

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

***DISEÑO Y CÁLCULO DE NAVE CON
GRÚA PUENTE PARA TALLER
MECÁNICO***

DOCUMENTO 2- MEMORIA

Alumno/Alumna: Sanz, Pascual, Jon

Director/Directora (1): Marcos, Rodríguez, Iñaki

Director/Directora (2): Martija, López, Itziar

Curso: 2017-2018

Fecha: 09, Febrero de 2018

ÍNDICE MEMORIA

2.1 HOJA DE PRESENTACIÓN	pag.1
2.2 OBJETO DEL PROYECTO	pag.2
2.3 ALCANCE DEL PROYECTO	pag.4
2.4 ANTECEDENTES	pag.4
2.5 NORMAS Y REFERENCIAS	pag.5
2.5.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMATIVA	pag.5
2.5.2 BIBLIOGRAFÍA	pag.6
2.5.3 PROGRAMAS DE CÁLCULO Y DISEÑO	pag.7
2.5.4 PLAN DE GESTIÓN DE CALIDAD	pag. 7
2.6 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	pag.8
2.7 REQUISITOS DE DISEÑO	pag.9
2.7.1 DATOS DE PARTIDA	pag.9
2.7.2 JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA	pag.10
2.7.2.1 ORDENACIÓN LEGAL	pag.10
2.8 UBICACIÓN	pag.11
2.8.1 COMUNICACIONES	pag.11
2.8.2 TERRENO Y ACCESOS	pag.11
2.8.3 SERVICIOS	pag.12
2.8.4 SEGURIDAD E HIGIENE	pag. 12
2.9 ANÁLISIS DE SOLUCIONES	pag.13
2.9.1 ESTRUCTURA METÁLICA	pag.13
2.9.1.1 ACCIONES	pag.13
2.9.1.1.1 CARGAS GRAVITATORIAS	pag. 13
2.9.1.1.2 CARGAS EÓLICAS	pag.13
2.9.1.1.3 CARGAS SÍSMICAS	pag.13
2.9.1.2 SOLUCIÓN ADOPTADA	pag.14
2.9.2 CIMENTACIÓN	pag.17
2.10 RESULTADOS FINALES	pag.18
2.10.1 NAVE	pag.18
2.10.1.1 MÉTODO DE CALCULO	pag.18
2.10.1.2 CORREAS	pag. 19
2.10.1.2.1 DE CUBIERTA	pag. 20

2.10.1.2.2 LATERALES	pag.21
2.10.1.3 PÓRTICOS	pag.22
2.10.1.3.1 HASTIAL 1	pag.23
2.10.1.3.2 TIPO CON GRÚA PUENTE	pag.24
2.10.1.3.3 TIPO CON ENTREPLANTA	pag.25
2.10.1.3.4 HASTIAL 2	pag.26
2.10.1.3.5 TORNAPUNTAS	pag.27
2.10.1.4 ARRIOSTRAMIENTOS Y VIGAS CONTRAVIENTO	pag.29
2.10.1.5 VIGAS DE ATADO	pag.32
2.10.1.6 VIGAS CARRIL Y MENSULAS	pag.33
2.10.1.7 PLACAS DE ANCLAJE	pag.34
2.10.2 CIMENTACIÓN	pag.36
2.10.3 CERRAMIENTOS	pag.38
2.10.4 MURO PERIMETRAL	pag.39
2.11 ORDEN Y PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS	pag.40
2.12 RESUMEN DEL PRESUPUESTO	pag.40
2.12.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	pag.40
2.12.2 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	pag.41

MEMORIA

2.1 HOJA DE PRESENTACIÓN

Datos del proyecto

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño y cálculo de una nave industrial dotada de un puente grúa y una entreplanta para alojar un taller mecánico. A petición del cliente, el trabajo se limita al diseño de la estructura metálica, sin proyecto de urbanización.

Datos de quien encarga el proyecto:

“Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial”
C/Plaza de la Casilla, 3.
48012 Bilbao (Bizkaia)

Datos profesionales del autor del proyecto:

Sanz Pascual, Jon.
16067956-H.
Estudiante de Ingeniería Técnica Industrial Mecánica.
Avda. Simón de Otxandategui nº5B, 2ºB
46840 Berango Bizkaia.

Datos de la persona jurídica que recibe el encargo de la elaboración:

Marcos Rodríguez, Iñaki
Profesor de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao.

En Bilbao, a 1 de Marzo de 2018.

2.2 OBJETO DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como objetivo el diseño y cálculo de una nave industrial con grúa puente y entreplanta para albergar las actividades de un taller mecánico de transformación metálica.

Dicha nave se sitúa en el municipio de Berango, en una parcela urbanizada y con buenos accesos.

Este emplazamiento resulta adecuado, ya que dicha localidad cuenta con un sólido tejido industrial y la nave suministrará de soluciones de ámbito mecánico a las industrias de la zona, ya sea el mecanizado de piezas o reparación de elementos de maquinaria.

2.3 ALCANCE DEL PROYECTO.

Puesto que el edificio se usará como taller mecánico de transformación metálica, el edificio contará con una zona de maquinaria dónde se encontrará diversa maquinaria de transformación mecánica (tornos, fresadoras, pulidoras, cortadoras, plegadoras etc.), una zona de almacenaje de material y herramientas, una zona de vestuarios-servicios y otra zona de oficina técnica.

El proyecto se compone de los cálculos y planos necesarios para la correcta definición resistente y constructiva de los elementos de:

- Cimentación constituida por zapatas aisladas de hormigón armado con vigas de atado.
- Estructura metálica a base de perfilería normalizada.
- Cerramientos a base de paneles de tipo sándwich.

Además cuenta con un plan de seguridad y salud, un plan de seguridad contra incendios, uno de control de calidad y uno de gestión de residuos.

El proyecto se divide en los siguientes documentos:

- 1.Índice general
- 2.Memoria
- 3.Anexos
- 4.Planos I y Planos II
- 5.Pliego de Condiciones
- 6.Estado de Mediciones
- 7.Presupuesto
- 8.Estudios con Entidad Propia: Estudio de Seguridad y Salud, Gestión de residuos, Protección contra incendios y Plan de Control de Calidad.

2.4 ANTECEDENTES

Un grupo de inversionistas privados e ingenieros desean comenzar en la actividad industrial de la transformación metálica. Tras una serie de estudios de mercado y después de barajar diversas opciones se decide establecer su primera sede en el municipio de Berango.

