

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

***NAVE INDUSTRIAL DESTINADA A LA
FABRICACIÓN DE ANILLOS LAMINADOS***

DOCUMENTO 2 - MEMORIA

Alumno/Alumna: Elorriaga Limia, Liher

Director/Directora: Uriarte Gallastegui, Irantzu

Curso: 2019-2020

Fecha: 16/02/2020

Índice

1. OBJETO DEL PROYECTO	1
1.1. ¿Qué es Euskal Forging?	2
1.2. Proceso productivo	2
1.3. Distribución en planta	3
2. ALCANCE DEL PROYECTO.....	3
3. MEMORIA CONSTRUCTIVA	4
3.1. Situación geográfica	4
3.2. Grúa puente.....	4
3.2.1. ¿Qué es una grúa puente?.....	5
3.2.2. Elementos que integran una grúa	5
3.3. Red de saneamiento	6
3.4. Solera	6
3.5. Estructura metálica	6
3.6. Placas de anclaje	7
3.7. Fachadas hastiales y laterales	7
3.8. Particiones interiores	7
3.9. Cerramientos exteriores	7
3.10. Acceso a la nave	8
4. NORMAS URBANÍSTICAS	8
4.1. Normas Generales	9
4.2. Normas Particulares	9
5. ESTUDIO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS.....	10
5.1. Reglamento de Seguridad Contra Incendios (RSCI)	10
5.1.1. Objeto y ámbito de aplicación	10
5.1.2. Condiciones y requisitos que deben satisfacer los establecimientos industriales en relación con su seguridad contra incendios	10
5.1.3. Materiales	13
5.1.4. Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes.....	13
5.1.5. Resistencia al fuego de elementos estructurales principales	14
5.1.6. Resistencia al fuego de elementos estructurales secundarios	15
5.1.6.1. ¿Qué es una pintura ignífuga e intumescente?	15
5.2. Seguridad en caso de incendio (CTE DB – SI).....	16

5.2.1.	Origen de evacuación.....	16
5.2.2.	Número de salidas y longitudes de recorridos de evacuación.....	16
5.2.3.	Señalización de los medios de evacuación e iluminación.....	17
5.2.4.	Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión en los edificios industriales.....	18
5.2.5.	Instalaciones de protección contra incendios.....	19
5.2.5.1.	Extintores.....	19
6.	NORMAS Y REFERENCIAS.....	21
6.1.	Disposiciones legales y normas aplicadas.....	21
6.2.	Bibliografía.....	25
6.2.1.	Libros.....	25
6.2.2.	Páginas web.....	25
7.	PROGRAMAS DE CÁLCULO Y DIBUJO.....	26
7.1.	CYPE.....	26
7.2.	CRANEWAY.....	26
7.3.	AutoCAD.....	26
8.	REQUISITOS DE DISEÑO.....	26
9.	ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	27
9.1.	Tipo de cubierta.....	27
9.2.	Cerramiento de fachada.....	27
9.3.	Correas.....	27
9.4.	Pórticos.....	28
9.5.	Otros elementos estructurales.....	28
9.5.1.	Arriostramientos.....	28
9.5.2.	Pilarillos.....	28
9.5.3.	Vigas de atado.....	29
9.6.	Uniones.....	29
10.	RESULTADOS FINALES.....	29
10.1.	Tipo de cubiertas.....	29
10.2.	Cerramiento de fachada.....	30
10.3.	Correas.....	30
10.4.	Pórticos.....	30
11.	OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	30
11.1.	Viga carril.....	30

11.2. Arriostramientos	30
11.3. Pilarillos	31
11.4. Vigas de atado.....	31
11.5. Saneamiento	31
11.6. Uniones.....	31
12. DOCUMENTOS DE PROYECTO. ORDEN DE PREFERENCIA	32
13. PLANIFICACIÓN DE LA OBRA	32
14. PRESUPUESTO	33

1. Objeto del proyecto

El objeto del trabajo final de grado aborda el cálculo y diseño de una nave industrial para la fabricación de anillos laminados. Se encuentra ubicada en el municipio de Mungia (Vizcaya), dentro del polígono industrial de Belako.

La idea de este proyecto surge a partir de la oportunidad de ampliación de unidades de fabricación de anillos laminados por la compañía Euskal Forging S.A. Los cuales se dedican, mediante diferentes métodos de fabricación, a la fabricación de anillos de este tipo.

Actualmente la empresa tiene diferentes plantas repartidas por el País Vasco, pero en especial lo que se pretende es ampliar el espacio de trabajo de su planta en la localidad de Mungia mediante otra nave.

Las dimensiones de esta nave son 60 metros de largo y 30 metros de ancho, obteniendo una superficie construida en planta de 1800 m². En cuanto a la altura máxima, la cumbrera de la nave alcanzará los 12 metros de altura, mientras que los laterales 8 metros. Mediante estas medidas sabemos que la inclinación de la cubierta a dor aguas será de 14,93°.

Para poder manejar y organizar de forma adecuada las materias primas, piezas finales y maquinaria, se precisa de una grúa puente. La grúa tendrá una capacidad máxima de carga de 20 toneladas.

La entrada y salida de mercancías se hará desde la zona frontal de la nave gracias a sus dos puertas de 7 metros de ancho y 5 metros de alto. Las puertas contarán con salidas peatonales de 2,1 metros de altura y 0,9 metros de ancho para cuando se mantengan cerradas.

Además del acceso de transporte, contará con una entrada de personal en un lateral de la nave para dar un buen acceso a los trabajadores. Será de 2,1 metros de altura y 1,5 metros de ancho, compuesta por dos puertas.

No se estima necesaria la implantación de una puerta en caso de incendio debido a que el recinto cumple los requisitos prestando atención al reglamento vigente de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

En cuanto a la distribución, la nave estará equipada con un espacio fijo de productos finalizados a un lado de la puerta de salida de transporte. Las oficinas estarán situadas al lado de la entrada para el personal.

1.1. ¿Qué es Euskal Forging?

Euskal Forging fabrica la más amplia gama de anillos laminados sin costuras. Atendiendo al diámetro exterior de los anillos, fabrica anillos laminados desde los 400 mm hasta 10.000 mm; atendiendo al peso bruto de los anillos, ofrece anillos con peso desde 30 kg hasta los 80.000 kg.

La fabricación de anillos laminados de Euskal Forging se centra en cubrir las necesidades de sus clientes para los ejemplos de anillos para bridas, multiplicadoras, reductoras, rodamientos, etc.

1.2. Proceso productivo

Para la fabricación de anillos laminados se utilizan distintos tipos de tratamientos térmicos, laminaciones y mecanizados. En este caso solo se tratará de mecanizar los anillos y darle una forma y acabado final para su utilización.

