



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



**"PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE NAVE
INDUSTRIAL PARA ALMACÉN DE MOTORES
AL NOROESTE DE LA PLANTA DE
FABRICACIÓN DE FORD ESPAÑA EN
ALMUSSAFES (VALENCIA)"**

MEMORIA

Titulación: Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: 2018/19

Autor: Pablo Espinosa Lloret

Tutor: Pedro Antonio Calderón García

Valencia, junio de 2019



ÍNDICE

1. INDICE DOCUMENTAL (DOCUMENTOS DE QUE CONSTA EL PRESENTE PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN)	5
2. MEMORIA DESCRIPTIVA	6
2.1. Objeto del Proyecto de Construcción	6
2.2. Agentes.....	6
2.2.1 Promotor	6
2.2.2 Autor del proyecto.....	6
2.3. Información previa	6
2.3.1 Antecedentes.....	6
2.3.2 Objeto y alcance del proyecto	6
2.3.3 Características del emplazamiento	6
2.3.4 Marco normativo.....	8
2.4. Descripción del proyecto.....	10
2.4.1 Descripción general	10
2.4.2 Justificación de necesidades.....	11
2.4.3 Estudio de alternativas.....	12
2.4.4 Descripción solución adoptada.....	20
3. MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	21
3.1. Acciones	21
3.1.1 Cargas Permanentes	21
3.1.2 Cargas variables	21
3.1.3 Sismo	24
3.2. Sustentación del edificio	25
3.2.1 Bases de cálculo.....	25
3.2.2 Estudio geotécnico	26
3.3. Sistema estructural	28
3.3.1 Cimentación.....	28
3.3.2 Acero estructural	30
3.4. Sistema envolvente	32
3.5. Sistema de compartimentación	32
3.6. Sistemas de acondicionamiento e instalaciones.....	32
4. CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA.....	32



4.1.	Cumplimiento EAE-2012	33
4.2.	Cumplimiento CTE-2006.....	34
4.2.1	<i>Seguridad Estructural</i>	34
4.2.2	<i>Salubridad</i>	35
4.2.3	<i>Protección frente al ruido</i>	35
4.2.4	<i>Ahorro de energía</i>	35
4.3.	Cumplimiento normativa contraincendios	36
4.3.1	<i>Características de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación con relación a su entorno.</i>	37
4.3.2	<i>Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco.</i>	37
4.3.3	<i>Superficie máxima por sector de incendio</i>	38
4.3.4	<i>Materiales</i>	39
4.3.5	<i>Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes</i>	39
4.3.6	<i>Evacuación de los establecimientos industriales</i>	40
4.4.	Seguridad de utilización y accesibilidad	41
5.	INSTALACIONES, REDES Y SUMINISTROS	41
6.	DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS	41
6.1.	Actuaciones previas.....	41
6.2.	Demoliciones.....	42
6.3.	Excavación	42
6.4.	Ferrallado y hormigonado cimentación	42
6.5.	Colocación y nivelación de placas de anclaje.....	43
6.6.	Estructura metálica	43
6.7.	Cubierta	43
6.8.	Cerramientos de fachada	44
6.9.	Pluviales.....	44
6.10.	Carpintería metálica.....	44
6.11.	Instalaciones.....	44
7.	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	44
8.	CONTROL DE CALIDAD.....	45
9.	SEGURIDAD Y SALUD	45
10.	PLAZO DE EJECUCIÓN	45
11.	PRESUPUESTO	46



11.1.	Presupuesto de ejecución material (PEM)	46
11.2.	Presupuesto de ejecución por contrata (PEC).....	46
11.3.	Presupuesto total de las obras.....	46
12.	DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....	46
13.	BIBLIOGRAFÍA	47

ÍNDICE FIGURAS

<i>Figura 1: Ubicación de Almussafes en España y en la provincia de Valencia.</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2: Diagrama de temperatura y climograma en la localidad de Almussafes.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3: Situación nueva nave almacén de motores en Ford España</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4: Emplazamiento de la nave</i>	<i>11</i>
<i>Figura 5: Ficha técnica chapa de altura 30 mm. Fuente: Incoperfil.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6: Pórtico tipo</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7: Dimensiones zapatas y vigas de atado.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 8: Vista 3D Estructura.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 9: Programa de trabajos.....</i>	<i>45</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 de pórticos.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 5: Resumen de puntuación por tipología de pórtico.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 6: Resumen distintas separaciones de pórticos</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 7: Resumen distintas separaciones de correas de cubierta</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 8: Tabla resumen de Cp y qe por hipótesis de viento.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 9: Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (KN/m²). Fuente: CTE DB-SE-AE</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 10: Resumen de medición estructura</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 11: Valor de densidad de carga de fuego (Qs).....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 12: Nivel de riesgo Intrínseco.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 13: Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 14: Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes</i>	<i>39</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 TOTAL de las 3 soluciones</i>	<i>16</i>
<i>Gráfica 4: Comparativa por variables y tipología de pórtico.....</i>	<i>17</i>
<i>Gráfica 5: Comparativa total puntuación por tipología de pórtico</i>	<i>17</i>
<i>Gráfica 6: Comparativa por precio de las 3 separaciones de pórticos, de correas, cimentación y estructura</i>	<i>18</i>
<i>Gráfica 7: Comparativa precio total de las 3 separaciones de pórtico.....</i>	<i>18</i>
<i>Gráfica 8: Comparativa por precio de las 3 separaciones de correas de cubierta.....</i>	<i>19</i>
<i>Gráfica 9: Comparativa precio total de las 3 separaciones de correas de cubierta</i>	<i>19</i>



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

DOCUMENTO Nº 1.- MEMORIA Y ANEJOS

1.1. MEMORIA

1.2 ANEJOS A LA MEMORIA

- PLIEGO DE NECESIDADES
- ESTUDIO GEOTÉCNICO
- ESTUDIO DE SOLUCIONES
- CÁLCULO ESTRUCTURAL.
- GESTIÓN DE RESIDUOS
- CONTROL DE CALIDAD
- PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS
- PROGRAMA DE TRABAJOS.

DOCUMENTO Nº 2.- PLANOS

- SITUACIÓN
- EMPLAZAMIENTO
- TOPOGRAFÍA Y REPLANTEO
- CIMENTACIÓN
- ESTRUCTURA
- CUBIERTA Y CERRAMIENTOS

DOCUMENTO Nº 3.- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

DOCUMENTO Nº 4.- PRESUPUESTO

- MEDICIONES.
- CUADRO DE DESCOMPUESTOS
- CUADRO DE PRECIOS Nº1
- CUADRO DE PRECIOS Nº2
- PRESUPUESTO.
- RESUMEN DE PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº 5.- ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD



2. MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1. Objeto del Proyecto de Construcción

El objeto del presente proyecto de Construcción es la descripción técnica y la valoración económica necesaria para la ejecución de la obra comprendida con el título de "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE NAVE INDUSTRIAL PARA ALMACÉN DE MOTORES AL NOROESTE DE LA PLANTA DE FABRICACIÓN DE FORD ESPAÑA EN ALMUSSAFES (VALENCIA)".

2.2. Agentes

2.2.1 Promotor

El presente proyecto de construcción 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 ampliar la zona de almacenamiento de nuevos motores fabricados en la Factoría de Ford España en Almussafes (Valencia) se realiza el actual proyecto de Construcción para la ejecución de la obra civil de una nave industrial.

Para ello se ha previsto la ejecución de una nave al oeste del edificio de motores en las instalaciones de Ford España, S.L. en Almussafes.

La zona está calificada como industrial, dentro de la factoría Ford, según el P.G.O.U. de Almussafes, ya dotada con las condiciones exigidas por la normativa, por lo que se ajusta a la misma. La nueva nave del mismo modo se ajusta a las condiciones del "PLA PARCIAL ÀREA INDUSTRIAL ALMUSSAFES".

2.3.2 Objeto y alcance del proyecto

El objeto del presente proyecto de construcción es la descripción técnica y la valoración económica necesaria para la ejecución de la obra comprendida con el título de "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE NAVE INDUSTRIAL PARA ALMACÉN DE MOTORES AL NOROESTE DE LA PLANTA DE FABRICACIÓN 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 8.932 habitantes censados en 2018. 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 Almusafes 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 Almusafes 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 Almusafes cuenta con una superficie de 10,77 km².

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.

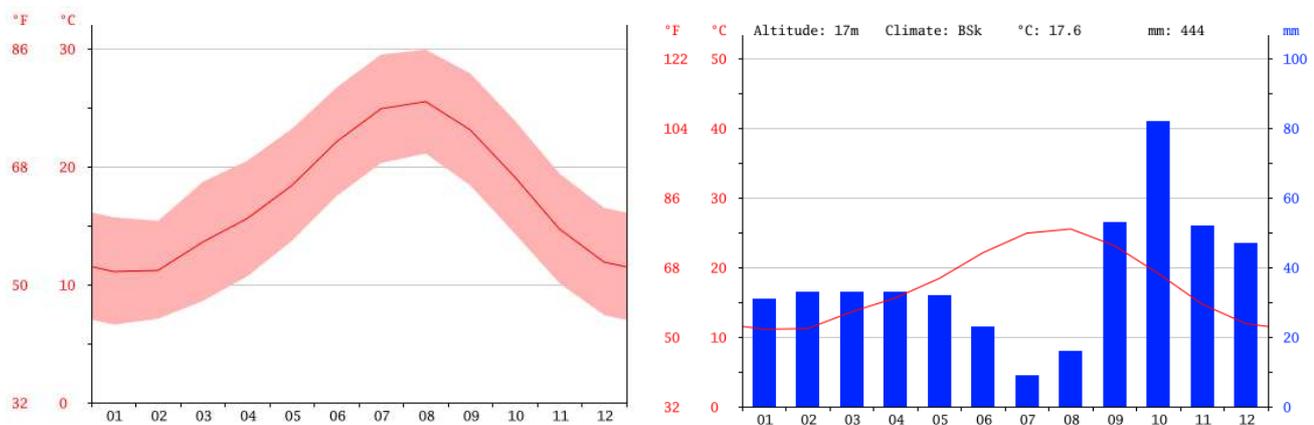


Figura 2: Diagrama de temperatura y climograma en la localidad de Almussafes

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 MOTORES, de la Factoría de Ford España en Almussafes (Valencia) teniendo una disposición aislada como se puede ver en la figura adjunta del plano general:

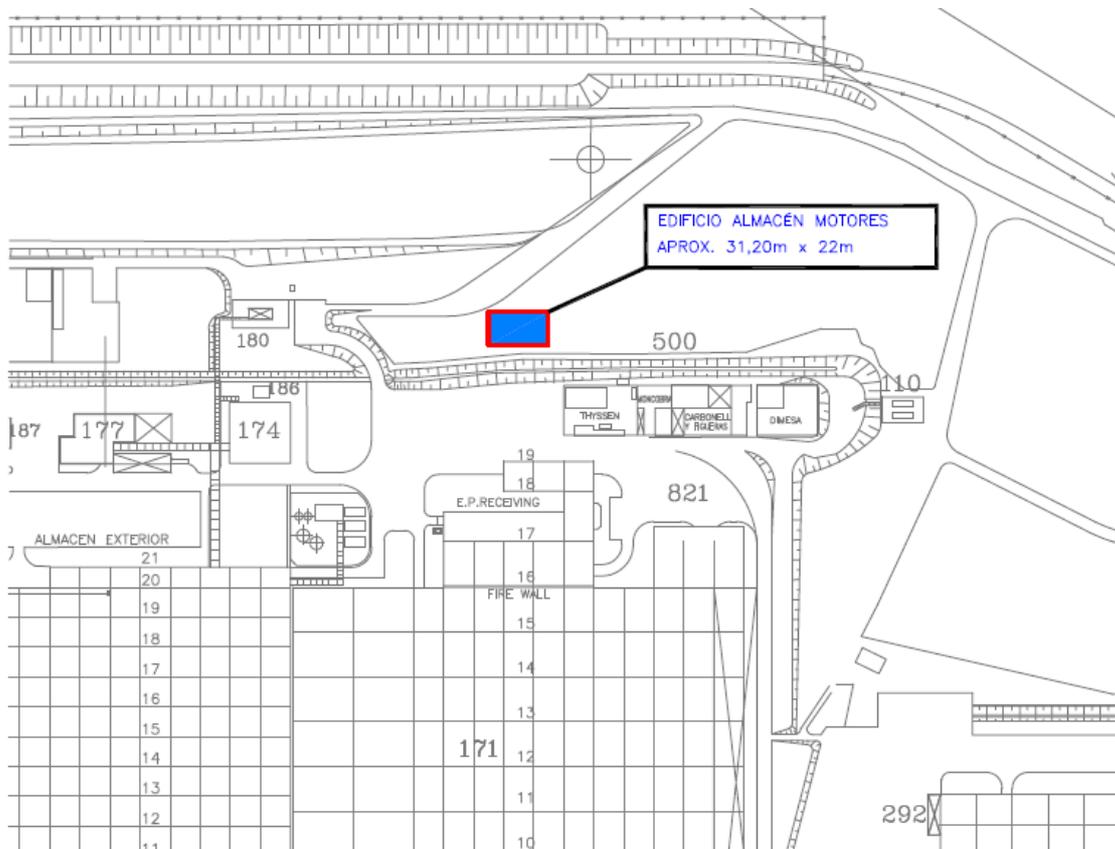


Figura 3: Situación nueva nave almacén de motores en Ford España

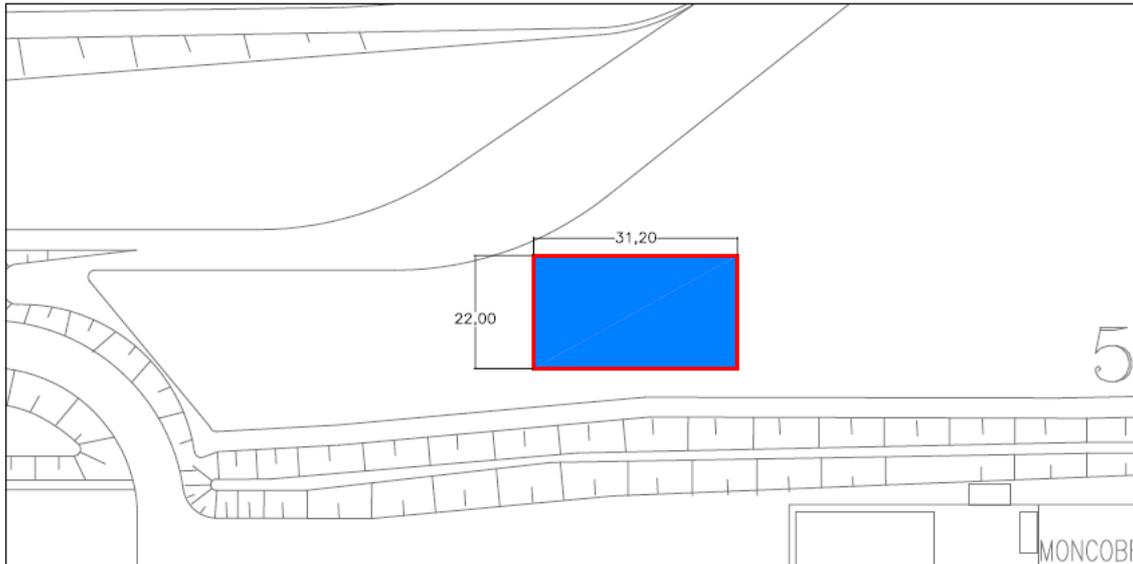


Figura 4: Emplazamiento de la nave

El uso de la nave será la de almacén. Esta tendrá 22 metros de largo por 31,2 metros de ancho y alojará dos habitáculos independientes separados por cerramiento de chapa (de 14,5 y 16,7 metros de ancho), con dos cubiertas adosadas a dos aguas de 6,25 y 6,15 metros de altura.

Las necesidades de la nave son:

- Nave para almacén.
- Dimensiones 22x31,2 metros de planta con dos habitáculos y accesos independientes, con una altura libre de aproximadamente 5,40 metros.
- Dos cubiertas adosadas a dos aguas.
- No se requieren sobrecargas de uso adicionales, ni en cubierta ni en los pórticos, donde no se debe colgar ni colocar cargas (a excepción de iluminación e instalación contra incendios interiores).
- Una zona trasera en la nave con cerramiento translúcido para iluminación natural interior.

También se prevé el acceso de camiones y maquinaria dejándose para ello dos puertas correderas de 4 m x 4 m, una para cada habitáculo.

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

2.4.2 Justificación de necesidades

La idea es que los equipos que se van a albergar en la nueva nave ocupen 19 metros de largo, 10 metros de ancho en un habitáculo y 12 metros de ancho en el otro y 5 metros de alto en ambos.

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:

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

Tabla 1: Resumen pesos variables

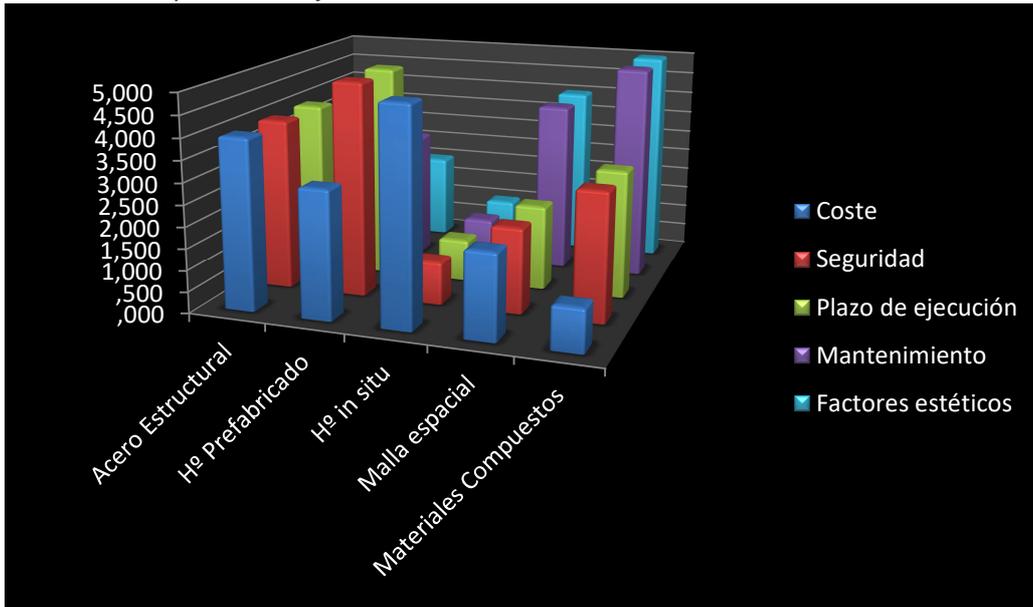
$$\text{Valoración} = 0.5 * PEM + 0.20 * SEG + 0.15 * RAP + 0.1 * MANT + 0.05 * EST$$

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:

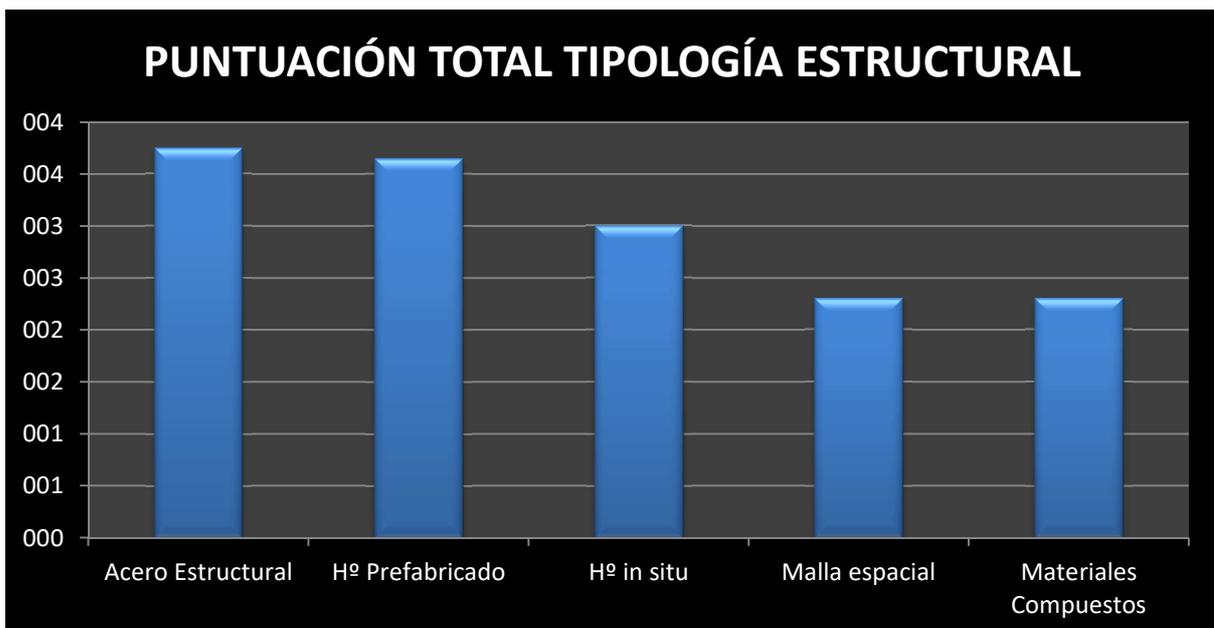
VARIABLE	PESO	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL				
		Acero Estructural	Hº Prefabricado	Hº in situ	Malla espacial	Materiales Compuestos
Coste	50%	4,00	3,00	5,00	2,00	1,00
Seguridad	20%	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00
Plazo de ejecución	15%	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00
Mantenimiento	10%	2,00	3,00	1,00	4,00	5,00
Factores estéticos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

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, la mejor opción es la de acero estructural puesto que es la que ha obtenido mejor puntuación en la comparativa y se pasará a analizar en el 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 cuando 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 rígidos*
- *Tipología 2: Nave Industrial de Pórticos tipo celosía.*
- *Tipología 3: Nave Industrial con Pórticos rígidos con cartelas*

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.