Debido al sólido tejido industrial que posee la zona y a la falta de empresas de esta naturaleza en las inmediaciones, junto con los buenos accesos de los que se dispone, se espera que la apertura de esta industria esté precedida de un rotundo éxito.

Con todo lo expuesto queda justificado el interés de este grupo de profesionales por afincarse en esta localidad.

Este proyecto es de carácter ficticio y educativo.

El interés de su redactor reside en la puesta en práctica de los conocimientos de **cálculo estructural y representación gráfica** adquiridos durante el estudio de la carrera universitaria y las prácticas profesionales en empresa. Además de adquirir con la entrega del presente proyecto el título de Ingeniero Técnico Industrial con especialidad en mecánica.

2.5 NORMAS Y REFERENCIAS

2.5.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

Para la elaboración del presente proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normativas:

- Código técnico de la edificación, CTE, dentro del cual se ha utilizado:
 - Documento básico SE-AE: Acciones en la edificación.
 - Documento básico SE 1: Resistencia y estabilidad.
 - Documento básico SE 2: Aptitud al servicio.
 - Documento Básico SE-A: Seguridad estructural acero.
 - Documento Básico HE: Ahorro de Energía.
 - Documento Básico SE-C: Cimientos.
 - Documento Básico F: Fábrica.

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las Obras de Construcción según el REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre.

- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales”, que se recoge en la norma básica de la edificación NBE-CPI/96, actualizado en el REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre.

- INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL (EHE) 2008.

La normativa aplicada para la elaboración de los planos es la siguiente:

- Escalas UNE 1-026-83/2
- Formatos UNE 1-026-83/2
- Referencia de elementos UNE 1-100-83
- Lista de elementos UNE 1-135-89
- Escritura UNE 1-034-71/1
- Doblado de planos UNE 1-027-95
- Cajetín UNE 1-035-95

2.5.2 BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- Gere y Timoshenko
“Mecánica de materiales”
Cengage Learning Editores, 2006

- Antonio Manuel Reyes Rodríguez.
“Manual imprescindible Cype 2008. Cálculo de estructuras metálicas con Nuevo Metal 3D”.
Editorial Anaya Multimedia, 2008.

- Argüelles Alvarez, R.
Tomos I, II y III. “La estructura metálica hoy”
Editorial Librería Técnica Bellisco, 2ª edición. (1975, Madrid).

- Gobierno Vasco; “Pliego de condiciones general 2001”.
- Gobierno Vasco; “Base de precios de edificación y urbanización 2003”.
- Luis Felipe Rodríguez Martín “Curso de estructuras metálicas”

Catálogos y páginas Web

- <http://www.apta.com.es>, Prontuarios de perfiles laminados
- <http://www.thomassala.com/es/>, Prontuarios de puentes grúa Thomas
- <http://www.fomento.es>, Instrucción de hormigón estructural EHE-08
- <http://www.codigotecnico.org/web/>, Código técnico de la edificación

2.5.3 PROGRAMAS DE CÁLCULO Y DISEÑO

Para el cálculo de la estructura y sus uniones así como la cimentación y las placas de anclaje se han utilizado los programas Generador de Pórticos y Nuevo metal 3D de CYPE ingenieros.

Además se ha usado el programa Cespla para efectuar algunos cálculos aislados.

Para la definición de los cálculos se ha optado por la utilización del software AutoCAD v.2004 debido a la gran precisión y facilidad de manejo que ofrece.

Para la redacción de los documentos se ha usado el Microsoft Office 2003 y el Adobe Photoshop CS5.

2.5.4 PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

Las características de los materiales definidas en el proyecto así como las mediciones correspondientes a los mismos y la composición y número de lotes a ensayar de cada uno de ellos, se especifican en las diferentes fichas que componen el Programa de Control de Calidad, presente en el documento 8, *Estudios con Entidad Propia*.

Este plan llevará asociado un presupuesto de 9351,7 €.

2.6 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Todas las definiciones y abreviaturas utilizadas en la redacción son aquellas que se recogen en el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española.

Las unidades empleadas en los cálculos son las pertenecientes al Sistema Internacional (S.I).

2.7 REQUISITOS DE DISEÑO

2.7.1 DATOS DE PARTIDA

Se trata de una nave industrial de planta rectangular y aporticada a dos aguas. Estará constituida por 11 pórticos de 21m. de luz y 5.5m. de separación entre ellos. Estos pórticos están biempotrados y unidos entre ellos por correas continuas y vigas de atado entre las cabezas de los pilares.

Así pues quedará un edificio de 55m. de largo por 21 m. de anchura. Por lo que tendremos una planta de 1155 m².

La nave a nivel de alero alcanza los 9.80m. y siendo la pendiente de la cubierta de 15° tenemos que la altura total ronda los 12.3 m.

La nave cuenta en su interior con una zona de trabajo de 808 m², una zona para almacenaje de herramientas y recambios de 173.25 m² y otra de vestuarios y servicios de las mismas dimensiones.

Asimismo al contar con una entreplanta dentro del edificio contaremos con una zona de oficina técnica de las mismas dimensiones 173.25 m².

La estructura metálica estará compuesta por perfiles laminados de acero tipo S275.

Para los cerramientos de la nave se dispondrá de un muro perimetral de fábrica de bloque de hormigón armado. Este muro tiene una altura de 2.7 m., quedando por encima de la cota del suelo 2m.

Además de estar auto equilibrado este muro arriostra los pilares frente a pandeo, a partir de él cada 2 metros se dispondrán correas de acero laminado de perfil IPE 160 y unido a ellas mediante remaches se dispondrá un panel tipo sándwich y uno translucido de policarbonato que cerraran los laterales y la cubierta de la nave.

A partir de estos datos se ha ido desarrollando el diseño del presente proyecto.

2.7.2 JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA

2.7.2.1 ORDENACIÓN LEGAL

El solar en el que se plantea la edificación de la nave pertenece a los inversores y está ubicado en la localidad de Berango.

Dicho solar tiene una superficie de 6482 metros cuadrados.

La construcción se realizará de acuerdo con el Plan General de Ordenación Urbana en la zona norte industrial, en el área de la mancomunidad de Uribe Kosta, del municipio de Berango, como instrumento de ordenación integral del territorio municipal.



2.8. UBICACIÓN

La obra en cuestión está dentro de una parcela de la zona Simón de Otxandategui en el término municipal de Berango. El emplazamiento definitivo de la nave industrial, está totalmente definido en el proyecto.

