



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



**"PROYECTO BÁSICO DE NAVE  
INDUSTRIAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE  
LA LÍNEA DE EXTRACCIÓN DE CHATARRA DE  
LA NAVE DE PRENSAS DE FORD ESPAÑA EN  
ALMUSSAFES (VALENCIA)"**

**MEMORIA**

Titulación: Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Curso: 2015/16

Autor: Pablo Espinosa Lloret

Tutor: Pedro Antonio Calderón García

*Valencia, agosto de 2016*



## ÍNDICE

1.	INDICE DOCUMENTAL (DOCUMENTOS DE QUE CONSTA EL PRESENTE PROYECTO BÁSICO)	5
2.	MEMORIA DESCRIPTIVA .....	5
2.1.	Objeto del Proyecto Básico .....	5
2.2.	Agentes.....	5
2.2.1	<i>Promotor</i> .....	5
2.2.2	<i>Autor del proyecto</i> .....	5
2.3.	Información previa .....	6
2.3.1	<i>Antecedentes</i> .....	6
2.3.2	<i>Objeto y alcance del proyecto</i> .....	6
2.3.3	<i>Características del emplazamiento</i> .....	6
2.3.4	<i>Marco normativo</i> .....	8
2.4.	Descripción del proyecto.....	10
2.4.1	<i>Descripción general</i> .....	10
2.4.2	<i>Justificación de necesidades</i> .....	11
2.4.3	<i>Estudio de alternativas</i> .....	11
2.4.4	<i>Descripción solución adoptada</i> .....	19
3.	MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	20
3.1.	Acciones .....	20
3.1.1	<i>Cargas Permanentes</i> .....	20
3.1.2	<i>Cargas variables</i> .....	20
3.1.3	<i>Sismo</i> .....	23
3.2.	Sustentación del edificio .....	23
3.2.1	<i>Bases de cálculo</i> .....	23
3.2.2	<i>Estudio geotécnico</i> .....	24
3.3.	Sistema estructural .....	25
3.3.1	<i>Cimentación</i> .....	25
3.3.2	<i>Acero estructural</i> .....	27
3.4.	Sistema envolvente .....	29
4.	CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA.....	29
4.1.	Cumplimiento EAE-2012 .....	30
4.2.	Cumplimiento CTE-2012.....	31



4.3.	Cumplimiento normativa contraincendios .....	31
5.	DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS .....	34
5.1.	Actuaciones previas.....	34
5.2.	Demoliciones.....	34
5.3.	Excavación .....	34
5.4.	Ferrallado y hormigonado cimentación .....	34
5.5.	Colocación y nivelación de placas de anclaje.....	34
5.6.	Estructura metálica .....	35
5.7.	Cerramientos de cubierta y fachada .....	35
5.8.	Canalones y bajantes.....	35
6.	PLAZO DE EJECUCIÓN .....	35
7.	PRESUPUESTO .....	36
7.1.	Presupuesto de ejecución material (PEM).....	36
7.2.	Presupuesto de ejecución por contrata (PEC).....	36
7.3.	Presupuesto total de las obras.....	36
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	37

## ÍNDICE FIGURAS

<i>Figura 1: Ubicación de Almussafes en España y en la provincia de Valencia .....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2: Diagrama de temperatura y climograma en la localidad de Almussafes.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3: Situación nave de chatarra en la Ford España .....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4: Emplazamiento de la nave .....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5: Ficha técnica chapa de altura 30 mm. Fuente: Incoperfil.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 6: Pórtico tipo .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 7: Dimensiones zapatas y vigas de atado.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8: Vista 3D Estructura.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 9: Programa de trabajos.....</i>	<i>36</i>

## ÍNDICE TABLAS

<i>Tabla 1: Resumen pesos variables.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2: Resumen de puntuación por tipología estructural .....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 3: Valores característicos de sobrecargas de uso. Fuente: CTE-DB-SE-AE .....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 4: Resumen 3 tipologías.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 5: Resumen distintas separaciones de pórticos .....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 6: Tabla resumen de Cp y qe por hipótesis de viento.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 7: Resumen de medición estructura .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 8. Nivel de riesgo Intrínseco.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 9. Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes .....</i>	<i>33</i>



## ÍNDICE GRÁFICAS

<i>Gráfica 1: Comparativa por variables y tipología estructural .....</i>	<i>13</i>
<i>Gráfica 2: Comparativa total puntuación por tipología estructural.....</i>	<i>13</i>
<i>Gráfica 3: Comparativa por precio de las 3 soluciones de cimentación y estructura .....</i>	<i>17</i>
<i>Gráfica 4: Comparativa por precio de las 3 soluciones de cimentación y estructura .....</i>	<i>17</i>
<i>Gráfica 5: Comparativa por precio de las 4 separaciones de pórticos de correas cimentación y estructura .....</i>	<i>18</i>
<i>Gráfica 6: Comparativa precio total de las 4 separaciones de pórtico.....</i>	<i>19</i>



## 1. INDICE DOCUMENTAL (DOCUMENTOS DE QUE CONSTA EL PRESENTE PROYECTO BÁSICO)

### DOCUMENTO Nº 1.- MEMORIA Y ANEJOS

#### 1.1. MEMORIA

#### 1.2 ANEJOS A LA MEMORIA

- PLIEGO DE NECESIDADES
- ANEJO GEOTÉCNICO
- ESTUDIO DE SOLUCIONES
- ANEJO ESTRUCTURAL.
- PROGRAMA DE TRABAJOS.

### DOCUMENTO Nº 2.- PLANOS

- SITUACIÓN
- EMPLAZAMIENTO.
- CIMENTACIÓN
- ESTRUCTURA
- CUBIERTA Y CERRAMIENTOS

### DOCUMENTO Nº 3.- PRESUPUESTO

- MEDICIONES.
- PRECIOS UNITARIOS.
- PRESUPUESTO.
- RESUMEN DE PRESUPUESTO

## 2. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 2.1. Objeto del Proyecto Básico

El objeto del presente proyecto básico es la descripción técnica y la valoración económica necesaria para la ejecución de la obra comprendida con el título de "PROYECTO BÁSICO DE NAVE INDUSTRIAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA LÍNEA DE EXTRACCIÓN DE CHATARRA DE LA NAVE DE PRENSAS DE FORD ESPAÑA EN ALMUSSAFES (VALENCIA)".

### 2.2. Agentes

#### 2.2.1 Promotor

El presente proyecto básico está promovido por Ford España, S.L. con domicilio en P.I. Juan Carlos I, S.N., Almussafes (Valencia).

#### 2.2.2 Autor del proyecto

Se redacta el presente trabajo por D. Pablo Espinosa Lloret.

## 2.3. Información previa

### 2.3.1 Antecedentes

Dada la necesidad de albergar las nuevas instalaciones destinadas a la modernización de la línea de extracción de chatarra de prensas en la Factoría de Ford España en Almussafes (Valencia) se realiza el actual proyecto básico para la construcción de la obra civil de una nave industrial.

Para ello se ha previsto la ejecución de una nave para la línea de extracción de chatarra junto al edificio de prensas de las instalaciones de Ford España S.L. en Almussafes.

### 2.3.2 Objeto y alcance del proyecto

El objeto del presente proyecto básico es la descripción técnica y la valoración económica necesaria para la ejecución de la obra comprendida con el título de "PROYECTO BÁSICO DE NAVE INDUSTRIAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA LÍNEA DE EXTRACCIÓN DE CHATARRA DE LA NAVE DE PRENSAS DE FORD ESPAÑA EN ALMUSSAFES (VALENCIA)".

### 2.3.3 Características del emplazamiento

#### **Situación geográfica**

La ciudad de Almussafes se sitúa en la provincia de Valencia, en la comarca de La Ribera baja.

Cuenta con una población de 8.759 habitantes censados en 1015. Fundamentalmente las residencias son unifamiliares, que son habitadas por personas que desarrollan su actividad profesional en el polígono industrial, el cual es uno de los principales motores económicos del área metropolitana de Valencia debido a la contribución de la factoría multinacional automovilística Ford.

Su término municipal limita con las localidades de Alginet, Benifayó, Picassent, Silla, Sollana, todas ellas de la provincia de Valencia.



Figura 1: Ubicación de Almussafes en España y en la provincia de Valencia.

La localidad se sitúa al suroeste de la laguna de la Albufera y su superficie es completamente llana.



Encuadre geográfico. La posición geográfica del municipio es la siguiente:

Longitud: 39°17'34" N

Latitud: 0°24'47" O

Altitud: 11 msnm.

Distancia a Almussafes desde Valencia:

- En coche: el trayecto es de 23.2 km y se accede a través de la V-31 continuando por la AP-7, tomando por último la CV-42.
- En ferrocarril: otra alternativa es la de emplear la línea C-2 de Cercanías Valencia (RENFE) con parada en Benifayó. La duración del trayecto es de 45 minutos aproximadamente.

Superficie: El término municipal de Almussafes cuenta con una superficie de 10.77 km<sup>2</sup>.

### ***Climatología***

La localidad posee un clima mediterráneo típico y los vientos determinantes son los del norte, oeste y este.

La temperatura media anual se encuentra a 17.6 °C siendo agosto el mes más cálido con un promedio de 25,5 °C y enero el más frío con 11.1 °C. Las temperaturas medias varían durante el año en un 14.4 °C.

La precipitación es de 444 mm al año. La diferencia entre el mes más seco y el más lluvioso es de 73 mm.

Destaca el máximo en octubre, donde caen entre 60 mm y 80mm, la estación que presenta el mayor número de días de lluvia es la otoñal. El verano se caracteriza por la sequedad, cuya consecuencia es un balance hídrico negativo entre los meses de junio, julio y agosto.

Un fenómeno pluviométrico que se da en la Comunidad Valenciana, propio del clima mediterráneo, es el conocido como "La Gota Fría", consistente en unas lluvias torrenciales que caen en muy pocos minutos y en un punto muy concreto dadas a finales de verano-principios de otoño. Dicho fenómeno provoca tormentas puntuales e intensas con gran aparato eléctrico, granizo y fuertes vientos y sus daños pueden llegar a ser importantes.

