



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL DE BILBAO



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2014 / 2015

*PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL
DESTINADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS*

2-MEMORIA

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: PABLO

APELLIDOS: PEÑA DE LA FRAGUA

FDO.:

FECHA: 12/06/15

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: IRANTZU

APELLIDOS: URIARTE GALLASTEGUI

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA: 12/06/2015

ÍNDICE

2.1. OBJETO.....	2
2.2. ALCANCE.....	2
2.3. ANTECEDENTES.....	3
2.3.1. Estructuras metálicas.....	3
2.3.2. Estructuras Presentes en la Nave.....	3
2.3.2.1. Tipos de Pórticos.....	4
2.3.2.2. Perfiles Metálicos.....	8
2.3.2.3. Cerramiento Lateral.....	13
2.3.2.4. Correas en Cubierta.....	14
2.3.2.5. Cubierta.....	16
2.3.2.6. Tirantes.....	18
2.3.2.7. Uniones.....	20
2.3.2.8. Zapatas.....	23
2.4. NORMAS Y REFERENCIAS.....	26
2.4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas.....	26
2.4.2. Bibliografía.....	26
2.4.3. Programas de cálculo.....	26
2.4.4. Plan de gestión de la calidad aplicado durante la redacción del Proyecto.....	27
2.5. REQUISITOS DE DISEÑO.....	28
2.5.1. Uso de Nave.....	28
2.5.2. Situación Nave.....	28
2.5.3. Justificación Urbanística.....	29
2.5.4. Tamaño Nave.....	30
2.5.5. Distribución Interna.....	31

2.5.6. Cerramientos.....	32
2.6. PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO.....	32
2.6.1. Diseños Estudiados.....	32
2.6.2. Disposiciones Constructivas.....	33
2.6.3. Disposiciones de Barras.....	33
2.6.4. Descripción de Cerramientos.....	37
2.6.5. Descripción de Cargas.....	40
2.6.6. Descripción de Cimentación.....	45
2.6.7. Simplificaciones de Cálculo.....	46
2.7. PRESUPUESTO.....	48
2.8. PLANIFICACIÓN.....	49
2.9. ORDEN DE PRIORIDAD DE DOCUMENTOS.....	50

2.1. OBJETO

La realización del presente proyecto ha surgido de la necesidad de la empresa “Puertas y Automatismos Secades” de la creación de una nave industrial para la fabricación de puertas de cualquier tipo, tanto para particulares, como para comunidades o empresas.

La cualidad distintiva de este tipo de puertas es su rapidez en montaje y los excelentes acabados que permiten obtener así como el aislamiento total del que nos podemos beneficiar.

Las longitudes de las puertas industriales pueden llegar hasta más de los 20 metros de anchura y alturas superiores a los 6 metros. Por ello se busca el diseño de una nave que cumpla con las dimensiones necesarias para alojar las máquinas, herramientas y utillajes necesarios para su fabricación, pero sin sobredimensionar en exceso la estructura para no incurrir en gastos añadidos, ya sean de material de construcción como de precio de adquisición de la parcela en la que se ubicará la nave.

Para el diseño del proyecto se ha tenido en cuenta el uso que se le dará a la nave, y se ha actuado en consecuencia proyectándola de acuerdo a los requerimientos previos tanto de tamaño como de funcionalidad, logrando una estructura idónea para la fabricación de la amplia gama de elementos a la que está destinada.

Teniendo en cuenta que el tiempo es un factor clave en la mayoría de ámbitos industriales, se ha proyectado la nave evitando complicaciones innecesarias en la estructura que permitan agilizar la construcción. Es por ello que la estructura se ha realizado enteramente de acero con los elementos secundarios, tales como cerramientos, mediante paneles tipo sándwich. De esta forma se logra la consecución del objetivo en un tiempo reducido y sin incurrir en costes elevados.

2.2. ALCANCE

Durante la elaboración de este trabajo, se han perseguido constantemente una serie de metas para lograr el éxito en el diseño, implantación y consecución del mismo:

1. Diseño de un pórtico que cumpla con los requisitos estipulados, tales como forma, tamaño y resistencia.
2. Análisis crítico de los resultados obtenidos con el pórtico dimensionado y estudio de posibles alternativas.
3. Cálculo de correas sobre los dinteles en cuanto a tipo, tamaño y separación para que puedan soportar las acciones de viento, nieve, sobrecarga de uso, peso propio y esfuerzos transmitidos por el puente grúa; y todas las combinaciones posibles de estas. Todo ello teniendo siempre presente el ahorro de material que se debe mantener como consigna para evitar el aumento de carga sobre el pórtico y que se disparen los costes.
4. Elección de los elementos de cerramiento (cubierta y laterales) y funcionales (puerta de acceso).
5. Ubicación y dimensionamiento de la totalidad de los elementos que compondrán la estructura final tales como dinteles, pilares, nudos, vigas y tirantes de arriostamiento; buscando siempre la optimización estructural mediante la localización de puntos críticos

o sobredimensionados que puedan alterar de algún modo el objetivo final de eficiencia en el uso de elementos constructivos.

6. Dimensionamiento y descripción de todas las uniones incurridas durante el proceso de dimensionado.

7. Cálculo de la cimentación que soportara la totalidad de la estructura enteramente metálica.

8. Adecuación de todo lo anteriormente descrito para que cumpla las especificaciones legislativas reflejadas en el CTE en lo referente a resistencia y flechas estructurales.

2.3. ANTECEDENTES

2.3.1. LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS EN LA CONSTRUCCIÓN

Las estructuras metálicas constituyen un sistema constructivo muy recurrente a la hora de edificar. Si bien es cierto que una estructura completamente metálica tendría unos costes muy altos debidos al precio del acero, y que por ello en la mayoría de las edificaciones de obra civil se encuentra íntimamente ligado al hormigón, a la hora de realizar construcciones en el ámbito industrial es muy usado como elemento estructural principal. Esto es debido a la rapidez con la que un proyecto puede ser realizado usando el acero, y es aquí donde el acero presenta la principal ventaja frente al hormigón: mientras que este necesita un tiempo de fraguado, el acero tiene plenas capacidades mecánicas desde el principio, por lo que no hay tiempo de espera entre la instalación de elementos. Esto es muy apreciado por las empresas que van a utilizar estas construcciones como almacenes o centros de producción, pues saben que el tiempo perdido es un coste adicional.

Otro factor a tener en cuenta es que los perfiles metálicos utilizados llegan hasta la obra ya fabricados, por lo que solo es necesario su ensamblado y montaje. La forma de fijación al suelo es en la práctica mayoría de los casos mediante zapatas de hormigón armado, por lo que es necesario el uso de hormigón. También en el solera donde se ubicara la construcción se utiliza hormigón.

El uso del acero intenta estar restringido a los elementos puramente necesarios, dejando los complementos estructurales para la utilización de otros materiales. Este es el caso de las cubiertas, que se suelen realizar con prefabricados. Todos estos elementos, al igual que el acero, vienen ya fabricados de origen.

El acero es usado habitualmente como complemento del hormigón, al que refuerza mediante la inclusión de barras dentro las vigas de este para mejorar su comportamiento frente a tracción o flexión. De esta manera, las estructuras mixtas acero-hormigón representan la práctica totalidad de las construcciones actuales, ya sea en forma de cimentación como en elementos estructurales propiamente dichos, tales como pilares o vigas.

Adicionalmente a todas las ventajas presentadas anteriormente, el acero consta de otras añadidas:

- Alta resistencia por unidad de peso lo que permite estructuras relativamente livianas y en consecuencia espacios más diáfanos, con menor número de apoyos.
- Dimensiones menores de los elementos estructurales.

- Avisan con grandes deformaciones antes de producirse el fallo debido a que el material es dúctil.
- Uniformidad ya que las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo.
- Homogeneidad del material.
- Posibilidad de reforma de manera más sencilla para adaptarse a nuevos usos del edificio lo cual es más habitual en el caso de equipamientos, edificios de oficinas, naves industriales...
- La prefabricación en taller logra una mayor exactitud.
- Gran capacidad de laminarse con diversos tamaños y formas.
- Reutilización del acero.

Con todo esto, las construcciones metálicas también tienen una serie de inconvenientes:

- Corrosión, uno de los problemas más graves.
- Problemática en caso de incendios.
- Flexión lateral o Pandeo ya que se utilizan elementos esbeltos sometidos a compresión (soportes metálicos). No obstante, las estructuras se calculan evitando estos fenómenos.
- Mayor coste de la estructura y su posterior mantenimiento: pinturas contra la corrosión, paneles de protección frente al fuego...
- Mano de obra especializada para el montaje, muy especialmente en el caso de las uniones soldadas, cuya correcta realización resulta de extrema importancia para la rigidez total del conjunto

2.3.2. ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRESENTES EN UNA NAVE INDUSTRIAL

2.3.2.1. Tipos de pórticos

Para la construcción de naves industriales, es muy común recurrir al uso de pórticos para la constitución principal de la estructura. Estos tienen un sinnúmero de formas y dimensiones para adecuarse a las necesidades requeridas.

El material con el que pueden fabricarse también es variable, pudiendo ser de hormigón, madera, metales galvanizados y acero. Este último material es, con diferencia, el más utilizado a la hora de construir este tipo de estructuras.

Un dato a tener en cuenta es la inclinación de la cubierta. A mayor inclinación, mayor carga tienen que soportar los pilares, y a menores esfuerzos de carga se ve sometido el dintel, por lo que el perfil requerido para su construcción será menor. Por el contrario, a menor inclinación de la cubierta, el dintel sufrirá mayores efectos derivados de la carga sobre este, mientras que los pilares se conformarán con una menor sección debido a que los esfuerzos sobre estos disminuyen, por lo que será de relevante importancia encontrar un equilibrio en el dimensionamiento.

También debe tenerse en cuenta que a mayor inclinación la acción del viento es mayor al aumentar la sección transversal de la estructura; y viceversa, a menor inclinación, menor es la acción del viento.

La clasificación de los dinteles puede resultar compleja debido a la gran cantidad de tipos que llegan a darse, pero pueden agruparse de manera general en:

- Pórticos con apoyos articulados:

Este tipo de pórticos tienen la ventaja de que no transmiten momento flector a los apoyos, siendo las uniones con estas menos problemáticas. Su uso es frecuente en pórticos de sección variable, aunque de manera puntual puede ser usado en el resto de tipos.

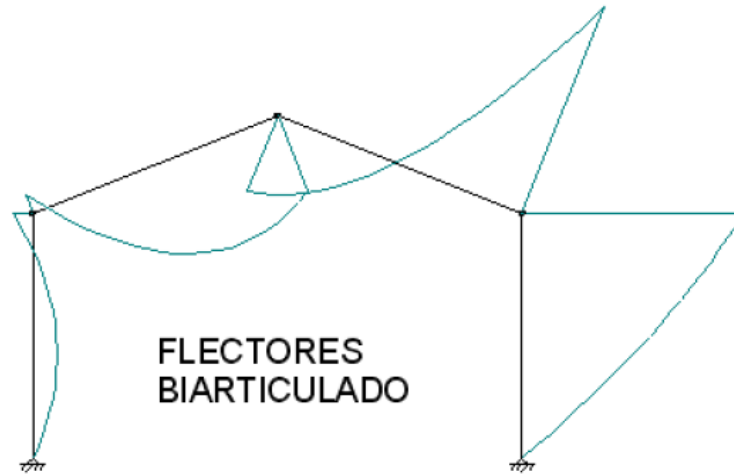


Fig.2.1: Diagrama de flectores en pórtico biarticulado con carga de viento actuando desde el lado izquierdo.

Una variable de los pórticos con apoyos articulados son los pórticos triarticulados, teniendo esta articulación suplementaria posicionada en la rotula del dintel. De esta manera, el flector en este punto que en ocasiones resulta bastante crítico es nulo.

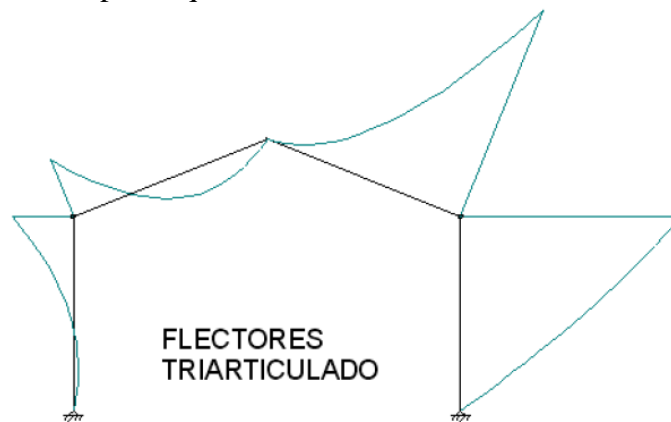


Fig. 2.2: Diagrama de flectores en un pórtico triarticulado con carga de viento actuando desde el lado izquierdo.

- Pórticos con apoyos empotrados:

Estos son normalmente los más usados, pues logran un mejor equilibrio frente a flexión por cargas horizontales aun a costa de sacrificar el momento flector nulo en los apoyos.

Son los usados para la mayor parte de los dinteles comúnmente utilizados, tales como:

- a) Pórticos de luz media: indicado para todo tipo de luces, ofreciendo un óptimo equilibrio entre resistencia, facilidad de montaje y separación entre pilares. El dintel consta de dos vigas unidas en la cumbrera mediante

soldadura o tornillería.

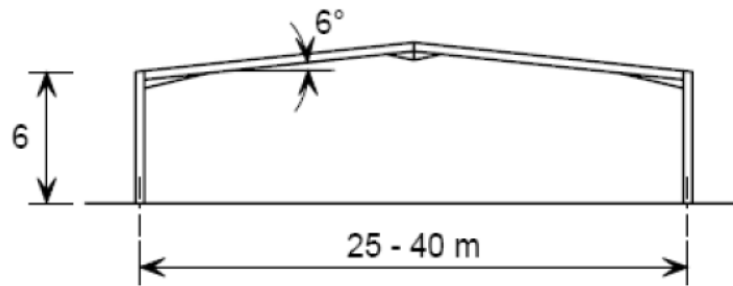


Fig. 2.3: Pórtico de luz media.

Puede complementarse con una serie de añadidos, tales como:

- Cartelas iniciales (en la unión pilar-dintel) y finales (en la unión de cumbrera), aumentando el momento flector resistente en estos puntos al aumentar su sección.

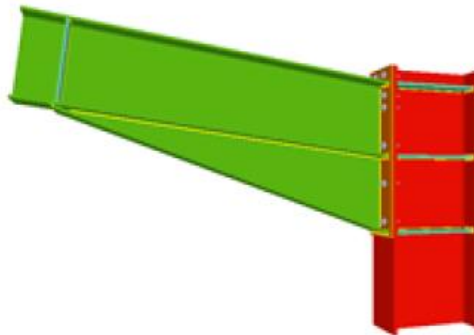


Fig. 2.4: Cartela en unión de alero.



Fig. 2.5: Cartela en unión de cumbrera.

- Pilares intermedios: suelen disponerse bajo la unión de cumbrera, llegando hasta el suelo. Estos pilares también deben ser cimentados al terreno, normalmente mediante una zapata aislada.
- b) Pórticos curvados: su construcción resulta más compleja debida a la curvatura en el dintel, pero resulta más agraciado y original en su diseño. Sus aplicaciones suelen ser de tipo arquitectónico. Poco usado en construcciones de tipo industrial.

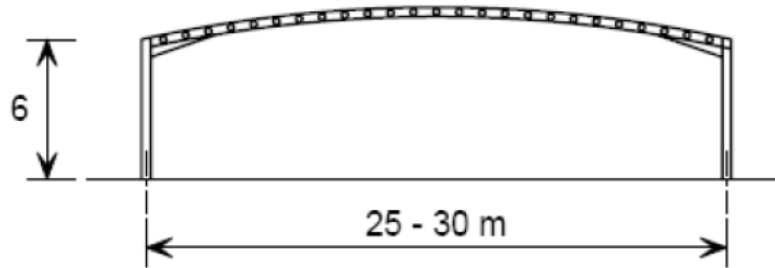


Fig. 2.6: Pórtico con dintel curvado.