El emplazamiento del edificio se ha visto condicionado por la propia disponibilidad del terreno así como por la idoneidad debida a los siguientes motivos:

2.8.1. COMUNICACIONES

A la hora de elegir la ubicación de la nave, se ha valorado que sea una zona bien comunicada y de fácil acceso.

Razones a tener en cuenta debido a que el edificio está destinado a almacenamiento, transformación y envío de mercancías.

El emplazamiento elegido cumple con estas condiciones puesto que está bien comunicado con todas las zonas por carretera.

2.8.2. TERRENO Y ACCESOS

El edificio ocupa aproximadamente una superficie útil de 1155 m² de los 6482 m² disponibles.

El terreno restante será el necesario para permitir el acceso de camiones a la zona de carga y descarga, teniendo en cuenta el espacio que se requiere para maniobras.

Unos aparcamientos para el personal, una zona para la gestión de los residuos y el resto será destinado a espacios verdes.

2.8.3. SERVICIOS

El suministro de energía eléctrica a la nave se realizará mediante el mismo sistema de alimentación que el municipio tiene para el resto de los edificios colindantes.

El abastecimiento de agua y el saneamiento se realizará de idéntica forma que en las demás instalaciones de la zona. Se utilizará la línea de abastecimiento de agua de la red general de Berango y las aguas residuales, tanto industriales como fecales, irán a parar a redes separativas que cumplirán con lo prescrito por el Consorcio de Aguas en la fecha prevista.

2.8.4. SEGURIDAD, SANIDAD E HIGIENE

Al tratarse de un edificio que almacena la actividad industrial de transformación metálica se debe contar con un plan de recogida y distribución de los residuos generados derivados de la actividad industrial.

Se dotará a la zona vestuarios de percheros donde descansarán los EPI's necesarios para el desarrollo de la actividad profesional de los empleados. Guantes, Gafas de protección, Botas de seguridad etc....

También se colocará un botiquín en un lugar céntrico y fácilmente accesible de la nave con todo el material indispensable para la aplicación de los primeros auxilios.

Se cumplirán, además todas las disposiciones generales que sean de aplicación de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo como se indica en el pliego de condiciones de este proyecto.

2.9. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

2.9.1. ESTRUCTURA METÁLICA

2.9.1.1. ACCIONES

2.9.1.1.1. CARGAS GRAVITATORIAS

Sobrecarga de nieve

Sobrecarga de nieve en una superficie de cubierta, es el peso de la nieve que, en las condiciones climatológicas más desfavorables, puede acumularse sobre ella.

La sobrecarga de nieve sobre una superficie horizontal se supone uniformemente repartida, y su valor en cada localidad viene dado en función de la altitud topográfica de la misma por el CTE.

Según lo establecido en esta norma y para la altitud topográfica de la localidad en la que se encuentra la edificación proyectada (a nivel del mar) según el apartado 3.5.1, se tomará una sobrecarga de nieve en proyección horizontal de $0,3 \text{ KN/m}^2$.

Sobrecarga de uso

Sobrecarga de uso en un elemento resistente es el peso de todos los elementos que pueden gravitar sobre él por razón de uso.

Para el caso de la cubierta y según la tabla 3.1 del CTE para cubiertas accesibles únicamente para conservación (G1) se estima un valor de 1 KN , que resulta excesivo, por lo que se tomará una sobrecarga puntual de $0,4 \text{ KN/m}^2$ en el punto más desfavorable.

2.9.1.1.2. CARGAS EÓLICAS

Según el CTE, se admite que el viento, en general, actúa perpendicularmente a las superficies sobre las que incide. Dependiendo de la dirección y sentido del viento respecto al edificio, se obtienen diferentes hipótesis de carga, con la complejidad añadida de que en cada zona de un mismo paramento existen distintas zonas con distintas cargas.

La magnitud del viento viene definida según los parámetros de presión dinámica, coeficiente de exposición y coeficiente de presión, según lo detallado en el documento 3 Anexos.

2.9.1.1.3. CARGAS SÍSMICAS

Dado que el pabellón se encuentra en una zona no sísmica según lo establecido por la NCSE, se podrá prescindir del cálculo sismorresistente.

2.9.1.2. SOLUCIÓN ADOPTADA

Teniendo en cuenta los datos de partida mencionados anteriormente, el diseño final de la nave lo conformará una estructura metálica formada por 11 pórticos a dos aguas con una pendiente de 15° de 21 metros de luz y 55 metros de fondo.

Para la realización de la estructura se dispondrán pórticos rígidamente unidos mediante soldaduras tanto en la unión pilar-dintel como en la cumbrera. Sobre estos se articularán las correas mediante soldaduras y a continuación, se colocarán paneles sándwich de lana de roca formando el cerramiento definitivo.

Los cerramientos se unen a las correas, asegurando así el paso a los pórticos de las cargas que los afectan. Estas correas serán IPE 160 en fachadas laterales y cubierta.

Los pórticos hastiales y centrales de la nave se constituyen con pilares HEM 300 y dinteles HEM 260 de 10 y 15'1 metros respectivamente, mientras que los pórticos centrales serán. Los pórticos hastiales presentarán pilarillos HEM 240.

Para aportar rigidez a la nave se dispondrá de 4 vigas contraviento, dos de ellas unirán los pórticos hastiales con sus consecutivos y las otras dos estarán una entre los pórticos 5 y 6 y la siguiente entre los pórticos 7 y 8. Se ha optado por la disposición de estas dos últimas vigas contraviento para aportar rigidez a ambos lados de la junta de dilatación y hacer así que el edificio se comporte como dos bloques independientes y rígidos.

Todas estas vigas contraviento se componen de tirantes L 40x40x4 y montantes HEM 160, los montantes están unidos a los dinteles mediante soldaduras que forman articulaciones y los tirantes se sueldan a chapas que a su vez se sueldan a los dinteles.

Las cabezas de todos los pilares están atadas longitudinalmente mediante vigas HEA 160

Para recibir el puente grúa se ha optado por disponer de unas vigas carril de perfil constante IPE330 + UPN 280, esta viga descansa sobre ménsulas IPE 330 soldadas de manera empotrada a los pilares.

Dicha viga cuenta con una junta de dilatación a la altura del quinto pórtico, la solución adoptada para resolver la junta está especificada en los planos de detalle de la viga carril.