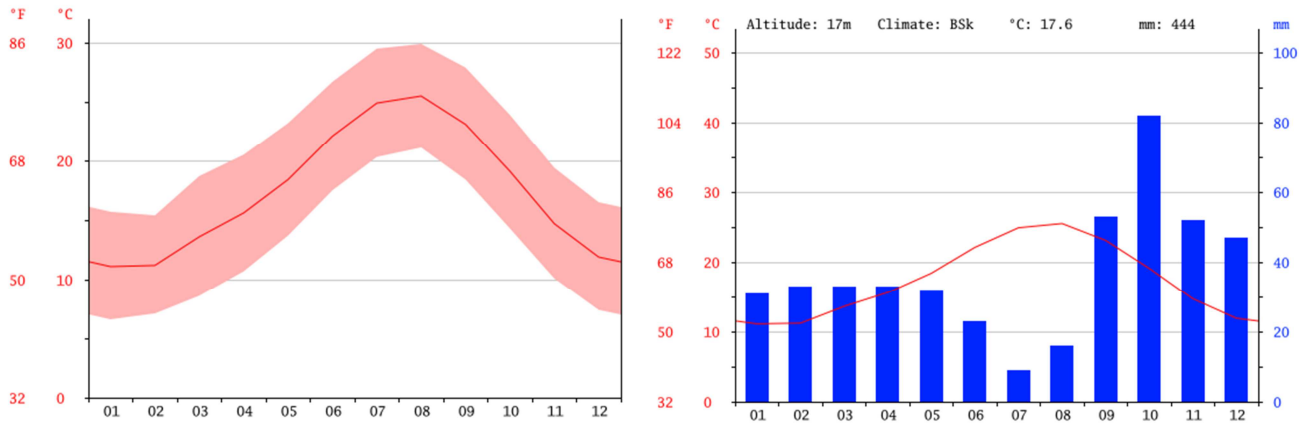


Figura 2: Diagrama de temperatura y climograma en la localidad de Almussafes

### 2.3.4 Marco normativo

Serán de aplicación en las obras las siguientes disposiciones, normas y reglamentos en lo que resulte aplicable:

#### General

- Ley 30/2007 de 30 de Octubre, de Contratos del Sector Público
- Real Decreto 817/2009 de 8 de Mayo, por el que se desarrolla parcialmente la Ley 30/2007, de 30 de Octubre, de Contratos del Sector Público (Consolidada a 16/06/2009). Modifica los Anexos I y II de la LCSP y deroga los artículos 79,114 al 117 y los anexos VII, VIII y IX y modifica el artículo 179.1 del Reglamento para la LCAP. Incluye sólo las modificaciones, supresiones y añadidos que se citan a continuación, pero no así los desarrollos.
- Decreto 3650/1970 de 19 de Diciembre, por el que se aprueba el cuadro de Fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras del estado y Organismos autónomos para el año 1971 (Consolidado al 26/04/2002).
- Decreto 3854/70 de 31 de Diciembre, por el que se aprueba el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado. (BOE del 16 de febrero de 1971).
- Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.
- Real Decreto 1098/2001 de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (BOE del 26 de Octubre de 2001).

#### Abastecimiento y saneamiento

- Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimiento de agua. Orden de 28 de julio de 1974.





### **Edificación**

- CTE -DB SE-AE: Acciones en la Edificación.
- CTE -DB SE-A: Acero
- CTE -DB SE-C: Cimientos
- CTE -DB-SI: Seguridad en caso de incendios.
- Real Decreto 1942/1993, Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios y Orden de 16 de abril de 1998 sobre normas de procedimiento y desarrollo del mismo.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

### **Estructuras**

- EHE-08, Instrucción de Hormigón Estructural.
- CTE -DB SE-A: Acero
- NCSE-02, Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación, R.D. 997/2002 de 27 de septiembre.

### **Materiales**

- Reglamento de Gestión de la Calidad en Obras de Edificación.
- DB-HR: Documento Básico de Protección Contra el Ruido. Yesos y escayolas.
- Instrucción para la recepción de cementos (RC-08). R.D. 956/2008 de 6 de junio de 2008.

### **Seguridad y Salud**

- Ley 6/2014, de 25 de julio, de la Generalitat, de Prevención, Calidad y Control Ambiental de Actividades en la Comunitat Valenciana.
- Ley de prevención de riesgos laborales. Ley 31/1995 de 8 de noviembre. Modificada por Ley 50/1998, Ley 54/2003 y Ley 25/2009.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las Obras de Construcción. R.D. 1627/1997 de 24 de octubre. MODIFICADO por RD 2177/2004, RD 604/2006, RD 1109/2007, RD 337/2010 y Ley 25/2009.
- Disposiciones mínimas en materia de Señalización de seguridad y salud en el trabajo. R.D. 485/1997 de 14 de abril.
- Disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud relativas a la Manipulación Manual de Cargas. R.D. 487/1997 de 14 de abril.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de Equipos de Trabajo. R.D. 1215/1997 de 18 de julio.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual. R.D. 773/1997 de 30 de mayo.

## 2.4. Descripción del proyecto

### 2.4.1 Descripción general

La nueva nave industrial está situada al oeste de la nave de prensas, edificio nº 1, de la Factoría de Ford España en Almussafes (Valencia) teniendo una disposición aislada como se puede ver en la figura adjunta del plano general:

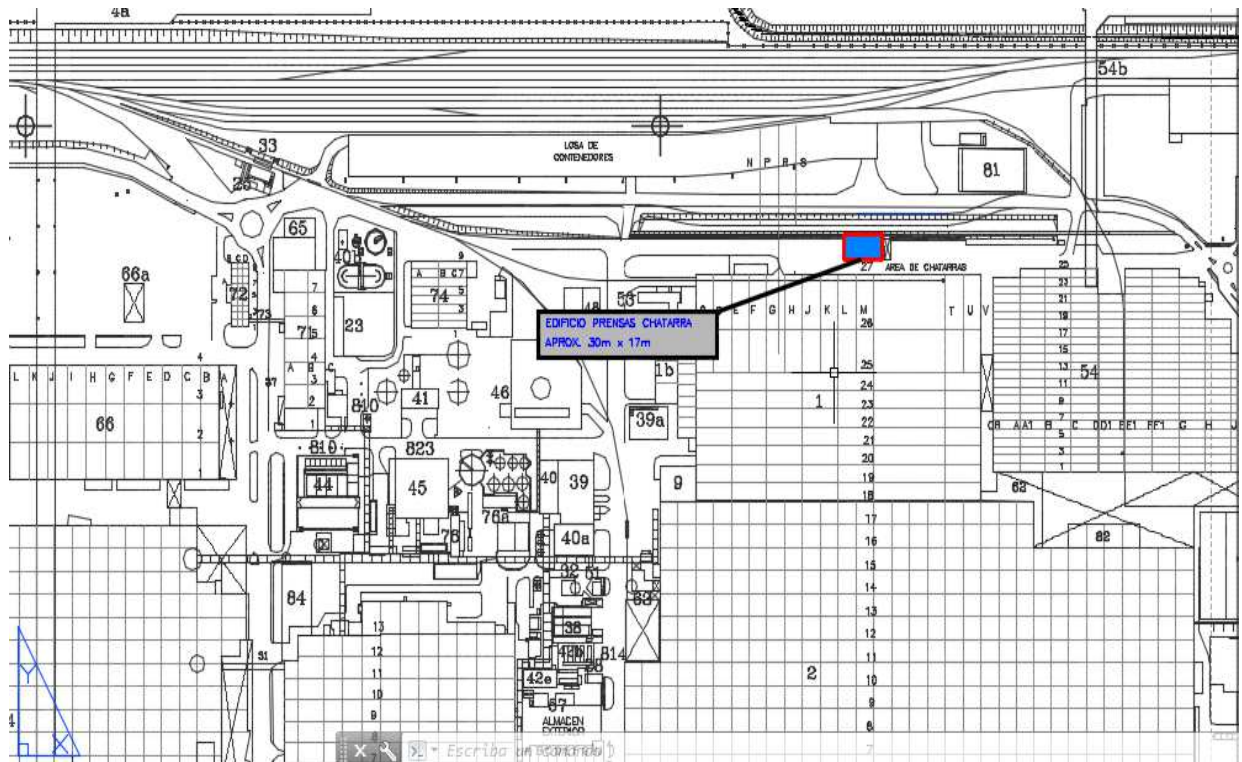


Figura 3: Situación nave de chatarra en la Ford España

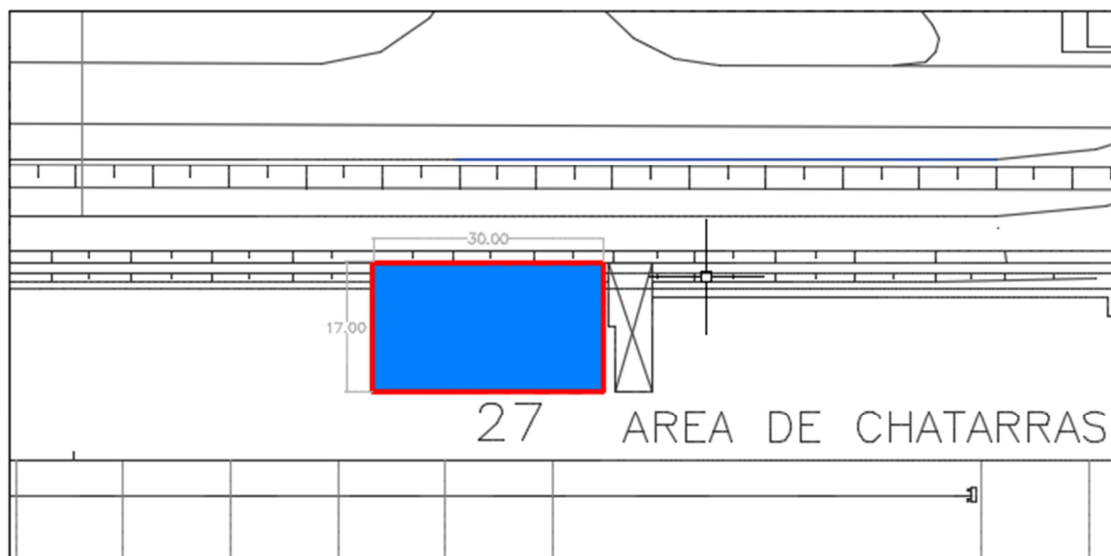


Figura 4: Emplazamiento de la nave

Desde dicha nave se procederá a formar los cubos de chatarra con los restos de chapas de acero provenientes de la nave de carrocerías. Dichos cubos se depositarán en los vagones de tren destinados a recibir los cubos de chatarra generados y que posteriormente serán descargados para permitir el transporte del material en camiones dejándose los huecos en el cerramiento para tal efecto.

También se prevé el acceso de camiones y maquinaria dejándose para ello dos puertas correderas de 5'5 m x 4'5 m.

La superficie cubierta es de 510 m<sup>2</sup>, con una longitud de 30 m, anchura de 17 m y una altura libre de 11'50 m para albergar los equipos necesarios de la nave.

En el anejo nº1: Pliego de necesidades, se detalla más respecto los equipos que van a formar parte de la nueva nave industrial.

#### *2.4.2 Justificación de necesidades*

Los equipos que se van a albergar en la nueva nave ocupan 25,5 metros de largo, 15 metros de ancho y 10,90 metros de alto.

Debido a las cargas de los equipos susceptibles de sufrir efectos dinámicos y con la idea de independizar dichas cargas de las de la propia nave, se plantea una losa de hormigón armado para cimentación de 40 cm de espesor y mallazo inferior y superior totalmente independizada del firme existente mediante una banda de neopreno para disipar las cargas.