- c) Pórticos Mansard: usado para salvar grandes luces y/o se requiera una altura de los aleros limitada. Se realiza uniendo vigas con una desviación determinada para lograr esa aparente curvatura. Poco recomendados para aplicaciones en las que los pórticos estén sometidos a grandes cargas debido a sus uniones, que tienen mayor propensión a fallar al haber mayor número que en un pórtico convencional. Por ello, estas se suelen acartelar.

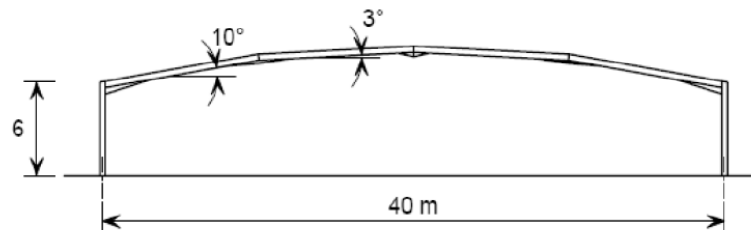


Fig. 2.7: Pórtico con dintel Mansard.

- d) Pórticos de viga aligerada: de momento son poco usados debido a sus singularidades constructivas. Presentan las ventajas de uso de un perfil normal pero con menor peso, permitiendo el dimensionado de la estructura con menor cantidad de material.

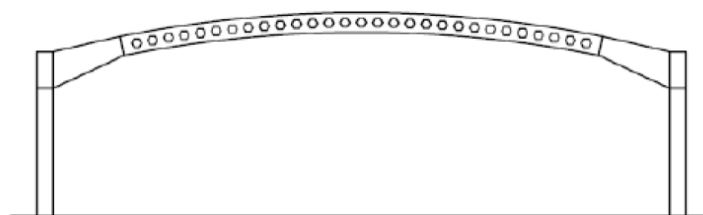


Fig. 2.8: Pórtico con perfiles de inercia variables.

- e) Pórticos con cercha: muy usados cuando el nivel de carga es elevado y debido a los requerimientos no es posible poner apoyos intermedios bajo el dintel. Compuesto por una serie de barras, normalmente articuladas entre sí, que reparte los esfuerzos para minimizar la sección de perfil total necesario. La disposición de las barras depende del tipo de cercha elegida.

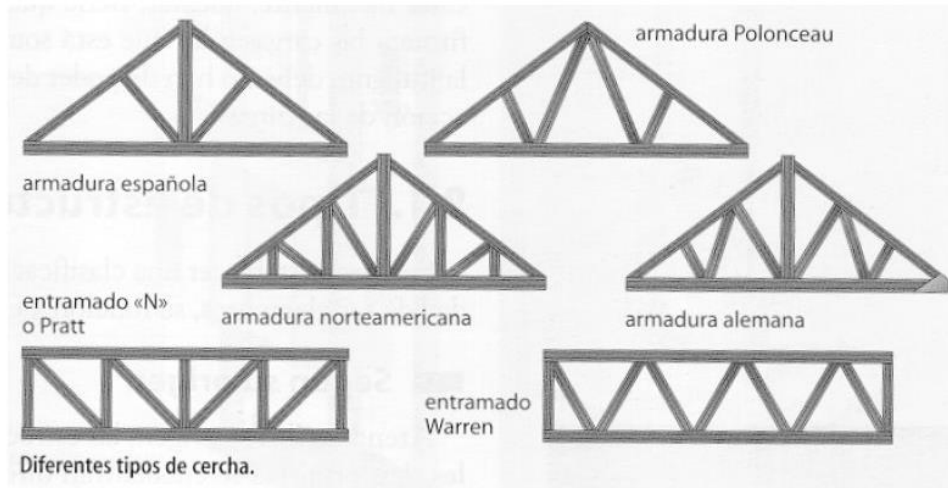


Fig. 2.9: Diferentes tipos de cerchas para un pórtico.

Cualquiera de estos tipos de pórticos pueden estar unidos entre sí de manera longitudinal o transversal si la obra lo requiere.

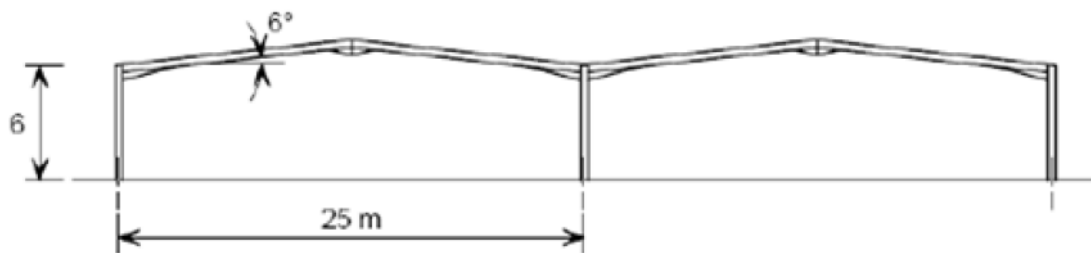


Fig. 2.10: Unión entre dos pórticos rígidos por uno de sus pilares.

2.3.2.2. Perfiles metálicos

Los perfiles metálicos serán los elementos que constituirán nuestra estructura. Estos aportan la resistencia y rigidez necesarias para la edificación correcta según nuestros requisitos. Para clasificarlos de forma general, se consideran dos características:

1.- Clasificación según el tipo de acero:

Definidos por la norma UNE-EN 10025:1994, cada tipo de acero tiene distinto límite elástico

(f_y), que indica la tensión máxima que puede resistir antes de deformarse plásticamente, y distinta resistencia última (f_u), que indica la tensión máxima que puede resistir antes de romperse.

Generalmente en construcción, para los perfiles laminados se usa acero de tipo S275 y para perfiles conformados de tipo S235.

Designación	Espesor (mm)	f_y (MPa)	f_u (MPa)	Alargamiento mínimo (%)	Energía mínima absorbida (J)	Temperatura (°C)
▶ S 235 JR	≤16	235	340 / 470	26	27	20
S 235 JR	16 / 40	225	340 / 470	26	27	20
S 235 JRG2	≤16	235	340 / 470	26	27	20
S 235 JRG2	16 / 40	225	340 / 470	26	27	20
S 235 J0	≤16	235	340 / 470	26	27	0
S 235 J0	16 / 40	225	340 / 470	26	27	0
S 275 JR	≤16	275	410 / 560	22	27	20
S 275 JR	16 / 40	265	410 / 560	22	27	20
S 275 J0	≤16	275	410 / 560	22	27	0
S 275 J0	16 / 40	265	410 / 560	22	27	0
S 355 JR	≤16	355	490 / 630	22	27	20
S 355 JR	16 / 40	345	490 / 630	22	27	20
S 355 J0	≤16	355	490 / 630	22	27	0
S 355 J0	16 / 40	345	490 / 630	22	27	0
S 355 J2G3	≤16	355	490 / 630	22	27	-20
S 355 J2G3	16 / 40	345	490 / 630	22	27	-20

Fig. 2.11: Tabla de propiedades de los distintos tipos de acero.

2.- Clasificación según forma (se muestran los principales tipos de perfiles laminados usados en construcción)

- **Perfiles HE:** usados para trabajar en cargas de compresión debido a su gran resistencia al pandeo. Es por ello que su uso es muy común en pilares, siendo menos habitual verlos en vigas debido a su mayor peso respecto a los perfiles IPE/IPN. Se denomina perfil HE, o perfil de alas anchas y caras paralelas, al producto cuya sección tiene forma de H.

Los perfiles HE se definen de acuerdo con las siguientes normas:

- UNE 36524:1994 - Productos de Acero laminados en caliente. Perfiles HE de alas anchas y caras paralelas. Medidas.
- UNE-EN 10034:1994 - Perfiles I y H de acero estructural. Tolerancias dimensionales y de forma.

Las caras exteriores e interiores de las alas son perpendiculares al alma, por lo que aquellas tienen espesor constante (caras paralelas).

Las uniones entre las alas y el alma son redondeadas y las aristas de las alas son vivas.

Existen tres series de perfiles HE:

- Perfil HEB - perfil base
- Perfil HEA - más ligero que el HEB
- Perfil HEM - más pesado que el HEB

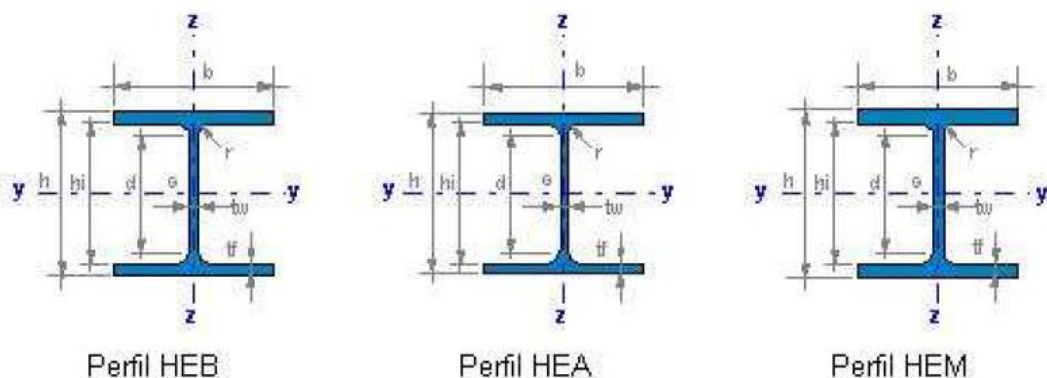


Fig. 2.12: Diferencias dimensionales de los tres tipos de perfiles HE.

Estos perfiles son designados por las letras HEB, HEA o HEM, seguidas de un número que indica la altura total nominal (h) del perfil base HEB, expresada en milímetros.

Para los perfiles de altura nominal del perfil HEB igual o inferior a 300mm, la anchura de las alas (b) es igual a la altura h.

Para los perfiles de $h > 300\text{mm}$, la anchura de las alas es igual a 300mm.

- **Perfiles IPE:** usados para trabajar en situaciones donde aparecen situaciones de flexión debidos a su buen comportamiento bajo este tipo de solicitación. Muy usados en vigas al lograr un buen compromiso entre resistencia y peso.

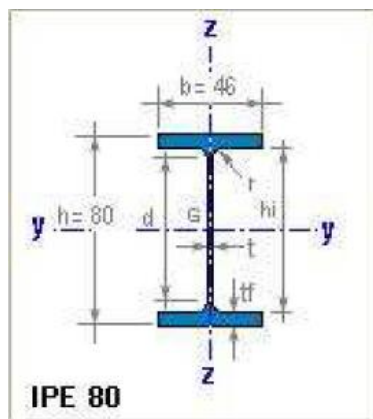


Fig. 2.13: sección de perfil IPE.

	Designación	M (kg/m)	P (kN/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)	d (mm)	hi (mm)
▶	IPE 80	6,0	0,060	80	46	3,8	5,2	5	59,6	69,6
	IPE 100	8,1	0,081	100	55	4,1	5,7	7	74,6	88,6
	IPE 120	10,4	0,104	120	64	4,4	6,3	7	93,4	107,4
	IPE 140	12,9	0,129	140	73	4,7	6,9	7	112,2	126,2
	IPE 160	15,8	0,158	160	82	5,0	7,4	9	127,2	145,2
	IPE 180	18,8	0,188	180	91	5,3	8,0	9	146,0	164,0
	IPE 200	22,4	0,224	200	100	5,6	8,5	12	159,0	183,0
	IPE 220	26,2	0,262	220	110	5,9	9,2	12	177,6	201,6
	IPE 240	30,7	0,307	240	120	6,2	9,8	15	190,4	220,4
	IPE 270	36,1	0,361	270	135	6,6	10,2	15	219,6	249,6
	IPE 300	42,2	0,422	300	150	7,1	10,7	15	248,6	278,6
	IPE 330	49,1	0,491	330	160	7,5	11,5	18	271,0	307,0
	IPE 360	57,1	0,571	360	170	8,0	12,7	18	298,6	334,6
	IPE 400	66,3	0,663	400	180	8,6	13,5	21	331,0	373,0
	IPE 450	77,6	0,776	450	190	9,4	14,6	21	378,8	420,8
*	IPE 500	90,7	0,907	500	200	10,2	16,0	21	426,0	468,0
*	IPE 550	105,5	1,055	550	210	11,1	17,2	24	467,6	515,6
*	IPE 600	122,5	1,225	600	220	12,0	19,0	24	514,0	562,0

Fig. 2.14: Tabla de las secciones disponibles para la sección IPE.

Se denomina Perfil IPE, o doble T de caras paralelas, al producto cuya sección tiene forma de I, denominada doble T.

Los perfiles IPE se definen de acuerdo con las siguientes normas:

- UNE 36526:1994 - Productos de Acero Laminados en Caliente. Perfiles IPE. Medidas.
- UNE-EN 10034:1994 - Perfiles I y H de Acero Estructural. Tolerancias dimensionales y de forma.

Las caras exteriores e interiores de las alas son perpendiculares al alma, por lo que aquellas tienen espesor constante (caras paralelas).

Las uniones entre las caras del alma y las caras interiores de las alas son redondeadas y las aristas de las alas son vivas.

Estos perfiles son designados por las letras IPE, seguidas de un número que indica la altura total nominal (h) del perfil, expresada en milímetros.

- **Perfiles IPN:** al igual que los perfiles IPE, tienen buenas propiedades a flexión y son usados en vigas, aunque progresivamente van desapareciendo de las nuevas construcciones para ser remplazados por los IPE, aunque se siguen usando, por ejemplo, para puentes grúa.

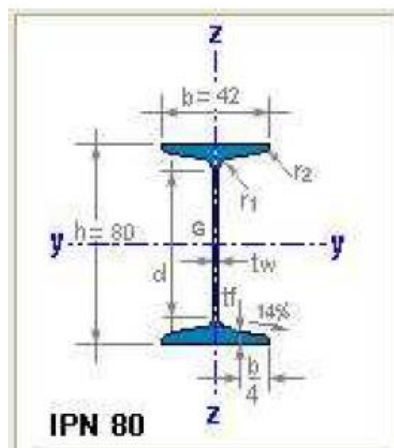


Fig. 2.15: Sección de perfil IPN.

	Designación	M (kg/m)	P (kN/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)	r2 (mm)	d (mm)	A (cm ²)
▶	IPN 80	6,0	0,060	80	42	3,9	5,9	3,9	2,3	59,0	7,6
	IPN 100	8,3	0,083	100	50	4,5	6,8	4,5	2,7	75,7	10,6
	IPN 120	11,1	0,111	120	58	5,1	7,7	5,1	3,1	92,4	14,2
	IPN 140	14,4	0,144	140	66	5,7	8,6	5,7	3,4	109,1	18,3
	IPN 160	17,9	0,179	160	74	6,3	9,5	6,3	3,8	125,8	22,8
	IPN 180	21,9	0,219	180	82	6,9	10,4	6,9	4,1	142,4	27,9
	IPN 200	26,2	0,262	200	90	7,5	11,3	7,5	4,5	159,1	33,4
	IPN 220	31,0	0,310	220	98	8,1	12,2	8,1	4,9	175,8	39,5
	IPN 240	36,2	0,362	240	106	8,7	13,1	8,7	5,2	192,5	46,1
	IPN 260	41,8	0,418	260	113	9,4	14,1	9,4	5,6	208,9	53,3
	IPN 280	47,9	0,479	280	119	10,1	15,2	10,1	6,1	225,1	61,0
	IPN 300	54,2	0,542	300	125	10,8	16,2	10,8	6,5	241,6	69,0
	IPN 320	61,0	0,610	320	131	11,5	17,3	11,5	6,9	257,9	77,7
	IPN 340	68,1	0,681	340	137	12,2	18,3	12,2	7,3	274,3	86,7
	IPN 360	76,1	0,761	360	143	13,0	19,5	13,0	7,8	290,2	97,0
	IPN 380	84,0	0,840	380	149	13,7	20,5	13,7	8,2	306,7	107,0
	IPN 400	92,6	0,926	400	155	14,4	21,6	14,4	8,6	322,9	118,0
	IPN 450	115,4	1,154	450	170	16,2	24,3	16,2	9,7	363,6	147,0
*	IPN 500	140,5	1,405	500	185	18,0	27,0	18,0	10,8	404,3	179,0
*	IPN 550	166,4	1,664	550	200	19,0	30,0	19,0	11,9	445,6	212,0
*	IPN 600	199,4	1,994	600	215	21,6	32,4	21,6	13,0	485,0	254,0

Fig. 2.16: Tabla de las secciones disponibles para la sección IPN.