Los anillos llegarán después de haber recibido un tratamiento térmico específico para que el acero obtenga unas características especiales. Una vez entran en la nave, se les aplicará un primer torneado para darles una primera forma.

Después, gracias a otra máquina de torneado con herramientas de mayor precisión se les dará el último acabado.

En caso de necesitar que los anillos tengan dientes o agujeros para su sujeción pasarán por una máquina de tallado y otra de taladrado.

Para transportar las piezas por las diferentes máquinas se utilizarán dos grúas puente con las que se podrán mover sobre toda la superficie de trabajo.

1.3. Distribución en planta

El proceso productivo que se lleva a cabo en la fábrica está conformado por 5 diferentes subprocesos. Cada uno de ellos en un puesto de trabajo diferente.

La materia prima como la pieza fabricada se transportará exclusivamente mediante las grúas puente.

Para empezar, la grúa puente será la responsable de la carga y descarga de la materia prima en los camiones que se sitúan tanto en la entrada como en la salida.

La materia prima recorrerá diferentes puestos de trabajo siguiendo una distribución en forma de U.

Los trabajos finalizados se colocarán en la superficie denominada almacén situada enfrente de la puerta de salida principal.

Las oficinas, vestuarios y otros cuartos se situarán al fondo de la nave.

2. Alcance del proyecto

El proyecto consistirá en diseñar y calcular una nave industrial.

Para realizar dicha nave se tendrá que estudiar los distintos tipos de materiales estructurales, eligiendo el más adecuado. Una vez se tengan elegidos los elementos estructurales se procederá a su descripción y a la comprobación de la capacidad resistente de los mismos, siempre siguiendo la normativa vigente en el sector y las cargas aplicadas.

Se llevará a cabo el cálculo estructural de todos los elementos necesarios para la construcción de la nave con dos puentes grúas.

Una vez realizado todo lo mencionado anteriormente, se realizará el cálculo de la cimentación que soportará la totalidad de la estructura, Red de Saneamiento de Aguas, Estudio Básico de Seguridad y Salud y un Estudio de Protección contra Incendios junto con un Plan de Gestión de Residuos.

No se realizarán cálculos de la instalación eléctrica ni sus derivados. Todos los cálculos de la estructura se realizarán cumpliendo con los documentos básicos que conforman el Código Técnico de la Edificación (CTE).

3. Memoria constructiva

3.1. Situación geográfica

La nave industrial estará situada en el Municipio de Mungia (Vizcaya), dentro del polígono industrial de Belako.



Figura 1. Ubicación de la parcela.

Se puede apreciar la ubicación de la nave dentro del recuadro rojo. Actualmente la nave denominada como Forjas de Belako, S.A. corresponde a la empresa Euskal Forging, S.A.

Cabe destacar que la nave no ocupara todo el terreno mostrado en la imagen.

3.2. Grúa puente

Sabiendo el tipo de actividad que se llevará a cabo dentro de la nave, hace que sea necesario el uso de una grúa puente. En el caso específico de este proyecto, la nave contara con dos grúas puente, cada una ocupara una mitad de ancho de la nave.

Las grúas puente estarán dispuestas de tal manera que las vigas carril tendrán una altura de 6 metros. Los pilares serán los que mediante unas ménsulas de 0,5 m aguantarán el peso de las vigas carril y sus hipótesis de carga correspondientes.

3.2.1. ¿Qué es una grúa puente?

Es un tipo de grúa que se utiliza en fábricas e industrias, para alzar y desplazar cargas pesadas, permitiendo que se puedan movilizar piezas de gran porte en forma horizontal y vertical.

Un puente grúa se compone de un par de rieles paralelos ubicados a gran altura sobre los laterales del edificio con un puente metálico desplazable que cubre el espacio entre ellas. El polipasto es el dispositivo de izaje de la grúa que se desplaza sobre el puente en el que se encuentra. A su vez, se encuentra ubicado sobre otro riel que le permite moverse para ubicarse en posiciones entre los dos rieles principales.

3.2.2. Elementos que integran una grúa

- 1) Carro polipasto
- 2) Testeros
- 3) Vigas
- 4) Armario eléctrico
- 5) Alimentación del carro
- 6) Botonera de mando

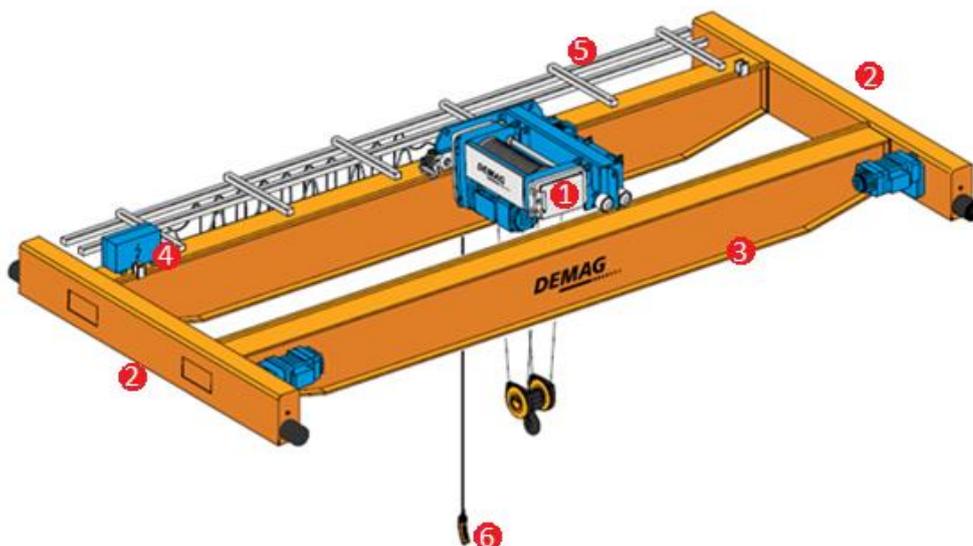


Figura 2. Esquema de un puente grúa.

Como dispositivo de seguridad, la grúa puente tiene un final de carrera. Es de tipo de husillo, limita el movimiento del gancho en las posiciones extremas. Dispone de un segundo contacto de seguridad actuando sobre el contacto general.

3.3. Red de saneamiento

Se construirán las arquetas previstas y los conductos necesarios sobre el terreno, para la instalación de abastecimiento y evacuación de aguas tanto pluviales como fecales.

Para la evaluación de aguas pluviales se dispondrá de canalones en cubierta para recoger el agua precipitada y después evacuarla por las bajantes correspondientes ubicadas en las fachadas del edificio.