A fin de dotar a la nave con rigidez longitudinal se ha optado por disponer de arriostramientos en los entramados laterales, dichos arriostramientos tienen la misma posición que las vigas contraviento, y su razón de ser es la misma, así como los perfiles en forma de L que los componen.

Se dispondrán tornapuntas L 40x40x4 contra las alas inferiores de los dinteles nacientes de las correas exceptuado las extremas para prevenir el pandeo lateral de estas piezas.

Los materiales de cierre tanto de cubierta como de los laterales serán paneles tipo sándwich de la marca Panel Sándwich Group. Con 50 mm respectivamente de espesor de chapa y poliuretano inyectado.

Para la estructura que conforma la entreplanta se ha optado por disponer vigas IPN 300 soldadas de manera rígida a los pilares a modo de vigas principales. Las vigas secundarias de esta

estructura de dos alturas son también IPN 300, los pilares son HEM 200 y las vigas intermedias para proporcionar estabilidad frente al pandeo son IPN 180.

A modo de forjado en esta estructura utilizaremos placas alveolares prefabricadas de tipo C-25 en su gran mayoría de dimensiones estándar y otras de dimensiones a medida. La distribución y definición de estas placas esta perfectamente definida en los planos de definición de entreplanta.

Sobre las placas alveolares se dispondrá una armadura de reparto de retícula 10x10cm de 12mm de diámetro.

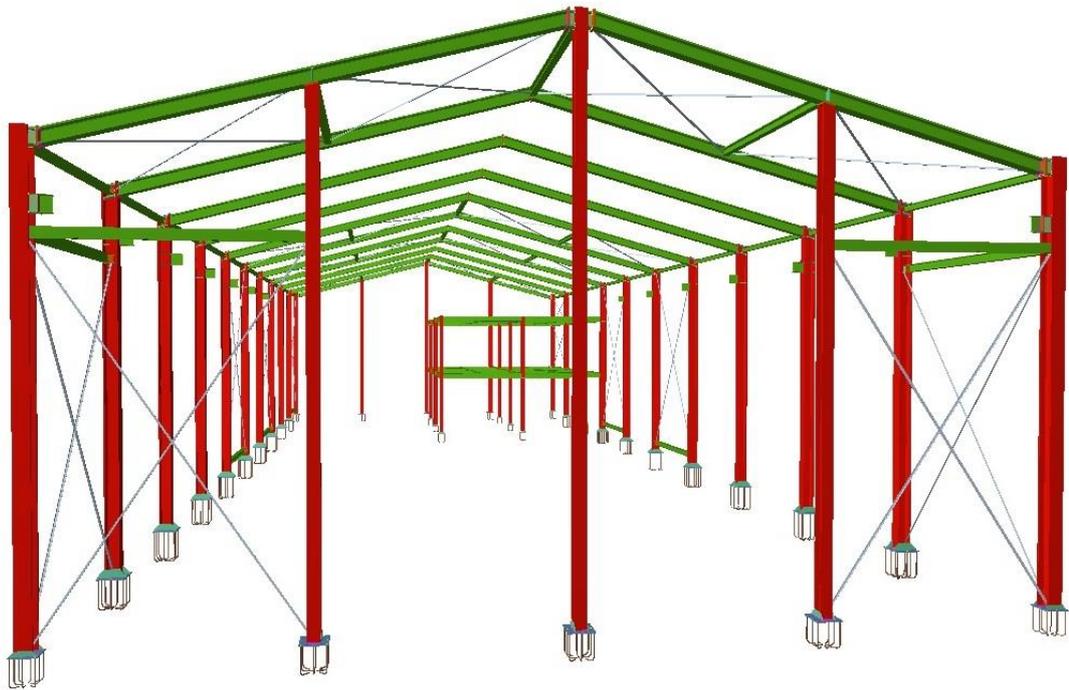
Sobre esta armadura se esparcirá una capa de hormigón de compresión de 5cm de espesor.

2.9.2. CIMENTACIÓN

La estructura se sustentará sobre cimentaciones superficiales de hormigón armado, unidas por vigas de atado que impidan el desplazamiento relativo entre ellas. Todos los elementos se apoyarán sobre una capa de hormigón pobre o de limpieza de espesor 10 cm.

Los elementos de cimentación serán de hormigón armado HA-25 y las armaduras que conforman los armados serán de barras de acero corrugado B400S

2.10 RESULTADOS FINALES



2.10.1. NAVE

2.10.1.1. MÉTODO DE CÁLCULO

Los cálculos de la nave se realizarán de acuerdo a la diversa normativa vigente especificada en cada caso, en general se utilizará el método de comprobación de barras, es decir, se elegirán perfiles a utilizar inicialmente para posteriormente comprobar que no se rebasan los valores límites de la tensión de fluencia del material.

Cuando se trabaje con el programa CYPE de cálculo de estructuras o CESPLA de cálculo de estructuras planas, se emplearán en los cálculos los coeficientes de mayoración de cargas que marca la norma CTE DB SE para los casos siguientes:

Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0

De la misma manera, se emplearán en las comprobaciones los coeficientes de minoración de resistencias que marca la norma CTE DB SE para los casos siguientes:

2.3.3 Coeficientes parciales de seguridad para determinar la resistencia

- 1 Para los coeficientes parciales para la resistencia se adoptarán, normalmente, los siguientes valores:
 - a) $\gamma_{M0} = 1,05$ coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material
 - b) $\gamma_{M1} = 1,05$ coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad
 - c) $\gamma_{M2} = 1,25$ coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión
 - d) $\gamma_{M3} = 1,1$ coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Servicio.
 $\gamma_{M3} = 1,25$ coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Último.
 $\gamma_{M3} = 1,4$ coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados y agujeros rasgados o con sobremedida.

Para el cálculo de cimentaciones y demás elementos de hormigón armado, se tendrá en cuenta la edición de 2008 de la Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE),

2.10.1.2. CORREAS

Las correas son el elemento constructivo sobre el que se apoyan los paneles que actúan como cubierta y fachada, garantizando la transmisión de todas las cargas que actúan sobre el edificio. La organización más económica de las correas es como vigas continuas apoyadas sobre 6 vanos, pues de esta forma las flechas producidas por las cargas son mucho menores dado que se trata de una disposición más rígida, también lo son los momentos flectores que solicitan a la viga resultando secciones de menores dimensiones.