#### *2.4.3 Estudio de alternativas*

##### **Tipología estructural**

En un principio, antes de centrarse en la tipología de acero estructural elegida para el cálculo, se consideran estas cinco tipologías estructurales distintas:

- Acero estructural
- Hormigón prefabricado
- Hormigón in situ
- Malla espacial
- Materiales compuestos

Se realiza una comparativa de las cinco tipologías teniendo en cuenta las siguientes variables:

1. Coste
2. Seguridad
3. Plazo de ejecución
4. Mantenimiento
5. Factores estéticos

A cada una de las variables mencionadas se le asigna una importancia relativa en forma de porcentaje, quedando de la siguiente manera:

A cada una de las variables mencionadas se le asigna una importancia relativa en forma de porcentaje, quedando de la siguiente manera:

VARIABLE	DENOMINACIÓN	PESO
Coste (PEM)	PEM	50%
Seguridad	SEG	20%
Plazo de ejecución	RAP	15%
Mantenimiento	MANT	10%
Factores estéticos	EST	5%

Tabla 1: Resumen pesos variables

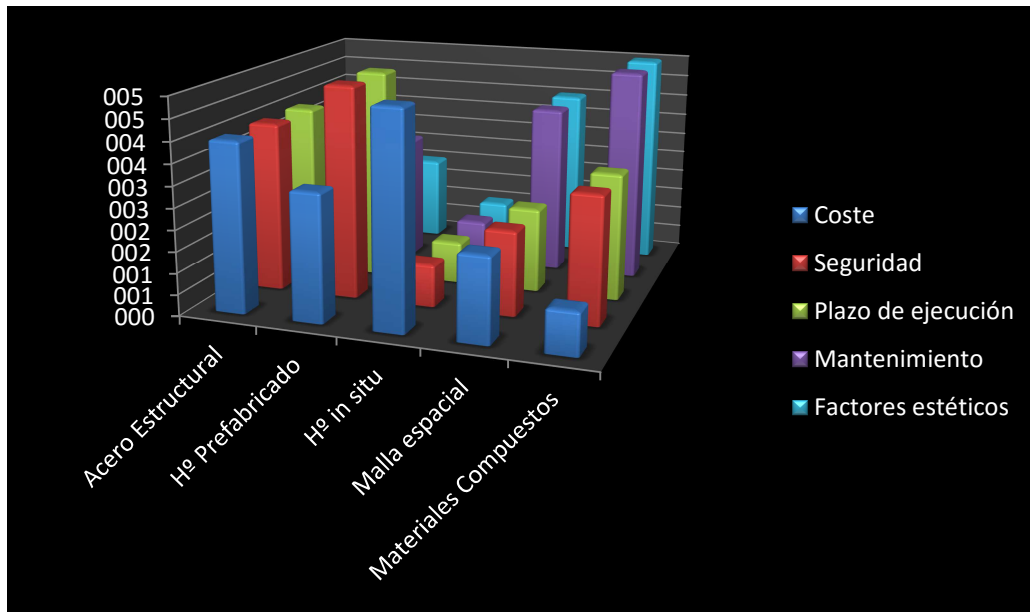
$$\text{Valoración} = 0.5 * PEM + 0.20 * SEG + 0.15 * RAP + 0.1 * MANT + 0.05 * EST$$

Se van a analizar estas 5 variables para las 5 tipologías estructurales puntuando de 1 a 5 de manera subjetiva su importancia dentro de cada caso obteniendo las siguientes tablas y gráficas:

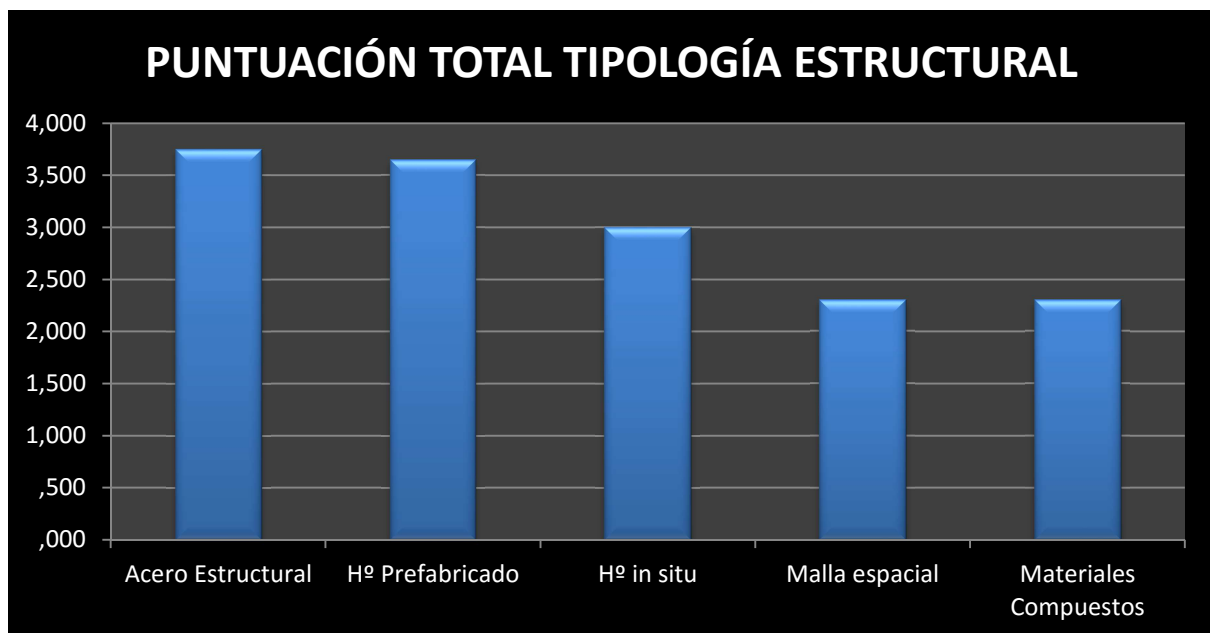
VARIABLE	PESO	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL				
		Acero Estructural	Hº Prefabricado	Hº in situ	Malla espacial	Materiales Compuestos
Coste	50%	4,00	3,00	5,00	2,00	1,00
Seguridad	20%	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00
Plazo de ejecución	15%	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00
Mantenimiento	10%	2,00	3,00	1,00	4,00	5,00
Factores estéticos	5%	3,00	2,00	1,00	4,00	5,00
TOTAL	100%	<b>3,75</b>	<b>3,65</b>	<b>3,00</b>	<b>2,30</b>	<b>2,30</b>

Tabla 2: Resumen de puntuación por tipología estructural

NOTA: El valor mayor es el mejor



Gráfica 1: Comparativa por variables y tipología estructural



Gráfica 2: Comparativa total puntuación por tipología estructural

De esta manera, se observa que para una construcción de una nave industrial de las características indicadas en el anejo del pliego de necesidades, las 2 opciones mejores son las de acero estructural y hormigón prefabricado puesto que son las que han obtenido mejores puntuaciones en la comparativa.

Por tanto, son las dos alternativas que se pasarán a analizar en anejo nº3: Estudio de soluciones.



### ***Soluciones sistema estructural metálico***

Una vez definidas las dimensiones en planta de la nave, la pendiente, el tipo de cubierta, los cerramientos y haber justificado la realización de la misma mediante acero estructural se analizan las tres tipologías más comunes en cuanto a la configuración de los pórticos y se sacarán conclusiones en cuanto a coste y peso de la estructura para finalmente elegir y desarrollar una de ellas, la más óptima.

Las tipologías estructurales que se van a estudiar son:

- *Tipología 1:* Nave Industrial con Pórticos de nudos rígidos empotrados en cimentación materializados mediante perfiles laminados.
- *Tipología 2:* Nave Industrial de Pórticos tipo celosía.
- *Tipología 3:* Nave Industrial con Perfiles de Inercia Variable.

Para ello, en primer lugar se utiliza el programa *Generador de Pórticos* para introducir las diferentes tipologías de pórticos y dimensionar las correas y su separación en cubierta y en fachada.

A continuación se fijan 5 vanos y una separación entre pórticos de 6 metros, es decir, 6 pórticos para dar los 30 metros totales.

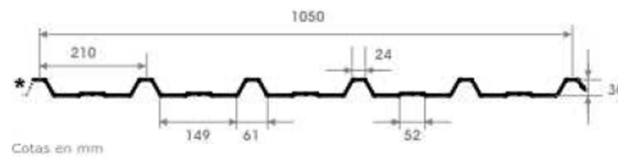
Utilizando este programa se modela el pórtico típico al cual le aplicamos los datos correspondientes de peso de cerramientos y su sobrecarga, los huecos para el viento, coeficiente de exposición y la presión dinámica de éste según la localización al igual que la carga de nieve correspondiente.

Las acciones directas consideradas en el cálculo de la estructura y cimentación, conforme a CTE-DB-SE-AE, "Código técnico de la edificación. Documento Básico de Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación", son las siguientes:

- Cargas muertas:

Peso propio de chapa grecada de 0,8 mm:  $8 \text{ kg/m}^2$

❖ DIMENSIONES



❖ APLICACIONES

Cubiertas simples  
Cubiertas sandwich  
Encofrado perdido  
Falsos Techos

❖ CARACT. MECÁNICAS DEL MATERIAL

Limite Elástico  $\geq 250$  N/mm<sup>2</sup>.  
Material Base Calidad S250GD  
Limite de rotura  $\geq 330$  N/mm<sup>2</sup>  
Módulo de elasticidad = 210.000 N/mm<sup>2</sup>  
Alargamiento de Rotura Min. 19%

❖ VALORES EFICACES DEL PERFIL

Espesor	Peso	M. Inercia	M. Resistente (positivos)	M. Resistente (negativos)
mm	Kg/m <sup>2</sup>	mm <sup>4</sup> /m	mm <sup>3</sup> /m	mm <sup>3</sup> /m
0,5	4,64	61.700	2.705	2.658
0,6	5,56	77.846	3.443	3.252
0,7	6,50	94.361	4.199	3.849
0,8	7,43	108.705	4.836	4.450
1	9,28	135.747	6.009	5.654

Figura 5: Ficha técnica chapa de altura 30 mm. Fuente: Incoperfil

- Sobrecargas:

Sobrecarga de uso para cubierta, con inclinación menor a 20°, accesible sólo para conservación: 1 KN/m<sup>2</sup>= 100 kg/m<sup>2</sup>, puesto que la pendiente es del 12%.

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	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)</sup>	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 3: Valores característicos de sobrecargas de uso. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Se ha considerado muretes de 1 metro de altura a base de bloques de hormigón de cerramiento donde descansará la chapa de fachada.