3.4. Solera

Se ha previsto una solera de hormigón armado de 25 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25 N/mm², Tamaño máximo del árido de 20 mm, consistencia blanda y exposición IIa.

Para el vertido y la colocación se dispondrá de un armado con mallazo ME 500 T y de dimensiones 200x200x10.

3.5. Estructura metálica

La estructura metálica constará de 13 pórticos a dos aguas con 30 m de ancho, con pilares en el centro, y una longitud total de 60 m. Los pilares laterales tendrán una altura de 8 metros y los centrales de 12 metros, con lo que se tiene una pendiente de 15°.

El acceso a la nave se podrá realizar mediante las puertas principales que se sitúan en el frontal de la nave (solo para camiones), y cuando estén cerradas se podrá utilizar gracias a las puertas peatonales. En un lateral se encuentra la entrada para el personal.

Dispondrá oficinas para personal.

Toda la estructura estará construida con acero laminado S355.

3.6. Placas de anclaje

Los pilares estarán empotrados en su base, soldados a la placa de anclaje, que va unida a unos pilares de hormigón armado mediante pernos, según los planos correspondientes.

Estos pilares de hormigón nos ofrecerán una cota de cimentación más baja para obtener una correcta red de saneamiento instalada.

El material empleado para las placas de anclaje será el mismo que se ha utilizado en la estructura metálica del edificio, acero laminado S355.

3.7. Fachadas hastiales y laterales

La solución utilizada para el cerramiento de las fachadas, tanto hastial como lateral, será el panel de Sándwich Prefabricado para Cubiertas ARVAL ONDATHERM 900 C.

Este tipo de fachadas al ser ligeras hará que el cerramiento también sea ligero y no influya negativamente sobre la estructura de la nave. A parte del cerramiento de la fachada, esta tendrá un muro perimetral a toda la estructura de 1 m de altura y 20 cm de espesor, de hormigón armado prefabricado.

3.8. Particiones interiores

Se levantarán tabiques para separar todos los cuartos, vestuarios y oficinas respecto a la zona de fabricación de piezas. Estos tabiques estarán formados por una hoja de ladrillo cerámico hueco sencillo de gran formato, fabricados por HISPALAM.

Se formará un falso techo continuo en la nave para todos los cuartos, oficinas y vestuarios con paneles rígidos de poliestireno extruido.

3.9. Cerramientos exteriores

En la parcela donde se realicen las obras, una vez construida la nave, quedará una amplia zona sin edificar. Esta zona se asfaltará y se acondicionara para el paso y se pondrán plazas de aparcamiento de vehículos de diferentes tipos.

No tendrá ningún tipo de cierre perimetral, ya que estará en continua conexión de transporte pequeño y personal con las naves de alrededor.

3.10. Acceso a la nave

La nave dispondrá dos puertas de metal con unas dimensiones de 7 metros de ancho y 5 metros de alto en la cara frontal para dar entrada a camiones y materia prima. Las puertas contarán con salidas peatonales de 2,1 metros de altura y 0,9 metros de ancho para cuando se mantengan cerradas.

Además del acceso de transporte, contará con una entrada de personal en un lateral de la nave para dar un buen acceso a los trabajadores. Será de 2,1 metros de altura y 1,5 metros de ancho, compuesta por dos puertas.

4. Normas urbanísticas

El ayuntamiento de Mungia cuenta con un texto denominado “Normativa Urbanística de las Normas Subsidiarias de Mungia” el cual está aprobado por la Diputación Foral de Vizcaya.

El objetivo es dotar a Mungia de una normativa de planteamiento general para no causar problemáticas urbanísticas dentro del municipio.

Dentro del documento de Normas Subsidiarias existen dos documentos relacionados con la industria. La primera norma habla del uso productivo que estará dentro de “Normas Generales”. Y el segundo documento hablara de “Normas Particulares” llamada “D1 – Suelo Urbano Industrial General” que define la normativa de construcción para zonas industriales del municipio.

Cada municipio posee una Normativa Urbanística propia, éstas suelen ser las condiciones más restrictivas ya que afectan directamente a la geometría de la edificación, la disposición del establecimiento y las distancias y separaciones mínimas y máximas con la calzada y con otros edificios.

4.1. Normas Generales

Dentro de los muchos usos urbanísticos existentes, el proyecto en concreto cuenta con un uso industrial.

Se considera como uso industrial todas aquellas actividades de fabricación y transformación de productos que, por los materiales utilizados, manipulados o despachados, o los elementos técnicos empleados, puedan ocasionar molestias, peligros o incomodidades a las personas, o daños a los bienes.

Debido a que el objeto de este proyecto es el diseño de una nave industrial destinada a la fabricación de anillos laminados, se comprueba que es apto. Los usos industriales se clasifican en categorías, atendiendo a las incomodidades, nocividad, insalubridad o peligrosidad que puedan originar respecto al ejercicio de otros usos autorizados o respecto al medio ambiente en general.

Al considerarse la nave industrial parte de producción de piezas, esta se considera que estará dentro de la norma de uso productivo, donde se encuentran edificios industriales compatibles e incompatibles con la vivienda, y edificios para el almacenamiento compatibles e incompatibles con la vivienda. Se considerará a la nave como industria incompatible con la vivienda.

4.2. Normas Particulares

Dichas construcciones e instalaciones deberán ajustarse a los siguientes parámetros:

- Superficie mínima de parcela neta edificable: 400 m².
- Ancho mínimo de parcela neta edificable: 10 m.
- Superficie máxima de parcela neta industrial sobre superficie bruta del área industrial: 70%.
- Ocupación máxima de la edificación sobre parcela neta industrial: 60%.
- Aprovechamiento máximo: 0,85 m²/m².
- Edificabilidad máxima en volumen: 6 m³/m².
- Altura máxima edificable: 10 m.
- Altura máxima a cumbrera: 12 m.
- Número máximo de plantas: S + B + 2.
- Separación mínima a lindero de parcela neta: 4 m.
- Separación mínima a viales públicos: 8 m.

5. Estudio de seguridad contra incendios

5.1. Reglamento de Seguridad Contra Incendios (RSCI)

5.1.1. Objeto y ámbito de aplicación

Este reglamento tiene por objeto establecer y definir los requisitos que deben satisfacer y las condiciones que deben cumplir los establecimientos e instalaciones de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, prevención y respuesta adecuada en caso de producirse. Con el fin de limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes.

Las condiciones indicadas en este reglamento tendrán la condición de mínimo exigible según lo indicado en el artículo 12.5 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.

El artículo 3.1 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, considera industrias, 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 recursos y procesos técnicos utilizados.