Se denomina Sección en I con alas inclinadas, Perfil I normal o Doble T normal (IPN), al producto cuya sección tiene forma de I, denominada doble T.

Los perfiles IPN se definen de acuerdo con las siguientes normas:

- UNE 36521:1996 - Productos de Acero. Sección en I con alas inclinadas (antiguo IPN). Medidas.
- UNE-EN 10024:1995 - Productos de Acero laminado en caliente. Sección en I con alas inclinadas. Tolerancias dimensionales y de forma.

Las caras exteriores de las alas son perpendiculares al alma y las interiores presentan una inclinación del 14% respecto a aquellas (I de caras inclinadas), por lo que las alas tienen espesor decreciente hacia los bordes.

Las uniones entre las caras del alma y las caras interiores de las alas son redondeadas. Estas tienen el borde con arista exterior viva e interior redondeada.

Estos perfiles son designados por las letras IPN, seguidas de un número que indica la altura total nominal (h) del perfil, expresada en milímetros.

Las medidas, masas, pesos y propiedades geométricas y mecánicas presentadas en la tabla 2.16. corresponden al perfil teórico.

En el siguiente gráfico puede verse la utilización de cada tipo de perfil laminado para la construcción de estructura metálicas:

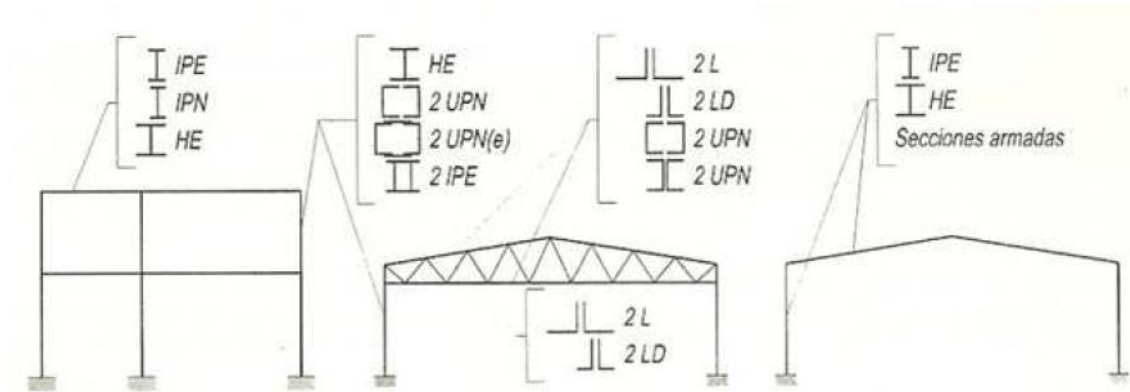


Fig. 2.17: Ejemplos de aplicación de perfiles según su posición y solicitaciones.

2.3.2.3. Cerramiento lateral

La fachada debe estar concebida cuidando los replanteos de todos los elementos que la integran, sobre todo cuando se emplean varios materiales diferentes en el diseño.

En la construcción de una fachada se debe controlar la planeidad y las cotas de ejecución de los forjados y de todos sus bordes. Si estos bordes son vistos en la fachada, debe prestarse atención y realizar con cuidado las terminaciones pues cualquier defecto queda expuesto a la vista sobre todo cuando el sol se proyecta generando luces y sombras.

Debe cuidarse la verticalidad de salientes y entrantes, la linealidad de las aristas y todos los elementos del frente.

Del mismo modo, en aquellos edificios donde la fachada marca las líneas horizontales, las mismas deben conservar linealidad perfecta.

Cuando la fachada está revestida, antes de la ejecución de los revestimientos, debe realizarse los estudios previos de colocación de acuerdo al tamaño de las piezas y preparar la base para andamios fijos o prever la colocación de ganchos cuando se trabaja con andamios colgantes.

Tipos de cerramientos más comunes:

- Ladrillos: método menos usado en la construcción industrial debido a que requieren un mayor tiempo de colocación debido a que la unión entre estos debe realizarse con cemento. Suele usarse para la creación de departamentos dentro de la propia nave, tales como oficinas, estancias, etc.
- Paneles hormigón prefabricado: placas de hormigón previamente constituidas en fábrica que solo requieren el ensamblaje entre ellos en la obra para su colocación. Para mejorar esta, suelen disponer un machihembrado que optimiza su alineación y evita desplazamientos indeseados. Suelen usarse placas aligeradas (también llamadas alveoplacas debido a los alveolos longitudinales en el interior de estas).



Fig. 2.18: Placas de hormigón prefabricado alveoladas.

- Paneles hormigón fabricado in situ: placas de hormigón constituidas en obra a partir de encofrado y su posterior vertido y vibrado de hormigón una vez sea dispuesta la armadura correspondiente encargada de ayudar al hormigón a resistir los esfuerzos de tracción. Para mejorar esta, suelen disponer un machihembrado que optimiza su alineación y evita desplazamientos indeseados.
- Panel sándwich: placas generalmente constituidas por lana de vidrio o lana de roca (que asegura un buen aislamiento con el exterior) y recubrimiento metálico de esta. Su coste es algo más elevado que el resto de cerramientos y su resistencia es inferior. Es necesario la incorporación de correas laterales para su utilización.
- Cerramientos metálicos: uso de placas metálicas, generalmente de aluminio, para delimitar el interior de la construcción. Gran sencillez y rapidez de montaje, aunque la resistencia ante impactos sobre estas placas se vea comprometida. Suele usarse como prolongación de las cubiertas metálicas para cerrar la parte adyacente a esta, justo en la zona superior del muro. Es necesario la incorporación de correas laterales para su utilización.

2.3.2.4. Correas en cubierta

Son elementos, generalmente metálicos, para la unión longitudinal entre dinteles. Su función principal es el soporte de la cubierta, evitando que esta se desplome o alcance flechas críticas.

En estos casos, se busca principalmente la ligereza del conjunto, por lo que las correas elegidas serán aquellas que proporcionen el menor peso posible sin dejar de lado la resistencia a las cargas permanentes como son el peso propio de la cubierta, las variables (viento, nieve, sobrecarga de uso...) y todas las combinaciones posibles de estas. Es por esto que se suelen usar perfiles conformados debido a su bajo peso, aceptable resistencia y gran aprovechamiento de material. Entre este tipo de perfiles se encuentran:

- Correas en Z: recomendadas para pendientes a partir de 20%.

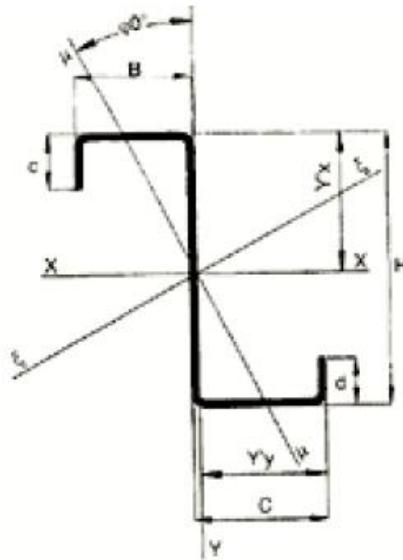


Fig. 2.19: Dimensiones características de perfil en Z.

- Correas en C: recomendadas para pendientes máximas del 20%.

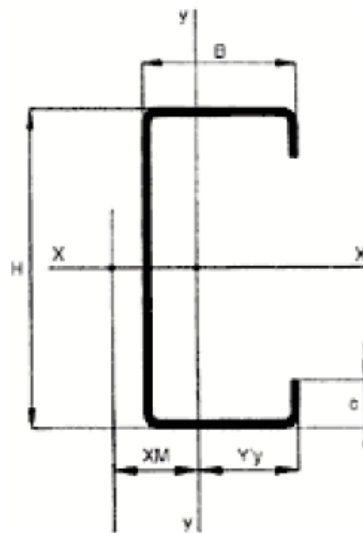


Fig. 2.20: Dimensiones características de perfil en C.

- Correas en M: al igual que las de tipo anterior, tienen un límite de inclinación de cubierta del 20%. Usadas para cubrir grandes luces debido a su estabilidad superior.

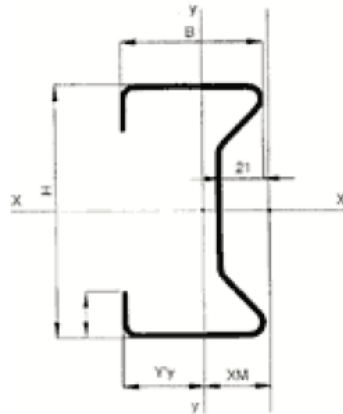


Fig. 2.21: Dimensiones características de perfil M.

También puede tener una función de arriostramiento longitudinal de la estructura, para lo cual se usan perfiles conformados en frío (IPE e IPN normalmente). En este caso, la fijación con el dintel debe ser rígida y es recomendable que discurren a lo largo de varios vanos para asegurar la estabilidad, siendo lo ideal una viga continua a lo largo de toda la longitud.

Las uniones entre las correas y dintel pueden ser de diversos tipos según el tipo de correa usada. Puede necesitar un soporte suplementario (eji3n) para la uni3n, o puede soldarse/atornillarse directamente a la viga.

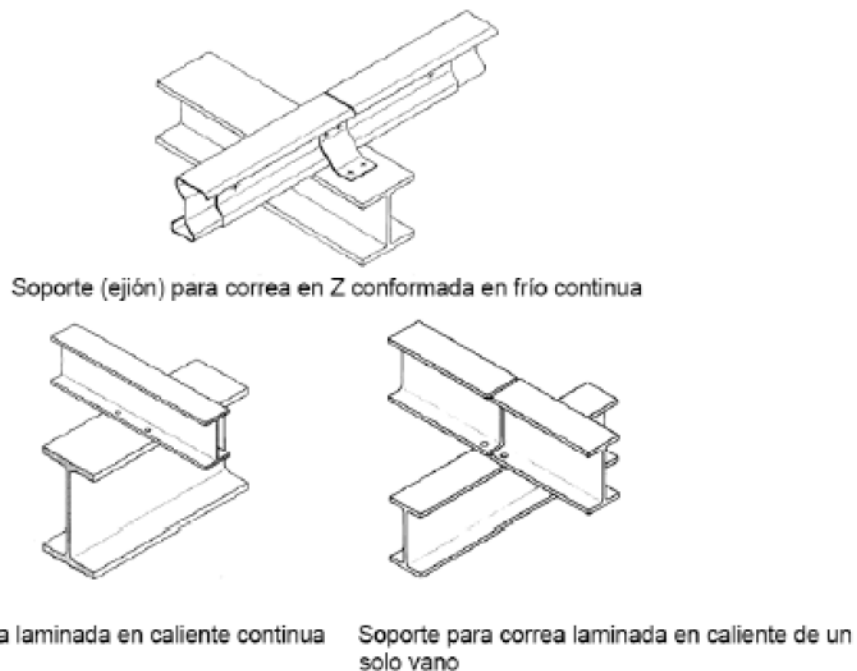


Fig. 2.22: Distintos tipos de sujeciones correa-viga en funci3n de los perfiles unidos.

2.3.2.5. Cubierta

Al margen de que su peculiaridad funcional sea la estanqueidad, la cubierta, como cerramiento que es, ha de satisfacer aquellas funciones gen3ricas de protecci3n y aislamiento que son comunes a todos los cerramientos del edificio.

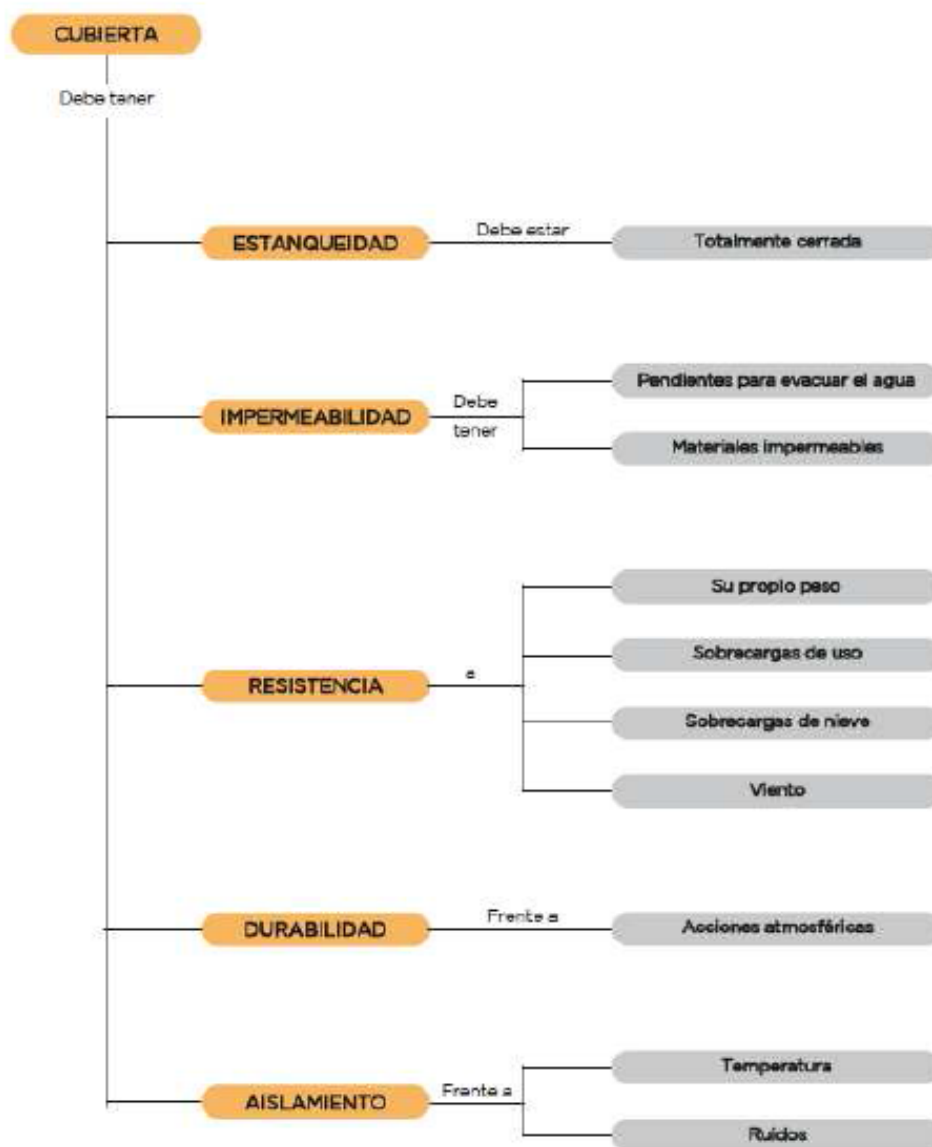


Fig. 2.23: Esquema de las propiedades que debe poseer una cubierta.

La cubierta es un elemento constructivo que está sometido a unas condiciones ambientales muy adversas.