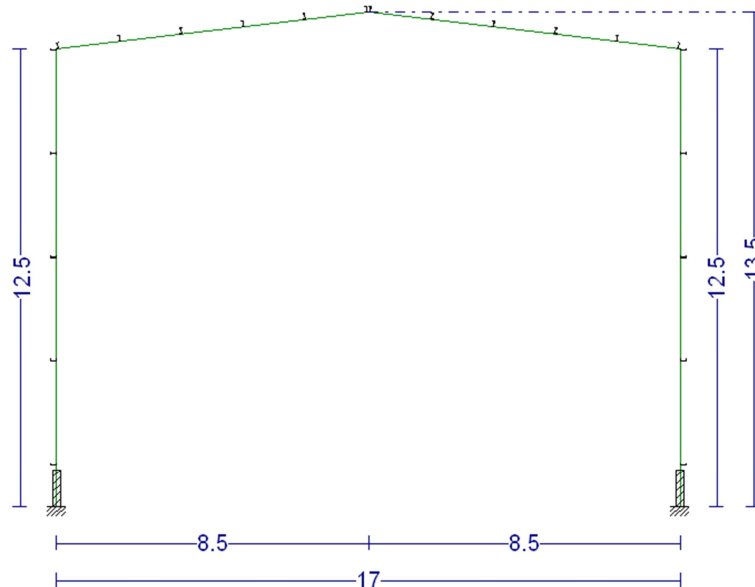


Figura 6: Pórtico tipo

A continuación se dimensionarán las correas de cubierta y de fachada de la misma manera para las tres tipologías introducidas.

- Correas de cubierta: Se ha supuesto una separación de correas de 1,80 metros
- Correas de fachada: Se ha supuesto una separación de correas de 2,875 metros

En ambos casos se impone un límite de flecha de  $L/300$ , tres vanos para hacerlas continuas y tipo de fijación rígida. Así mismo se exige al programa un tipo de perfil IPE dando como resultado un IPE-160.

A continuación se ha exportado el pórtico del generador de pórticos al Nuevo Metal 3D de Cype para dimensionar los pilares y dinteles que conforman el pórtico imponiendo todos los nudos rígidos.

A la hora de realizar la exportación desde el generador de pórticos se ha considerado pórtico translacional en la dirección del pórtico e intranslacional en la dirección perpendicular asegurando el desplazamiento nulo en esta dirección.

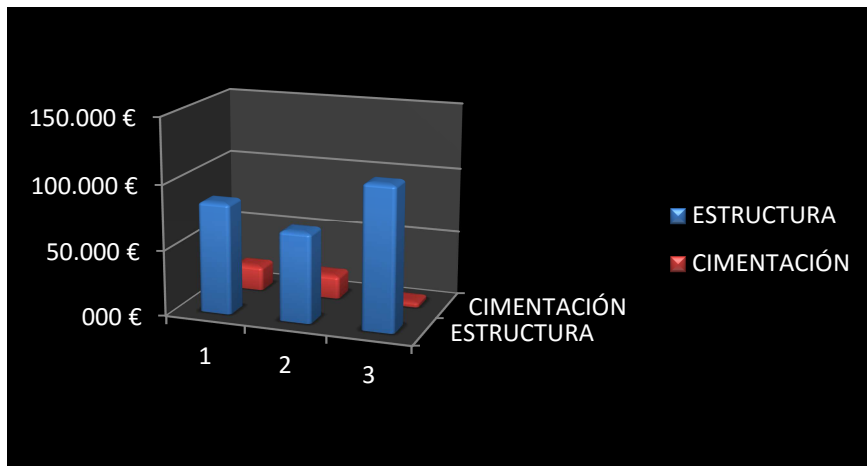
Una vez se han dimensionado y calculado las tres tipologías descritas para un pórtico tipo con las dimensiones y acciones de la nave industrial, se procede a valorar y justificar cuál de ellas es más conveniente proyectar basándonos principalmente en aspectos como el peso de la estructura y cimentación y el coste.

La tabla y gráfica siguientes recogen para cada tipología descrita todos estos criterios y resultados obtenidos con el fin de valorar y elegir la más óptima:



TIPOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		TOTAL
		MEDICIÓN	IMPORTE	MEDICIÓN	IMPORTE	
1	PÓRTICO RÍGIDO	47.495,38 Kg	85.491,68 €	142,82 m3	19.077,78 €	<b>104.569,46 €</b>
2	PÓRTICO DE CELOSÍA	38.057,93 Kg	68.504,27 €	135,45 m3	18.092,85 €	<b>86.597,12 €</b>
3	PÓRTICO DE INERCIA VARIABLE	61.063,83 Kg	109.914,89 €	29,73 m3	3.892,89 €	<b>113.807,78 €</b>

Tabla 4: Resumen 3 tipologías



Gráfica 3: Comparativa por precio de las 3 soluciones de cimentación y estructura



Gráfica 4: Comparativa por precio de las 3 soluciones de cimentación y estructura

Puesto que como se puede observar de las tres alternativas estudiadas la más económica es la de pórtico con celosía con una reducción del 23,91 % respecto de la solución de pórtico de inercia variable y del 17,19 % respecto de la solución de pórtico rígido.

#### **Soluciones estructura pórtico celosía**

A continuación después de analizar que la solución más óptima es la de pórtico de celosía, veamos otras alternativas considerando los arriostramientos a modo de tirantes dentro de esta tipología. Esto produce un efecto que garantiza que las cabezas de los pilares hastiales no

sufran desplazamiento en el sentido longitudinal de la nave, impidiendo que estos se salgan del plano del pórtico que los contiene.

Tipología 2.1: Nave Industrial de Pórticos tipo celosía con tirantes en fachada.

Tipología 2.2: Nave Industrial de Pórticos tipo celosía con tirantes en fachada y cubierta.

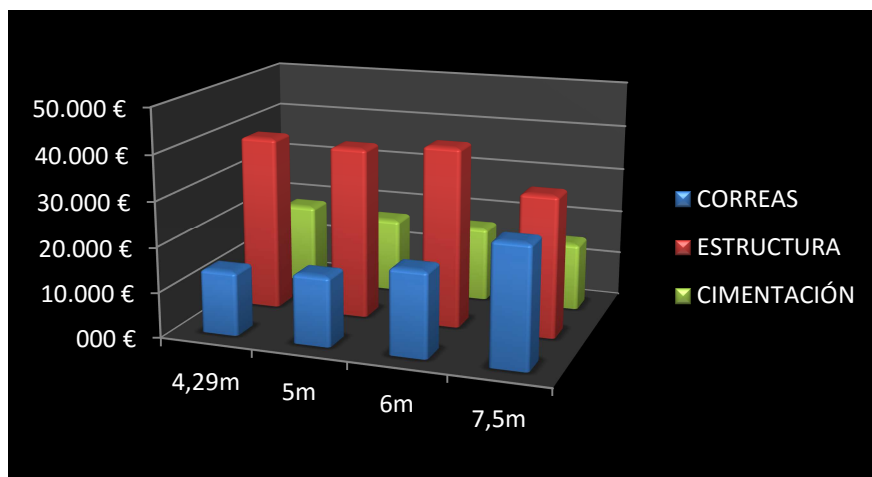
Puesto que la solución más económica para una modulación entre pórticos de 6 metros sale la alternativa con cruces de San Andrés a modo de tirantes en fachada y cubierta, a continuación se analiza la misma estructura para ver cuál sale más rentable para una modulación entre pórticos de:

- 4,29 metros (30 m entre 7 pórticos)
- 5 metros (30 m entre 6 pórticos)
- 7,5 metros (30 m entre 4 pórticos)

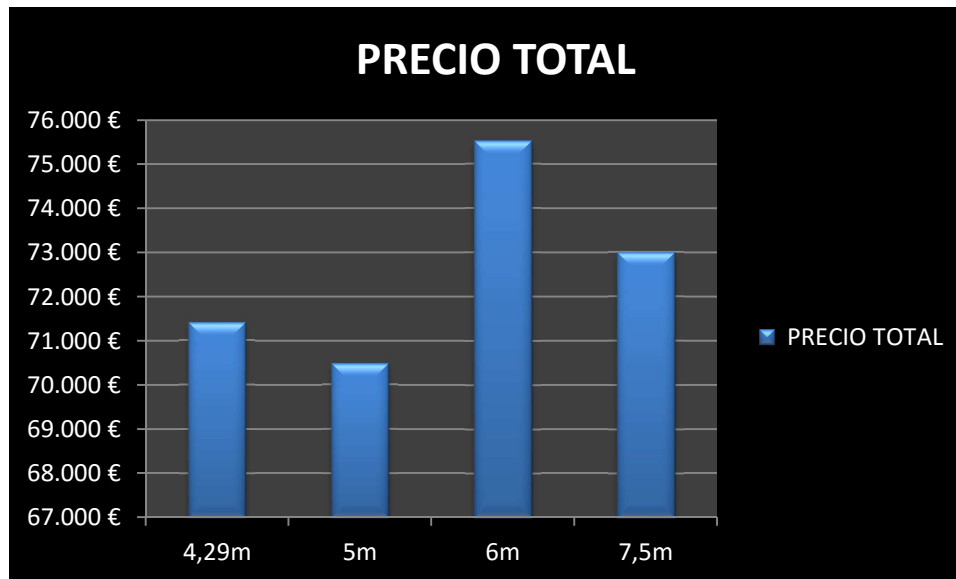
Las tablas y gráficas siguientes recogen para cada separación entre pórticos los resultados obtenidos con el fin de valorar y elegir la más óptima.

MODULACIÓN PÓRTICOS	NÚMERO DE VANOS	NÚMERO DE PÓRTICOS	CORREAS		ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		TOTAL
			MEDICIÓN	IMPORTE	MEDICIÓN	IMPORTE	MEDICIÓN	IMPORTE	
4,29m	7	8	7.842,42 Kg	14.116,36 €	21.667,75 Kg	39.001,95 €	136,59 m3	18.283,54 €	71.401,85 €
5m	6	7	8.514,00 Kg	15.325,20 €	21.254,28 Kg	38.257,70 €	135,45 m3	16.889,96 €	<b>70.472,86 €</b>
6m	5	6	10.428,00 Kg	18.770,40 €	22.230,92 Kg	40.015,66 €	142,82 m3	16.747,46 €	75.533,52 €
7,5m	4	5	14.784,00 Kg	26.611,20 €	17.432,92 Kg	31.379,26 €	112,35 m3	15.010,08 €	73.000,54 €

Tabla 5: Resumen distintas separaciones de pórticos



Gráfica 5: Comparativa por precio de las 4 separaciones de pórticos de correas cimentación y estructura



Gráfica 6: Comparativa precio total de las 4 separaciones de pórtico

Como se puede observar de las cuatro separaciones entre pórticos estudiadas la más económica es la de **separación de pórticos de 5 metros** y por tanto 6 vanos, es decir, 7 pórticos. Dicha solución tiene una reducción del 1,23 % respecto de la de separación de 4,29 metros, 3,35 % de reducción respecto de la separación de 7,5 y del 6,70 % respecto de la separación de 6 metros. Por lo tanto, es la solución que en el anejo nº4: Cálculo de la estructura se pasará a analizar para el caso de solución con estructura metálica.