En primer lugar se fijan 4 vanos y una separación entre pórticos de 5,50 metros, es decir, 5 pórticos para alcanzar los 22 metros totales.

Utilizando este programa modelamos 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 1 mm: 10 kg/m^2



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

- Sobrecargas:

Sobrecarga de uso para cubierta ligera sobre correas, accesible sólo para conservación: $0,40 \text{ KN/m}^2 = 40 \text{ kg/m}^2$.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁸⁾	1

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

De esta manera, se crea el pórtico tipo siguiente

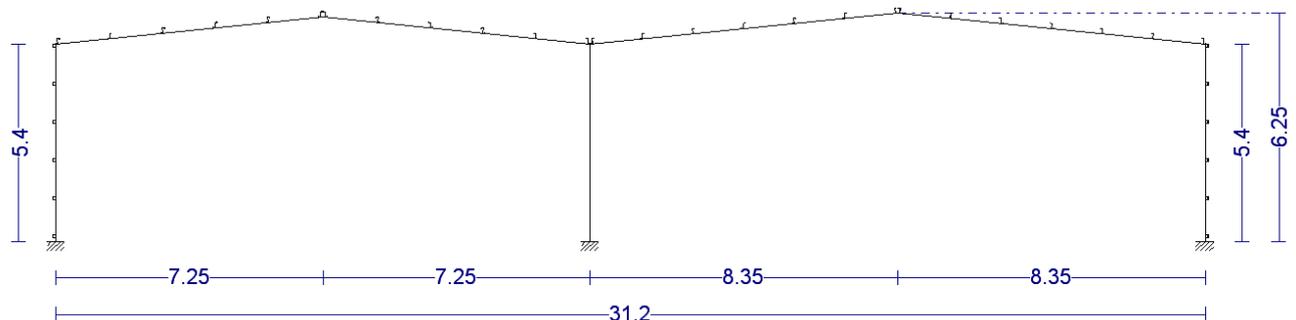


Figura 6: Pórtico tipo

A continuación se dimensionaran 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 1,50 metros. Límite de flecha $L/300$ y dos vanos
- Correas de fachada: Se ha supuesto una separación de correas de 1 metro. Límite de flecha $L/150$ y un vano.

En ambos casos se impuso tipo de fijación rígida.

Así mismo, para las correas de cubierta se exigió al programa un tipo de perfil Z, separación de correas de 1,5 metros y tipo de acero S235, dando como resultado un **ZF-120X3.0**.

Para las correas de fachada se exigió al programa un tipo de tubo hueco cuadrado, separación de correas de 1 metro y tipo de acero S275, dando como resultado un **#80x4**.

A continuación se han exportado el pórtico del generador de pórticos al Cype 3D para dimensionar los pilares y dinteles que conforman el pórtico imponiendo todos los nudos rígidos para cada uno de los 3 casos.

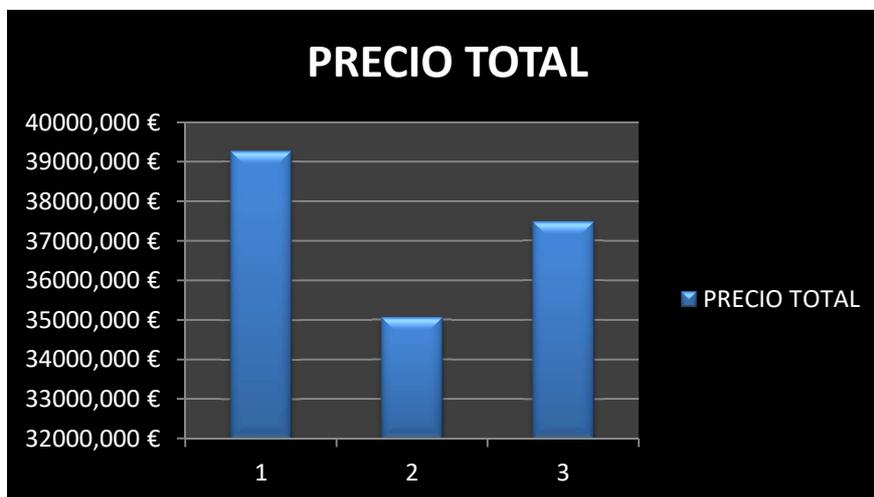
A la hora de realizar la exportación desde el generador de pórticos se ha considerado pórtico intraslacional en la dirección del pórtico y translacional en la dirección perpendicular asegurando el desplazamiento nulo en esta dirección.

Una vez se han dimensionado y calculado las tres tipologías descritas para un pórtico tipo con las dimensiones y acciones de nuestra nave industrial, procedemos a valorar y justificar cuál de ellas es más conveniente proyectar basándonos en principio únicamente en el criterio económico.

La tabla y gráficas siguientes recogen para cada tipología descrita el criterio económico para ver si se puede descartar alguna a priori.

TIPOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		PRECIO TOTAL
		MEDICIÓN	IMPORTE	MEDICIÓN	IMPORTE	
1	PÓRTICO RÍGIDO	17.864,12 Kg	32.225,92 €	52,29 m3	7.050,45 €	39.276,37 €
2	PÓRTICO DE CELOSÍA	14.968,12 Kg	27.973,27 €	52,56 m3	7.085,80 €	35.059,07 €
3	PÓRTICO RÍGIDO CON CARTELAS	16.698,12 Kg	30.130,12 €	54,58 m3	7.349,90 €	37.480,02 €

Tabla 4: Resumen 3 tipologías de pórticos



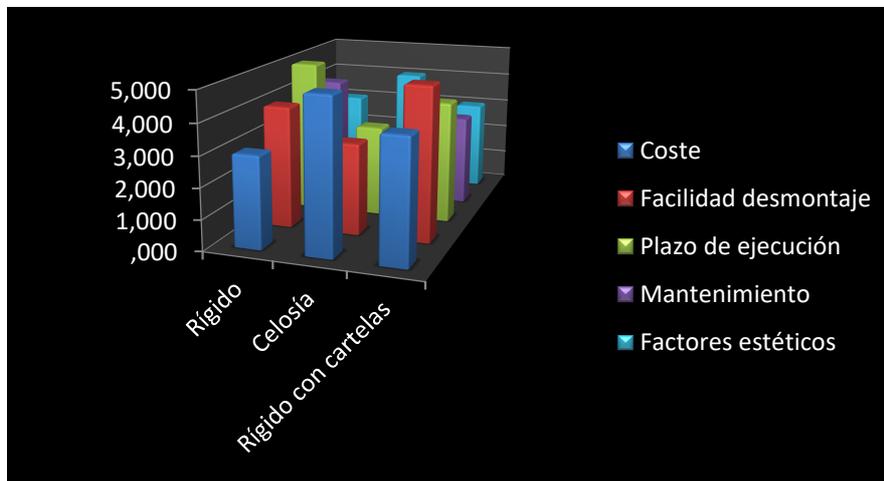
Gráfica 3: Comparativa por precio TOTAL de las 3 soluciones

Puesto que la diferencia económica entre las 3 tipologías es del 10,75% y del 4,60% y no son cuantitativamente importantes como para descartar alguna alternativa, procedemos a valorar y justificar cuál de ellas es más conveniente proyectar basándonos principalmente en otros aspectos como facilidad de desmontaje, ejecución, transporte y otros criterios funcionales, asignándole una serie de pesos.

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

VARIABLE	PESO	COMPARACIÓN TIPOLOGÍA DE PÓRTICO			
		Rígido	Celosía	Rígido con cartelas	
Coste	50%	Precio	39.276,37 €	35.059,07 €	37.480,02 €
		Puntuación	3,00	5,00	4,00
Facilidad desmontaje	20%	4,00	3,00	5,00	
Plazo de ejecución	15%	5,00	3,00	4,00	
Mantenimiento	10%	4,00	2,00	3,00	
Factores estéticos	5%	3,00	4,00	3,00	
TOTAL	100%	3,60	3,95	4,05	

Tabla 5: Resumen de puntuación por tipología de pórtico



Gráfica 4: Comparativa por variables y tipología de pórtico



Gráfica 5: Comparativa total puntuación por tipología de pórtico

Puesto que como se puede observar de las tres alternativas estudiadas, la de mayor puntuación es la de pórtico rígido con cartelas, a continuación se analizará la solución de pórtico rígido con cartelas modificando la separación de pórticos y la separación de correas tanto en fachada como en cubierta.