5.1.2. Condiciones y requisitos que deben satisfacer los establecimientos industriales en relación con su seguridad contra incendios

Se entiende por establecimiento el conjunto de edificios, o zonas de estos, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista.

Los establecimientos industriales se caracterizan según:

- Configuración y ubicación con relación a su entorno.
- Nivel de riesgo intrínseco.

Dependiendo de las características mencionadas, un establecimiento es de un tipo u otro. Consideraremos un establecimiento industrial tipo C a la nave del proyecto. Según el punto 2.1 del Anexo I del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, se define como tipo C cuando el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

Se considera «sector de incendio» el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

El nivel de riesgo intrínseco de cada sector se evaluará calculando la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida para, en este caso, actividades de producción.

Se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot S_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \text{ en } \left[\frac{MJ}{m^2} \right] \text{ o } \left[\frac{Mcal}{m^2} \right]$$

Figura 3. Ecuación del cálculo de la densidad de carga del fuego.

donde:

- Q_s = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m^2 o $Mcal/m^2$.
- C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- R_a = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
- A = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m^2 .
- q_{si} = densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m^2 o $Mcal/m^2$.
- S_i = superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m^2 .

Los valores de C_i , R_a y q_{si} están tabulados.

Existen diferentes valores tabulados de densidad de carga de fuego media, dependiendo de la actividad industrial que se produzca. Se puede agrupar la actividad de fabricación de anillos laminados a la categoría de taller mecánico. Los resultados son los siguientes:

Actividad	Fabricación y venta		
	Q _s		Ra
	MJ/m ²	Mcal/m ²	
Talleres mecánicos	200	48	1,0

Figura 4. Valores tabulados.

En la siguiente tabla se puede observar como dependiendo de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida, se tiene un nivel de riesgo intrínseco correspondiente:

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

Figura 5. Niveles de riesgo.

En resumen, se tendría un nivel de riesgo medio 3 debido a que el edificio está dividido en dos sectores. Sector 1 el de zona de trabajo y oficinas y sector 2 taquillas y lavabos. El sector 2 no es considerado sector de incendio, ya que tendríamos hallado el riesgo intrínseco del edificio.

En la siguiente imagen se puede observar la máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio.

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	NO ADMITIDO	(3)	(3)(4)
6		2000	3000
7		1500	2500
8		NO ADMITIDO	2000

Figura 6. Superficies admisibles para los sectores de incendio.

Teniendo en cuenta la configuración de la nave (tipo C) y el nivel de riesgo intrínseco (riesgo medio 3), la máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio es de 5.000 m². En este caso se cumple, ya que la superficie entera de la nave ocuparía 1.800 m².

5.1.3. Materiales

Los productos de construcción se definen según la norma UNE 23727 atendiendo a la clase que deben alcanzar y observando lo mencionado en el reglamento de exigencias de comportamiento al fuego de esos materiales.

Para que un material o producto de construcción justifique que alcanza la clase de reacción al fuego exigida se harán ensayos de tipo o certificados de conformidad a normas UNE, emitidos por un organismo de control que cumpla los requisitos establecidos en el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

5.1.4. Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes

Según la norma UNE 1363-2, se estipula la duración, en minutos, que debe mantener la estabilidad mecánica un determinado elemento. De este modo, se constata la reunión de dichas exigencias de comportamiento ante la presencia de fuego, por parte de un elemento constructivo portante.

La estabilidad ante el fuego puede determinarse mediante la siguiente tabla del reglamento.

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)

Figura 7. Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes.

La nave diseñada está clasificada como tipo C con grua puente y cubierta ligera, de riesgo intrínseco medio 3 y la estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes serán de R-60 (EF-60).

5.1.5. Resistencia al fuego de elementos estructurales principales

Se admite que un elemento tiene suficiente resistencia al fuego si, durante la duración del incendio, el valor de cálculo del efecto de las acciones, en todo instante t , no supera el valor de la resistencia de dicho elemento. En general, basta con hacer la comprobación en el instante de mayor temperatura que, con el modelo de curva normalizada tiempo-temperatura, se produce al final del mismo.

Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente si:

- Alcanza la clase indicada que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura.
- Soporta dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego.

La resistencia al fuego de la nave industrial tipo C, con planta sobre rasante, altura de evacuación menor o igual a 15 metros y nivel de riesgo medio 3 es de R60.

Los elementos estructurales cuyo colapso ante la acción directa del incendio no pueda ocasionar daños a los ocupantes, ni comprometer la estabilidad global de la estructura, la evacuación o la compartimentación en sectores de incendio del edificio, como en el caso de entreplantas pequeñas o suelos y escaleras ligeras, etc., no precisan cumplir ninguna exigencia de resistencia al fuego. Podrán ser R30.

No obstante, todo suelo que deba garantizar la resistencia al fuego R60, debe ser accesible al menos por una escalera que garantice ésta misma resistencia o que sea protegida.

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo de cerramiento se definen por tiempos según la norma UNE 23093, durante los que dicho elemento debe mantener las siguientes condiciones:

- Estabilidad mecánica.
- Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes.
- Negativa a la emisión de gases inflamables en las partes expuestas al fuego

5.1.6. Resistencia al fuego de elementos estructurales secundarios

Los elementos estructurales secundarios tienen una misma resistencia al fuego que los elementos principales en caso de que puedan causar daños personales o comprometer la estabilidad de la estructura, la evacuación o la compartimentación en sectores de incendio del edificio.

Las estructuras de acero en la mayor parte de los casos no cumplen las mínimas exigencias en cuanto a la estabilidad del fuego, ya que para un periodo superior a 10 minutos la caída de resistencia y las tensiones producidas por la dilatación, originan el colapso de las mismas.

Para aumentar hasta los límites requeridos la estabilidad al fuego de los elementos estructurales de acero, es necesario revestirlos con un material aislante térmico que disminuye de forma efectiva el flujo de calor. Se puede revestir mediante paneles de lana minerales, mediante morteros que se proyectan sobre el elemento estructural o mediante pinturas.

Como la nave diseñada necesita cumplir los límites para mantener su estabilidad de R-60 se revestirá toda la estructura de una pintura ignífuga e intumescente para una estabilidad al fuego de hasta 60 minutos.

5.1.6.1. ¿Qué es una pintura ignífuga e intumescente?

Son pinturas cuyas cualidades ofrecen una proyección pasiva contra el fuego a las superficies donde se han aplicado. Generalmente se aplican sobre vigas y pilares (portantes) de acero empleado en construcción.