El hecho de recibir los cambios climáticos de una forma mucho más directa que otras partes del edificio (la incidencia del sol directamente, la acumulación de nieve sobre su superficie, etc.) provoca que la cubierta se vea sometida a un deterioro constante, lo que obliga a utilizar determinados materiales que protejan a sus partes más importantes, como son los que deben cumplir la misión de impermeabilización y de aislamiento.

En este sentido, además de que estos materiales sean de por sí duraderos y resistan adecuadamente la incidencia de los posibles cambios climáticos, en muchas ocasiones, se debe buscar soluciones complementarias que eviten que la acción directa del sol o la lluvia, o la succión del viento, o incluso los propios movimientos de la estructura del edificio puedan alterar las condiciones de estos materiales.

Cualquier material de cubierta debe resistir las deformaciones térmicas a que pudiera verse afectado, debido a los saltos térmicos producidos entre el día y la noche o en las diferentes estaciones climáticas.

No obstante lo anterior, en ocasiones lo que interesa es que la posible, por lo que no siempre es factible pensar en soluciones de protección de estos materiales de impermeabilización.

Por lo tanto, toda cubierta debe hacer compatible la ligereza con la durabilidad.

Los materiales de los que suele realizarse son:

- Planchas onduladas de fibro-cemento (Uralita): están en desuso por la sustitución de nuevos materiales metálicos, plásticos o mezcla de ambos que ofrecen mayor resistencia con poco peso.
- Planchas de acero galvanizado: tienen una sección transversal con varios tipos de onda: trapezoidal, acanalada, ondulada, etc.
- Planchas de aluminio: son las más duraderas, resistentes y ligeras; con gran variedad de secciones de onda y gran largo comercial.
- Placas traslucidas: se usan para iluminar la nave. Están hechas de material plástico de gran resistencia
- Panel sándwich: usado cuando es necesario un nivel de aislamiento superior con el entorno.

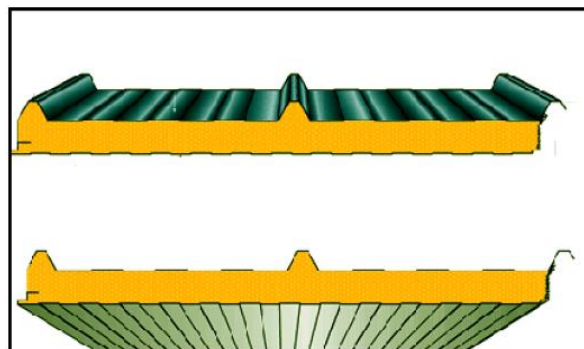


Fig. 2.24: Panel Sándwich con relleno de fibra de vidrio y exterior metálico.

2.3.2.6. Tirantes

Su función consiste en asegurar el arriostrado de la nave cuando está sometida a carga, proporcionando estabilidad. Se colocan en los recuadros del armazón formado por las barras de acero.

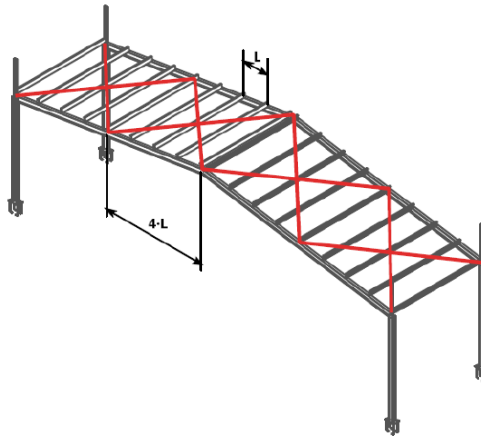


Fig. 2.25: Ejemplo de vano atirantado en los dinteles con una disposición doble de cruces de San Andrés.

Una cualidad común entre todos los tipos de secciones que sirven para arriostrar es que sea fácil montarlos de forma articulada sobre las secciones de acero que componen la nave. Para realizar la articulación de los extremos, estos se aseguran mediante tornillos o soldadura sin cartelas.

Hay varios tipos de elementos de arriostramiento, entre los que destacan:

- Perfiles UPN: Son los que ofrecen mayor rigidez en el arriostramiento.

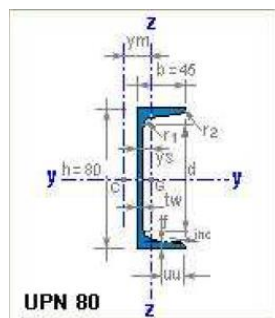


Fig. 2.26: Sección de perfil UPN.

- Perfiles en L o en ángulo: muy comunes a la hora de arriostrar naves de tamaño medio.

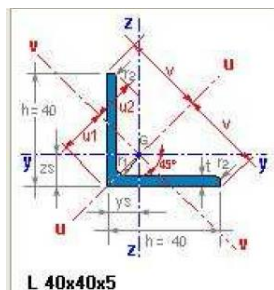


Fig. 2.27: Sección de perfil en L.

- Cables: tienen la ventaja, respecto a los perfiles anteriores, de que solo trabajan a tracción, por lo que nunca existirá el riesgo de deformación por pandeo al ser flexibles.

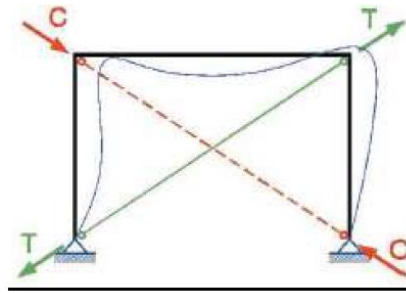


Fig. 2.28: Diagrama de las fuerzas que sufre un cable flexible cuando se le aplica una fuerza de tracción o compresión al vano donde está ubicado.

2.3.2.7. Uniones

Las uniones aseguran el correcto ensamblaje de piezas para conferirles la rigidez y continuidad necesarias. Para la unión entre piezas metálicas de la estructura solamente se puede elegir entre dos opciones disponibles: realizar las uniones mediante elementos atornillados o realizar soldaduras para unir las piezas. Se están haciendo investigaciones en el campo de las uniones adhesivas mediante resinas, pero todavía no se ha logrado una rigidez en la unión comparable a las dos anteriores.

1. Uniones atornilladas

Este tipo de unión presenta las siguientes ventajas:

- Son uniones desmontables sin necesidad de destruir la unión.
- El sistema es estándar e intercambiable.
- Facilidad de montaje y desmontaje.
- Permite la unión de piezas de diferentes materiales.
- Si están bien diseñadas resisten bien las cargas de tracción, cortante, flexión, y torsión.

Los tornillos se clasifican en calidades para definir su resistencia a fluencia y rotura:

Clase	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²)	240	300	480	640	900
Tensión de rotura f_u (N/mm ²)	400	500	600	800	1000

Fig. 2.29: Propiedades mecánicas de los tornillos según su calidad.

Para poder dimensionar una unión atornillada no basta solo con dimensionar el propio tornillo, sino que también hace falta dimensionar las disposiciones constructivas de estos para evitar que haya problemas.

Las disposiciones constructivas para el dimensionamiento de uniones son:

a) Disposiciones mínimas:

- $e \geq 1.2 \times d_0$ (siendo d_0 el diámetro del agujero donde se instalara el tornillo, siendo usualmente 2mm mayor que el diámetro del propio tornillo).
- $p \geq 2.2 \times d_0$

- $e \geq 1.5 \times d_0$
 - $p \geq 3.0 \times d_0$
- b) Disposiciones máximas:
- Para las distancias interiores: $1.2 e, e \geq \min(40mm + 4t, 12t, 150mm)$
 - Para la distancia hasta el borde de la pieza:
 $p \geq \min(14t, 200mm)$
 $p \geq \min(28t, 200mm)$

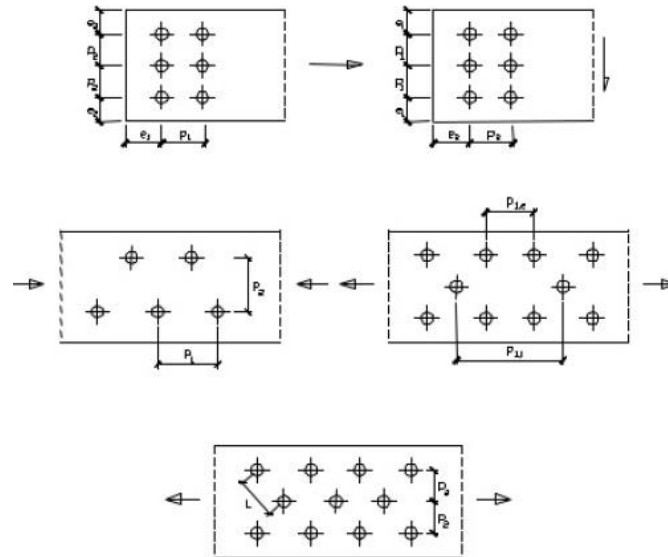


Fig. 2.30: Descripción de las disposiciones constructivas de las uniones atornilladas en función de la dirección de la sollicitación.

En caso de no dimensionar correctamente la unión, puede incurrir en fallos que comprometan la unión.

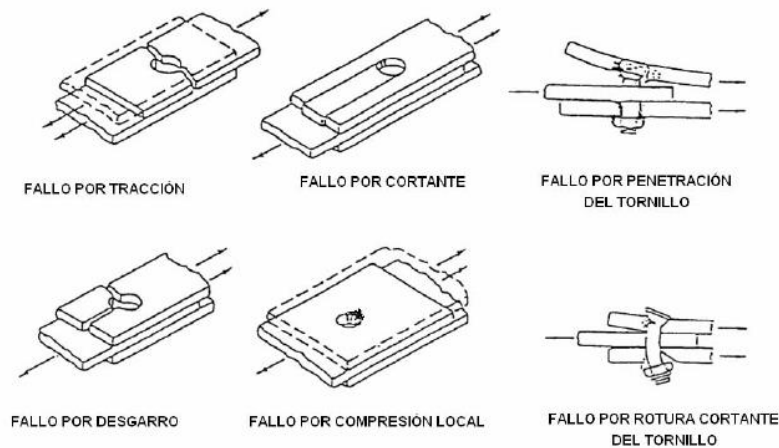


Fig. 2.31: Fallos frecuentes en uniones atornilladas.

2. Uniones soldadas

La unión entre piezas por soldadura presenta las siguientes ventajas:

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

- Las uniones son más sencillas y tiene mejor apariencia.

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

Existen varios tipos de soldaduras, de las que destacan dos:

- A. Soldadura a tope: presenta la ventaja de que el cordón de soldadura no necesita dimensionarse.

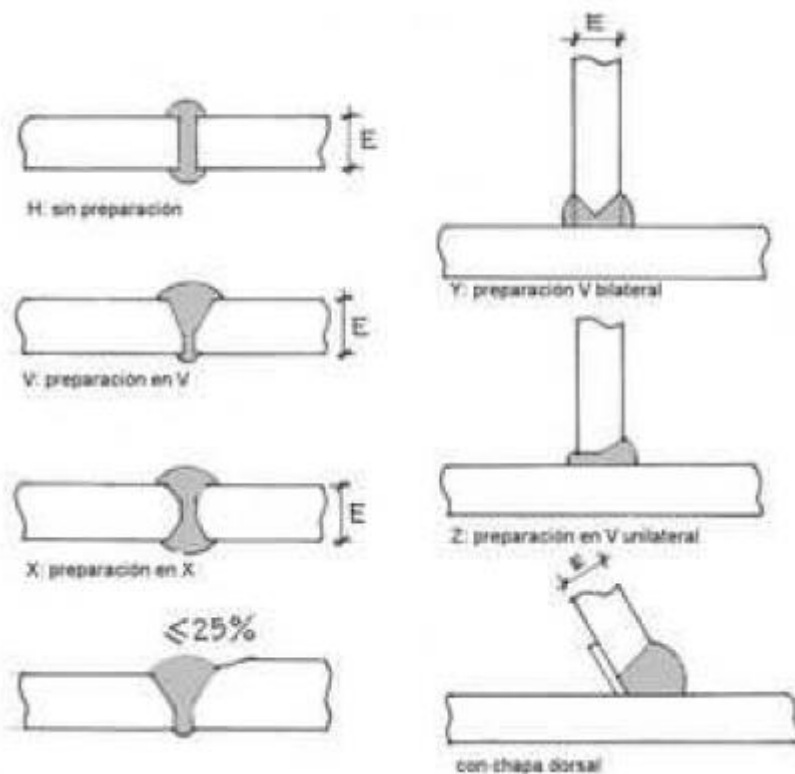


Fig. 2.32: Tipos de soldaduras “a tope”.

- B. Soldadura en ángulo: Se realiza con cordón continuo de espesor de garganta G , siendo G la altura del máximo triángulo isósceles inscrito en la sección transversal de la soldadura (ver figura 2.33).

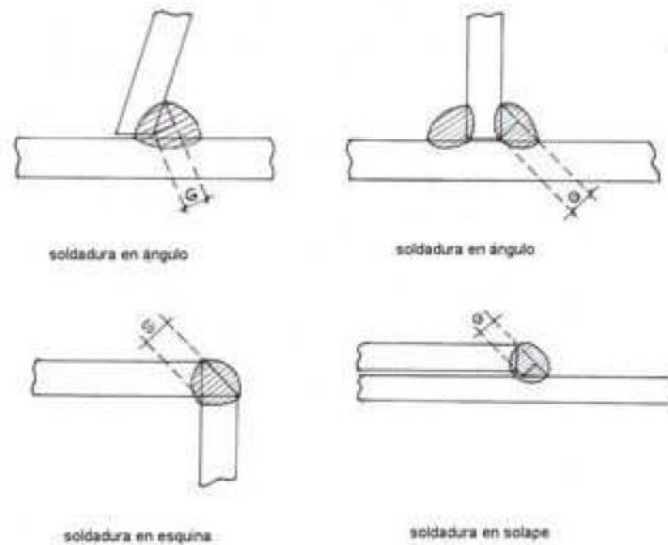


Fig. 2.33: Tipos de soldaduras en ángulo.

Se deberá indicar en los planos del proyecto el tipo de soldadura y sus medidas (longitud y espesor de garganta G).

A la hora de dimensionar correctamente las uniones, sean de cualquier tipo, se deberá tener en cuenta los siguientes puntos:

- Las dimensiones necesarias para la definición de todos los elementos integrantes de la estructura.
- Las contra flechas de vigas, cuando se hayan previsto.
- La disposición de las uniones, inclusive todas las provisionales de armado, distinguiendo las dos clases de unión: de fuerza y de atado.
- El diámetro de los agujeros de tornillos, con indicación de la forma de mecanizado.
- Las clases y diámetros de los tornillos empleados.
- La forma y dimensiones de las uniones soldadas, la preparación de los bordes, el procedimiento, métodos usados en cada caso y posiciones de soldeo, los materiales de aportación y el orden de ejecución.
- Las indicaciones sobre mecanizado o tratamiento de los elementos que lo precisen.
- Todo plano de taller debe indicar tipo de perfiles, clases de aceros usados, los pesos y marcas de cada uno de los elementos de la estructura representados en él.

2.3.2.8. Zapatas

Una zapata es un tipo de cimentación superficial, que puede ser empleada en terrenos razonablemente homogéneos y de resistencias a compresión medias o altas. Consisten en un ancho prisma de hormigón situado bajo los pilares de la estructura. Su función es transmitir al terreno las tensiones a que está sometida el resto de la estructura y anclarla.

Cuando no es posible emplear zapatas debido a la baja resistencia a compresión del terreno debe recurrirse a cimentación por pilotaje o losas de cimentación.