Las alternativas se encuentran descritas de manera más detallada en el Anejo 3: Estudio de soluciones, de este documento.

#### 2.4.4 Descripción solución adoptada

Estructura de pórtico de celosía de acero con cubierta a dos aguas.

- Altura de alero: 12.5 m.
- Altura libre: 11.5 m
- Luz (entre ejes de soportes): 17 m
- Modulación entre pórticos: 5 m
- Pendiente de cubierta: 12%.
- Longitud de la nave: 30 m

Se dispondrán pilares en las cuatro esquinas, junto a los huecos y en zonas intermedias, disponiendo pórticos transversales de celosía, y longitudinalmente también de celosía, con canto de dos metros en el centro y un metro en los lados para permitir la evacuación a dos aguas del agua de la cubierta.

Los pilares se proveen con perfiles HEB de acero. Los perfiles empleados para las celosías que conforman la estructura de cubierta son tubulares de sección rectangular, con las dimensiones indicadas en planos, y correas formadas por IPE-120. El acero estructural es de calidad S275JR.

Las cimentaciones se realizan mediante zapatas aisladas superficiales de hormigón armado HA-25, de dimensiones variables, y armado con acero corrugado B-500S en ambas caras, con la disposición y medidas indicadas en el documento nº 2 planos. Todas las zapatas se mantendrán unidas mediante vigas de atado.

En la cubierta se dispondrá chapa grecada de acero galvanizado, así como en las fachadas. A la cubierta de cada uno de los pórticos se le dota de una pendiente a un agua, colocando bajantes junto a los nuevos pilares que se conectan a la red de pluviales existentes en factoría.

### 3. MEMORIA CONSTRUCTIVA

#### 3.1. Acciones

Las acciones directas consideradas en el cálculo de la estructura y cimentación, conforme a CTE-DB-SE-A, "Código técnico de la edificación. Documento Básico de Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación", son las siguientes:

##### 3.1.1 Cargas Permanentes

###### **Peso propio de la estructura**

Lo tiene en cuenta el programa Cype directamente en función de los perfiles calculados. Las correas se han introducido como parte de la estructura, de esta forma CYPE considerará el peso propio de cada elemento introducido.

###### **Peso propio de cerramiento**

Peso propio de chapa grecada de 0,8 mm de espesor:  $G1=8 \text{ kg/m}^2=0,08 \text{ KN/m}^2$

##### 3.1.2 Cargas variables

###### **Sobrecarga de Uso**

Sobrecarga de uso para cubierta, con inclinación menor a 20°, accesible sólo para conservación:  $Q1=1 \text{ KN/m}^2= 100 \text{ kg/m}^2$ , puesto que la pendiente de la nave es del 12%.

###### **Viento**

Según el CTE-DB-SE-AE la acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática,  $q_e$  puede expresarse como:

$$q_e=q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

siendo:

- $q_b$  la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse  $0,5 \text{ kN/m}^2$ . Pueden obtenerse valores más precisos mediante el anejo D, en función del emplazamiento geográfico de la obra. Según éste, El valor de la presión dinámica es de  **$0,42 \text{ kN/m}^2$** .
- $C_e$  el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en 3.3.3.

En nuestro caso interpolando tomamos un valor de  $C_e=2$

Por tanto, nos queda un valor de  $q_e=0,42+2+C_p=0,84+C_p$

- $C_p$  el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión.  
Puesto que la nave no presenta grandes huecos (10% respecto del total de fachada), la acción de viento no generará, además de presiones en el exterior, presiones en el interior.

Los coeficientes de presión exterior o eólico,  $C_p$ , dependen de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición de elemento considerado y de su área de influencia.

Se obtienen 6 posibles hipótesis de carga de viento según su ángulo de incidencia. Las hipótesis se deducen de las tablas del Código Técnico.

Hipótesis 1: Presión del viento sobre la cara longitudinal de la estructura a barlovento con un valor de  $C_p = 0,8$ , produciendo una presión de valor  $q_e=0,84*0,8=0,672 \text{ KN/m}^2$ . En la fachada a sotavento se producirá una succión de  $0,84*-0,5=-0,42 \text{ KN/m}^2$ , y sobre cubierta se producirá una succión de  $0,84*-0,6=-0,504 \text{ KN/m}^2$  en la vertiente a barlovento, y una presión de  $0,84*0,2=0,168 \text{ KN/m}^2$  en la vertiente a sotavento.

Hipótesis 2: En las fachadas, este caso coincide con la hipótesis 1: Presión del viento sobre la cara longitudinal de la estructura a barlovento con un valor de  $C_p = 0,8$ , produciendo una presión de valor  $q_e=0,84*0,8=0,672 \text{ KN/m}^2$ . En la fachada a sotavento se producirá una succión de  $0,84*-0,5=-0,42 \text{ KN/m}^2$ . En este caso, sobre cubierta se producirá una succión de  $0,84*-0,6=-0,504 \text{ KN/m}^2$  en la vertiente a sotavento, y tensión cero en la vertiente a barlovento.

Hipótesis 3: En esta hipótesis el viento se mueve en dirección contraria a la 1, provocando una distribución simétrica de presiones respecto de aquella, estando ahora a sotavento la fachada que en 1 estaba a barlovento. La situación es Presión del viento sobre la cara longitudinal de la estructura a barlovento con un valor de  $C_p = 0,8$ , produciendo una presión de valor  $0,84*0,8=0,672 \text{ KN/m}^2$ . En la fachada a sotavento se producirá una succión de  $0,84*-0,5=-0,42 \text{ KN/m}^2$ , y sobre cubierta se producirá una succión de  $0,84*-0,6=-0,504 \text{ KN/m}^2$  en la vertiente a barlovento, y una presión de  $0,84*0,2=0,168 \text{ KN/m}^2$  en la vertiente a sotavento.

Hipótesis 4: En esta hipótesis el viento se mueve en dirección contraria a la 2, provocando una distribución simétrica de presiones respecto de aquella, estando ahora a sotavento la fachada que en 2 estaba a barlovento. La situación es Presión del viento sobre la cara longitudinal de la estructura a barlovento con un valor de  $C_p = 0,8$ , produciendo una presión de valor  $0,84*0,8=0,672 \text{ KN/m}^2$ . En la fachada a sotavento se producirá una succión de  $0,84*-0,5=-0,42$ . En este caso, sobre cubierta se producirá una succión de  $0,84*-0,6=-0,504 \text{ KN/m}^2$  en la vertiente a sotavento, y tensión cero en la vertiente a barlovento.

Hipótesis 5: En esta hipótesis se supone el viento soplando en dirección longitudinal del edificio, produciendo una presión de  $q_e=0,84*0,73=0,6132 \text{ KN/m}^2$  en la cara a barlovento y una succión de  $0,84*-0,45=-0,378 \text{ KN/m}^2$  en la cara a sotavento. En la cubierta se produce una succión de  $0,84*-0,7=-0,588 \text{ KN/m}^2$  en las dos vertientes.

Hipótesis 6: Se supone el viento soplando en dirección contraria a la hipótesis 5, produciendo una distribución simétrica de presiones respecto de ésta. La fachada que antes estaba a barlovento ahora estará a sotavento con una succión de  $q_e=0,84*-0,45=-0,378 \text{ KN/m}^2$  y la que estaba a sotavento ahora a barlovento con una presión de  $0,84*0,73=0,6132 \text{ KN/m}^2$ . En la cubierta se produce una succión de  $0,84*-0,7=-0,588 \text{ KN/m}^2$  en las dos vertientes.

A modo resumen, el cuadro con los valores de  $C_p$  y  $q_e$  para cada hipótesis será

HIPÓTESIS		FACHADA			CUBIERTA	
		BARLOVENTO	SOTAVENTO	ABC	BARLOVENTO	SOTAVENTO
1	$C_p$	0,80	-0,50	-0,86	-0,60	0,20
	$q_e=0,84*C_p \text{ (KN/m}^2\text{)}$	0,672	-0,420	-0,722	-0,504	0,168
2	$C_p$	0,80	-0,50	-0,86	-0,60	0,00
	$q_e=0,84*C_p \text{ (KN/m}^2\text{)}$	0,672	-0,420	-0,722	0,000	-0,504
3	$C_p$	0,80	-0,50	-0,86	-0,60	0,20
	$q_e=0,84*C_p \text{ (KN/m}^2\text{)}$	0,672	-0,420	-0,722	-0,504	0,168
4	$C_p$	0,80	-0,50	-0,86	-0,60	0,00
	$q_e=0,84*C_p \text{ (KN/m}^2\text{)}$	0,672	-0,420	-0,722	0,000	-0,504
5	$C_p$	0,73	-0,45	-0,93	-0,70	-0,70
	$q_e=0,84*C_p \text{ (KN/m}^2\text{)}$	0,613	-0,378	-0,781	-0,588	-0,588
6	$C_p$	0,73	-0,45	-0,93	-0,70	-0,70
	$q_e=0,84*C_p \text{ (KN/m}^2\text{)}$	0,613	-0,378	-0,781	-0,588	-0,588

Tabla 6: Tabla resumen de  $C_p$  y  $q_e$  por hipótesis de viento

### Nieve

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores.

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal,  $q_n$ , puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

siendo:

- $\mu$  coeficiente de forma de la cubierta
- $s_k$  el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

Por tanto el valor característico de carga de nieve vale  $q_n = \mu \cdot s_k = 0,2*1*\cos 6,71=0,199 \text{ KN/m}^2$

### 3.1.3 Sismo

Para el cálculo de sismo se ha considerado, por tanto, el método general propuesto en la norma NSCE-02, "Norma de Construcción Sismorresistente". En esta norma se establece que en el caso de edificación de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica ab sea inferior a 0,08g no será necesaria la aplicación de esta norma. En el caso de Almussafes  $ab=0,07g$  y  $k=1$ . Por tanto, no es necesaria la consideración de sismo.

## 3.2. Sustentación del edificio

### 3.2.1 Bases de cálculo

Las bases de cálculo según la EAE-2012, se basan en el método de los estados límites, que puede dividirse en:

-Estados límites últimos

-Estados límites de servicio

Debe comprobarse que una estructura no supere ninguno de los estados límites anteriormente definidos en cualquiera de la situación de proyecto definida en el artículo 7, considerando los valores de cálculo de las acciones, de las características de los materiales y de los datos geométricos.

Según artículo 7 de la EAE-2012:

*-Situaciones persistentes que corresponden a las condiciones de uso normal de la estructura.*

*-Situaciones transitorias, como son las que se producen durante la construcción o reparación de la estructura.*

*-Situaciones accidentales, que corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura.*

### **ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS**

La denominación de estados límite últimos engloba todos aquellos que producen el fallo de la estructura, por colapso o rotura de la misma o de una parte de ella.