Soluciones estructura pórtico rígido con cartelas

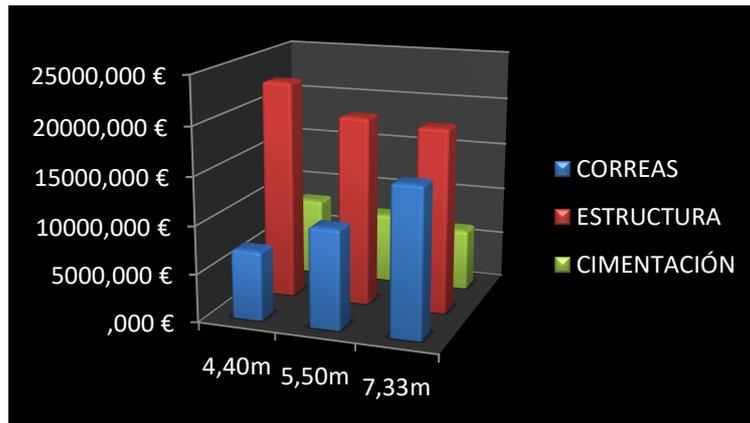
Puesto que la solución más económica para una modulación entre pórticos de 5,50 metros (4 vanos) sale la alternativa de pórticos rígidos con cartelas en los extremos, a continuación se analizará la misma estructura para una modulación entre pórticos de:

- 7,33 metros (3 vanos)
- 4,40 metros (5 vanos)
- 5,50 metros (4 vanos)

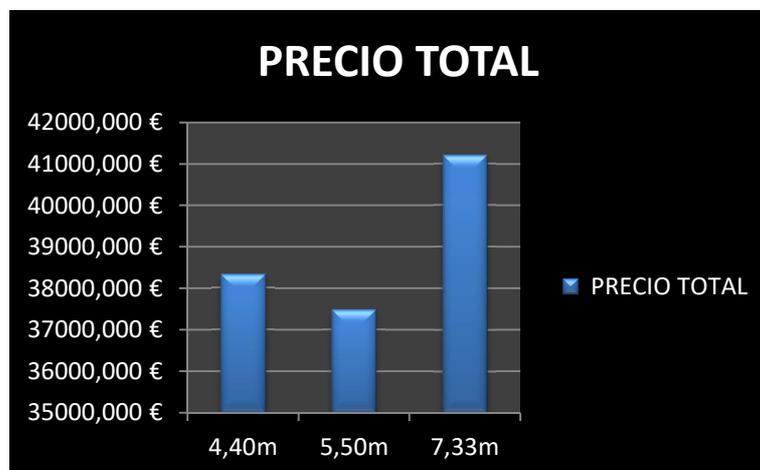
Las tablas y gráficas siguientes recogen para cada separación entre pórticos los resultados obtenidos con el fin de valorar y elegir la más óptima.

MODULACIÓN PÓRTICOS	NÚMERO DE VANOS	NÚMERO DE PÓRTICOS	CORREAS		ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		PRECIO TOTAL
			MEDICIÓN	IMPORTE	MEDICIÓN	IMPORTE	MEDICIÓN	IMPORTE	
4,40m	5	6	4.020,72 Kg	7.237,30 €	12.673,26 Kg	22.873,14 €	62,22 m ³	8.220,48 €	38.330,92 €
5,50m	4	5	5.774,12 Kg	10.393,42 €	10.924,00 Kg	19.736,70 €	54,58 m ³	7.349,90 €	37.480,02 €
7,33m	3	4	8.622,24 Kg	15.520,03 €	10.624,43 Kg	19.233,13 €	48,84 m ³	6.453,59 €	41.206,75 €

Tabla 6: Resumen distintas separaciones de pórticos



Gráfica 6: Comparativa por precio de las 3 separaciones de pórticos, de correas, cimentación y estructura



Gráfica 7: Comparativa precio total de las 3 separaciones de pórtico

Como se puede observar de las tres separaciones entre pórticos estudiadas la más económica es la de **separación de pórticos de 5,50 metros** y por tanto 4 vanos, es decir, 5 pórticos. Dicha solución tiene una reducción del 2,06 % respecto de la de separación de 4,40 metros y del 9,04 % respecto de la separación de 7,33 metros. Por lo tanto, es la solución que en el anejo correspondiente de cálculo de la estructura se pasará a analizar.

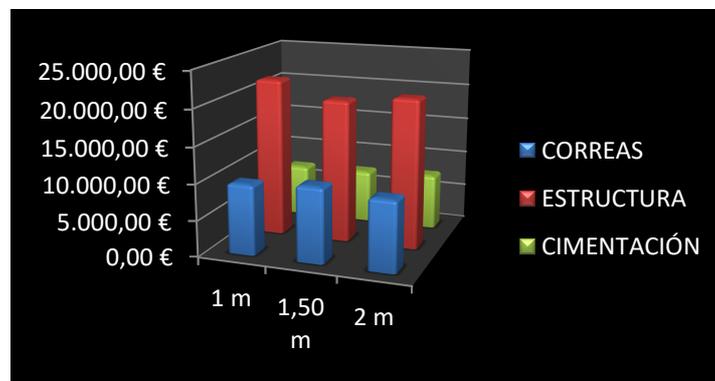
A continuación se analizará la misma estructura para una modulación entre correas de cubierta de:

- 1 metro
- 1,50 metros
- 2 metros

Las tablas y gráficas siguientes recogen para cada separación entre correas descrita todos estos resultados obtenidos con el fin de valorar y elegir la más óptima.

MODULACIÓN CORREAS CUBIERTA	CORREAS		ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		PRECIO TOTAL
	MEDICIÓN	IMPORTE	MEDICIÓN	IMPORTE	MEDICIÓN	IMPORTE	
1 m	5.412,00 Kg	9.741,60 €	12.150,97 Kg	21.963,94 €	54,51 m3	7.194,81 €	38.900,35 €
1,50 m	5.774,12 Kg	10.393,42 €	10.924,00 Kg	19.736,70 €	54,58 m3	7.349,90 €	37.480,02 €
2 m	5.414,64 Kg	9.746,35 €	11.435,91 Kg	20.659,22 €	58,09 m3	7.683,18 €	38.088,75 €

Tabla 7: Resumen distintas separaciones de correas de cubierta



Gráfica 8: Comparativa por precio de las 3 separaciones de correas de cubierta



Gráfica 9: Comparativa precio total de las 3 separaciones de correas de cubierta



Como se puede observar de las tres separaciones entre correas de cubierta estudiadas la más económica es la de **separación de correas cubierta a 1,50 metros**. Dicha solución tiene una reducción del 1,56 % respecto de la de separación de 2 metros y del 3,65 % respecto de la separación de 1 metro. Por lo tanto, es la solución que en el anejo correspondiente de cálculo de la estructura se pasará a analizar.

La solución final es: ***Pórticos rígidos con cartelas separados a 5,50 metros, con correas en cubierta a 1,5 metros y correas en fachada a 1 metro***

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

La nave tiene una superficie de 686 m², con una longitud de 22 metros por 31,2 metros de ancho y alojará dos habitáculos independientes separados por cerramiento de chapa (de 14,5 y 16,7 metros de ancho), con dos cubreras adosadas a dos aguas de 6,25 de altura.

Los pórticos son rígidos empotrados en el terreno formados por perfiles de los pilares HEB y como dinteles IPE acartelados en los extremos. Para los hastiales los pilares a disponer para colocar el cerramiento son perfiles tubulares.

Correas de cubierta ZF-120x3.0 apoyadas en longitudes de dos vanos sobre los pórticos.

Correas de fachada #80x4 apoyadas en longitudes de un vanos sobre los pórticos.

Pilares de fachada con SHS 200x100x5 anclados a su cimentación.

Perfiles #100x100x3 uniendo las cabezas de pilar.

Cables de sección ϕ 10 y 12 mm formando cruces de arrostramiento en los pórticos extremos, arriostrando la nave frente a cargas horizontales en sentido longitudinal.

Empotramiento materializado mediante anclaje con placas base soldadas y atornilladas a esperas embebidas en zapatas de hormigón armado.

Una vez finalizada la estructura queda una altura útil de trabajo de 5,4 m. Todos los perfiles serán de acero estructural S275 con tratamiento a base de imprimación y pintura de acabado, libre de plomo, para la protección de la estructura.

En cuanto a las cimentaciones se realizan mediante zapatas superficiales de hormigón armado HA-25 con un canto entre 0,5 y 0,6 metros, con la disposición y medidas indicadas en el documento nº 2 planos.

Tanto la cubierta como los cerramientos laterales se realizan mediante chapa grecada de acero galvanizado de 1 mm de espesor. A la cubierta de cada uno de los pórticos se le dota de una pendiente a un agua con una inclinación de un 14% aproximadamente, colocando bajantes junto a los pilares del lado vertiente que se conectan a la red de pluviales existentes.

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.

Peso propio de cerramiento

Peso propio de chapa grecada de 1 mm de espesor: $G_1=10 \text{ kg/m}^2=0,1 \text{ KN/m}^2$

3.1.2 Cargas variables

Sobrecarga de Uso

Sobrecarga de uso para cubierta ligera sobre correas, accesible sólo para conservación: $0,40 \text{ KN/m}^2=40 \text{ kg/m}^2$.

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:

$$q_e=q_b * C_e * C_p$$

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, Acción del viento, en su apartado D.1, epígrafe 4 en función del emplazamiento geográfico de la obra. Según éste, el valor de la presión dinámica es de **$0,42 \text{ kN/m}^2$** para la zona A de dicho mapa que corresponde con nuestra zona de actuación.
- 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 el artículo 3.3.3 del CTE-DB-SE-AE.

En nuestro caso interpolando tomamos un valor de $C_e=1,475$

Por tanto, nos queda un valor de $q_e=0,42*1,475*C_p=0,62*C_p$

- 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 y son las siguientes:

1. $V(0^\circ)$ H1: Viento a 0° , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
2. $V(0^\circ)$ H2: Viento a 0° , presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
3. $V(90^\circ)$ H1: Viento a 90° , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
4. $V(180^\circ)$ H1: Viento a 180° , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
5. $V(180^\circ)$ H2: Viento a 180° , presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
6. $V(270^\circ)$ H1: Viento a 270° , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

Hipótesis 1: Presión del viento sobre la cara longitudinal de la estructura a barlovento con un valor de $C_p = 0,7$ produciendo una presión de valor $q_e = 0,62 * 0,7 = 0,434 \text{ KN/m}^2$. En la fachada a sotavento se producirá una succión de $0,62 * -0,3 = -0,186 \text{ KN/m}^2$, y sobre cubierta se producirá una succión de $0,62 * -0,6 = -0,372 \text{ KN/m}^2$ en las vertientes a barlovento, una succión de $0,62 * 0,6 = -0,372 \text{ KN/m}^2$ en la 1ª vertiente a sotavento y de $0,62 * -0,6 * 0,6 = -0,223 \text{ KN/m}^2$ en la 2ª 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 $C_p = 0,75$ produciendo una presión de valor $q_e = 0,62 * 0,75 = 0,465 \text{ KN/m}^2$. En la fachada a sotavento se producirá una succión de $0,62 * -0,3 = -0,186 \text{ KN/m}^2$. En este caso, sobre cubierta se producirá una succión de $0,62 * -0,6 = -0,372 \text{ KN/m}^2$ en la 1ª vertiente a sotavento, $0,62 * -0,6 * 0,6 = -0,223 \text{ KN/m}^2$ en la 2ª vertiente a sotavento, tensión cero en la 1ª vertiente a barlovento y una succión de $0,62 * -0,6 = -0,372 \text{ KN/m}^2$ en la 2ª vertiente a barlovento.