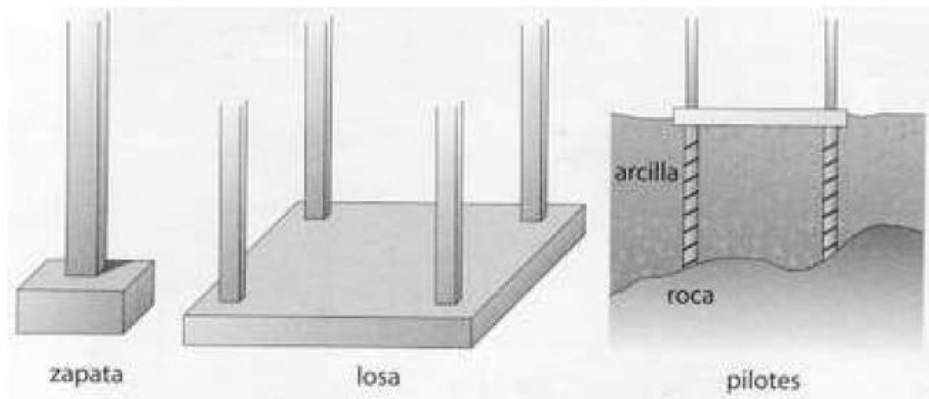


Fig. 2.34: Ejemplo de las distintas formas de cimentación.

Normalmente, las zapatas están realizadas en hormigón, incrustándose dentro de este una serie de barras metálicas (llamadas comúnmente ferrallas) para la correcta unión entre la estructura metálica y el soporte.

La dosificación clásica para el hormigón necesario para la cimentación, teniendo en cuenta la composición granulométrica corriente de los áridos redondeados de río, es la siguiente:

- Grava: 800 a 900 litros.
- Arena: 400 a 500 litros.
- Cemento: 300 a 350 Kg.
- Agua: 200 litros.

Podemos encontrar distintos tipos de zapatas para la cimentación de construcciones (Ralph B. Peck, 2007), según el tipo de clasificación:

- A. Por su forma de trabajo:
 - a) Aisladas: si soportan un solo pilar.
 - b) Combinadas: si soportan dos o más pilares, en número reducido. Se emplean en medianerías para evitar la carga excéntrica sobre la última zapata, o cuando dos pilares están muy próximos entre sí, o, en general, para aumentar la superficie de carga o reducir asientos diferenciales.
 - c) Continuas o corridas bajo pilares: para soportar varios pilares alineados; se emplean en circunstancias parecidas a las zapatas combinadas.
 - d) Continuas o corridas bajo muros: para soportar muros.
 - e) De medianería o esquina: cuando se descentra soporte, suelen ir unidas mediante vigas riostra con el fin de mejorar la estabilidad del elemento de cimentación.
 - f) Arriostradas: cuando varias zapatas se unen por medio de vigas riostras, para dar mayor rigidez al conjunto, en suelos mediocres, o cuando existen acciones horizontales.

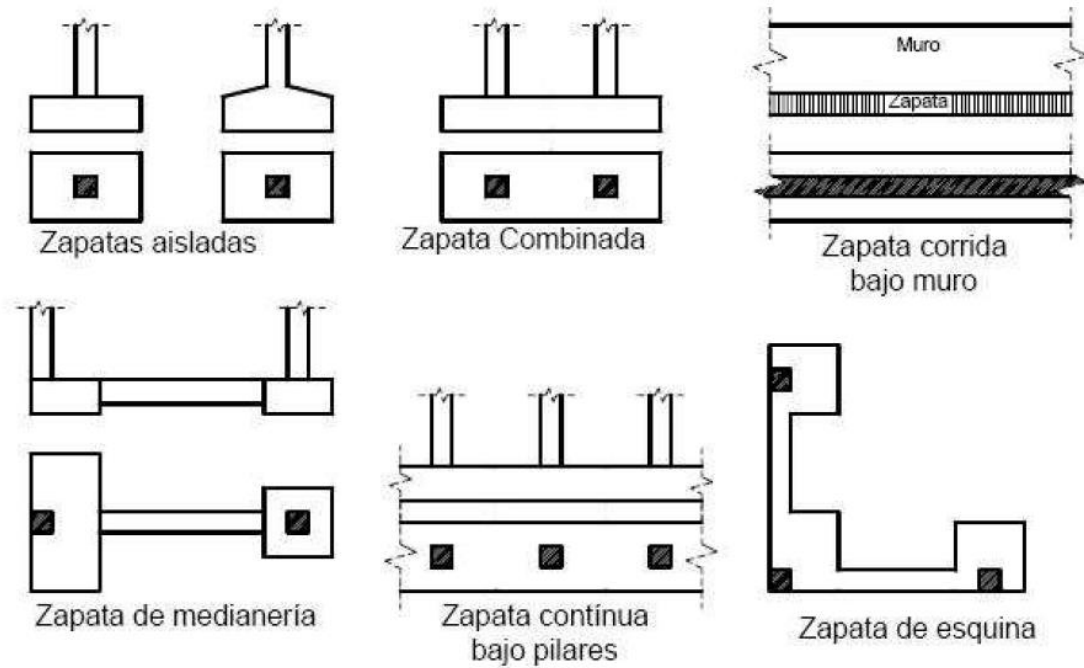


Fig. 2.35: Tipos de zapatas según su forma de trabajo.

B. Por la relación entre sus dimensiones (lo que condiciona su forma de trabajo):

- a) Rígidas: relación vuelo/canto menor de 2.
- b) Flexibles: Relación vuelo/canto mayor de 2.

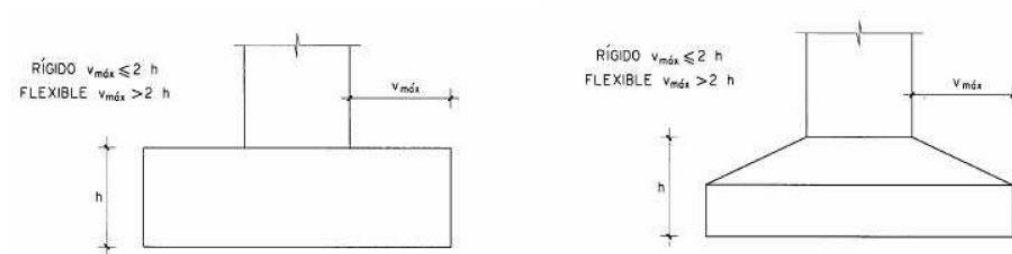


Fig. 3.36: Tipos de zapatas según sus dimensiones.

En el cálculo y selección de las zapatas, se ha puesto especial cuidado en comprobar que no se sobrepasen los siguientes ELU:

- ELU de estabilidad: vuelco y deslizamiento.
- ELU de hundimiento en el terreno.
- ELU de agotamiento por flexión mecánica.
- ELU de punzonamiento.

2.4. NORMAS Y REFERENCIAS

2.4.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

Las normas vigentes que se han aplicado en el proceso de diseño son:

- Aceros laminados, armados y conformados: CTE DB-SE-A
- Hormigón: EHE 08
- Cimentación: CTE DB-SE-C
- Acciones: CTE DB-SE-AE
- Flechas y desplomes: CTE DB-SE

2.4.2. BIBLIOGRAFIA

- Arce Diez, Carlos. *Estudio geotécnico para el proyecto de construcción de una nave en Villatarás*. (Investigaciones geotécnicas y medioambientales, S.L.).
- Argüelles Álvarez, Ramón. *La Estructura Metálica Hoy*. (Ed.: Bellisco, 2011).
- Jiménez Montoya, Pedro. *Hormigón armado Jiménez Montoya EHE 2008. Ajustada al código modelo y al Euro código EC-2*. (Ed.: Gustavo Gili S.L.).
- Manuel Reyes, Antonio. *CYPE 2010. Cálculo de estructuras metálicas con Nuevo Metal 3D*. (Ed.: Anaya Multimedia, 2009).
- Saval, José Miguel. *Materiales de construcción*. (Ed.: Gamma).
- Serra Gesta, Jesús; Oteo Mazo, Carlos; García Gamallo, Ana María; Rodríguez Ortiz, Jesús María. *Mecánica del suelo y cimentaciones*. (Ed.: Colegio Oficial de Aparejadores).
- Tárrago, José A.; Canales, Javier; Ansola, Rubén; Santamaría, Javier; Maturana, Aitor. *Teoría de estructuras*. (Ed.: Escuela Superior de Ingenieros).
- Tiktin, Juan. *Movimiento de tierras*. (Ed.: E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos).

2.4.3. PROGRAMAS DE CÁLCULO

Para el cálculo de estructuras metálicas, el calculista tiene una gran ayuda en las herramientas de control computarizado, tales como los programas CAD-CAM. Mediante estos, se puede diseñar y dimensionar la obra con un margen de error mínimo, cumpliendo siempre con las estrictas medidas de seguridad que determina la normativa. Algunas herramientas de cálculo utilizadas para este fin son:

- ADINA
- Architrave
- IES
- PROKON
- TEKLA Estructures
- Costrusoft
- CYPECAD

Para la realización del presente proyecto se ha usado este último programa, que incorpora dos módulos que serán de gran utilidad para el cálculo de la estructura metálica y cimentación de la nave industrial que es objeto de estudio:

- Generador de pórticos: permite la creación de pórticos con las especificaciones requeridas, teniendo distintas opciones respecto al tipo de dintel a utilizar, clasificándose principalmente en dos tipos:
 - Pórtico rígido: dintel formado por perfiles metálicos convencionales, con uniones en la cumbrera, y entre los pilares y dintel (aleros).
 - Pórtico con cercha: dintel formado por conjunto de barras, articuladas o reticuladas, que confieren mayor rigidez estructural a esta parte de la estructura a costa de mayor cantidad de material y, por tanto, mayor coste. Es posible seleccionar distintos tipos de cercha en función de nuestras preferencias o requerimientos.

También permite describir el tipo de acciones que habrá sobre la estructura, tales como nieve y viento dependiendo de la ubicación y entorno en el que este la estructura.

Por supuesto, para el correcto dimensionado posterior del pórtico diseñado, permite la introducción de cargas sobre los pórticos, tales como cerramientos, correas (las cuales también permite dimensionarlas y ubicarlas) y sobrecargas, además de muros entre los pórticos introducidos.

- Nuevo Metal 3D: quizás sea la aplicación más atractiva del paquete CYPECAD por su gran potencia de cálculo a la hora de llevar a cabo el correcto dimensionamiento de la estructura. Se ayuda del Generador de Pórticos para introducirlos correctamente y poder trabajar sobre ellos, pero sus funciones van mucho más allá. Entre ellas, las más notables son:
 - Dimensionado de las barras que componen la estructura para lograr un correcto equilibrio entre resistencia y ahorro de material (y por tanto, cargas adicionales en la estructura y costes) teniendo en cuenta las distintas hipótesis de carga.
 - Elección y dimensionado de las uniones, teniendo en cuenta diferentes criterios tales como tipo de uniones (soldadas o atornilladas), disposición de barras, esfuerzos a los que se ven sometidos y acciones sobre el conjunto de la estructura dependiendo de las hipótesis aplicadas.
 - Generación de distintas hipótesis de cargas y aplicación de todas ellas hasta lograr la más desfavorable.

- Dimensionado de la cimentación sobre la que descansara la estructura introducida. Este módulo está regido por la normativa DB-SE-C del CTE.

Otra razón por la que se ha elegido CYPECAD para la realización del proyecto ha sido por su licencia After Hour, que permite la utilización del programa dentro de unos límites horarios sin ningún tipo de restricción en los cálculos.

Huelga decir que CYPECAD cumple con todos los requisitos para el cumplimiento estricto de la normativa vigente respecto a edificación reflejada en el Código Técnico de la Edificación.

2.4.4. PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD APLICADO DURANTE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO

Normalmente un proyecto de envergadura como el que tratamos, tendrá un asesoramiento externo de la calidad, mediante el personal docente de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao.

Deberemos establecer cronológicamente junto con la planificación cuantos controles de calidad y de qué tipo, se habrán de efectuar para conseguir que nuestro producto final no se desvíe de lo inicialmente proyectado: vigilar la oportunidad (los plazos), la calidad (mantenimiento de los requisitos de las instalaciones y sus materiales) y el coste (que la desviación presupuestaria sea mínima).

2.5. REQUISITOS DE DISEÑO

Los requisitos necesarios para el diseño de la nave han sido claros y concisos. A partir de estos, se ha llevado a cabo el dimensionamiento así como la distribución de elementos para que en su conjunto formen una estructura resistente que cumpla con los requerimientos en cuanto a tamaño y resistencia a los que estará sometida durante su uso.

Estos requerimientos se agrupan en los puntos:

2.5.1. USO DE LA NAVE

La nave servirá para la fabricación de todo tipo de puertas: seccionales, guillotina, pre leva, correderas, peatonales, etc. Esto implica que dentro de ella tendrá lugar no solo la producción de los elementos necesarios, sino la manipulación de ellos.

La nave principal no servirá como almacén de piezas, pues una vez fabricadas serán llevadas directamente a la tejavana contigua dispuesta a lo largo de uno de los paramentos laterales de la nave dispuesto para tal fin.

Esto hace que lo que es en si la nave principal no se haya tenido que sobredimensionar las cotas para otro fin que no sea el productivo.

2.5.2. SITUACIÓN DE LA NAVE

La ubicación de la nave, será la parcela 40 del polígono 509 del término municipal de Villatarás de Losa, perteneciente a la Junta de Traslaloma (Burgos). Este emplazamiento se considera adecuado, ya que dispone de acceso rodado por vía pública en la parte delantera de la nave, así como los servicios energéticos e hidráulicos; además se encuentra a escasos 100 kilómetros de cuatro grandes ciudades como son Bilbao, Burgos, Santander y Vitoria, pudiendo así abarcar una gran extensión territorial en poco tiempo.

En la actualidad la empresa se dedica única y exclusivamente al montaje y mantenimiento de puertas fabricadas por grandes empresas del sector a nivel nacional e internacional como “ROPER”, “PUERTAS NUEVA CASTILLA” o “CRAWFORD”, a lo que consideran que es el momento de lograr una mayor expansión.

Los servicios con los que cuenta el complejo son:

- Acceso a Carreteras.
- Acceso a Agua Potable.
- Alumbrado Público.
- Electricidad.
- Red de Alcantarillado.

2.5.3. JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA

La edificación objeto del proyecto se pretende construir en un suelo calificado por las normas urbanísticas del municipio de Villatarás de Losa como suelo urbano apto para el uso industrial.

El uso al que se va a destinar la nave es industrial, encontrándose dentro de las condiciones particulares de uso establecidas para este tipo de suelo según el Plan General de Ordenación Urbana de la Junta de Traslaloma

- Altura máxima de fachada [m]: 12.
- Coeficiente de edificabilidad [m²/m²]: 0,7.
- Retranqueo a límite de parcela [m]: 6.
- Retranqueo a carretera [m]: 18 desde arista exterior.
- Retranqueo a núcleo urbano[m]: 250.

Para cumplir con estos requerimientos se ha elegido la parcela 40 del polígono 509, que consta de un solar de 5.740 m².