2.10.1.2.1. CORREAS DE CUBIERTA

Dado que la separación entre pórticos es de 5.5 m, se adoptará para las correas un perfil laminado IPE160 en acero S275

Se calcularán para no sobrepasar los valores admisibles de resistencia ni de deformación, tomándose para este valor un 1/300 de la separación entre apoyos y se comprobarán para el estado de cargas según CTE DB SE-A.

Aunque se consideren las correas como vigas continuas, las longitudes comerciales, nos limitarían su disposición por lo que se situarán empalmes, siendo cada correa de 10 m. Por tanto cada correa se compondrá de dos correas de 10m soldadas y una tercera de 7.5m.

Como tenemos 7 correas por faldón, tendremos un total de 28 correas en la cubierta.

EJEMPLO DE VIGAS CORREAS



2.10.1.2.2. CORREAS LATERALES

Se razona igualmente que para las correas de cubierta, ya que estas también soportan los esfuerzos de viento y sirven de apoyo al panel de cerramiento. Dado que la separación entre pórticos es de 5,5 metros, se adoptará para todas las correas IPE160 en acero S-275. Este perfil se comprobará para los diferentes estados de carga según el CTE.

Se adoptará una disposición de correas distanciadas como máximo 2 metros, con una distancia de la correa primera a los bloques de hormigón de 1m. Se calcularán para la combinación de cargas más desfavorable, debiéndose cumplir los valores admisibles de resistencia y deformación, tomando como flecha máxima admisible $L/300$, siendo L la distancia entre pórticos.

Se dispondrán las correas horizontalmente. Así se realiza una sencilla unión de los pilares con las correas a través de soldaduras

Aunque se consideren las correas como vigas continuas, las longitudes comerciales, nos limitarían su disposición por lo que se situarán empalmes, siendo cada correa de 10 m y quedando igualmente distribuidas que las correas de cubierta, por tanto, teniendo en cuenta que tenemos 4 correas laterales a cada lado, tendremos 24 correas laterales y frontales.

Ejemplo de correas laterales

**2.10.1.3.**

PÓRTICOS

Los pórticos son los encargados de recibir las cargas y transmitir las al suelo mediante las cimentaciones.

Nuestra nave presenta un total de 11 pórticos. Estos estarán agrupados en 4 tipologías distintas dependiendo de su ubicación en la nave y de su geometría. Siendo esto así tendremos el pórtico hastial 1 o frontal, los pórticos tipo con grúa puente, los pórticos tipo con entreplanta y el pórtico hastial 2 o trasero.

La luz libre entre ejes de pilares para todos los pórticos es de 21 metros, con una altura de 9.8 metros a nivel del alero y, en la cumbre, de 12.3 metros.

Todos los dinteles tienen una inclinación de 15 grados.

Los elementos que forman cada pórtico trabajan frente a una conjunción de cargas, por lo que habrá que conocer los esfuerzos máximos actuantes en cada barra y comprobarlas individualmente.

Para esto, es inestimable la ayuda que supone el Nuevo Metal 3D, de Cype Ingenieros.

Se elegirán unas secciones para los dinteles y para los pilares mediante el programa de cálculo mencionado, y posteriormente se comprobará que no se superan los valores admisibles de las tensiones y de las flechas para el acero utilizado.

Después de haber comprobado la aptitud o no de los perfiles preelegidos habrá que ver si es posible la unión entre ellos, modificando o no hasta que dicha unión sea posible. Dichas modificaciones deber ser siempre hacia perfiles de tamaño superior en la serie a los inicialmente concebidos.

Se calcularán para no sobrepasar los valores admisibles de resistencia y deformación ($<L/250$), cuando actúen sobre ellos la combinación de cargas más desfavorable según el CTE.

Los perfiles de los pilares de los pórticos se unirán a los dinteles mediante soldadura en ángulo. En el nudo de unión de los pilares con los dinteles se dispondrán rigidizadores en el alma del pilar compuestos por chapa de acero

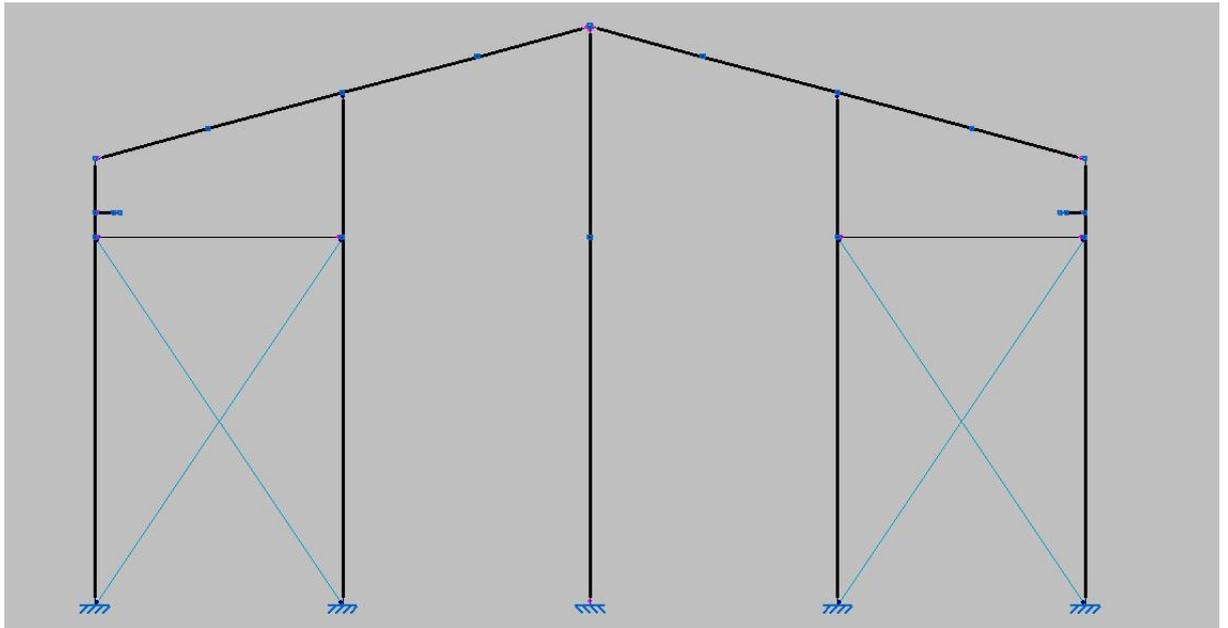
2.10.1.3.1. PORTICO HASTIAL 1 O FRONTAL

Se llama así al primer y pórtico de la nave. Este recibe las cargas de viento longitudinal y las reparten entre el resto de pórticos mediante las vigas contraviento, los arriostramientos en cruz de San Andrés y las vigas de atado.