Hipótesis 3: En esta hipótesis el viento se mueve a 90° de la dirección de la hipótesis 1, y por tanto incidiendo en el pórtico frontal. La situación es Succión del viento sobre la cara longitudinal de la estructura a barlovento con un valor de $C_p = -0,33$ produciendo una succión de valor $q_e = 0,62 * -0,33 = -0,204 \text{ KN/m}^2$, la misma que en la fachada a sotavento. En este caso, sobre cubierta se producirán unan succiones de $0,62 * -2,1 = -1,301 \text{ KN/m}^2$ y $0,62 * -1,7 = -1,053 \text{ KN/m}^2$ en la 1ª y 2ª vertientes a barlovento y 1ª vertiente a sotavento y unas succiones de $0,62 * 0,6 * -2,1 = -0,781 \text{ KN/m}^2$ y $0,62 * 0,6 * -1,7 = -0,632 \text{ KN/m}^2$ en la 2ª vertiente a sotavento.

Hipótesis 4: 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 las fachadas que en 1 estaban a barlovento. La situación es Presión del viento sobre la cara

longitudinal de la estructura a barlovento con un valor de $C_p=0,7$, produciendo una presión de valor $q_e=0,62*0,7=0,434 \text{ KN/m}^2$. En la fachada a sotavento se producirá una succión de

$0,62*-0,3=-0,186 \text{ KN/m}^2$, y sobre cubierta se producirá una succión de $0,62*-0,6=-0,372 \text{ KN/m}^2$ en las vertientes a barlovento, una succión de $0,62*-0,6=-0,372 \text{ KN/m}^2$ en la 1ª vertiente a sotavento y de $0,62*-0,6*0,6=-0,223 \text{ KN/m}^2$ en la 2ª vertiente a sotavento.

Hipótesis 5: 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. En las fachadas, este caso coincide con la hipótesis 4. En este caso, sobre cubierta se producirá una succión de $0,62*-0,6=-0,372 \text{ KN/m}^2$ en la 1ª vertiente a sotavento, $0,62*-0,6*0,6=-0,223 \text{ KN/m}^2$ en la 2ª vertiente a sotavento, tensión cero en la 1ª vertiente a barlovento y unas succiones de $0,62*-1,7=-1,053 \text{ KN/m}^2$ y $0,62*-0,6=-0,372 \text{ KN/m}^2$ en la 2ª vertiente a barlovento.

Hipótesis 6: En esta hipótesis el viento se mueve a 270° de la dirección de la hipótesis 1, y por tanto incidiendo en el pórtico dorsal. La situación es Presión del viento sobre la cara longitudinal de la estructura a barlovento con un valor de $C_p = 0,72$ produciendo una presión de valor $q_e=0,62*0,72=0,446 \text{ KN/m}^2$, la misma que en la fachada a sotavento. En este caso, sobre cubierta se producirán unas succiones de $0,62*-2,1=-1,301 \text{ KN/m}^2$ y $0,62*-1,7=-1,053 \text{ KN/m}^2$ en la 1ª y 2ª vertientes a barlovento y 1ª vertiente a sotavento y unas succiones de $0,62*0,6*-2,1=-0,781 \text{ KN/m}^2$ y $0,62*0,6*-1,7=-0,632 \text{ KN/m}^2$ en la 2ª vertiente a sotavento.

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

HIPÓTESIS	α		FACHADA					CUBIERTA										
			FRONTAL			LATERAL		BARLOVENTO 1			SOTAVENTO 1		BARLOVENTO 2			SOTAVENTO 2		
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	F	G	H	I	J	
1 y 4	0º-180º	ANCHO	-	-	-	6,25	6,25	1,25	1,25	6,00	6,00	1,25	1,25	1,25	1,25	7,10	7,10	1,25
		LARGO	-	-	-	22,00	22,00	3,12	15,75	22,00	22,00	22,00	3,12	15,75	22,00	22,00	22,00	
		AREA	6,83	65,90	108,3	137,5	137,5	3,91	19,69	132,0	132,0	27,50	3,91	19,69	156,2	156,2	27,50	
		C_p	-1,26	-0,80	-0,50	0,70	-0,30	-1,70	-1,20	-0,60	-0,60	0,20	-1,70	-1,20	-0,60	-0,36	0,12	
		$q_e=0,62*C_p$ (KN/m2)	-0,78	-0,49	-0,31	0,43	-0,18	-1,05	-0,74	-0,37	-0,37	0,124	-1,05	-0,74	-0,37	-0,22	0,07	
2 y 5	0º-180º	ANCHO	-	-	-	6,25	6,25	1,25	1,25	6,00	6,00	1,25	1,25	1,25	-0,63	-0,63	1,25	
		LARGO	-	-	-	22,00	22,00	3,12	15,75	22,00	22,00	22,00	3,12	15,75	22,00	22,00	22,00	
		AREA	6,83	65,90	108,3	137,5	137,5	3,91	19,69	132,0	132,0	27,50	3,91	19,69	-13,7	-13,7	27,50	
		C_p	-1,26	-0,80	-0,50	0,70	-0,30	0,00	0,00	0,00	-0,60	-0,60	-1,70	-1,20	-0,60	-0,36	-0,36	
		$q_e=0,62*C_p$ (KN/m2)	-0,78	-0,49	-0,31	0,43	-0,18	0,00	0,00	0,00	-0,37	-0,37	-1,05	-0,74	-0,37	-0,22	-0,22	
3 y 6	90º-270º	ANCHO	1,25	10,95	9,50	-	-	1,25	1,25	7,25	7,25	-	1,25	1,25	7,25	7,25	-	
		ALTO	6,25	6,25	6,25	-	-	3,12	3,12	13,50	13,50	-	3,12	3,13	12,40	12,40	-	
		AREA	7,81	68,44	59,38	181,0	181,0	3,91	3,91	97,88	97,88	-	3,91	3,91	89,90	89,90	-	
		C_p	-1,26	-0,80	-0,50	0,72	-0,33	-2,10	-1,70	-0,70	-0,60	-	-2,10	-1,70	-0,70	-0,36	-	
		$q_e=0,62*C_p$ (KN/m2)	-0,78	-0,49	-0,31	0,44	-0,20	-1,30	-1,05	-0,43	-0,37	-	-1,30	-1,05	-0,43	-0,22	-	

Tabla 8: 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:

- μ coeficiente de forma de la cubierta

En un faldón limitado inferiormente por cornisas o limatesas, y en el que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve, el coeficiente de forma tiene el valor de 1 para cubiertas con inclinación menor o igual que 30° .

- s_k el valor característico de la carga de nieve sobre un 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	-	-	-	-	-

Tabla 9: Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (KN/m²). Fuente: CTE DB-SE-AE

Los ángulos de las 2 cubiertas son:

$$\alpha_1 = \text{inv tg}(0,85/7,25) = 6,69^\circ$$

$$\alpha_2 = \text{inv tg}(0,85/8,35) = 5,81^\circ$$

Por tanto el valor característico de carga de nieve tomando $s_k = 0,215$ y $\alpha = 5,81^\circ$ que es más desfavorable vale: $q_n = \mu \cdot s_k = 0,215 \cdot 1 \cdot \cos 5,81 = 0,214 \text{ KN/m}^2$

3.1.3 Sismo

Dado que los edificios objeto del proyecto cumplen las siguientes condiciones:

1. Es de importancia moderada
2. La aceleración sísmica, de cálculo, es igual o inferior a $0,08g$
3. La estructura está formada por pórticos bien trabados en todas direcciones
4. El número de plantas es igual o inferior a 7



No es obligatoria la aplicación de la normativa sismorresistente (Art. 1.2.3 de la NCSE- 02). En base a esto se ha optado por no considerar la acción sísmica.

3.2. Sustentación del edificio

La zona donde se va a realizar la obra es en el recinto de la factoría Ford España en Almussafes, Valencia. Los proyectos que se realizan en el emplazamiento de la obra dentro de la factoría, por la gran experiencia acumulada durante años en los edificios adyacentes, admiten una tensión admisible del terreno de 0,2 MPa, asimilable a una arena semidensa.

Además en la zona de la obra, para la realización de la solera se llevaron a cabo trabajos de mejora del terreno con nivelación y compactación del mismo, colocando además una capa de zahorra que también se compactó al 95% del próctor modificado, y sobre la que se ejecutó la solera existente. Por este motivo se considera apta como tensión admisible de proyecto la de 0,2 MPa.

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 o de 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

Para la realización de este proyecto, no se dispone de estudio geotécnico específico en la zona de implantación. Se cuenta con ensayos realizados para la ejecución de naves cercanas por parte de Ford. Se recomienda la realización de ensayos de reconocimiento en la zona de implantación de las presentes naves, antes del comienzo de la ejecución de las mismas, al objeto de ratificar las suposiciones realizadas en este proyecto.



En concreto se cuenta con el reconocimiento del suelo realizado mediante varios sondeos en el lugar de implantación de una nave en el interior de las instalaciones que la empresa FORD España, S.L., tiene en el Parque Empresarial Juan Carlos I, en término municipal de Almussafes (Valencia).

El objeto de la investigación planteada, era reconocer las características resistentes y de deformación del subsuelo, al objeto de establecer recomendaciones sobre solución óptima de cimentación, profundidad de cimentación, capacidad portante, previsión de asentos, excavaciones, etc.; es decir, todos aquellos aspectos de interés para las obras a realizar, desde un punto de vista geotécnico. Todo el desarrollo del mismo se expone en el anejo geotécnico.

A la vista de los resultados obtenidos en el sondeo realizado, y después de analizarlos en base a las obras previstas, se ha establecido una serie de condicionantes y conclusiones que se exponen a continuación.

