **12.2 Líneas futuras de trabajo**

En cuanto a las líneas futuras de trabajo, son multidisciplinares y variadas. Tomando como base la estructura calculada en este trabajo, podría desarrollarse la parte de acondicionamiento e instalaciones y, bien sean eléctricas, de saneamiento, de fontanería, o de clima, introduciendo, asimismo, las energías renovables. También podría realizarse el estudio de salida de humos, energía solar térmica o las instalaciones especiales requeridas de protección contra incendios.

De igual manera podría proyectarse, a partir de este trabajo, el sistema de acabados, como pueden ser la cerrajería o los alicatados, o el sistema de compartimentación.

A partir de ahí, se posicionaría el equipamiento en el interior de la nave.

---

## **Anexos**

**Anexo I – Comprobación de la resistencia – Cálculos estructurales CYPE**

**Anexo II – Listados estructura – Cálculos estructurales CYPE**

**Anexo III – Listados cimentaciones– Cálculos estructurales CYPE**

**Anexo IV - Listado uniones – Cálculos estructurales CYPE**

**Anexo V - Planos**

## Bibliografía

- [1] Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales. (08 de noviembre, 2017). *Real Decreto 920/2017, de 23 de octubre, por el que se regula la Inspección Técnica de Vehículos* (BOE).
- [2] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (20 de marzo, 2008). *Real Decreto 224/2008, de 15 de febrero, sobre normas generales de instalación y funcionamiento de las estaciones de Inspección Técnica de Vehículos* (BOE).
- [3] Ministerio de la Presidencia. (21 de junio, 2006). *Real Decreto 711/2006, de 9 de junio, por el que se modifican determinados reales decretos relativos a la Inspección Técnica de Vehículos (ITV) y a la homologación de vehículos, sus partes y piezas, y se modifica, asimismo, el Reglamento General de Vehículos, aprobado por R.D. 2822/1998, de 23 de diciembre* (BOE).
- [4] Ministerio de Hacienda y Función Pública; Secretaría de Estado de Hacienda; Dirección General del Catastro. (s.f.). *Sede Electrónica del Catastro* (Catastro).  
<https://www1.sedecatastro.gob.es/>.
- [5] Ministerio de Fomento; Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda; Secretaría General de Vivienda; Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. (20 de diciembre, 2019). *Documento Básico SE-AE, Seguridad Estructural Acciones en la Edificación* (DB-SE).
- [6] Ministerio de la Presidencia, Relaciones con la Cortes y Memoria Democrática. Agencia Estatal. (6 de noviembre, 1999). *Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación*.
- [7] Ministerio de Fomento; Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda; Secretaría General de Vivienda; Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. (2009). *Norma de construcción Sismorresistente: Parte general y edificación* (NCSE-02).
- [8] Blázquez Martínez, V. M., Lorenzo, V., Benito del Río López, E. (2014). *Ingeniería y Ciencia de Materiales Metálicos*. Dextra Ed.
- [9] Calavera, J. (2000). *Cálculo de Estructuras de Cimentación*, 4ª Ed. INTEMAC.
- [10] Ministerio de Fomento. (2010). *EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural* (EHE-08).
- [11] Fundación Laboral de la Construcción. (s.f.). *Diccionario de la Construcción*.  
<https://www.diccionariodelaconstruccion.com>.
- [12] CYPE Ingenieros. (s.f.). *CYPECAD Manual del usuario* (CYPE).  
[https://www.cype.net/documentos\\_es/manuales/ccadmu01.pdf](https://www.cype.net/documentos_es/manuales/ccadmu01.pdf).