En la comprobación de los estados límite último se debe satisfacer:

$$R_d \geq E_d$$

Siendo,

$R_d$ : Valor de cálculo de la respuesta de la estructura

$E_d$ : Valor de cálculo del efecto de las acciones

Para la evaluación del estado límite de equilibrio se debe satisfacer que:

$$E_{d,estab} \geq E_{d,desestab}$$

Siendo:

$E_{d,estab}$ : Valor de cálculo de las acciones estabilizadoras

$E_{d,desestab}$ : Valor de cálculo de las acciones desestabilizadoras

Los estados límites últimos a comprobar según la EAE-2012 son:

- Estado límite de equilibrio.
- Estado límite de resistencia de la estructura.
- Estado límite de resistencia de las secciones.
- Estados límites de inestabilidad.
- Estado límite de resistencia de las uniones.
- Estado límite de fatiga.

### **ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO**

Se incluyen bajo la denominación de estados límites de servicio, todas aquellas situaciones de la estructura para las que no se cumplen los requisitos de funcionalidad, de comodidad y durabilidad o de aspecto requeridos.

$$C_d \geq E_d$$

Siendo,

$C_d$ : Valor límite admisible para el estado límite a comprobar (deformaciones, vibraciones...)

$E_d$ : Valor de cálculo del efecto de las acciones (tensiones, nivel de vibración, etc.)

Los estados límites de servicio a comprobar según la EAE-2012 son:

- Estado límite de deformaciones.
- Estado límite de vibraciones.
- Estado límite de deformaciones en uniones con tornillos de alta resistencia. (no será de aplicación ya que toda nuestra estructura se une mediante soldadura).
- Estados límites de deformaciones transversales en paneles esbeltos.
- Estado límite de plastificaciones locales.

#### *3.2.2 Estudio geotécnico*

Como cimentación del edificio podrá utilizarse zapatas aisladas o corrida apoyadas aproximadamente a 1,00 m sobre el nivel A (limos arcillosos), empotramiento mínimo que evite posibles alteraciones de la cimentación asociada a causas externas, siempre por debajo de cualquier nivel de rellenos y terreno vegetal si apareciera a esta profundidad.

Para diseñar dichas zapatas, se podrá considerar la siguiente **tensión admisible**:

$$\sigma_{adm} = 20-25 \text{ t/m}^2 = 2,0-2,5 \text{ kp/cm}^2$$



Destacar, que incluso en terrenos de muy buena calidad, el ancho de las zapatas aisladas o corridas no será inferior a 1 m, para prever excentricidades, concentración de tensiones, defectos constructivos, etc.

El **asiento máximo esperado** será de:

$$S_{\text{máx}} = 1,75 \text{ cm}$$

Valor inferior al máximo recomendado para zapatas aisladas apoyadas en terrenos cohesivos y granulares (5,0 cm y 3,5 cm respectivamente).

Con un **módulo de balasto** para la placa de 30 cm de valor:

$$K_{30} = 4,00-5,00 \text{ kp/cm}^3$$

### 3.3. Sistema estructural

#### 3.3.1 Cimentación

Se ha diseñado la cimentación mediante cimentación directa a base de zapatas aisladas unidas mediante vigas de atado.

Se ha tomado como tensión admisible del terreno de 0,2 Mpa, valor extraído del estudio geotécnico.

Se dispone de armadura en la cara superior e inferior de la zapata para absorber las tracciones que se generen

Toda la cimentación se encuentra unida perimetralmente por las vigas de atado, aunque no sea de aplicación obligatoria en este caso es recomendable, ya que hace que la estructura trabaje conjuntamente y resista mejor las acciones horizontales provocadas por el sismo.

Como materiales para la cimentación se han escogido un hormigón HA-25/B/30/IIa y acero B 500-S. El nivel de control de ejecución es el normal, conforme a la "Instrucción EHE". El coeficiente de mayoración de acciones para nivel de control normal es de  $\gamma_f = 1,60$ .

Para el análisis, cálculo y dimensionamiento de la cimentación, (zapatas aisladas y vigas de atado), frente a los esfuerzos verticales transmitidos por los pilares, se ha empleado el programa METAL 3D de la empresa CYPE INGENIEROS S.A.

Según el CTE-DB-SE-C Cimientos en su apartado 4.2.2.1 Verificaciones Estados límite últimos:

1. *Se debe verificar que el coeficiente de seguridad disponible con relación a las cargas que producirían el agotamiento de la resistencia del terreno para cualquier mecanismo posible de rotura, sea adecuado. Los estados límite últimos que siempre habrán de verificarse para las cimentaciones directas, son (véase Figura 27):*
  - a) *hundimiento;*
  - b) *deslizamiento;*
  - c) *vuelco;*

- d) *estabilidad global;*
- e) *capacidad estructural del cimiento.*

2. *La verificación de estos estados límite para cada situación de dimensionado se hará utilizando la expresión (2.2), en vuelco (2.1), y los coeficientes de seguridad parciales para la resistencia del terreno y para los efectos de las acciones del resto de la estructura sobre la cimentación definidos en la tabla 18 siguientes.*

El equilibrio de la cimentación (estabilidad al vuelco o estabilidad frente a la subpresión) quedará verificado, si para las situaciones de dimensionado pertinentes se cumple la condición:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab} \quad (2.1)$$

Siendo:

$E_{d,dst}$  el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras;

$E_{d,stab}$  el valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.

La resistencia local o global del terreno quedará verificada si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, la condición:

$$E_d \leq R_d \quad (2.2)$$

Siendo:

$E_d$  el valor de cálculo del efecto de las acciones;

$R_d$  el valor de cálculo de la resistencia del terreno.

Las cargas consideradas en el cálculo de la cimentación son las correspondientes a las reacciones de los soportes para las distintas hipótesis de carga consideradas. Estas hipótesis son, una de peso propio y cargas permanentes, una de sobrecarga de uso y tres hipótesis de viento.

Para la cimentación se han considerado vigas de atado con una disposición y medidas según la figura siguiente:

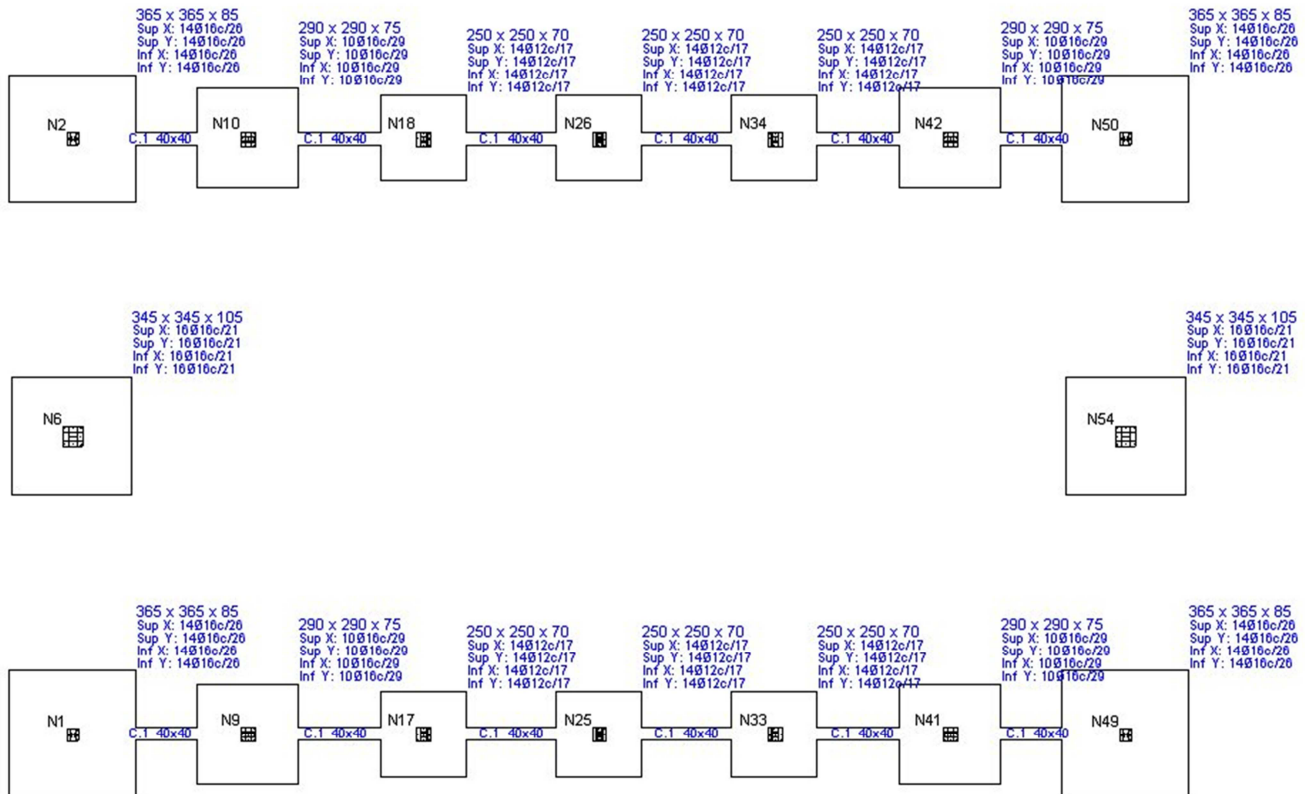


Figura 7: Dimensiones zapatas y vigas de atado

### 3.3.2 Acero estructural

Para estructuras de acero son de aplicación los coeficientes de ponderación prescritos por CTE-DB-SE, cuyo valor depende de las hipótesis de carga, la clase de acción y el efecto favorable o desfavorable de la acción sobre la estabilidad o las tensiones. A efectos de aplicación de los coeficientes de ponderación, las cargas se clasifican en dos grupos: constantes y variables. Se consideran como cargas o "acciones constantes" las que actúan o pueden actuar en todo momento o durante largo período de tiempo con valor fijo en posición y magnitud. Se incluyen en este tipo el peso propio y las cargas muertas. Son "acciones variables" aquéllas cuyo valor puede variar en posición y/o magnitud a lo largo del tiempo. Se consideran en este grupo las sobrecargas de nieve, uso, viento y las acciones sísmicas.

A los efectos de verificar las condiciones de deformabilidad se someterá la estructura a las acciones características en la combinación que resulte más desfavorable. Se admite que la deformación de una estructura es aceptable cuando, mediante cálculos realizados por los métodos descritos en el apartado anterior, y sometiendo la estructura a las acciones características, en la combinación más desfavorable, se comprueba que las deformaciones calculadas no sobrepasan los límites prescritos.

Todas las expresiones de combinación de acciones para Estados Límite Últimos (art. 4.2.2.), son las mismas para Estados Límite de Servicio (art. 4.3.2.), pero sin los coeficientes  $\gamma$  ( $\gamma=1$ ).