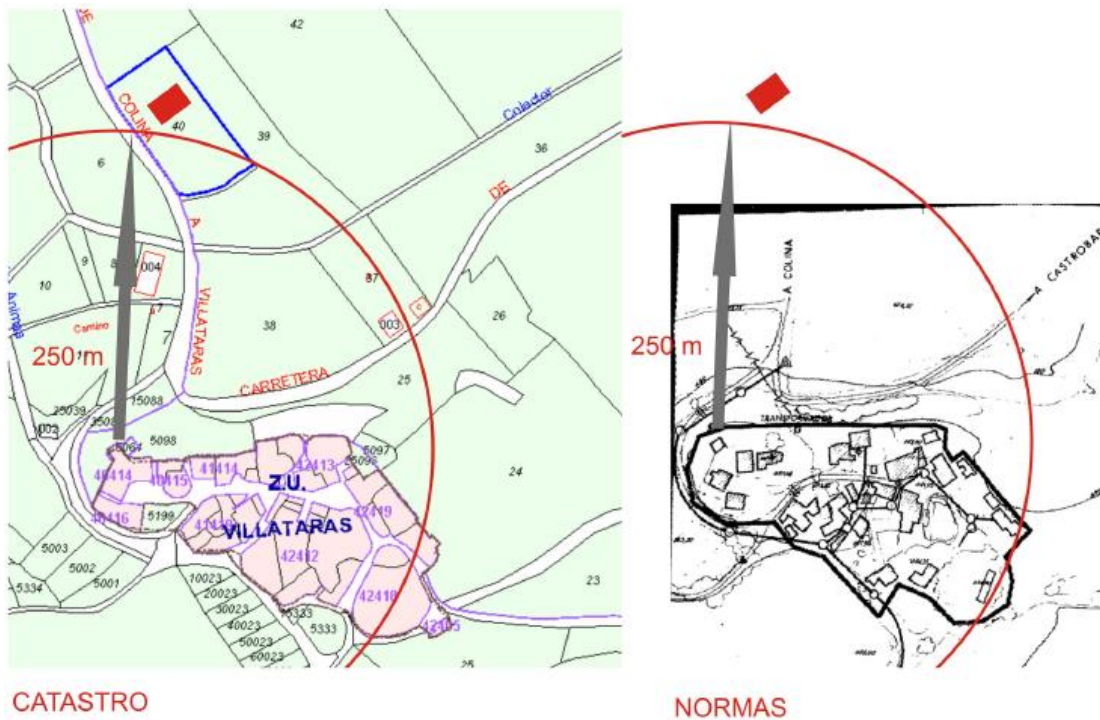


Fig. 3.1: Plano general de la situación.

2.5.4. TAMAÑO DE LA NAVE

Los requerimientos de dimensionamiento son explícitos: la nave que se ha proyectado tiene una geometría rectangular:

La nave constará de un pabellón principal, cuyo eje longitudinal se encontrará en dirección noreste, con tejado a dos aguas y una pendiente en la cubierta del 25,4%, lo que equivale a un ángulo de $14,25^\circ$. La altura en cumbre será de 10,54m mientras que en los laterales será de 8m siendo únicamente los 2 primeros metros del cerramiento de hormigón armado. Las dimensiones en planta serán de 20x30m con una puerta corredera en su cara delantera de 7m ubicada en el centro.

Así mismo, adosada a este pabellón por su paramento noroeste, se ejecutará una tejavana que mantendrá la pendiente en cubierta de $14,25^\circ$ para todo el recinto, con dimensiones en planta de 12x30m. Para esta, aprovecharemos a un lado la altura total del lateral del pabellón, mientras que al otro, la altura será de 4,95m. Al igual que en el pabellón principal únicamente los 2 primeros metros del cerramiento se realizarán con hormigón.

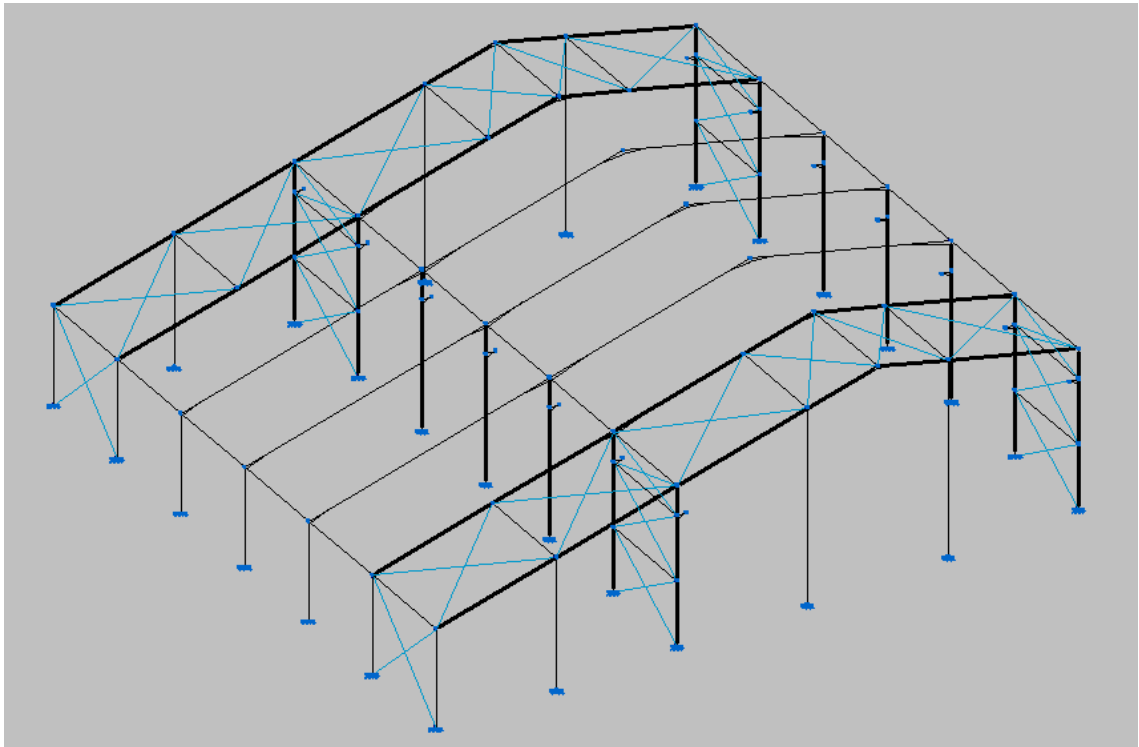


Fig. 3.2: Características de la nave.

2.5.5. DISTRIBUCIÓN INTERNA

Para no entorpecer los trabajos de fabricación y manipulación, se ha establecido que el interior de la nave deba ser completamente diáfano (sin pilares intermedios), permitiendo así un aprovechamiento óptimo de la superficie construida que se verá ayudada de un puente grúa monorraíl con una capacidad de carga de 2 toneladas y una luz libre de eje a eje de rodadura con el fin de agilizar el movimiento de paneles y materiales diversos.



Fig. 3.3: Ejemplo de distribución interior diáfana con puente grúa.

2.5.6. CERRAMIENTOS

La nave está completamente cerrada (tanto en el plano horizontal como vertical) para proteger el interior de las inclemencias del tiempo y de posibles hurtos. Para tal fin, se ha elegido una cubierta de panel sándwich y cerramientos laterales mixtos mediante placas de hormigón armado y paneles sándwich.

Para la circulación de material entre el interior y exterior de la nave se ha dispuesto una puerta lo suficientemente grande como para que no interfiera en estas operaciones. Se ha elegido una puerta metálica corredera de 7 metros de ancho por 6 de alto para tal cometido. Su colocación ha sido en el centro del muro hastial frontal y para la tejavana se ha optado por la misma solución siendo en este caso de 6 metros de ancho por 6 de alto.



Fig. 3.4: Ejemplo puerta metálica corredera en el exterior de la nave.

2.6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

2.6.1. DISEÑOS ESTUDIADOS

A la hora de proyectar la nave industrial, se ha podido optar por distintos tipos de pórticos, lo cual dará lugar a la elección de unos determinados perfiles para la construcción final.

Ya que una de las premisas con las que se ha partido es la de costes ajustados, se ha buscado una solución que permitiese reducir la cantidad de metal utilizado y el tiempo de construcción.

Por ello, se han hecho una serie de análisis mediante los cuales se comprueba la validez del diseño así como la cantidad de material empleado.

Las opciones con las que se ha contado han sido las siguientes:

- Pórticos rígidos debidos a su sencillez de construcción y estandarización de esta.
- Los mismos pórticos rígidos con la introducción de cartelas para intentar disminuir la sección de los dinteles del pórtico rígido anteriormente descrito.
- Colocación de estructuras secundarias a modo de arriostramiento de pórticos mediante cruces de San Andrés a lo largo de los paramentos laterales y la utilización de tirantillas en los paramentos hastiales con la intención de

disminuir el tamaño del perfil de las correas; Pudiendo reducirse la sección de estas hasta llegar a un peso total en acero menor que las soluciones anteriores.

En cuanto al resto de elementos constructivos, poco se puede innovar para logra una ventaja en el uso de material, por lo que se han usado del mismo tipo para las tres hipótesis constructivas. De esta manera se ha podido observar de forma más objetiva y en igualdad de condiciones que tipo de pórtico ofrece mayores ventajas.

2.6.2. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

- a. Los pórticos carecen de simetría debido al almacén adosado a uno de los paramentos laterales. Por ello se trata de pórticos con 3 pilares dejando una luz constante de 20 metros para la nave principal, y de 12 metros para la tejavana. Se ha elegido este tipo de pórtico por la sencillez de construcción y porque ninguno de los requerimientos exige que deba ser de otro tipo especial.
- b. Se disponen 7 pórticos a una distancia constante de 5 metros entre cada uno de ellos. Se ha elegido esta separación entre pórticos por considerarse idónea (Robert Nonnast, 2007) a la hora de repartir los esfuerzos.
- c. Para cumplir con las disposiciones constructivas y las normas urbanísticas, la altura del alero de máxima cota es de 8 metros, mientras que en el paramento opuesto será de 4,95 metros. A su vez en la cumbrera se llega a los 10,54 metros. Esto proporciona una pendiente del 25,39% hacia ambos lados del pórtico, equivalente a un ángulo de 14,25°.
- d. Los apoyos son empotrados para seguir con la tónica general en las construcciones industriales, en las que generalmente se utilizan apoyos de este tipo para conferir mayor rigidez de la estructura aún a costa de sobredimensionar estas fijaciones.

2.6.3. DESCRIPCIÓN DE BARRAS

- a. Todas las barras fabricadas por laminación son de acero S275, mientras que las conformadas son de tipo S235

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²)			Tensión de rotura f_u (N/mm ²)	
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
S235JR					20
S235J0	235	225	215	360	0
S235J2					-20
S275JR					20
S275J0	275	265	255	410	0
S275J2					-20
S355JR					20
S355J0	355	345	335	470	0
S355J2					-20
S355K2					-20 ⁽¹⁾
S450J0	450	430	410	550	0

⁽¹⁾ Se le exige una energía mínima de 40J.

Fig. 5.1: Características mecánicas de los aceros según su designación.

Las características comunes para todos los aceros son:

- Modulo de Elasticidad: $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- Modulo de Rigidez: $G = 81.000 \text{ N/mm}^2$
- Coeficiente de Poisson: $\nu = 0.3$
- Coeficiente de dilatación térmica: $\alpha = 1.2 \times 10^{-5} (\text{°C})^{-1}$
- Densidad: $\rho = 7.850 \text{ Kg/m}^3$

b. El soporte de la cubierta se ha realizado mediante perfiles laminados de Acero S275 IPE 140 dispuestos a una distancia constante entre ellos de 2,3 metros. Se ha elegido este tipo de sección debido a sus buenas propiedades de resistencia a flexión y bajo peso.

c. El soporte de cubierta en el cada uno de los tres paramentos laterales se ha realizado mediante perfiles de Acero S275 IPE 140 dispuestos a una distancia de 2,9 metros. Se ha elegido este tipo de sección debido a sus buenas propiedades de resistencia a flexión y bajo peso.

d. El soporte de cubierta en el caso de los paramentos hastiales se ha realizado mediante perfiles laminados de Acero S275 IPE 160 dispuestos a una distancia de 2,9 metros y el uso de tirantillas.

e. Los pilares centrales, son del tipo HEA 360 para la nave y IPE 300 para la tejavana, elegidos por sus buenas propiedades en condiciones de compresión.

f. Los pilares hastiales son HEA 340 para la parte posterior y HEA 320 para la delantera e IPE 270 para la tejavana tanto en la parte delantera como trasera. Todos ellos elegidos por sus buenas propiedades en condiciones de compresión.

g. Los pilarillos, son del tipo IPE 300 e IPE 200 para la nave y para la tejavana respectivamente. Seleccionados para cumplir los requisitos de compresión necesarios.

h. Las ménsulas se asimilan a las características de cada pilar, para no inferir en restricciones de soldaduras.

i. Las vigas que constituyen los dinteles son del tipo IPE 330 e IPE 300 con sección constante y acartelamientos tanto iniciales como finales, elegidos por sus buenas propiedades en condiciones de flexión.

j. Las vigas que componen los dinteles hastiales son del tipo IPE 180 e IPE 160, elegidos por sus buenas propiedades en condiciones de flexión.

k. Se han dispuesto una serie de vigas para arriostrar horizontalmente la cabeza de los pilares. Estas van articuladas al alma de los pilares mediante soldadura para evitar la transmisión de momentos. Son del tipo IPE 160.

Se usan estas barras para arriostrar la estructura para asegurar unas buenas propiedades de resistencia a esfuerzos axiales como para servir de arriostramiento a toda la estructura.

l. Se han dispuesto dos pilarillos en posición perpendicular al suelo bajo cada pórtico hastial, situados cada uno a una distancia de 6,5 metros de los pilares y un único pilarillo a una distancia de 6 metros en la tejavana. Al igual que los pilares, han sido empotrados al suelo. Su unión con los dinteles es articulada para evitar la transmisión de momentos entre ellos. Sus funciones son:

- Soportar el peso del dintel para reducir el momento aplicado en las uniones y conferir a los pórticos hastiales un aporte adicional de rigidez.
- Servir como apoyo a las vigas longitudinales que se colocan en mitad de los dinteles para definir los recuadros de arriostramiento entre el alero y el pilarillo.

m. Con el fin de formar los recuadros de arriostramiento donde se introducen las cruces de San Andrés, se han dispuesto vigas longitudinales en los vanos que sean necesarios aplicar dichas cruces de arriostramiento.

Se ha tenido especial cuidado a la altura de la cumbrera, donde la unión entre las dos vigas que forman los dinteles y la unión de una viga perpendicular a ellos puede interferir.

n. Los perfiles de arriostramiento se situaron en los vanos extremos (números 1 y 7). Estos arriostramientos se sitúan en todo el perímetro de la nave principal donde se colocarán seis cruces de San Andrés en cada lateral, superpuestas tres en cada vano, mediante perfil angular de lados iguales para contrarrestar el efecto del viento. Así mismo en la tejavana se colocarán otras dos cruces mediante el mismo tipo de perfil. Sistema implícito en los anteriores, por cuanto forman entre todos los elementos, pórticos espaciales de nudos rígidos de elementos prefabricados.

Los parámetros básicos que se han tenido en cuenta son el control de la estabilidad del conjunto frente a acciones horizontales.

En ambos faldones de la nave principal se dispondrá de vigas de contraviento tanto en el hastial delantero como en el trasero realizadas mediante dos cruces de San Andrés mediante perfil angular de lados iguales.

De igual modo se realizará el arriostamiento en la tejavana con el mismo tipo de perfiles.

o. Coeficientes de pandeo aplicados en las barras

A. Pilares centrales y hastiales:

- i. Eje débil: el coeficiente de pandeo se toma la longitud, debido al arriostre creado por el muro de cerramiento y las correas que impide cualquier tipo de pandeo en esta dirección.
- ii. Eje fuerte: se ha aplicado un coeficiente de pandeo de 0.86, para los 6,5 primeros metros correspondiente a viga empotrada-apoyada debido a su comportamiento como tal, ya que su apoyo en el suelo es empotrado, y su comportamiento a la altura del alero es apoyado al permitir una mínima rotación. Desde la altura de la ménsula hasta la cumbre, lo que hace un total de 1,5 metros se toma un pandeo de 3,73.

B. Pilarillos:

- i. Eje débil: se ha aplicado un coeficiente de pandeo de 1, por tratarse de una barra biempotrada traslacional.
- ii. Eje fuerte: el coeficiente de pandeo se toma la longitud, debido al arriostre creado por el muro de cerramiento y las correas que impide cualquier tipo de pandeo en esta dirección.

C. Dinteles:

- i. Eje débil: debido al arriostamiento por las correas, el coeficiente de pandeo en este eje se establecerá como 0,14 para los dinteles centrales y 0 en los hastiales ya que se ven beneficiados por los pilarillos que minimizan la posibilidad de flexión.
- ii. Eje fuerte: se toma como viga biempotrada en sus extremos con el alero y la unión de cumbra, por lo que se usa un coeficiente de pandeo de 1.