NATURALEZA DEL SUBSUELO

Basándonos en los sondeos realizados en una zona cercana, podemos establecer los siguientes niveles diferenciados:

1. Asfalto y subbase que, en el lugar de realización del sondeo, llegaba hasta 50 cm. De profundidad.
2. Rellenos antrópicos de naturaleza variable. De 0,5 a 4 m de profundidad. En general predominan los suelos arcillo-arenosos con presencia de gravas y cantos de tamaño variable y, son consecuencia de los trabajos de relleno de la parcela, realizados en su día para alcanzar el nivel de los viales de la factoría, ejecutados previamente.
La compactación puede considerarse de tipo medio a medio-flojo.
Se dispone de dos ensayos S.P.T. en este estrato.
3. Tierra vegetal. De 4 a 4,20 m de profundidad.
4. Arcillas. De 4,20 a 16,10 m. Estrato de arcillas con nódulos carbonatados, de consistencia media en la parte superior, incrementándose ésta a partir de 11,20 m de profundidad.
5. Arcillas. A partir de 16,10 m. Arcillas muy consistentes.

Conclusiones cimentación

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.



EXCAVACIONES Y NIVEL FREÁTICO

Las excavaciones a realizar para ejecutar las cimentaciones previstas, entendemos que no plantearán problemas significativos de estabilidad de los taludes verticales, al menos a corto plazo, por lo que no es de prever la adopción de medidas complementarias de entibación.

El nivel freático, en las condiciones actuales, se sitúa a 6,50 m. y por tanto, para ejecutar la obra no será una afección.

CÁLCULO DE ASIENTOS

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 seísmo.

Como materiales para la cimentación se han escogido un hormigón HA-25/B/30/I/a 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 CYPE 3D.

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, seis hipótesis de viento y tres hipótesis de nieve.

Verificaciones

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.

Dimensionamiento

Las dimensiones de la zapata se seleccionan para que las tensiones máximas transmitidas al terreno, para las combinaciones de acciones más desfavorables estén por debajo de un porcentaje establecido de la tensión admisible del terreno. (25%, 33%, y 50% para combinaciones con cargas gravitatorias, viento y sismo respectivamente).

Para el dimensionamiento de las secciones de hormigón se emplea el diagrama de cálculo tensión-deformación del acero, de acuerdo con la Instrucción EHE. Los coeficientes de ponderación de los materiales, son de $\gamma_c = 1,50$ para el hormigón y de $\gamma_s = 1,15$ para el acero.

Se han dimensionado tres tipos de cimentaciones, un primer grupo para los pilares extremos de los pórticos de fachada, otro para los pilares centrales de los pórticos de fachada y por último para los pilares de los pórticos intermedios.

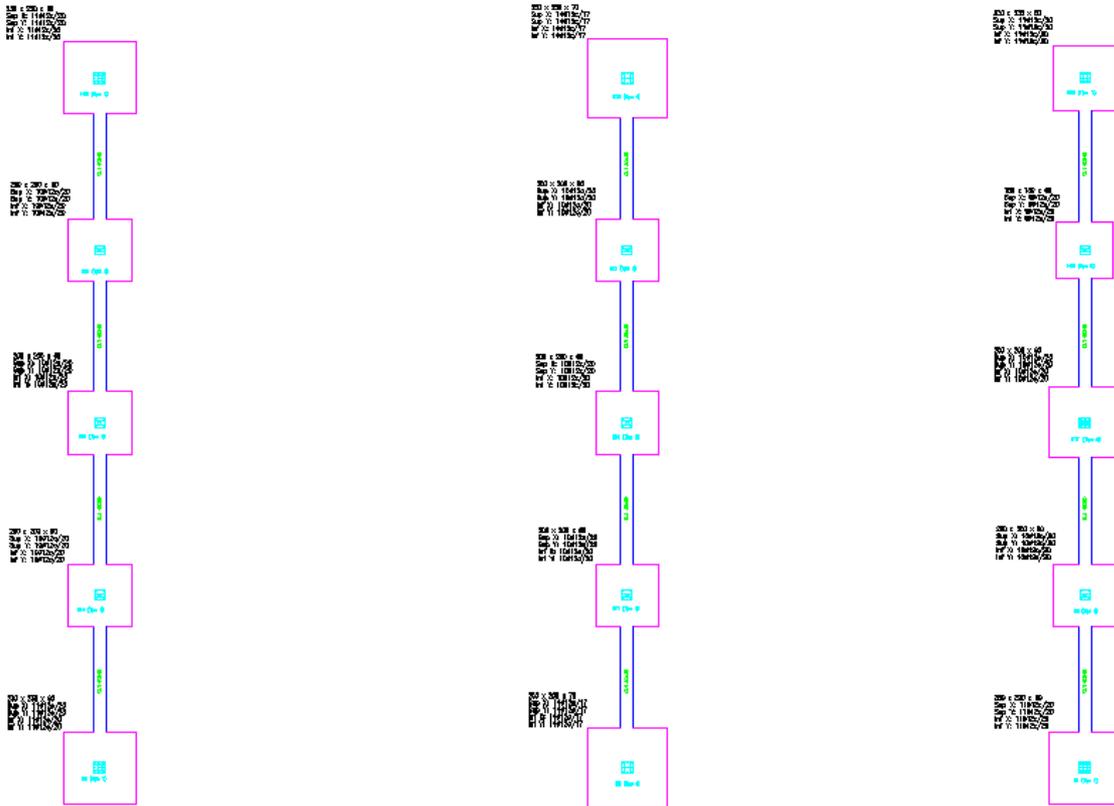


Figura 7: Dimensiones zapatas y vigas de atado

3.3.2 Acero estructural

La seguridad de los elementos estructurales se comprobará para verificar los estados límite en cada situación proyecto (persistente, transitoria, accidental, etc.) bajo la cual la estructura puede ser expuesta a lo largo de su vida útil de 50 años, siguiendo método de los coeficientes parciales. Los estados límite considerados en el diseño estructural son:

- Estados límite últimos (E.L.U.) que se refiere a la seguridad de las personas y la estructura. Se verifican los E.L.U. de pérdida de equilibrio y fallo por resistencia estructural.
- Estado Límite de Servicio (E.L.S.) que se refiere al funcionamiento de la estructura, personas y la apariencia de la construcción. Se verificarán los ELS de deformaciones y vibraciones.

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 γ ($\gamma=1$).

El análisis estructural se llevará a cabo de acuerdo con las siguientes normativas:

- CTE-SE (Código Técnico de la Edificación, Seguridad Estructural)
- NCSE-02 (Norma de Construcción Sismorresistente)

- EHE-08 (Instrucción de Hormigón Estructural)
- UNE EN 1994 (Eurocódigo 4 - Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón)
- EAE 2011 (Instrucción de Acero Estructural)
- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales: REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre.

Los aceros a emplear en estructura portante serán S275.

Después del cálculo con el programa CYPE 3D, 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 (EAE)	HEB	HE 160 B	16.200	81.000	540.806	0.088	0.312	1.899	690.53	2452.26		
			HE 180 B	10.800			0.071			553.61			
			HE 100 B	43.200			0.112			881.71			
			HE 120 B	5.400			0.018			144.13			
			HE 140 B	5.400			0.023			182.28			
		IPE	IPE 240, Simple con cartelas	29.155	156.818		0.188			1069.95			
			IPE 270, Simple con cartelas	33.573			0.256			1416.91			
			IPE 330, Simple con cartelas	43.732			0.455			2571.57			
			IPE 360, Simple con cartelas	50.359			0.610			3367.98			
		Huecos cuadrados	#70x3	66.000	88.000		0.051			398.80			
			#60x2	11.000			0.005			38.85			
			#55x2	11.000			0.005			35.40			
		R	R 10	184.157	214.988		0.014			113.54			
			R 12	30.831			0.003			27.37			
													11492.63

Tabla 10: Resumen de medición estructura



Figura 8: Vista 3D Estructura

Para más detalles del cálculo, consultad el anejo nº4: Cálculo de la estructura.



3.4. Sistema envolvente

El almacén requiere un sistema envolvente con la capacidad suficiente para impedir la entrada de agua de lluvia y resistir las cargas de viento y nieve, así como evacuar las aguas hacia los canalones y bajantes.

Para ello se ejecutarán cubiertas a dos aguas con chapa simple y cerramientos de fachada, con la colocación de correas suficientes según el cálculo estructural. No se requiere por parte del promotor exigencias frente a la humedad o aislamiento acústico por las características del uso y del entorno.

Al tratarse de una nave de almacén, solo albergará las luminarias necesarias para dotar de luz artificial cuando se requiera. No se requieren otras instalaciones más que puntos de luz y enchufes para pequeña potencia, por lo que la eficiencia energética del edificio será muy elevada por la falta de necesidades de calefacción, refrigeración o elevada potencia eléctrica.

El cerramiento tanto para fachada como cubierta está compuesto por una chapa simple de acero grecada prelacada de 1 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 correderas de 4x4 metros y 2 puertas peatonales de 0,95x2,10 metros de chapa de acero.

3.5. Sistema de compartimentación

Se dispondrá de una partición interior formada por chapa grecada simple, que al igual que en el cerramiento de fachada se sustente gracias a correas sujetas a pilares. Esto permite el acceso independiente a ambos espacios.

3.6. Sistemas de acondicionamiento e instalaciones

Solo se requiere de una sencilla instalación eléctrica de iluminación y tomas de corriente, y de las correspondientes instalaciones contra incendios, para lo que se tendrá en cuenta el "Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales" (RSCIEI), tanto en sus requisitos, construcción como en su mantenimiento, control e inspección.

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).

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

Para el cálculo estructural se ha tenido en cuenta la EAE-2012 para la comprobación resistente de los elementos estructurales metálicos, tanto para su resistencia y estabilidad como para su aptitud al servicio.

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 nº7: Protección contra incendios
- 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-2006

4.2.1 Seguridad Estructural

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.

Para el cálculo estructural se ha tenido en cuenta la EAE-2012 para la comprobación resistente de los elementos estructurales metálicos, tanto para su resistencia y estabilidad como para su aptitud al servicio.

Se han considerado las acciones del DB SE-AE, como peso propio, uso, viento y nieve, mediante la aplicación del Software de cálculo CYPE-3D, que tiene implementadas las normativas vigentes. Con ello se comprueban las correas de cubierta y fachada, además de los elementos estructurales principales, así como las uniones, que son atornilladas.



Del mismo modo el software nos proporciona el cálculo de los cimientos, de aplicación tanto del CTE en su DB SE-C como de la EHE-08.