- Pintura ignífuga: La propiedad ignífuga, hace referencia a la cualidad de no contribuir a la propagación de la llama ni a la propagación de humo por combustión.
- Pintura intumescente: la intumescencia, hace referencia a la capacidad de estas pinturas a hincharse por la acción del calor hasta el punto que la espuma que produce la reacción es capaz de aislar la superficie. Protege la estructura de soporte del edificio ante un eventual incendio en el que se pudiera alcanzar la temperatura de colapso durante un tiempo estimado, en función del espesor de pintura aplicado.

La temperatura estimada para el colapso del acero es de 500°C; por lo tanto, si se protege el acero de alcanzar esa temperatura, la estructura no pierde su capacidad portante durante un tiempo calculado.

5.2. Seguridad en caso de incendio (CTE DB – SI)

5.2.1. Origen de evacuación

Todo punto o zona que pueda llegarse a ocupar por personal se considerará como origen de la evacuación.

5.2.2. Número de salidas y longitudes de recorridos de evacuación

Para plantas o recintos que disponen de más de una salida, la longitud de los recorridos de evacuación no debe exceder los 50 metros.

La longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos alternativos no excede los 15 metros en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario o de la longitud máxima admisible cuando se dispone de una sola salida, en el resto de los casos.

En esta nave, como la ocupación no excede de 100 personas, la longitud de los recorridos de evacuación hasta una salida de planta, no debe exceder de 25 metros. Por ésta razón, la planta o recinto puede disponer solo de una única salida. También puede disponer de dos, pero ésta última puede no cumplir las condiciones anteriormente explicadas para recintos de más de una salida.

5.2.3. Señalización de los medios de evacuación e iluminación

Se utilizarán las señales de evacuación definidas en la norma UNE 23034:1988 “Medidas y pictogramas para la evacuación”, conforme a los siguientes criterios:

- Las salidas de recinto tendrán una señal con el rótulo “SALIDA”.
- La señal con el rótulo “Salida de emergencia” debe utilizarse en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia.
- Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos, visibles desde todo origen de evacuación desde el que no se perciban directamente las salidas o sus señales indicativas y, en particular, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente a un pasillo.
- En los puntos de los recorridos de evacuación en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas, de forma que quede claramente indicada la alternativa correcta. Tal es el caso de determinados cruces o bifurcaciones de pasillos, así como de aquellas escaleras que, en la planta de salida del edificio, continúen su trazado hacia plantas más bajas, etc.
- En dichos recorridos, junto a las puertas que no sean salida y que puedan inducir a error en la evacuación debe disponerse la señal con el rótulo “Sin salida” en lugar fácilmente visible, pero en ningún caso sobre las hojas de las puertas.
- Las señales se dispondrán de forma coherente con la asignación de ocupantes que se pretenda hacer a cada salida.
- Los itinerarios accesibles para personas con discapacidad que conduzcan a una zona de refugio, a un sector de incendio alternativo previsto para la evacuación de personas con discapacidad, o a una salida del edificio accesible se señalarán mediante las señales establecidas en los párrafos anteriores acompañadas del SIA (Símbolo Internacional de Accesibilidad para la movilidad). Cuando dichos itinerarios accesibles conduzcan a una zona de refugio o a un sector de incendio alternativo previsto para la evacuación de personas con discapacidad, irán también acompañadas del rótulo “ZONA DE REFUGIO”.
- La superficie de las zonas de refugio se señalará mediante diferente color en el pavimento y el rótulo “ZONA DE REFUGIO” acompañado del SIA colocado en la pared adyacente a la zona.

Las señales deben estar visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean fotoluminiscentes deben cumplir lo establecido en las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 y UNE 23035-4:2003, y su mantenimiento se realizará conforme a lo establecido en la norma UNE 23035-3:2003.

5.2.4. Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión en los edificios industriales

La eliminación de los humos y gases de combustión, junto con el calor generado, de los espacios ocupados por sectores de incendio de establecimientos industriales, debe realizarse de acuerdo con la tipología del edificio en relación con las características que determinan el movimiento del humo.

Se podrán aplicar los siguientes valores mínimos de la superficie aerodinámica de evacuación de humos a:

- Los sectores de incendio con actividades de producción, montaje, transformación, reparación y otras distintas al almacenamiento en caso de estar situados en cualquier planta sobre rasante y que su nivel de riesgo intrínseco sea medio o alto. Su mínimo de superficie aerodinámica sería de $0,5 m^2/200 m^2$.

La nave a construir tendrá una superficie útil de $1.800 m^2$ por lo que se necesitarán $4,5 m^2$ de ventilación. Como la nave va a disponer de 3 ventanas dentro de las oficinas y 2 dentro del comedor de 1 metro de ancho y 0,9 metros de alto, y en el taller siempre estarán las puertas abiertas (2 puertas de 7 metros de ancho y 5 metros de alto), será suficiente.

La ventilación será natural a no ser que la ubicación del sector fuerce una ventilación artificial.

El diseño y ejecución de los sistemas de control de humos y calor se realizará de acuerdo a lo especificado en la norma UNE-23 585. En casos debidamente justificados se podrá utilizar otra normativa internacional de reconocido prestigio.

5.2.5. Instalaciones de protección contra incendios

Los edificios deben disponer de los equipos e instalaciones de protección contra incendios que se indicarán a continuación. El diseño, la ejecución, la puesta en marcha y el mantenimiento de las instalaciones, al igual que sus materiales, componentes y equipos, deben cumplir lo establecido en el “Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios”, en sus disposiciones complementarias y en cualquier otra reglamentación específica que le sea de aplicación.

En el caso específico de la nave a diseñar, no prescindirá de las siguientes instalaciones:

- Sistemas rociadores automáticos de agua
- Sistemas de bocas de incendio equipadas
- Sistemas de alarma
- Sistemas de detección de incendios
- Instalaciones automáticas de extinción
- Sistemas de columna seca
- Hidratantes exteriores

Sólo será necesario el uso de extintores.

5.2.5.1. Extintores

Los extintores de incendio son imprescindibles en cualquier establecimiento industrial.

No se permite el empleo de agentes extintores conductores de la electricidad sobre fuegos que se desarrollan en presencia de aparatos, cuadros eléctricos, conductores y otros elementos bajo tensión.

Los extintores serán de polvo seco de 6 kg de una eficacia denominada 21A. Son los más comunes y se pueden usar en cualquier tipo de edificio. Son los indicados para fuegos de tipo A, B y C, y gracias al estar compuestos por polvo seco, evita el riesgo eléctrico.

La siguiente imagen muestra la eficacia mínima del extintor y el área máxima protegida del sector de incendio. Éstos dependen del grado de riesgo intrínseco del sector de incendio.

Grado de riesgo intrínseco del sector de incendio	Eficacia mínima del extintor	Área máxima protegida del sector de incendio
Bajo	21A	Hasta 600 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso).
Medio	21A	Hasta 400 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso).
Alto	34A	Hasta 300 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso).