D. Ménsulas:

- i. Eje débil: se trata de un elemento biempotrado traslacionalmente por lo que adopta un coeficiente de 1.

- ii. Eje fuerte: es utilizado un coeficiente de 2 por tratarse de un elemento empotrado libre.

E. Vigas de arriostramiento longitudinal:

- i. Eje débil: en este eje se considera que no existe pandeo al estar arriostradas por el muro del cerramiento y las correas, por lo que el coeficiente de pandeo es 0.
- ii. Eje fuerte: se consideran empotradas en sus uniones con los pilares, por lo que el coeficiente de pandeo en este eje será 1.

F. Pandeo lateral de barras: se considera arriostrado el pandeo lateral de todas las barras y por tanto despreciable (Antonio Manuel Reyes Rodríguez, 2008).

p. Flechas máximas aceptables:

Dinteles Centrales → flecha máx. absoluta $xz=L/300$ lo que hace un total de 35 milímetros para la nave y 42 milímetros para la tejavana.

Dinteles Hastiales → flecha máx. relativa $xz=L/300$.

Pilares y pilarillos → flecha máx. relativa $xz=L/250$.

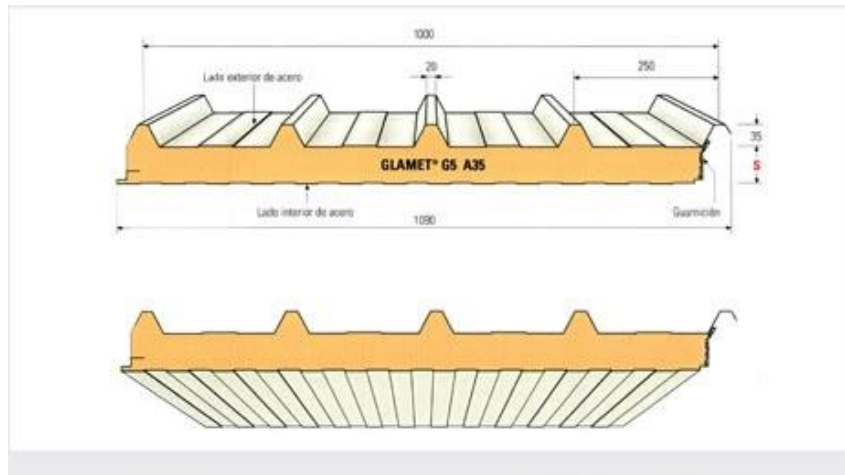
Vigas de arriostramiento longitudinal → flecha máx. relativa $xz=L/300$.

2.6.4. DESCRIPCIÓN DE CERRAMIENTOS

a. La cubierta se ha realizado con paneles sándwich formados por dos placas de acero nervado y prelavado al exterior y un interior de espuma poliuretánica con alta capacidad de aislamiento térmico, apoyada sobre las correas metálicas que a su vez descansan en la estructura resistente principal de la nave. Se dispone de juntas estancas entre los paneles para evitar la filtración de agua al interior.

Las ventajas de usar esta solución son:

- Sencillez en su instalación, seguridad, ligereza ya que no supone una carga excesiva en la estructura.
- Ahorro en el consumo de energía.
- Funcionalidad y estética, debido a que aúna las funciones de acabado decorativo y unas excelentes prestaciones de aislamiento térmico
- Aprovechamiento bajo cubierta inclinada.



S mm	k		Panel Weight Peso panel Poids panneau kg/m ²	p = (daN/m ²)																		
	Kcal m ² h °C	Watt m ² °C			0,40 + 0,40	60	80	100	120	150	200	250	300	60	80	100	120	150	200	250	300	
30	0.47	0.54	8.57	L:	4.20	3.65	3.25	2.95	2.60	2.25	2.00	1.85	3.75	3.25	2.80	2.55	2.30	2.00	1.80	1.60		
40	0.37	0.43	8.95	L:	4.45	3.90	3.45	3.15	2.80	2.45	2.15	2.00	4.00	3.45	3.10	2.80	2.55	2.15	1.95	1.75		
50	0.31	0.36	9.33	L:	4.70	4.05	3.65	3.30	3.00	2.55	2.30	2.15	4.25	3.65	3.25	3.00	2.65	2.30	2.05	1.85		
60	0.26	0.32	9.71	L:	5.00	4.30	3.85	3.55	3.15	2.70	2.45	2.30	4.45	3.80	3.45	3.15	2.80	2.45	2.15	1.95		
80	0.21	0.24	10.47	L:	5.50	4.70	4.25	3.85	3.55	3.00	2.70	2.50	4.90	4.20	3.90	3.55	3.05	2.70	2.45	2.15		
100	0.17	0.19	11.23	L:	6.10	5.25	4.70	4.25	3.85	3.30	3.00	2.80	5.35	4.65	4.25	3.85	3.40	3.00	2.60	2.35		

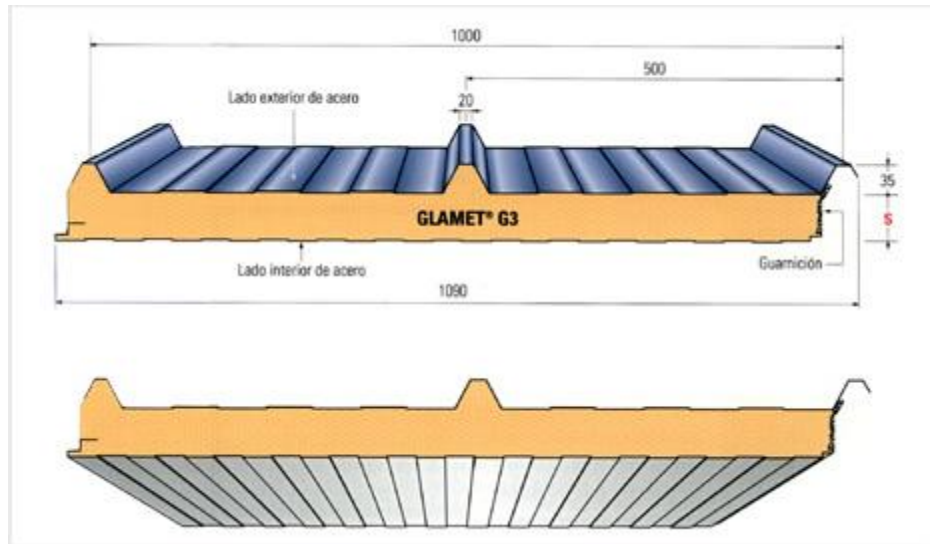
Fig. 5.4: Ficha técnica del cerramiento de cubierta a utilizar

Los paneles sándwich son de 50 mm de espesor con un peso de 0.09 KN/m².

b. Los cerramientos laterales se han realizado mediante paneles de hormigón fabricado in situ hasta los dos metros de altura en todo el perímetro y los espacios restantes mediante paneles sándwich.

Las razones por las cuales se ha elegido este tipo de cerramiento lateral son:

- Mejor aislamiento acústico y térmico.
- Mayor resistencia al choque.
- No incursión en costes innecesarios.



S	k		Panel Weight Peso panel Poids panneau kg/m ²	p= (daN/m ²)																
	Kcal m ² h °C	Watt m ² °C			0,45 + 0,40	60	80	100	120	150	200	250	300	60	80	100	120	150	200	250
30	0.51	0.69	8.71	L:	3.65	3.15	2.80	2.55	2.25	1.95	1.75	1.55	3.25	2.80	2.50	2.25	2.00	1.75	1.55	1.40
40	0.40	0.46	9.09	L:	3.85	3.40	3.00	2.75	2.45	2.10	1.90	1.75	3.50	3.05	2.70	2.45	2.20	1.90	1.65	1.50
50	0.33	0.38	9.47	L:	4.10	3.55	3.15	2.90	2.60	2.25	2.00	1.85	3.70	3.20	2.85	2.60	2.35	2.00	1.75	1.60
60	0.28	0.33	9.85	L:	4.35	3.75	3.40	3.10	2.75	2.40	2.10	2.00	3.85	3.35	3.00	2.75	2.45	2.10	1.85	1.70
80	0.22	0.25	10.61	L:	4.80	4.10	3.70	3.40	3.10	2.75	2.40	2.15	4.25	3.70	3.30	3.00	2.70	2.35	2.10	1.90

Fig. 5.5: Ficha técnica del cerramiento lateral a utilizar.

Los paneles sándwich son de 30 mm de espesor con un peso de 0.08 KN/m².

c. Se ha colocado una puerta metálica corredera de 42m² de superficie (con un ancho A=7 metros y una altura H=6 metros) sobre el muro piñón frontal en la nave principal y otra corredera de 36m² de superficie (con un ancho A=6 metros y una altura H=6 metros) en la tejavana. Estas puertas constan como que no están continuamente abiertas para el cálculo en los efectos eólicos. Con el fin de asegurar el marco de la puerta frente a posibles desplazamientos de los pilarillos entre los que se sitúa, se ha dispuesto una viga en situación horizontal a una altura de 6 metros.

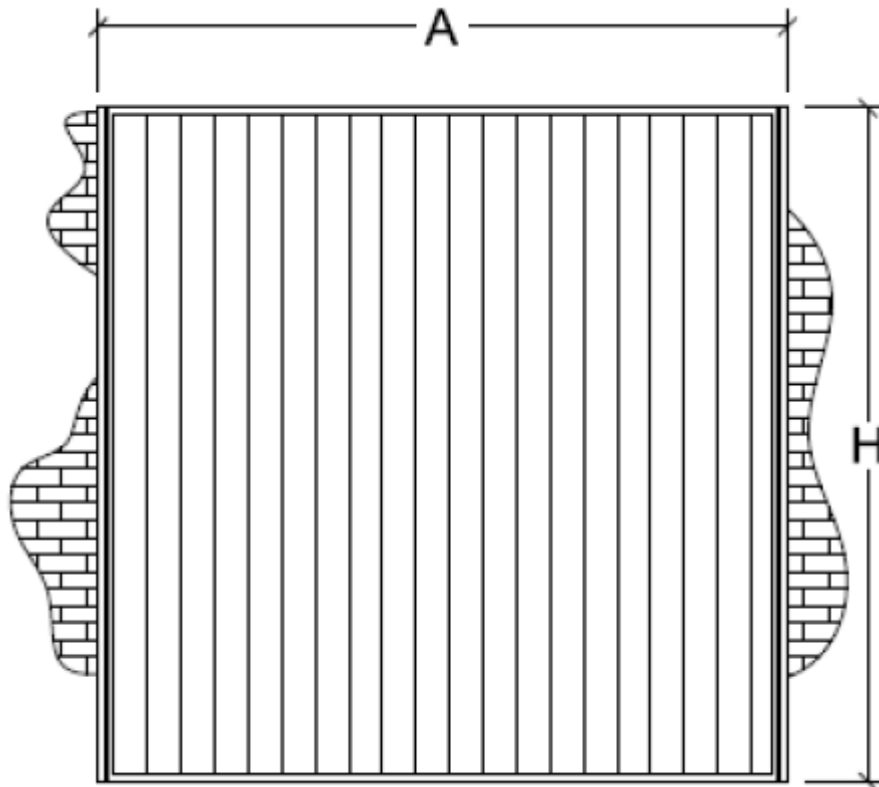


Fig. 5.6: Puerta metálica que se situara en el muro piñón.

2.6.5. DESCRIPCION DE CARGAS

Expresiones para calcular la combinación de acciones:

- i. Usando coeficientes de combinación, para ELU

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Qj} \Psi_{p1} Q_{K1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{Ki}$$

- ii. Sin usar coeficientes de combinación, para ELS

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{Ki}$$

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ _p)	Acompañamiento (ψ _a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Fig. 5.7: Tabla de coeficientes de seguridad y combinación.

Cargas de viento.

Según el CTE DB-SE-AE, Anejo D, las acciones de viento corresponden a la zona B, con una velocidad básica del viento de 27 m/s.

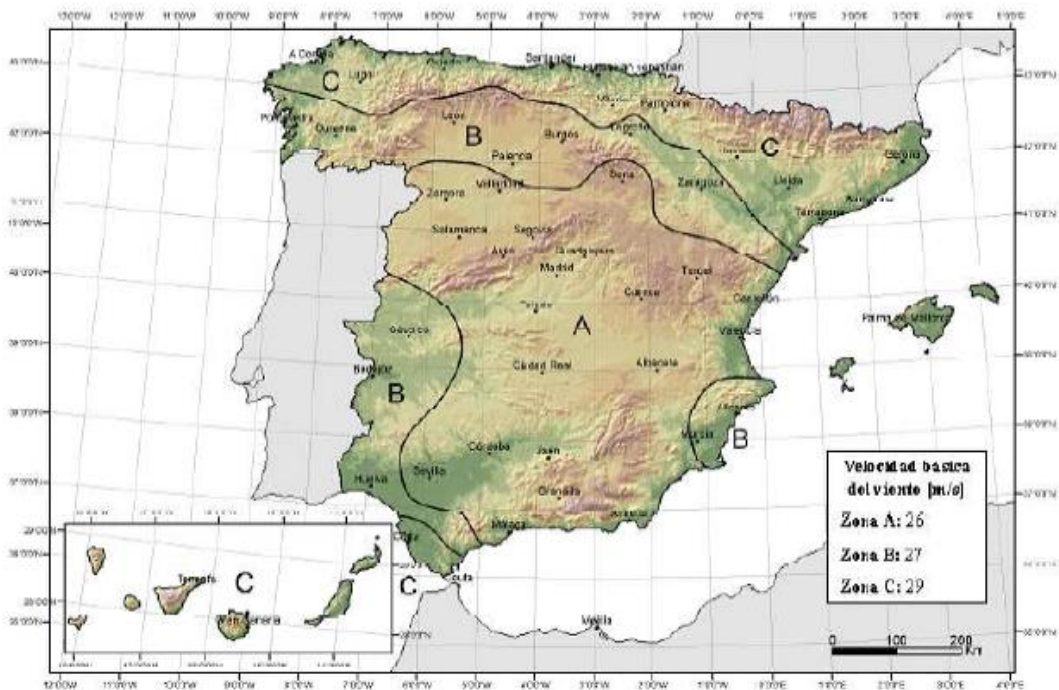


Fig. 5.8: Gráfico de las zonas eólicas en España.

El grado de aspereza con el entorno es del tipo III, correspondiente a una zona rural.

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Fig. 5.9: Grados de aspereza del entorno según la ubicación.

La exposición al viento es normal, sin elementos externos de protección frente a este

La acción del viento se ha individualizado en cada elemento de superficie exterior al ser una construcción diáfana.

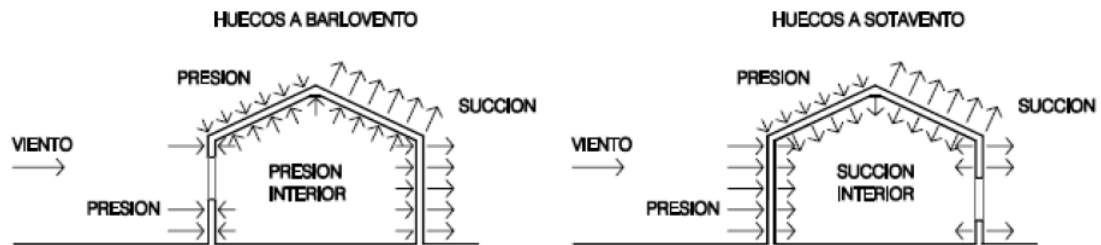


Fig. 5.10: Muestra de los efectos del viento en función de su dirección.

Cargas de nieve.

La zona climática donde se encuentra situada la nave corresponde con la zona 1 de clima invernal. La altura media del término municipal de Villatarás de Losa es de 762 metros.



Fig. 5.11: Gráfico de las zonas climáticas en España.

La sobrecarga de nieve, dependiendo de la zona en la que se encontrase la nave, es la correspondiente a la siguiente tabla:

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	-	-	-	-	-

Fig. 5.12: Tabla de sobrecargas de nieve según la altura a la que se construya.