Después del cálculo con el programa Nuevo Metal 3D de Cype, el cuadro resumen de medición y una vista en 3D son:

Resumen de medición													
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso			
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)	
Acero laminado	S275	Huecos cuadrados	#55x4	34.000			0.026			202.78			
			#60x3	85.000			0.055			433.54			
			#40x2	235.276			0.068			535.50			
			#90x3	145.586			0.147			1153.98			
			#50x2	44.289			0.016			128.62			
			#45x2	86.718			0.029			224.60			
			#70x2	75.980			0.040			316.08			
			#170x5	4.000			0.013			100.72			
			#55x2	77.618			0.032			249.78			
			#70x3	9.904			0.008			59.84			
			#60x2	9.904			0.004			34.98			
			#160x5	34.000			0.102			802.77			
							842.274		0.541			4243.20	
				HEB	HEB-240	23.000			0.244		1913.83		
					HEB-160	125.000			0.679		5328.19		
					HEB-140	50.000			0.215		1687.75		
						198.000		1.138			8929.77		
				Redondos	Ø16	79.297			0.016		125.16		
					Ø10	140.256			0.011		86.47		
					Ø7	121.918			0.005		36.83		
					Ø20	60.959			0.019		150.33		
						402.430		0.051			398.80		
				L	L-40x4	79.297			0.024		191.72		
		L-40x5	41.049				0.016		122.13				
		L-35x5	41.049				0.013		105.69				
		L-70x6	41.049				0.033		261.98				
			202.443		0.087			681.52					
		IPE	IPE-120	270.000			0.356		2797.74				
			270.000		0.356			2797.74					
					1915.147			2.172			17051.02		

Tabla 7: Resumen de medición estructura

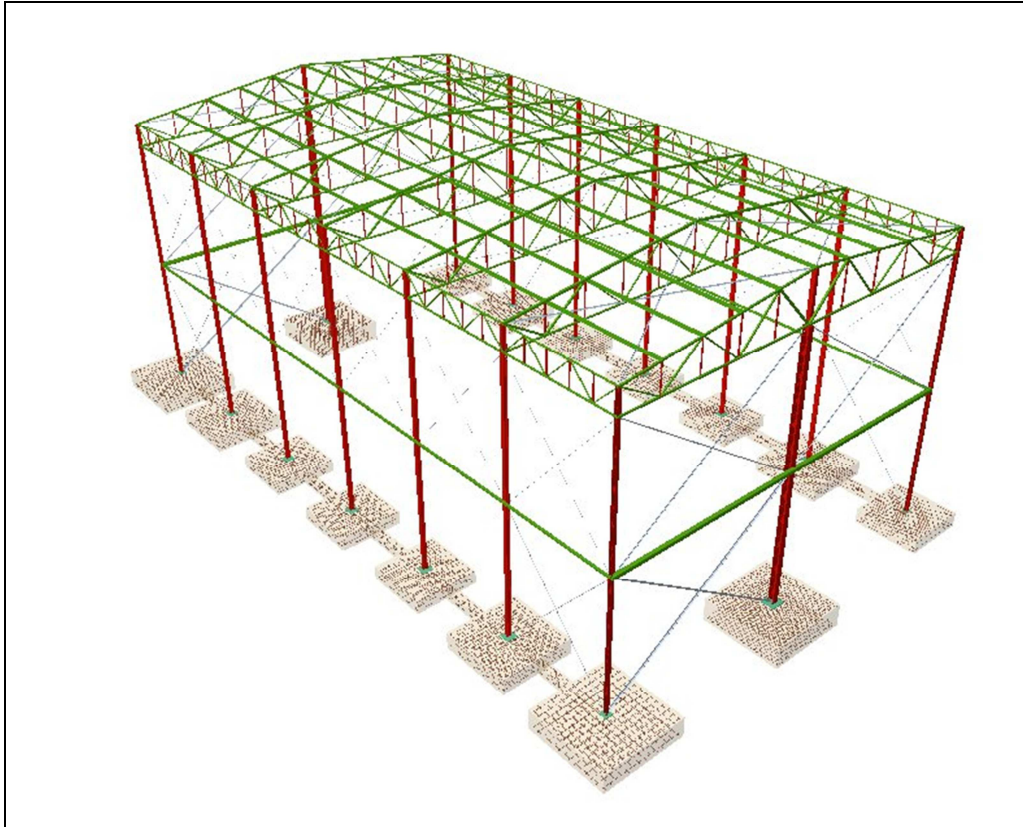


Figura 8: Vista 3D Estructura

Para más detalles del cálculo, consultad el anejo n:4: Cálculo de la estructura.

### 3.4. Sistema envolvente

El cerramiento tanto para fachada como cubierta está compuesto por una chapa simple de acero grecada prelacada de 0.8 mm de espesor con el que se conseguirán cumplir los requisitos de resistencia y confort térmico exigidos por el CTE, y la seguridad contra incendios tanto para el RD 2264/2004 Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.

La envolvente del edificio la completan 2 puertas enrollables de 5,5x4,5 y 2 puertas peatonales de 0,95x2,10 de panel sándwich con doble chapa de acero con aislamiento de espuma de poliuretano.

## 4. CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA

La comprobación de la estabilidad estática y de la estabilidad elástica, el cálculo de las tensiones y el cálculo de las deformaciones se ha realizado, con ayuda de ordenador, por los métodos establecidos en la Norma EAE-2012, EHE-2008 y CTE 2006 (código técnico de la edificación), en sus documentos CTE-DB-SE-AE, (documento básico seguridad estructural acciones en la edificación.) y CTE-DB-SE-C (Cimientos).

El proyecto de la estructura de acero satisface las especificaciones de la Instrucción de acero estructural EAE-2012 (Instrucción de acero estructural).

Según el artículo 2, de la EAE 2012:

*Esta instrucción es aplicable a todas las estructuras y elementos de acero estructural de edificación o de ingeniería civil...*

En el caso de estructuras de edificación, las acciones se establecerán conforme a lo indicado en el Código técnico de la edificación.

Por tanto y debido que en el presente proyecto existe una estructura metálica para una nave se debe de contemplar la EAE-2012 para la nave de estructura metálica.

#### **4.1. Cumplimiento EAE-2012**

Según el artículo 2, de la EAE 2012:

*Esta instrucción es aplicable a todas las estructuras y elementos de acero estructural de edificación o de ingeniería civil...*

**Las exigencias que debe cumplir una estructura de acero son las siguientes:**

- Exigencias relativas al requisito de seguridad estructural.  
El cumplimiento de la EAE-2012 garantiza este requisito.
- Exigencia de resistencia y estabilidad.  
La comprobación de los estados límites últimos según EAE permite cumplir esta condición.
- Exigencia de aptitud al servicio  
La comprobación de los estados límites de servicio según EAE permite cumplir esta condición.
- Exigencias relativas al requisito de seguridad contra incendio.  
El cumplimiento de la EAE no es suficiente para cumplir este requisito. (La EAE insta a cumplir en cada caso la normativa de aplicación)  
Se deberá cumplir en nuestro caso el Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales RSCIEI-RD2264/ 2004.  
Este cumplimiento se verifica en el anejo nº1: Pliego de necesidades
- Exigencias relativas al requisito de higiene, salud y medio ambiente.  
El cumplimiento de la EAE es suficiente para cumplir este requisito.

El presente proyecto cumple con todas las disposiciones exigidas en la EAE-2012.

#### 4.2. Cumplimiento CTE-2012

El documento Básico (DB) del Código técnico de la edificación, tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permitan cumplirlas exigencias básicas de seguridad estructural. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico "Seguridad estructural".

Tanto el objetivo del requisito básico "Seguridad estructural", como las exigencias básicas se establecen en el artículo 10 de la Parte I de este CTE y son los siguientes:

*Artículo 10. Exigencias básicas de seguridad estructural (SE)*

*1. El objetivo del requisito básico "Seguridad estructural" consiste en 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.*

*2. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, fabricarán, construirán y mantendrán de forma que cumplan con una fiabilidad adecuada las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.*

*3. Los Documentos Básicos "DB-SE Seguridad Estructural", "DB-SE-AE Acciones en la Edificación", "DB-SE-C Cimientos", "DB-SE-A Acero", "DB-SE-F Fábrica" y "DB-SE-M Madera", especifican parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad estructural.*

*4. Las estructuras de hormigón están reguladas por la Instrucción de Hormigón Estructural vigente. (EHE-2008)*

*10.1. Exigencia básica SE 1: Resistencia y estabilidad. La resistencia y la estabilidad serán las 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.*

*10.2. Exigencia básica SE 2: Aptitud al servicio La aptitud al servicio será 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 inadmisibles y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.*

Estos métodos se basan en la mecánica y, en general, en la teoría de la elasticidad.

El presente proyecto cumple con todas las disposiciones exigidas en el CTE-2006.

#### 4.3. Cumplimiento normativa contraincendios

El REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales tiene por objeto de conseguir un grado suficiente de seguridad en caso de incendio en los establecimientos e instalaciones de uso industrial.

Según el Artículo 2. Ámbito de aplicación:



*“1. El ámbito de aplicación de este reglamento son los establecimientos industriales. Se entenderán como tales:*

*a) Las industrias, tal como se definen en el artículo 3.1 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.*

*b) Los almacenamientos industriales.*

*c) Los talleres de reparación y los estacionamientos de vehículos destinados al servicio de transporte de personas y transporte de mercancías.*

*d) Los servicios auxiliares o complementarios de las actividades comprendidas en los párrafos anteriores.*

*2. Se aplicará, además, a todos los almacenamientos de cualquier tipo de establecimiento cuando su carga de fuego total, calculada según el anexo I, sea igual o superior a tres millones de Megajulios (MJ)”.*

Según el artículo 3 de la citada Ley 21/1992 de Industria: *Ámbito de aplicación y competencias:*

*Se consideran industrias, a los efectos de la presente Ley las actividades dirigidas a la obtención, reparación, mantenimiento, transformación o reutilización de productos industriales, el envasado y embalaje, así como el aprovechamiento, recuperación y eliminación de residuos o subproductos, cualquiera que sea la naturaleza de, los recursos y procesos técnicos utilizados.*

*2. Asimismo estarán incluidos en el ámbito de aplicación de esta Ley los servicios de ingeniería, diseño, consultoría tecnológica y asistencia técnica directamente relacionados con las actividades industriales”.*

Con todo esto, se puede concluir que es ámbito de aplicación el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales y por ello los establecimientos industriales de nueva construcción y los que cambien o modifiquen su actividad, se trasladen, se amplíen o se reformen, en la parte afectada por la ampliación o reforma requerirán la presentación de un proyecto, que podrá estar integrado en el proyecto general exigido por la legislación vigente para la obtención de los permisos y licencias preceptivas, o ser específico; en todo caso, deberá contener la documentación necesaria que justifique el cumplimiento del reglamento de Seguridad contra incendios. Para ello, se tendrá que realizar un proyecto específico de red contra incendios que queda fuera del ámbito de aplicación de éste proyecto básico.