Figura 8. Dotación de extintores portátiles en sectores de incendio.

Si el grado de riesgo intrínseco del sector del incendio es considerado “medio”, la eficacia mínima es de 21A. el área máxima protegida del sector de incendio es de 400 m², dotando de un extintor más por cada 200 m². Teniendo la nave una superficie de 1.800 m², se colocarán 8 extintores repartidos por los laterales de la nave.

Los extintores estarán situados en zonas fácilmente visibles y accesibles. Próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su recorrido máximo horizontal será tal que desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor no supere los 15 metros.

Debido a que la distancia máxima de recorrido hasta el extintor es de 15 metros, se colocarán 4 extintores por cada lateral de la planta, dando un total de 8. Aunque por seguridad se dispondrá de otro extintor para la zona de oficinas.

Los medios de protección contra incendios de utilización manual se deberán señalar mediante señales definidas en la norma UNE 23033-1 cuyo tamaño sea:

- 210 x 210 mm cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10 metros.
- 420 x 420 mm cuando la distancia de observación esté comprometida entre 10 y 20 metros.
- 594 x 594 mm cuando la distancia de observación esté comprometida entre 20 y 30 metros.

6. Normas y referencias

Un proyecto de cálculo y diseño de una nave industrial debe presentar la normativa que se le aplica. Las exigencias de la normativa deben cumplirse tanto en el proyecto, como en la construcción del edificio, el mantenimiento y la conservación del edificio y sus instalaciones.

El principal marco normativo a seguir es el Código Técnico de la Edificación (CTE), ya que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

El CTE se compone de Documentos Básicos que son textos de carácter técnicos que se encargan de trasladar al terreno práctico las exigencias detalladas en la primera parte del CTE. Cada documento incluye los límites y la cuantificación de las exigencias básicas junto con una relación de procedimientos que permiten cumplir los requisitos.

6.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

Se presenta la normativa que se debe aplicar a un proyecto de cálculo y diseño de una nave industrial.

Las exigencias de la normativa se deben cumplir tanto en el proyecto, como en la construcción del edificio, el mantenimiento y la conservación del edificio y sus instalaciones.

Como se explica en el apartado anterior, el principal marco normativo a seguir es el Código Técnico de la Edificación (CTE), ya que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

También se explica que el CTE se compone de Documentos Básicos que son textos de carácter técnicos que se encargan de trasladar al terreno práctico las exigencias detalladas en la primera parte del CTE. Cada documento incluye los límites y la cuantificación de las exigencias básicas junto con una relación de procedimientos que permiten cumplir los requisitos.

Los Documentos Básicos son los siguientes:

➤ DB SE: Seguridad Estructural.

Está compuesto por cinco documentos de los cuales se nombrarán dos:

- DB SE-AE: Acciones en la Edificación.

El campo de aplicación de este Documento Básico es el de la determinación de las acciones sobre los edificios, para así verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural y aptitud al servicio, según el DB SE.

Las acciones y fuerzas que actúan sobre posibles elementos como elevadores o grúas puente están fuera del alcance de este Documento Básico. En general, las fuerzas de rozamiento no se definen en este Documento Básico, ya que se consideran como efectos de las acciones.

- DB SE-A: Estructuras de Acero.

Este DB se destina a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero en edificación. No se contemplan aspectos propios de otros campos de la construcción. Al igual que tampoco se tratan aspectos relativos a elementos que, por su carácter específico, requieren consideraciones especiales.

Únicamente se refiere a la seguridad en condiciones adecuadas de utilización, incluidos los aspectos relativos a la durabilidad, de acuerdo con la seguridad estructural.

La satisfacción de otros requisitos como el aislamiento térmico, acústico, resistencia al fuego, etc. quedan fuera de su alcance. Los aspectos relativos a la fabricación, montaje, control de calidad, conservación y mantenimiento se tratan en la medida necesaria para indicar las exigencias que se deben cumplir con las hipótesis establecidas.

➤ DB SI: Seguridad en caso de Incendio.

Tiene por objetivo establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio. Las secciones de este documento se corresponden con las exigencias básicas SI 1 a SI 6. La correcta aplicación de cada Sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente. La correcta aplicación de todo el conjunto del Documento Básico supone que cumple el requisito básico de "Seguridad en caso de Incendio".

➤ DB SUA: Seguridad de Utilización y Accesibilidad.

Tiene por objetivo establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir exigencias básicas de seguridad de utilización y accesibilidad. Las secciones de este documento se corresponden con las exigencias básicas de SUA 1 a SUA 9. La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente. La correcta aplicación del Documento Básico supone que se satisface el requisito de "Seguridad de utilización y accesibilidad".

➤ Instrucción de hormigón estructural: EHE-08.

Será de obligado cumplir con la instrucción de hormigón estructural y demostrar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas mediante procedimientos.

Además, es obligatorio el cumplimiento de la INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE CEMENTOS (RC-08), según Real Decreto 956/2008 de 6 de junio, el cual define las prescripciones técnicas generales que deben satisfacer los cementos y los métodos de ensayo para comprobarlas, para su recepción en las obras de construcción, en las centrales de fabricación de hormigón y en las fábricas de productos de construcción en cuya composición se incluya el cemento.

➤ NTE. Normas Tecnológicas de la Edificación.

Regulan las actuaciones que intervienen en el proceso edificatorio: diseño, cálculo, construcción, control, valoración y mantenimiento. Solo exponen recomendaciones, no son de obligado cumplimiento.

➤ NTE-CSZ. Cimentaciones Superficiales: Zapatas.

Zapatas de hormigón en masa o armado con planta cuadrada o rectangular como cimentación de soportes verticales pertenecientes a estructuras de edificación, sobre suelos homogéneos horizontales.

➤ NTE-RSS. Revestimiento de Suelos: Soleras.

La norma NTE-RSS/1973 regula actuaciones de diseño, construcción, control, valoración y mantenimiento, encontrándose comprendida en el anexo de la clasificación

sistemática del Decreto 3565/1972 bajo los epígrafes de «Revestimientos de suelos: Soleras».

➤ NTE-ISS. Instalaciones de Salubridad: Saneamiento.

La norma NTE-ISS/1973 regula las actuaciones de diseño, construcción, control, valoración y mantenimiento, encontrándose comprendida en el anexo de la clasificación sistemática del Decreto 3565/1972 bajo los epígrafes de «Instalaciones de Salubridad: Saneamiento».

➤ UNE 76201-88. Puentes Grúa.