Estos valores son los correspondientes para un terreno horizontal. Debido a que la nave tiene una inclinación de cubierta de 14,25°, para calcular la carga de nieve sobre esta se, ha recurrido a la expresión:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Donde μ es el coeficiente de forma. Este es igual a 1 para cubiertas de menos de 30° de inclinación, que es el caso que nos ocupa.

Operando con estos valores, se ha obtenido una sobrecarga de nieve sobre la cubierta en proyección horizontal de 1,1 KN/m^2 .

La cubierta no cuenta con ningún tipo de resalto que origine la acumulación de nieve sobre esta.

Sobrecarga de Uso

Se trata de cubiertas accesibles únicamente para conservación, concretamente para cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado).

Esto supone una carga en proyección horizontal de 0,4 KN/m^2

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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⁾⁽⁵⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Fig. 5.13: Tabla de valores característicos de las sobrecargas de uso.

Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

Cargas Transmitidas por el Puente Grúa

Este elemento genera esfuerzos en tres direcciones a toda la estructura, las cuales son:

- Fuerzas verticales: provocadas directamente por la elevación de objetos.
- Fuerzas transversales: provocadas por el movimiento del carro.
- Fuerzas longitudinales: provocadas por el movimiento del puente.

Hipótesis de carga:

i. Peso propio

G Carga permanente

ii. Cargas de viento

V(0°) H1 Viento a 0°, presión exterior tipo 1 con presión interior.

V(0°) H2 Viento a 0°, presión exterior tipo 1 con succión interior.

V(0°) H3 Viento a 0°, presión exterior tipo 2 con presión interior.

V(0°) H4 Viento a 0°, presión exterior tipo 2 con succión interior.

V(90°) H1 Viento a 90°, presión exterior tipo 1 con presión interior.

V(90°) H2 Viento a 90°, presión exterior tipo 1 con succión interior.

V(180°) H1 Viento a 180°, presión exterior tipo 1 con presión interior.

V(180°) H2 Viento a 180°, presión exterior tipo 1 con succión interior.

V(180°) H3 Viento a 180°, presión exterior tipo 2 con presión interior.

V(180°) H4 Viento a 180°, presión exterior tipo 2 con succión interior.

V(270°) H1 Viento a 270°, presión exterior tipo 1 con presión interior.

V(270°) H2 Viento a 270°, presión exterior tipo 1 con presión interior.

iii. Cargas de nieve

N(EI) Nieve (estado inicial)

N(R) 1 Nieve (redistribución) 1

N(R) 2 Nieve (redistribución) 2

2.6.6. DESCRIPCIÓN DE CIMENTACIÓN

La cimentación se ha realizado mediante zapatas cuadradas o rectangulares de hormigón armado, cuyas características son:

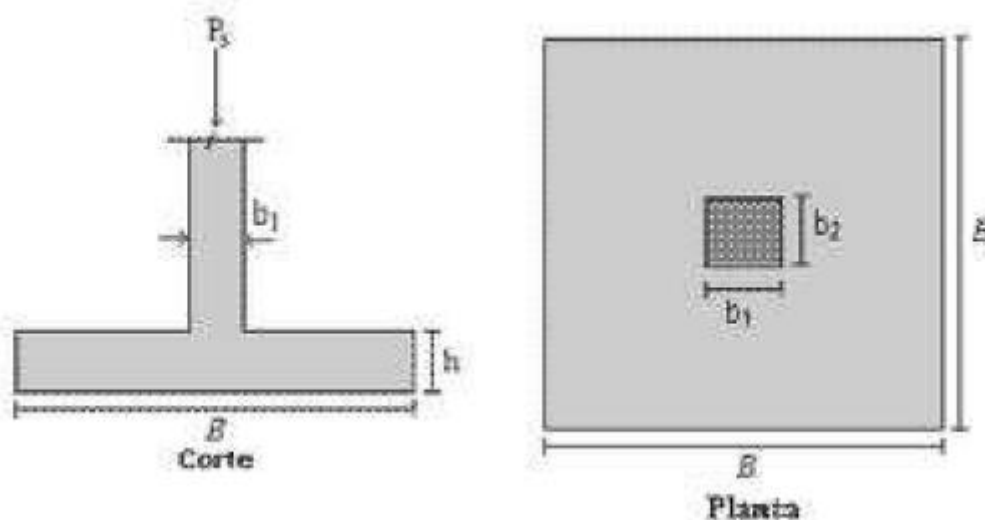


Fig. 5.14. Dimensiones representativas de las zapatas.

- Acero para zapatas, encepados y vigas de atado: B400 S con control de ejecución normal $Y_s=1.1$.
- Hormigón tipo HA-25/P/30/IIa, con control normal $Y_c=1.5$. El tamaño máximo del árido es de 30 mm.
- Se incluye una viga de atado para unir las zapatas y evitar desplazamientos relativo entre estas

- La amplia gama de zapatas que se han calculado está enfocado a conseguir minimizar los costes al máximo.

Mediante el estudio geotécnico realizado por la empresa “INGEMA” a petición del cliente, se obtiene que se está ante un terreno de arcillas areno limosas que soporta acciones persistentes de hasta 0,15 MPa y accidentales o transitorias de hasta 0,225 MPa para las zapatas, y tierras calizas que soporta acciones persistentes de hasta 0,4 MPa para los pozos de cimentación.

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ _p)	Acompañamiento (ψ _a)
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Fig. 5.15: Coeficientes de mayoración para el hormigón.

Estos coeficientes se aplican en las siguientes expresiones:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Qj} \Psi_{p1} Q_{K1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{Ki} \quad \text{para los ELU}$$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{Ki} \quad \text{para los ELS}$$

2.6.7. SIMPLIFICACIONES DE CÁLCULO

- No se ha llevado a cabo análisis de resistencia al fuego.
- No se ha considerado necesario el cálculo de la acción sísmica en los cálculos debido a que la nave está situada en una zona con riesgo sísmico muy bajo.

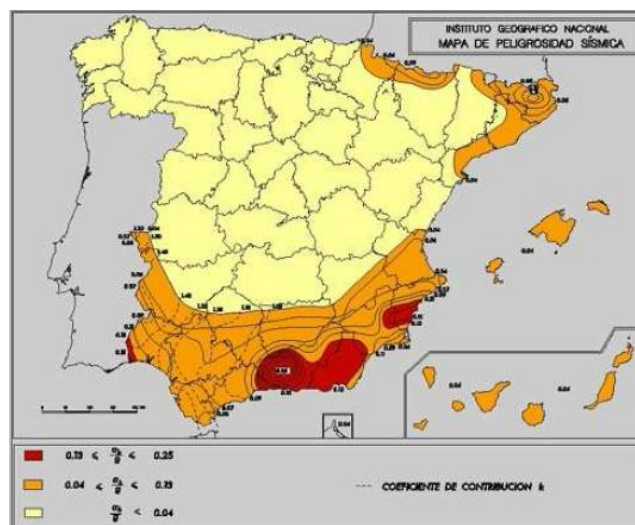


Fig. 5.16: Gráfico zonas sísmicas.

- c. No se han dispuesto juntas de dilatación entre los elementos de la nave, ya que ningún elemento continuo de la nave tiene la suficiente longitud como para que las variaciones de temperatura modifiquen sus dimensiones de forma significativa.

Además, la zona en la que está situada la nave tiene uno de los incrementos de temperatura menos acusados de toda la geografía nacional, lo que refuerza la teoría de no usar juntas de dilatación para esta construcción.

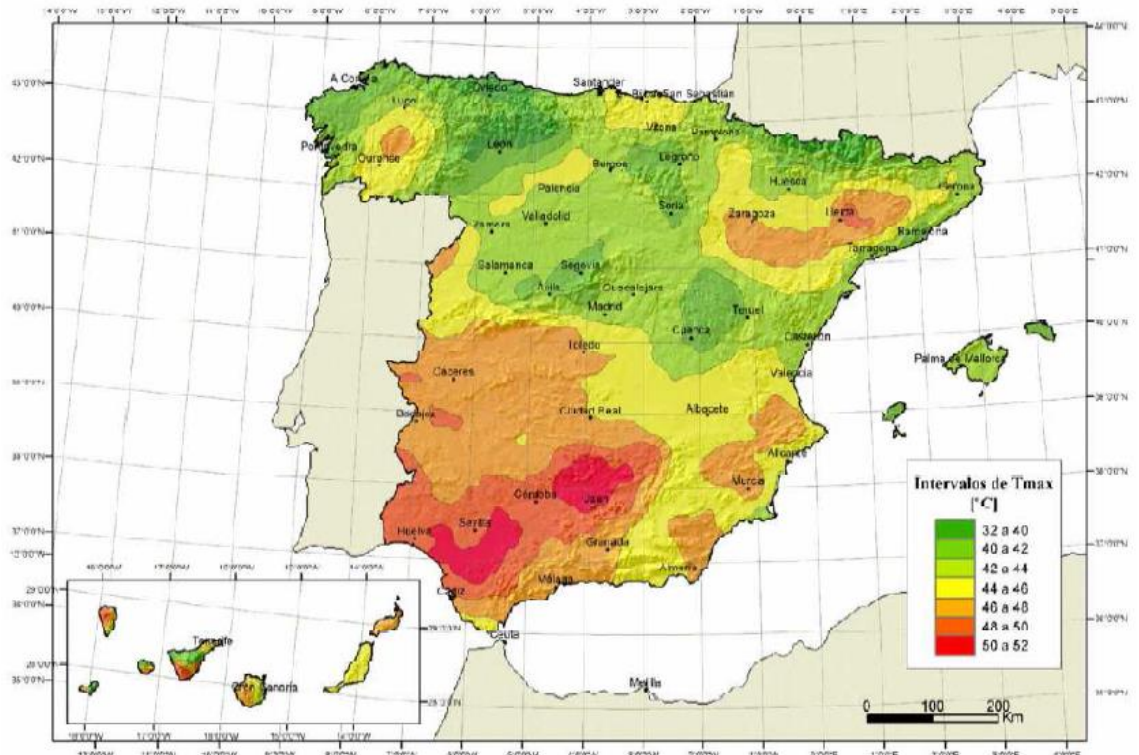


Fig. 5.17: Gráfico zonas térmicas.

- d. Agrupación de barras: para la simplificación del cálculo de las barras se han agrupado éstas de acuerdo a los esfuerzos a los que se ven sometidas. De esta manera, todas las barras agrupadas son dimensionadas de la misma manera, para cumplir los requerimientos de la barra más solicitada de todo el grupo. De esta manera se ha conseguido que los perfiles usados en la nave fuesen de un número limitado de tipos.

Esto ayuda a la hora de solicitar cada pieza al proveedor, pues asegura que con una variedad definida de elementos podemos llevar a cabo la obra.

2.7. PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
C1	MOVIMIENTO DE TIERRAS	5.369,47	1,73
C2	CIMENTACIÓN	72.428,36	23,37
C3	ESTRUCTURA METÁLICA	187.210,30	60,40
C4	CERRAMIENTO	22.089,00	7,12
C5	ALBAÑILERÍA	342,18	0,11
C6	CARPINTERÍA	1.803,24	0,58
C7	PUENTE GRÚA	7.546,13	2,43
C8	SANEAMIENTO Y FONTANERÍA	3.970,37	1,40
C9	SEGURIDAD Y SALUD	6.109,01	1,97
C10	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	603,60	0,19
C11	CONTROL DE CALIDAD	1.051,86	0,34
C12	GESTIÓN DE RESIDUOS	1.005,82	0,32

TOTAL..... 309.529,34 €

Asciende el total del Presupuesto de Ejecución Material a la citada cantidad de TRESCIENTOS NUEVE MIL QUINIENTOS VEINTI NUEVE CON TREINTA Y CUATRO EUROS.

2.8. PLANIFICACIÓN

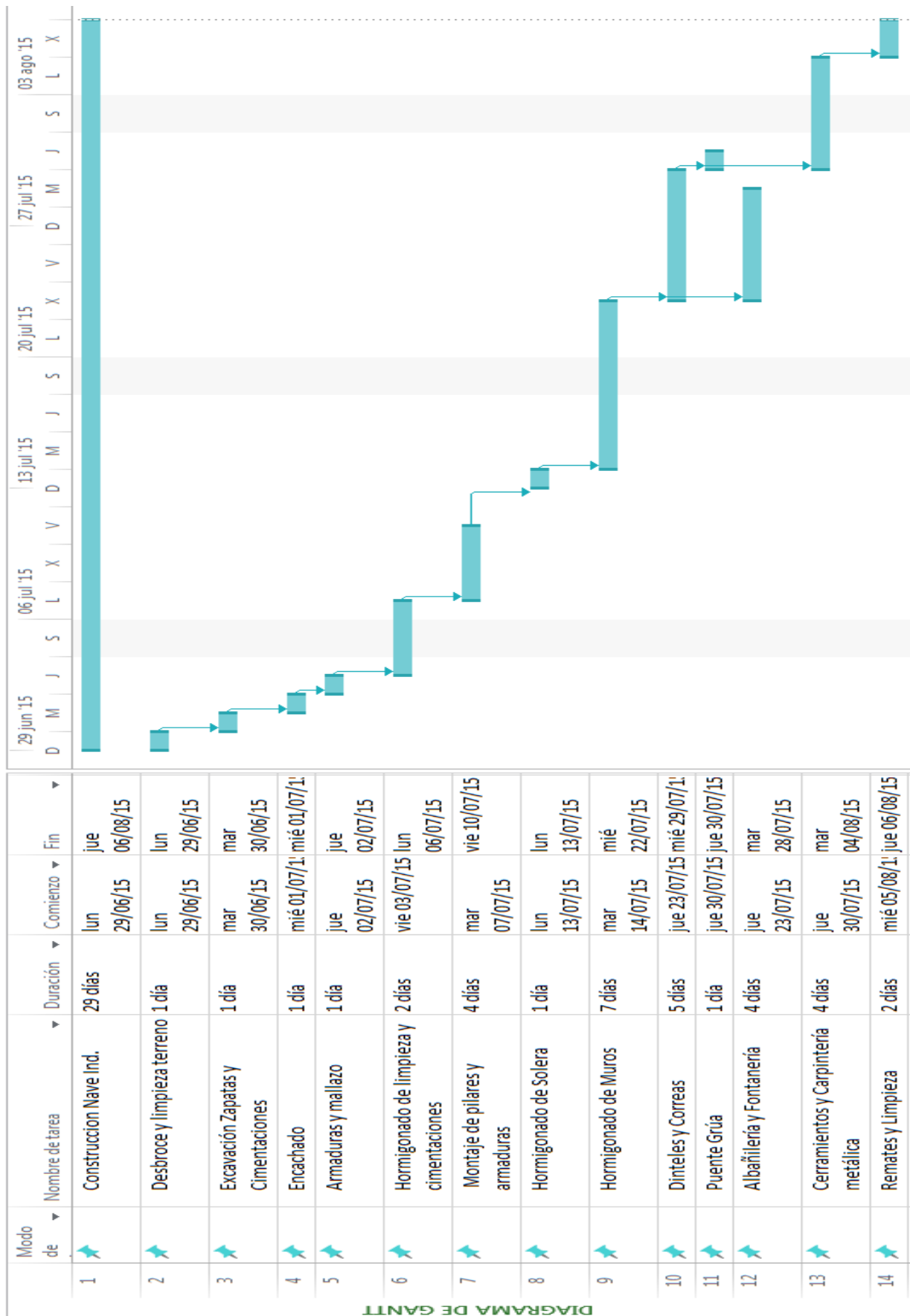


DIAGRAMA DE GANTT

2.9. ORDEN DE PRIORIDAD DE DOCUMENTOS

1° PLANOS

2° PLIEGO DE CONDICIONES

3° PRESUPUESTO

4° ESTADO DE MEDICIONES

5° MEMORIA