Presenta tres pilarillos HEM 240, cada uno de ellos con una separación de 5.25m entre ellos y articulados con el dintel.

La unión entre los pilarillos y los dinteles se realiza mediante una chapa rigidizadora y soldadura, esto se puede observar con detenimiento en el plano de definición de este pórtico.

Esquema del pórtico hastial 1:



2.10.1.3.2 PÓRTICOS TIPO CON GRUA PUENTE

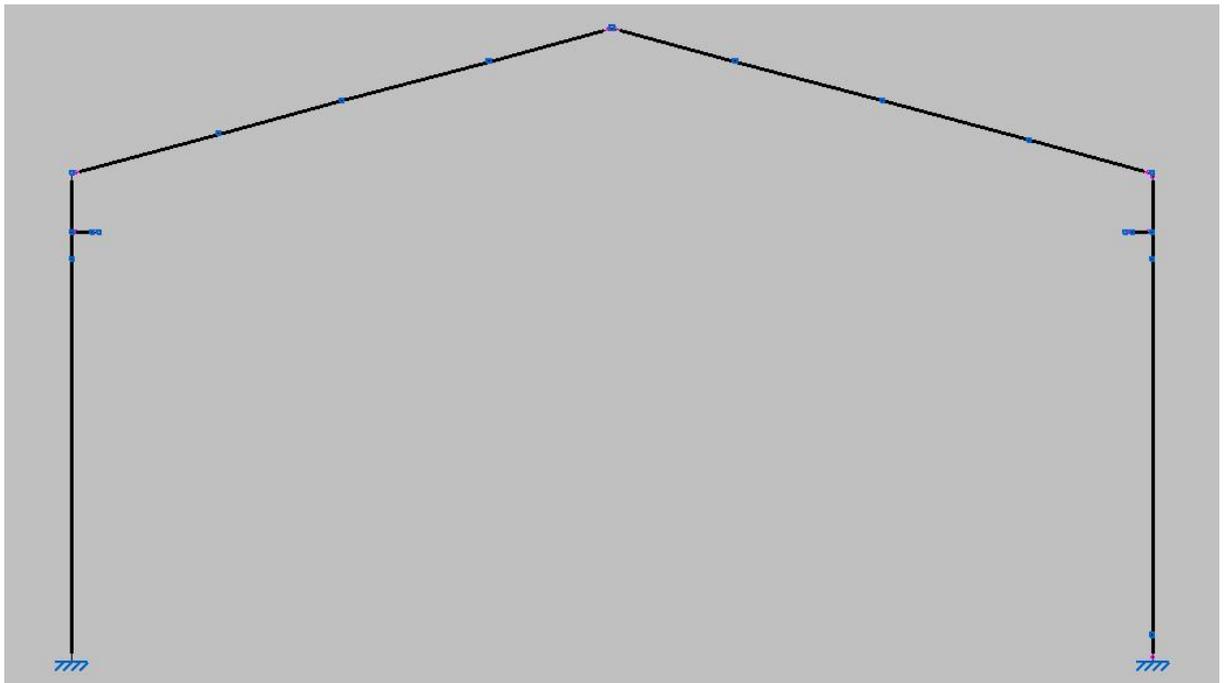
Se denominan así a los pórticos comprendidos entre el eje 2 y el eje 6 ambos incluidos. Se les denomina así puesto que es en ellos por donde la grúa puente realiza su mayor recorrido, (aunque esta también llegue al pórtico hastial 1).

Esta constituido como todos los demás pilares HEM 300 y dinteles HEM 260 unidos rígidamente mediante soldaduras y chapas rigidizadoras.

Tienen también una ménsula unida de perfil IPE 330 unida rígidamente al pilar mediante soldadura.

Estas uniones se encuentran todas en los planos de definición de los pórticos tipo con grúa puente.

Esquema pórtico tipo con grúa puente:



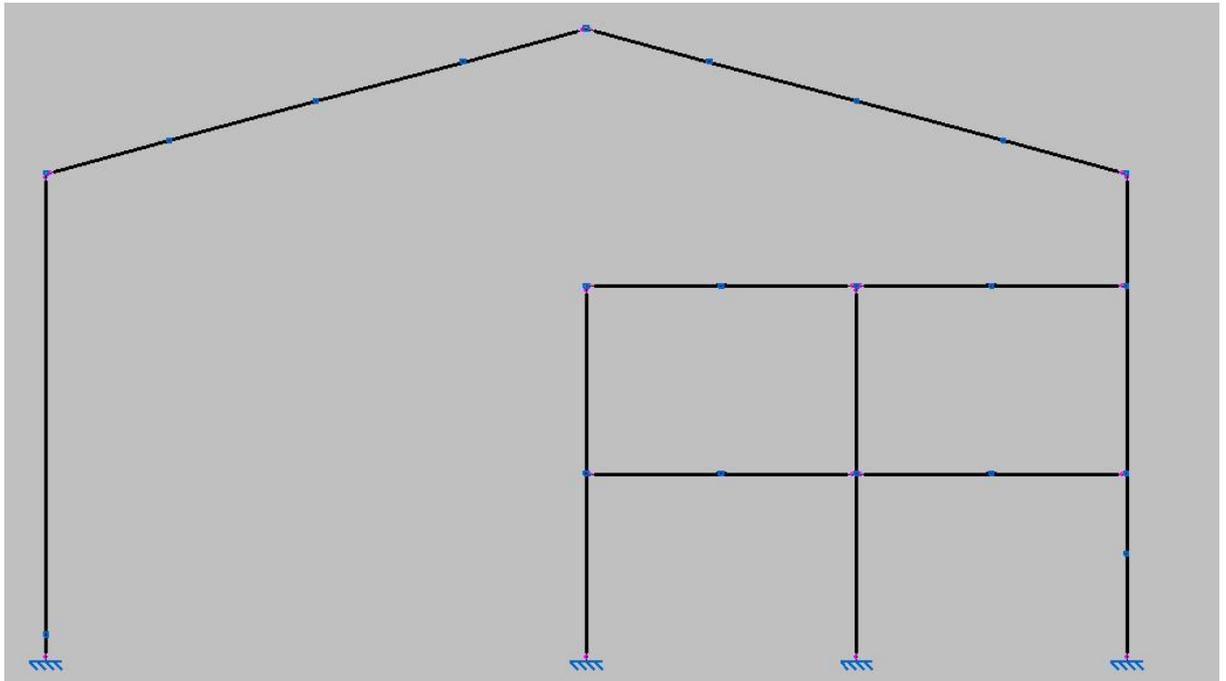
2.10.1.3.3 PÓRTICOS TIPO CON ENTREPLANTA

Se denomina así a los pórticos comprendidos entre el eje 7 y el eje 10 de la estructura, ambos incluidos.