Ésta norma tiene por objeto fijar las bases de cálculo específicas para los caminos de rodadura de puentes grúa realizados en construcción metálica.

Estas bases completan las ya utilizadas para las estructuras metálicas de edificios e instalaciones de las que formen parte los caminos de rodadura.

➤ REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre:

Se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los establecimientos industriales:

- Tiene por objeto conseguir un grado suficiente de seguridad en caso de incendio en los establecimientos e instalaciones de uso industrial.
- La presencia del riesgo de incendio en los establecimientos industriales determina la probabilidad de que se desencadenen incendios, generadores de daños y pérdidas para las personas y patrimonios que afecte a todo lo que lo rodee.

➤ REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero:

Se regula la Producción y Gestión de Residuos de construcción y demolición:

- El artículo 45 de la Constitución Española establece el derecho de todos los ciudadanos a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo y la obligación

de los poderes públicos de velar por la utilización racional de los recursos naturales con el fin de proteger y mejorar la calidad de vida y defender y restaurar el medio ambiente.

- Normas Generales de la Edificación y los Usos en el municipio de Mungia (Vizcaya).

6.2. Bibliografía

6.2.1. Libros

- AENOR; “Norma UNE 76-201-88: Construcciones metálicas: caminos de rodadura para puentes grúa. Bases de cálculo”; AENOR, Madrid, 1988.
- “ACERO LAMINADO. PRONTUARIO”. Nicolás Larburu, 2004.
- Apuntes teórico-prácticos: Estructuras y Construcciones Industriales, 2017-18. Universidad del País Vasco.
- Apuntes teórico-prácticos: Arquitectura Industrial, 2018-19. Universidad del País Vasco.
- “LA ESTRUCTURA METÁLICA HOY”. Ramón Arguelles, 1983.

6.2.2. Páginas web

- www.boe.es
- www.codigotecnico.org
- www.normativaconstruccion.com
- www.mungia.org
- www.cype.es
- www.jasoindustrial.com
- www.ironlux.es
- www.spain.arcelormittal.com

7. Programas de cálculo y dibujo

7.1. CYPE

“CYPE” es un programa profesional de cálculo para construcciones industriales. Dentro de este programa se han utilizado varios módulos. Entre ellos el de “Generador de pórticos” y el modulo “CYPE 3D”.

7.2. CRANEWAY

“CRANEWAY” es un programa que se encarga del cálculo de las vigas carril del puente grúa.

7.3. AutoCAD

“AutoCAD” es el programa de dibujo utilizado para la realización de planos 2D por ordenador.

8. Requisitos de diseño

Se tendrán en cuenta unos requisitos establecidos por el cliente, por la legislación, reglamentación y normativa aplicables, el emplazamiento (y su entorno socioeconómico y ambiental) y otros elementos externos al proyecto que puedan condicionar las soluciones técnicas de éste.

Lo principal a cumplir por el edificio son todos los requisitos establecidos por la normativa de ordenanza del ayuntamiento de Mungia, en cuanto a edificaciones.

Los demás requisitos se cumplen según las normativas vigentes y las necesidades del cliente.

9. Análisis de soluciones

La nave es calculada y diseñada como una estructura metálica ya que presenta grandes ventajas respecto a otro tipo de estructuras, como en el caso de: resistencia, ductilidad, homogeneidad, rapidez de montaje, menor coste de cimentación, opción a crear grandes luces, adaptabilidad, etc.

Las estructuras metálicas dan opción a preparar operaciones en taller, por lo que reduce los tiempos de construcción y se obtienen mejores resultados que con operaciones elaboradas en obra.

9.1. Tipo de cubierta

Se tienen en cuenta las ventajas y desventajas que presentan cada tipo de cubiertas.

La cubierta se diseña a dos aguas, con una inclinación de cada una de ellas de 15° y una pendiente de 26,67%.

Se tiene también en cuenta el tipo de uniones con el resto de la estructura. En este caso es mediante correas, ya que es más ligero que el forjado.

9.2. Cerramiento de fachada

Se tienen en cuenta principalmente la seguridad, el coste y la imagen exterior del edificio.

Estructuralmente, también se tiene en cuenta el peso. En este caso, el peso deberá ser el menor posible, por lo que se descarta la utilización de hormigón armado u otros similares. El cerramiento lateral y el de la cubierta será del mismo tipo.

9.3. Correas

No es posible determinar a simple vista el perfil óptimo para la estructura. En este caso, se utilizarán perfiles laminados de tipo IPE.

9.4. Pórticos

Se utiliza la solución de utilización de perfiles de alma llena por el simple hecho de que reduciría el tiempo de cálculo.

Además, ésta opción amplía el espacio libre en altura dentro de la nave y ayuda a una mejor colocación del puente grúa.

Se tendrá en cuenta las diferentes opciones de los atados de vigas y pilares de los pórticos: biarticulados, biempotrados o triarticulados. Cada una dependerá de los esfuerzos que soportan y se distribuyen a lo largo de los perfiles.

Los perfiles deben ser calculados durante los cálculos de la estructura, así se determinarán los perfiles que mayor aprovechamiento ofrezcan.

9.5. Otros elementos estructurales

9.5.1. Arriostramientos

Los elementos de arriostramiento sirven para formar un sistema estable para resistir las cargas longitudinales e impedir los desplazamientos, inmovilizando las cabezas de vigas.

Normalmente se colocan formando una cruz de San Andrés. Se dispondrán arriostramientos tanto laterales como en la cubierta.

9.5.2. Pilarillos

Normalmente, solo se colocan en los pórticos hastiales para soportar directamente las fuerzas provocadas por el viento que recibe el cerramiento, trasladándolas a la viga cortaviento y a la cimentación.

En este caso, se utilizarán también dentro de la nave, para repartir en dos la zona de trabajo y que trabajen también como soporte de las grúas puente.

9.5.3. Vigas de atado

Son perfiles que se disponen entre pórticos a lo largo de toda la longitud de la nave, de manera que ayudan a transmitir los esfuerzos longitudinales hasta los elementos de estabilización y evitan los desplazamientos en las cabezas de los pilares. También se colocarán en los pilarillos para ayudar con los esfuerzos que crean los puentes grúa.

9.6. Uniones

Las uniones, en su mayoría, serán atornilladas.

Siempre que sea posible, las uniones de la nave serán atornilladas, aunque en algún caso concreto sean soldadas. Esto será por problemas para la distribución de los tornillos.

10. Resultados finales

10.1. Tipo de cubiertas

El cerramiento de la cubierta elegido es: Panel de Sándwich Prefabricado para Cubiertas ARVAL ONDATHERM 900 C.