La nueva nave se compone de 5 pórticos dobles, con un pilar central coincidente con la partición interior, siendo 3 pórticos interiores y 2 testeros, iguales entre ellos. Se componen de pilares HEB con la inercia fuerte en el plano del pórtico.

Las vigas son simples de perfiles IPE 220 en exteriores e IPE 240 en los interiores de dinteles cortos e IPE 270 en dinteles largos, con inclinación hasta formar las cubiertas a dos aguas. Disponen de cartelas de rigidización en sus extremos.

Las correas de cubierta son perfiles de chapa conformada ZF-120x3.0, las de fachada son perfiles laminados cuadrados #80x4. Estas correas sirven para anclar la chapa simple grecada de acero de 0,6 mm de espesor y conformar la subestructura de fachada y cubierta. Se complementan con los perfiles necesarios para los marcos de las puertas.

La subestructura de fachada tiene pilares adicionales en cada pórtico testero, con perfiles #200x100x5 para la resistencia local del viento.

Todas las uniones son atornilladas, compatibilizando con soldadura en taller todos los elementos de chapa, rigidizadores, etc., que se requieran para poder materializarlas.

4.2.2 *Salubridad*

- Protección frente a la humedad: No se requiere.
- Recogida y evacuación de residuos: No se requiere.
- Calidad del aire interior: No se requiere.
- Suministro de agua: No se requiere.
- Evacuación de aguas: se ha considerado el DB HS Salubridad, Sección HS 5 Evacuación de aguas.

Se considera únicamente la evacuación de las aguas pluviales de cubierta, para lo que se colocarán sendos canalones en los laterales que recogen las aguas de las cubiertas a dos aguas, y a ellos se conectarán 6 bajantes en los extremos de la nave. Para su cumplimiento se consideran canalones de sección semicircular y bajantes de diámetro 125 mm, por lo que se está del lado de la seguridad en su capacidad de desagües según las tablas 4.7 y 4.8 del citado DB.

4.2.3 *Protección frente al ruido*

Al tratarse de un edificio de uso exclusivo industrial está exento de aplicación al considerarse recinto ruidoso.

4.2.4 *Ahorro de energía*

- Limitación del consumo energético: No es de aplicación.
- Limitación de la demanda energética: No es de aplicación.
- Eficiencia energética de las Instalaciones de Iluminación: No es de aplicación.
- Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria: No se requiere.



- Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica: No es de aplicación.

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

4.3. Cumplimiento normativa contraincendios

Al tratarse de un edificio industrial es de aplicación el “Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales” (RSCIEI). Su justificación puede verse en el anejo correspondiente

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.

4.3.1 Características de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación con relación a su entorno.

De acuerdo con lo establecido en el RSCIEI del 2004 (RD2264/2004), el establecimiento se considera de **tipo C**:

Tipo C: el establecimiento industrial que ocupa totalmente un edificio, o varios, y que está a una distancia mayor de 3 m del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

4.3.2 Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco.

Los establecimientos industriales se clasifican, según su grado de riesgo intrínseco, atendiendo a los criterios simplificados y según los procedimientos que se indican a continuación.

Los establecimientos industriales, en general, estarán constituidos por una o varias configuraciones de los tipos A, B, C, D y E. Cada una de estas configuraciones constituirá una o varias zonas (sectores o áreas de incendio) del establecimiento industrial.

Para los tipos A, B y C se considera "sector de incendio" el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

La nave constituye un sector de incendio cuyo riesgo intrínseco se evalúa calculando la siguiente expresión, que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de dicho sector:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ / m}^2\text{) o (Mcal / m}^2\text{)}$$

Con todo esto, nos queda una tabla como la siguiente:

Material	h _i	S _i	q _{vi}	C _i	R _a
Automóviles, almacén de accesorios	3,000	274,56	192	1	1,5
Cables	2,000	34,32	144	1	1,5
			Q_s	367,20	Mcal/m²

Tabla 11: Valor de densidad de carga de fuego (Q_s)

A continuación con el valor de $Q_s=367,20 \text{ Mcal/m}^2$ y según la tabla siguiente nos indica el nivel de riesgo intrínseco:

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
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 12: Nivel de riesgo Intrínseco

Por tanto, la actividad presenta un índice MEDIO- grado 4 de peligrosidad en cuanto a incendio se refiere, según la tabla 4 anterior.

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.

4.3.3 Superficie máxima por sector de incendio

Todo establecimiento industrial constituirá, al menos, un sector de incendio cuando adopte las configuraciones de tipo A, tipo B o tipo C.

La superficie máxima permitida para cada sector de incendio para un establecimiento tipo C de Riesgo Intrínseco 4, según la tabla 5 es de 4000 m^2

Riesgo intrínseco del sector de incendio	Configuración del establecimiento		
	TIPO A (m ²)	TIPO B (m ²)	TIPO C (m ²)
BAJO	(1)-(2)-(3)	(2) (3) (5)	(3) (4)
1	2000	6000	SIN LÍMITE
2	1000	4000	6000
MEDIO	(2)-(3)	(2) (3)	(3) (4)
3	500	3500	5000
4	400	3000	4000
5	300	2500	3500
ALTO		(3)	(3)(4)
6	NO ADMITIDO	2000	3000
7		1500	2500
8		NO ADMITIDO	2000

Tabla 13: Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio

4.3.4 Materiales

Productos de revestimientos

Los productos de revestimiento y acabado superficial deben ser:

En suelos: CFL-s1 (M2) o más favorable.

En paredes y techos: C-s3 d0(M2), o más favorable.

Los lucernarios que no sean continuos o instalaciones para eliminación de humo que se instalen en las cubiertas serán al menos de clase D-s2d0 (M3) o más favorable.

Los materiales de los lucernarios continuos en cubierta serán B-s1d0 (M1) o más favorable.

Los materiales de revestimiento exterior de fachadas serán C-s3d0 (M2) o más favorables.

Productos incluidos en paredes y cerramientos

Cuando un producto que constituya una capa contenida en un suelo, pared o techo sea de una clase más desfavorable que la exigida al revestimiento correspondiente, según el apartado anterior, la capa y su revestimiento, en su conjunto, serán, como mínimo, EI 30 (RF-30).

Otros productos

Los productos situados en el interior de falsos techos o suelos elevados, tanto los utilizados para aislamiento térmico y para acondicionamiento acústico como los que constituyan o revistan conductos de aire acondicionado o de ventilación, etc., deben ser de clase C-s3 d0 (M1) o más favorable. Los cables deberán ser no propagadores de incendio y con emisión de humo y opacidad reducida.

Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones o yesos, se considerarán de clase A 1 (M0).

4.3.5 Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes

La estabilidad al fuego de los elementos estructurales portantes será de acuerdo con la tabla 6 como mínimo EF-60.

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 14: 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 R6 y tratándose de una estructura metálica esto se consigue mediante una imprimación de la misma y luego una capa de pintura intumescente.

4.3.6 Evacuación de los establecimientos industriales.

Para la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales, se determinará su ocupación, P, deducida de las siguientes expresiones:

- $P = 1,10 p$, cuando $p < 100$.
- $P = 110 + 1,05 (p - 100)$, cuando $100 < p < 200$.
- $P = 215 + 1,03 (p - 200)$, cuando $200 < p < 500$.
- $P = 524 + 1,01 (p - 500)$, cuando $500 < p$.

Donde p representa el número de personas que ocupa el sector de incendio. Según el CTE-DB-SI la ocupación de la nave según el CTE es de 40 m²/persona

Los valores obtenidos para P, según las anteriores expresiones, se redondearán al entero inmediatamente superior.

De esta manera, en nuestro caso nos queda:

$$686,4 \text{ m}^2 / 40 \text{ m}^2/\text{persona} = 17,2 \text{ personas}$$

$$\text{Según el RSCIEI: } P = 1,10 p, \text{ cuando } p < 100 \rightarrow 17,2 \times 1,1 = 18,9 \rightarrow \mathbf{P = 19 \text{ personas}}$$

Según el RSCIEI puede disponerse de una única salida de evacuación. En el punto 6.4.5 se indica que se permiten como puertas de salida las deslizantes, o correderas, fácilmente operables manualmente.

Según el RSCIEI puede disponerse de una única salida de evacuación. Se permiten como puertas de salida las deslizantes, o correderas, fácilmente operables manualmente.

Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal con el rótulo "SALIDA".

Las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean fotoluminiscentes, sus características de emisión luminosa deben cumplir lo establecido en la norma UNE 23035-4:2003.

No se requiere de un sistema automático de detección de incendio, pero sí de un sistema manual de alarma de incendio, situando un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio, y además un extintor en cada una de estas salidas.

Se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.



Para más información, consultad anejo nº 7: Protección contra incendios

4.4. Seguridad de utilización y accesibilidad

Al tratarse de un edificio de uso exclusivo para actividad industrial se debe aplicar la reglamentación de seguridad industrial y de seguridad en el trabajo:

- Real Decreto 2267/2004
- REAL DECRETO 486/1997

Con ello la nave dispondrá de la iluminación adecuada. En cuanto a los servicios higiénicos, locales de descanso, material y primeros auxilios, la nave se encuentra en el complejo Ford de Contratas, donde está permitido el uso de estos que se encuentran por toda la factoría y junto a las nuevas instalaciones.

5. INSTALACIONES, REDES Y SUMINISTROS

Las redes tanto eléctrica, agua como saneamiento son propiedad de Ford y será entregada a las contratas para su aprovechamiento.

En el caso que nos ocupa la nave no requiere red de agua ni saneamiento, por lo que no es objeto del presente proyecto. Si en un futuro se requiere deberá definirse correctamente. Para el desagüe de las aguas pluviales de cubierta, estas serán recogidas por canalones y bajantes y desaguadas directamente hacia la acequia de evacuación de pluviales que Ford tiene junto a la nueva solera de contratas y que desagua en su red principal, por lo que tampoco es objeto de este proyecto, a excepción del canalón y bajantes de la cubierta.

En cuanto a la red eléctrica, como se ha dicho es propiedad de Ford y es esta la encargada de suministrarla hasta la zona. En este caso la nave es justamente para el almacenaje de material de Indalmec e Icemi dentro de la factoría, por lo que la instalación de iluminación deberá ser proyectada y ejecutada por la propiedad, en proyecto y obra independiente, por lo que tampoco es objeto del presente proyecto, que se ciñe a la estructura, cerramientos y cimentaciones.

6. DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS

6.1. 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

6.2. Demoliciones

Una vez replanteados los ejes de la estructura metálica, comienzan las labores de corte y demolición del firme existente de hormigón armado previo al inicio del movimiento de tierras.