Estos pórticos tienen la peculiaridad de disponer de 2 vigas IPN 330 soldadas a los pilares izquierdos a modo de vigas principales para alojar la entreplanta. Estas vigas se unen mediante soldaduras 2 pilares HEM 200 para así formar la estructura transversal completa de la entreplanta.

La unión entre estos pórticos se realiza mediante las vigas de atado HEA 160 y las vigas secundarias de entreplanta IPN 330 e IPN 180.

Esquema pórtico tipo con entreplanta:

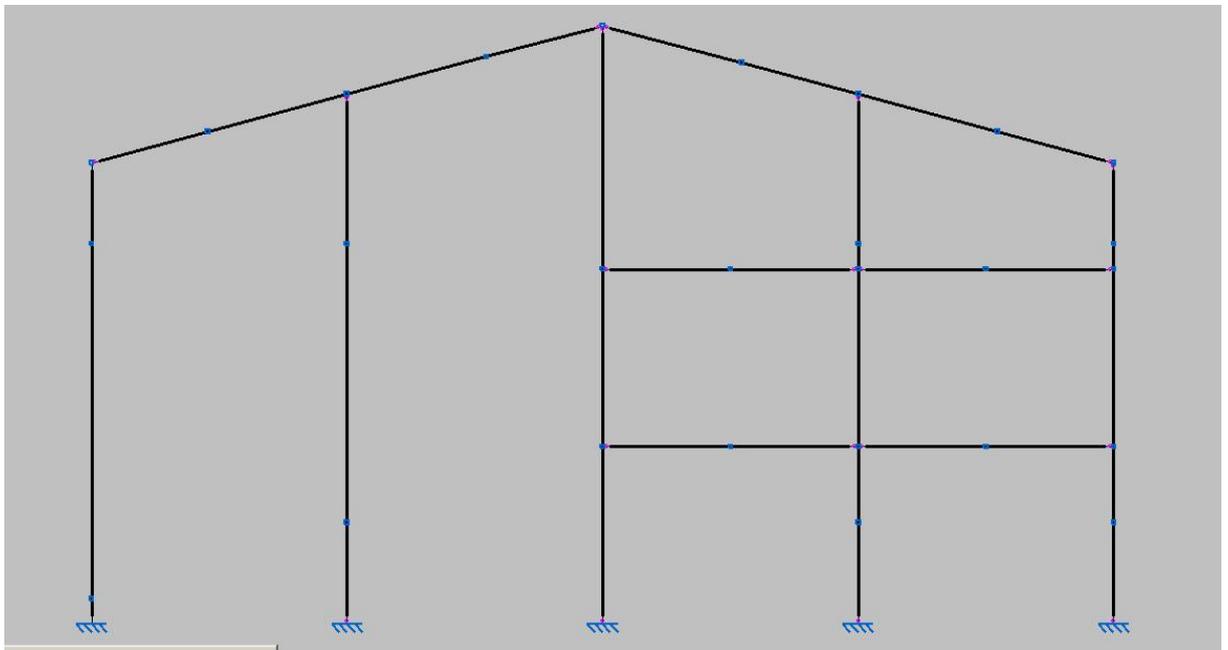


2.10.1.3.4 PÓRTICO TIPO HASTIAL 2 O TRASERO.

Se denomina así al pórtico que está en el eje 11 de la estructura. Consiste en una mezcla entre un pórtico hastial 1 y un pórtico tipo con entreplanta. Al igual que el pórtico hastial 1 está equipado con pilarillos HEM 240 y al igual que el pórtico tipo con entreplanta contiene en su plano vigas IPN 300 para formar la última parte de la estructura transversal de la entreplanta.

No cuenta con cruces de san Andrés en su plano ya que las mencionadas vigas IPN 300 ya le proporcionan rigidez suficiente en su plano y la correspondiente inderfomabilidad que se busca con las cruces de san Andrés.

Esquema pórtico tipo hastial 2:



2.10.1.3.5. TORNAPUNTAS

Cuando los esfuerzos de viento cambian de presión a succión sobre la cubierta, se produce una inversión de esfuerzos en los dinteles que comprime el ala inferior de los perfiles. Con la luz que presenta esta nave, 21 metros, estos esfuerzos pueden adoptar valores de importancia y a diferencia de las alas superiores, las inferiores no están coartadas frente al pandeo lateral.

Por esto, han de colocarse barras desde las correas hasta las alas inferiores de los elementos en peligro (dinteles), acortando su longitud de pandeo y asegurando así la integridad estructural ante el caso explicado anteriormente.

Según CTE, DB-SE-A, en su apartado 5.4.1.4., las tornapuntas se calculan frente a esfuerzos axiales de valor 1'5% del esfuerzo máximo de compresión actuante en el elemento.

En conclusión, se dispondrán tornapuntas sobre las alas inferiores de los dinteles desde las correas de cubierta, en todos los pórticos, en todas las correas salvo en las extremas, de este modo acortamos las longitudes de pandeo de la parte mas débil de los dinteles frente a este posible fenómeno perjudicial.

Serán barras L40x40x4 recortadas convenientemente. Y soldadas a unas chapas que se soldarán convenientemente con los dinteles de modo que los ejes de las tornapuntas queden alineados si se ven de frente y con forma de triangulo rectángulo a cada lado de la correa.

Se puede observar el resultado en la detalle del plano de definición de correas.

Sobre los dinteles de los pórticos intermedios, se dispondrán dos barras, una a cada lado. Sobre los dinteles hastiales, en cambio, sólo se colocará una barra hacia el lado desde el que llega la correa.

8.1.3.2. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

Para disminuir el efecto del vuelco lateral en vigas, se recurre a reducir la longitud libre del cordón, ala o borde comprimido, inmovilizándolo con las propias viguetas o correas, adecuadamente arriostradas mediante triangulaciones. En la figura 8.12, se representa esquemáticamente el modo de pandeo del cordón comprimido que varía substancialmente con la distancia entre puntos arriostrados.