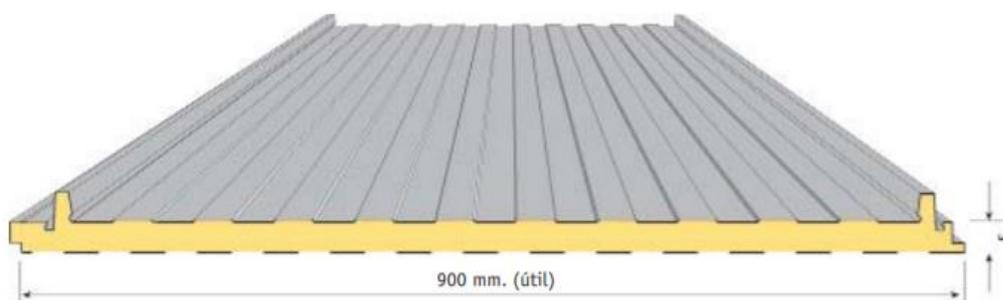


Figura 9. Cerramiento de cubierta escogido.

El espesor nominal de la cubierta escogido será de 40 mm, con un espesor de chapa exterior de 0,6 mm e interior de 0,4 mm. El peso propio del panel será de 11,4 kg/m².

Esta solución de cubierta estará sujeta mediante correas ancladas a los pórticos que se unen mediante éstas.

10.2. Cerramiento de fachada

El cerramiento de fachada será el mismo que el de la cubierta. Para soportar los paneles es necesario el uso de correas en los dos casos.

10.3. Correas

El perfil utilizado para las correas será de tipo IPE, éstas sujetaran los paneles de cubierta y fachada. Es un perfil estable, ligero y común, por lo que es económico.

Tanto para el cerramiento de cubierta, como para el cerramiento de fachada, se disponen de perfiles IPE 120. Éstos son ideales para los esfuerzos de flexión.

10.4. Pórticos

La estructura de la nave está compuesta por 13 pórticos empotrados en su base, de material tipo acero S-355 y una separación de 5 metros entre si.

Los pórticos quedan definidos en los planos.

11. Otros elementos estructurales

11.1. Viga carril

La viga carril se comportará como una viga continua a lo largo de 7 vanos, con un recorrido total de 35 metros. Sera una viga de acero S-275, de perfil HEB 320 para la viga y SA 75 para la guía de las ruedas.

La capacidad del puente grúa es de 20 toneladas con luz de 14 metros.

11.2. Arriostramientos

Los arriostramientos de la estructura estarán situados entre los pórticos 1-2, 5-6, 8-9 y 12-13. Serán formados en forma de Cruz de San Andrés por tirantes de perfil R 10.

11.3. Pilarillos

Se colocarán 5 pilarillos por cada pórtico hastial, esto hará un total de 10. A parte de esto, cada pórtico interior contará con un pilarillo el cual se situará en el centro, y su objetivo principal será aguantar a los puentes grúa.

Estarán contruidos en acero S355 y serán de perfil HEB 360, el mismo perfil que los pilares.

11.4. Vigas de atado

Las vigas de atado serán diferentes dependiendo de su colocación. Las vigas de atado situadas en la parte superior de los pórticos tendrán un perfil de IPE 300. En cambio, las vigas situadas en los laterales de los pórticos contarán con perfiles HEB 140 para una mejor estabilidad. Todas las vigas con estos perfiles tendrán una longitud de 5 metros cada una.

Se denominarán vigas de atado también a las vigas que unen los pilarillos hastiales. En el pórtico frontal se utilizarán dos vigas de 7 metros cada una de perfil HEB 200, en el trasero se utilizarán cuatro de 8 metros cada una de perfil HEB 120.

11.5. Saneamiento

Se ha diseñado una instalación completa para la evacuación de aguas residuales y pluviales, calculando las dimensiones necesarias para su correcto funcionamiento.

Toda la instalación de recogida será evacuada mediante las arquetas, después serán trasladadas a la red de saneamiento del municipio.

11.6. Uniones

Las uniones, en su mayoría serán resueltos mediante uniones atornilladas, facilitando el montaje en obra y ahorrando tiempos de construcción.

En caso de tener que soldar algunas uniones, éstas serán calculadas previamente y se realizarán por temas de distribución para unir las barras. Será necesario disponer de rigidizadores para garantizar la estabilidad de las uniones y placas de chapa para la colocación de tornillos y realizar las uniones entre barra y barra.

12. Documentos de proyecto. Orden de preferencia

Este proyecto cuenta con los siguientes documentos:

- Índice general
- Memoria
- Anexos
- Planos
- Pliego de condiciones
- Estado de las mediciones
- Presupuesto
- Estudios con entidad propia

13. Planificación de la obra

Este punto de la gestión interna se realiza para obtener un buen control de todos los bloques anteriores del proyecto, en relación a la calidad, economía y frente al factor más importante, el plazo de ejecución de la obra ya que el no terminar la obra a tiempo está penalizado.

Actividades	Duración (días)
Movimiento de Tierras	15
Cimentación	25
Estructura y cubierta	70
Cerramientos	30
Albañilería	30
Fontanería y Saneamiento	15
Revestimiento, solerías y alicatados	20
Carpintería	10
Pintura	20

La obra se ejecutará en un período de 235 días laborables, es decir, aproximadamente 11 meses.

14. Presupuesto

Capítulos	Importe
Capítulo 1: Movimiento de Tierras	6.058,27 €
Capítulo 2: Red de Saneamiento	17.205,48 €
Capítulo 3: Cimentaciones	54.233,13 €
Capítulo 4: Estructura metálica	322.417,00 €
Capítulo 5: Puente grúa	100.000,00 €
Capítulo 6: Cerramiento	88.558,25 €
Capítulo 7: Cerrajería	894,62 €
Capítulo 8: Albañilería	9.155,80 €
Capítulo 9: Instalación contra incendios	538,72 €
Capítulo 10: Aparatos sanitarios	652,97 €
Capítulo 11: Pinturas y tratamientos térmicos	46.414,67 €
Capítulo 12: Seguridad y Salud	22.404,61 €
Capítulo 13: Control de Calidad	5.234,95 €
Capítulo 14: Gestión de Residuos	2.250,00 €

- Presupuesto de ejecución material: 676.018,47 €
 - 13% gastos generales: 87.882,40 €
 - 6% beneficio industrial: 40.561,10 €
 - Total presupuesto contrata (sin IVA): 804.461,97 €
 - 21% IVA: 168.937,01 €
- TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA (IVA INCLUIDO): 973.398,98 €

El presupuesto total asciende a la cantidad de NOVECIENTOS SETENTA Y TRES MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS CON NOVENTA Y OCHO CENTIMOS DE EURO.