Según el RSCIEI, la actividad presenta un índice bajo, grado 1, de peligrosidad en cuanto a incendios se refiere:



Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1.275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1.275 < Q_s \leq 1.700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1.700 < Q_s \leq 3.400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1.600$	$3.400 < Q_s \leq 6.800$
	7	$1.600 < Q_s \leq 3.200$	$6.800 < Q_s \leq 13.600$
	8	$3.200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Tabla 8. Nivel de riesgo Intrínseco

En función de éste nivel de riesgo se ha comprobado en todos sus aspectos que el presente proyecto cumple todas las disposiciones necesarias en materia de seguridad contra incendios.

Comprobaciones:

- Superficie máxima por sector de incendio.
- Resistencia al fuego de materiales.
- Estabilidad al fuego elementos constructivos portantes.

La estabilidad al fuego de los elementos estructurales portantes será de acuerdo con la tabla 2.2 como mínimo EF-30.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120	R 90	R 90	R 60	R 60	R 30
	(EF -120)	(EF - 90)	(EF - 90)	(EF - 60)	(EF - 60)	(EF - 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120	R 120	R 90	R 90	R 60
		(EF-120)	(EF-120)	(EF - 90)	(EF - 90)	(EF - 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180	R 120	R 120	R 90
			(EF -180)	(EF -120)	(EF -120)	(EF - 90)

Tabla 9. Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes

Por tanto, una nave industrial se podría englobar dentro del grupo del uso administrativo y en consecuencia es necesario que los elementos estructurales principales tengan una resistencia al fuego de R-30 y tratándose de una estructura metálica esto se consigue mediante una imprimación de la misma y luego una capa de pintura intumescente.

Para más información, consultad anejo nº 1: Pliego de necesidades.

## 5. DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS

### 5.1. Actuaciones previas

Se procederá al desvío y protección de los servicios existentes que pudieran verse afectados durante las obras. Antes del comienzo de las demoliciones, y de la ejecución de las obras se deberán identificar todas las acometidas e instalaciones afectadas.

Para el buen desarrollo de las obras, es necesario acometer los siguientes trabajos antes de comenzar la ejecución del resto de las obras:

- Acondicionamiento de zona de casetas. Se instalarán casetas de obra, como oficinas de obra, vestuario, duchas y servicios, almacén de pequeños materiales. El espacio para el centro de trabajo no debe interferir con el futuro desarrollo de la obra.
- Acondicionamiento de zonas de acopios. El acopio de materiales se realizará en las zonas libres, dentro de la superficie ocupada por las obras, y su ubicación será posterior a la aprobación de la Dirección de Obra.
- Colocación de vallado de obra en donde sea conveniente.
- Ejecución de accesos peatonales y desvíos del tráfico.
- Replanteo

### 5.2. Demoliciones

Una vez replanteados los ejes de la estructura metálica, comienzan las labores de las demoliciones del firme existente de aglomerado asfáltico previo al inicio del movimiento de tierras.

### 5.3. Excavación

Una vez demolido el firme existente correspondiente al área de la cimentación, se procede a la excavación en zanjas y pozos, para ejecutar la cimentación de la nave industrial.

### 5.4. Ferrallado y hormigonado cimentación

Una vez ejecutada la excavación de la cimentación, se procede a verter una pequeña capa de hormigón de limpieza de 10 cm de espesor en el fondo de la excavación para la nivelación, y seguidamente se procede al ferrallado y hormigonado tanto de las zapatas aisladas como de las vigas de atado.

### 5.5. Colocación y nivelación de placas de anclaje

Antes del vertido de hormigón de las zapatas y después de colocada la ferralla, se procederá a la colocación y la nivelación de las placas de anclaje sobre las cuales arrancarán los pilares de la estructura metálica.

### 5.6. Estructura metálica

A continuación se procede a la ejecución de la estructura metálica. Todos los elementos de la estructura metálica tendrán uniones soldadas.

Como ya se ha comentado en el correspondiente anejo de estudio de soluciones y cálculo de estructura, la estructura metálica estará formada por pilares HEB, pórticos de cerchas formados con perfil rectangular hueco, correas en cubierta a base de perfiles IPE y unos arriostramientos en cubierta y fachada a modo de cruces de San Andrés formados por tirantes redondos en cubierta y angulares en fachada. Todo ello se detalla mejor en el anejo de cálculo de estructura. Todos los elementos estructurales irán unidos mediante soldadura, la cual tendrá que controlarse en obra mediante los ensayos correspondientes al ser un procedimiento que depende mucho de la habilidad de montador.

Después de la colocación de la estructura metálica se procederá a la pintura de la misma para cumplir con el R-30 necesario en este tipo de estructuras. Como ya se ha visto en el Anejo nº1 de Pliego de necesidades, los elementos estructurales principales han de tener una resistencia al fuego de R-30 y tratándose de una estructura metálica esto se consigue mediante una imprimación de la misma y luego una capa de pintura intumescente.

### 5.7. Cerramientos de cubierta y fachada

Como ya se ha comentado en el anejo de estudio de soluciones, el cerramiento tanto de cubierta como de fachada consistirá en chapa simple grecada prelacada sujeta a las correas tanto de cubierta como de fachada mediante tornillo rosca-chapa. Dicha chapa se colocará una vez haya finalizado el montaje de la estructura metálica. El cerramiento de fachada descansará sobre un murete de 1 metro de altura de bloques de hormigón que se colocará previamente.

### 5.8. Canalones y bajantes

Por último y una vez colocada la chapa de cubierta, se procederá a colocar los canalones de chapa en el extremo de la cubierta para recoger el agua que se vierta sobre la misma. Para conectar dicha agua de recogida de los canalones con los imbornales existentes en el exterior de la nave se dispondrán unas bajantes de PVC (3 por lado) justo pegadas a los pilares.

## 6. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de las obras es de CUARENTA Y OCHO (48) DÍAS desde el día de la recepción de la correspondiente licencia de obra, incluyéndose en el presente proyecto un programa de trabajos.

El inicio de la obra está previsto para el día 29 de septiembre de 2016.

El final de la obra está previsto para el día 16 de noviembre de 2016.

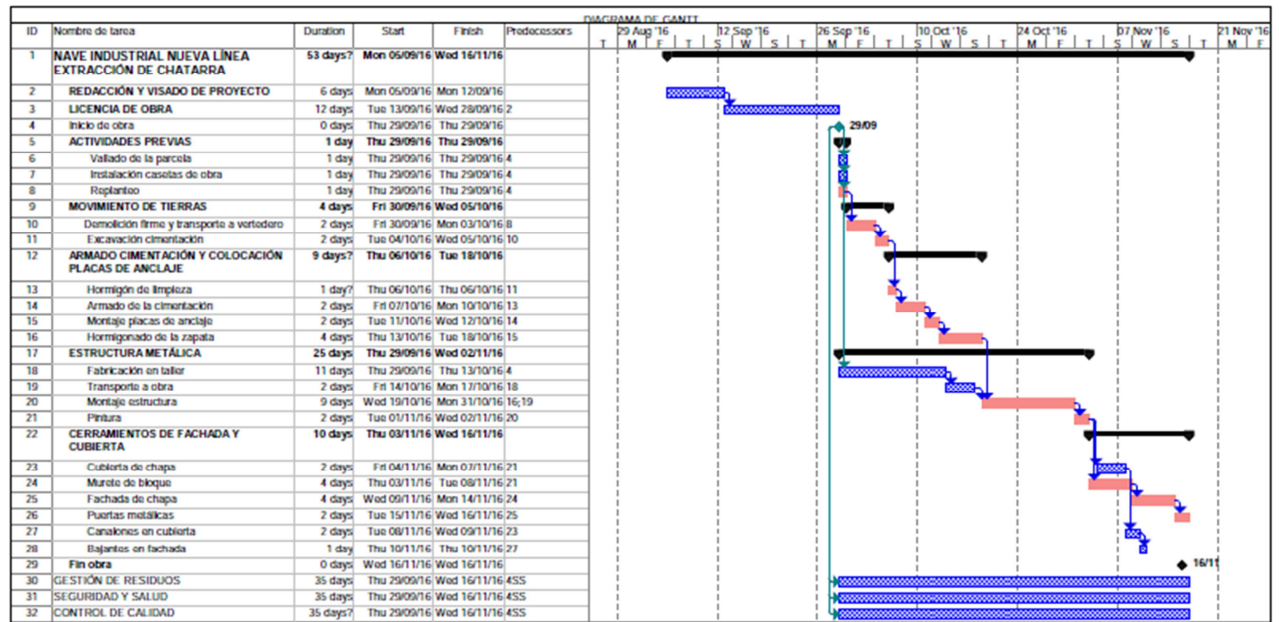


Figura 9: Programa de trabajos

## 7. PRESUPUESTO

### 7.1. Presupuesto de ejecución material (PEM)

En el documento nº3: Presupuesto se incluyen las mediciones y cuadros de precios unitarios de las distintas unidades de obra, conformando la valoración económica del presente proyecto básico.

El Presupuesto de Ejecución Material de las Obras asciende a la cantidad de CIENTO CINCUENTA Y SEIS MIL CUARENTA Y TRES EUROS CON SESENTA Y TRES CÉNTIMOS (156.043,63 €).

### 7.2. Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)

Aplicando al Presupuesto de Ejecución Material de la obra, los porcentajes del 13% por Gastos Generales y el 6% del Beneficio Industrial, se obtiene que el Presupuesto de CIENTO OCHENTA Y CINCO MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y UN EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS (185.691,92 €).

### 7.3. Presupuesto total de las obras

Aplicando al Presupuesto de Ejecución por Contrata el 21% de IVA se obtiene el Presupuesto Total de las Obras que asciende a la cantidad de DOSCIENTOS VEINTE Y CUATRO MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS CON VEINTE Y DOS CÉNTIMOS (224.687,22 €).



## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Fomento, M. (2008). Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. Fomento, Madrid, España.
- DB-SE, C. T. E. (2003). Código Técnico de la Edificación, Documento Básico: Seguridad Estructural.
- DB-SE-A, C. T. E. (2006). Código Técnico de Edificación. Documento Básico de Seguridad Estructural. Acero. Ley, 38, 1999.
- DB-SE-AE, C. T. E. (2003). Código Técnico de la Edificación, Documento Básico: Acciones en la Edificación.
- Standard, S. (2006). Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Ahorro de Energía. CTE-DB-HE.
- DB-SI, C.T.E. (2006). Documento Básico, Seguridad ante Incendio. CTE-DB-SI. Ministerio de Fomento, España Marzo.
- Standard, S. (2007). Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- REGLAMENTO, D. S. C. I. E. (2004). ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES (RSCIEI).
- Reyes, A. M. (2009). CYPE 2010. Cálculo de estructuras metálicas con Nuevo Metal 3D. Anaya Multimedia.
- Instrucción de Acero Estructural, EAE,(2012). Ministerio de Fomento, Madrid.

Valencia, a 30 de agosto de 2016

El Autor del Proyecto Básico

PABLO ESPINOSA LLORET