6.3. 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.

Se realizará la excavación de cimentaciones en terrenos de rellenos mediante medios mecánicos, sin la presencia de nivel freático. Las tierras sobrantes se llevarán a vertedero.

Para la ejecución de la cimentación de las naves se realizará una excavación suficiente de acuerdo a planos, donde los cantos de las zapatas varían entre 60 y 70 cm.

6.4. 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.

La cimentación de las naves se realizará mediante la construcción de zapatas aisladas de hormigón armado de canto variable entre 60 y 70 cm. Se realizará mediante hormigón armado HA 25/B/20/IIa y acero corrugado B 500 S.

La puesta a tierra de la estructura se lleva a cabo mediante una conducción perimetral a la nave compuesta por una conducción de cobre de 35 mm² de cable desnudo, enterrada a una profundidad mínima de 80 cm. En las esquinas de la cimentación y pilares intermedios, se colocarán piquetas de cobre de puesta a tierra formada por electrodo de acero recubierto de cobre.

6.5. 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.

6.6. Estructura metálica

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

Como ya se ha comentado en el correspondiente anejo de estudio de soluciones y cálculo de estructura, la estructura metálica estará formada por:

- 22 m de longitud
- 2 habitáculos de 16,70 y 14,50 metros de ancho
- 5,40 metros de altura libre
- Cubierta a 2 aguas con una pendiente del 14%
- 1 Pórtico metálico a dos aguas simétricos y 4 vanos de 5,5 m cada uno.
- Pórticos rígidos empotrados en el terreno formados por perfiles de los pilares HEB y como dinteles IPE acartelados en los extremos. Para los hastiales los pilares a disponer para colocar el cerramiento son perfiles tubulares.
- Correas de cubierta ZF-120x3.0 apoyadas en longitudes de dos vanos sobre los pórticos.
- Correas de fachada #80x4 apoyadas en longitudes de un vanos sobre los pórticos.
- Pilares de fachada con SHS 200x100x5 anclados a su cimentación.
- Perfiles #70x70x3 uniendo las cabezas de pilar.
- Cables de sección ϕ 10 y 12 mm formando cruces de arrostramiento en los pórticos extremos, arriostrando la nave frente a cargas horizontales en sentido longitudinal.

Después de la colocación de la estructura metálica se procederá a la pintura de la misma para cumplir con el R-60 necesario en este tipo de estructuras. Como ya se ha visto en el Anejo nº7 de Protección contra incendios, los elementos estructurales principales han de tener una resistencia al fuego de R-60 y tratándose de una estructura metálica esto se consigue mediante una imprimación de la misma y luego una capa de pintura intumescente.

6.7. Cubierta

La cubierta de las naves tiene una pendiente transversal del 14% a dos aguas, siendo suficiente para la zona donde se ubica la actuación.

El cerramiento de la cubierta de las naves se propone mediante panel de chapa simple grecada prelacada de 1mm de espesor.

Las correas de la cubierta para la instalación de los cerramientos de la cubierta son de acero conformado en frío ZF-120.3 de acero S235 colocadas cada 1,5 m.

En cubierta se colocarán un remate superior de fachada de chapas o paneles de acero, con chapa conformada de acero galvanizado.

6.8. Cerramientos de fachada

Se colocarán correas de fachada tipo perfiles conformados en frío #80.4 de acero S-275, colocados cada 1m para sostener a los cerramientos, que serán de chapa simple grecada prelacada, de ancho útil de 1100 mm, formado por chapa de acero galvanizado micronervada, prelacada en color blanco 1006 sujeta a las correas 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 zócalo de bloque de hormigón que se colocará previamente.

6.9. Pluviales

En cubierta se colocarán canalones en las limahoyas, de chapa simple, compuestos por chapa plegada de acero prelacada de 0,60 mm de espesor y 750 mm de desarrollo con una pendiente longitudinal del 1,00% en el extremo de la cubierta para recoger el agua que se vierta sobre la misma en cada una de las vertientes de la cubierta.

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. Canalones y bajantes

6.10. Carpintería metálica

En la fachada norte de los pórticos hastiales existen dos puertas metálicas correderas de 4,00 x 4,00 m de alto, para el acceso a ambas naves. En el interior de estas mismas puertas se realizarán puertas peatonales.

6.11. Instalaciones

Las instalaciones previstas son:

- Conducción de puesta a tierra: enterrada a una profundidad mínima de 80 cm., instalada con conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm² de sección, unida mediante soldadura aluminotérmica, incluso excavación y relleno, construida según NTE/IEP-4.
- Pluviales: se contempla la ejecución de bajantes de pluviales desde la cubierta y su vertido al exterior de la nave.
- Instalación eléctrica: no se prevé la realización de instalación eléctrica. Únicamente un tubo de conexión con el exterior en la zona de suministro.

7. GESTIÓN DE RESIDUOS

La gestión de residuos es mayor o igual a 0,20% del presupuesto de ejecución material, como se puede ver en el anejo nº5: Gestión de residuos. Ascende a la cantidad de 236,00 €.

8. CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad se realizará de acuerdo al plan de ensayos que se redacte antes del comienzo de la obra y se puede observar más detenidamente en el anejo nº6: Control de calidad.

9. SEGURIDAD Y SALUD

El estudio de seguridad y salud de la obra se adjunta en el documento nº5: Estudio Básico de Seguridad y Salud.

10. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo total para la ejecución de las obras se ha estimado en 3 (tres) meses desde el día de la recepción de la correspondiente licencia de obra, incluyéndose en el presente proyecto un programa de trabajos. Este plazo será posteriormente adaptado al Plan de Obras aportado por la Empresa Constructora antes del inicio de las obras, y aprobado por la Dirección Facultativa. El plazo entrará en vigor al día siguiente al de la fecha de la firma del Acta de Comprobación del Replanteo.

El inicio de la obra está previsto para el día 16 de JULIO de 2019. El final de la obra está previsto para el día 17 de SEPTIEMBRE de 2019.

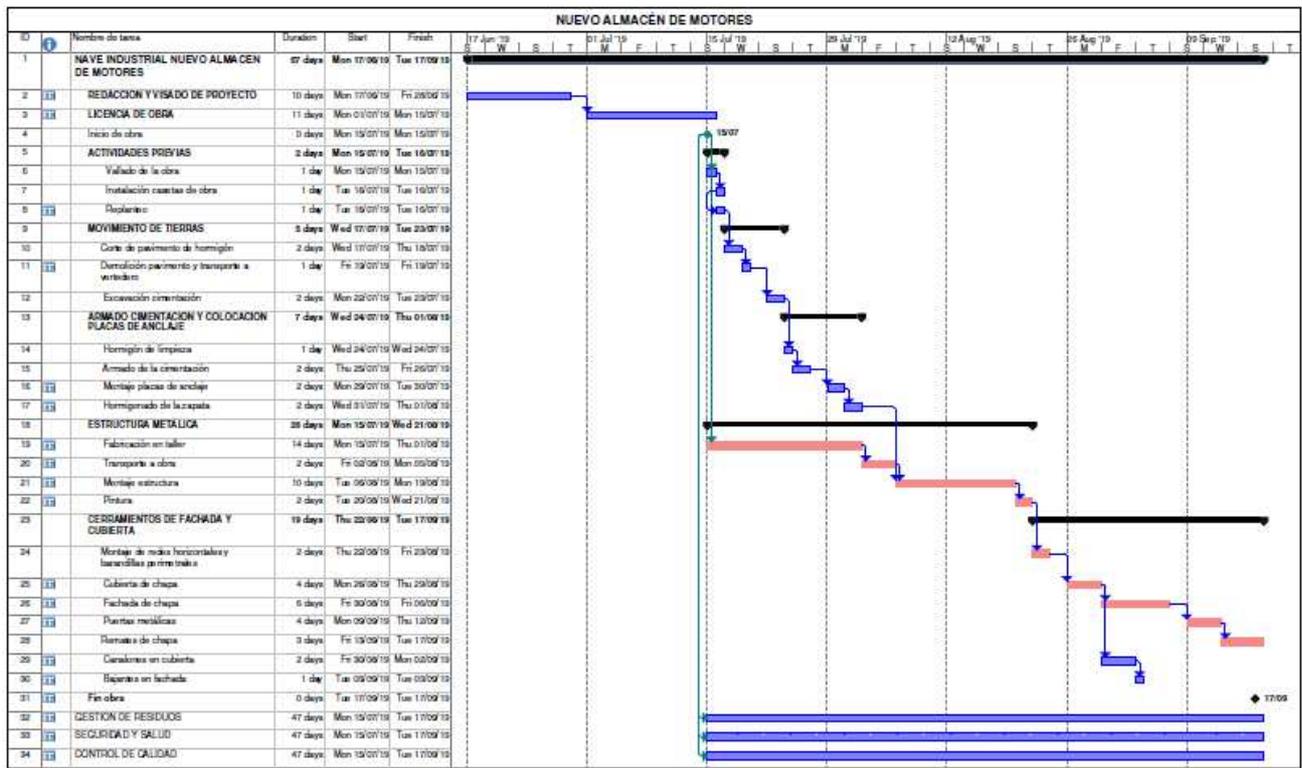


Figura 9: Programa de trabajos



11. PRESUPUESTO

11.1. Presupuesto de ejecución material (PEM)

Teniendo en cuenta el número de unidades de obra a ejecutar que se determinan en el capítulo Mediciones del Documento nº4: Presupuesto, y el importe de cada una de ellas, se ha obtenido el Presupuesto de Ejecución Material, que asciende a la cantidad OCHENTA Y SEIS MIL QUINIENTOS OCHENTA EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS (86.580,60 €).

11.2. 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 TRES MIL TREINTA EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS (103.030,92 €).

11.3. 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 CIENTO VEINTE Y CUATRO MIL SEISCIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMO (124.667,41 €).

12. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

Las obras contenidas en el presente proyecto, cumplen con el precepto de constituir una obra completa susceptible de ser entregada al uso de nave almacén. Esta obra de continente se adapta al uso especificado, por lo que es apta y está capacitada para albergar las instalaciones correspondientes de electricidad e iluminación, así como de otros servicios que el promotor necesite, con los documentos técnicos o legales que en su caso se precise según las normativas vigentes, y que no son objeto del presente proyecto.



13. 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 11 de junio de 2019

El Autor del Proyecto de Construcción

PABLO ESPINOSA LLORET