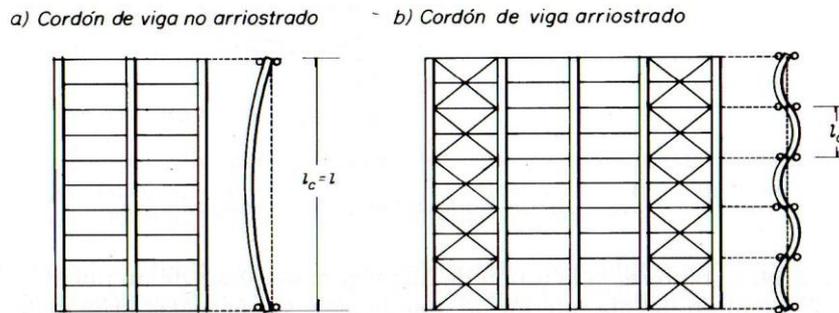
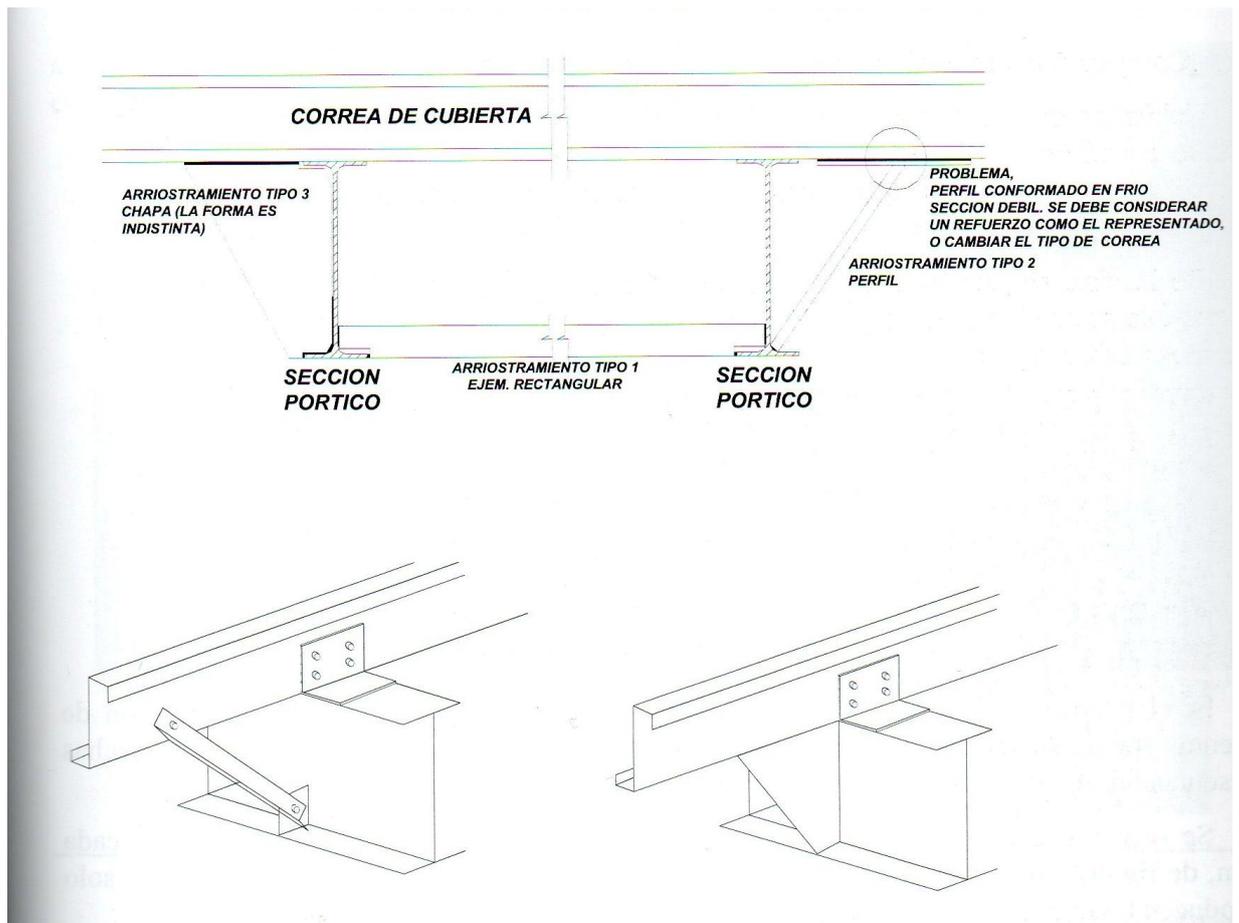


Figura 8.12. Efecto del arriostramiento en el vuelco lateral de vigas.

Disposición:



Ejemplo de tornapuntas:



2.10.1.4. ARRIOSTRAMIENTOS Y VIGAS CONTRAVIENTO

Son los elementos encargados de repartir las cargas longitudinales entre toda la estructura y de conferir al edificio rigidez e indeformabilidad en su plano.

Los arriostramientos se componen de las vigas de atado entre pórticos a la altura del alero, y tirantes en forma de cruz de San Andrés entre los pórticos hastiales y sus adyacentes.

De la misma manera se forman vigas en celosía entre los dinteles hastiales y sus dinteles preceptor y su sucesor.

Estas vigas utilizan los dinteles como cordones superior e inferior, y los montantes se crean de la siguiente forma: entre aleros, las vigas de atado recientemente nombradas cumplen esta función. Desde la cabeza de cada pilarillo se colocan piezas en horizontal hasta conectar sobre el siguiente pórtico, y desde la cumbre (por lo dos lados) se colocan otras dos barras, con lo que se finaliza la viga contraviento. Las piezas que hacen de montantes, serán siempre HEM 160 y su eje de débil de inercia será perpendicular a los ejes longitudinales de los dinteles.

Se realizará una triangulación en cruz de San Andrés. Así, ante un esfuerzo en cualquier dirección siempre habrá una barra traccionada y otra comprimida. Estas barras sólo se comprobarán a tracción, pero el esfuerzo de cálculo considerado será la suma del propio

esfuerzo de tracción presente en la barra más el valor absoluto del esfuerzo de compresión en la barra gemela.

Las cruces de San Andrés serán perfiles L 40x40x4, de la longitud correspondiente y unidos a los elementos principales chapas debidamente recortadas y soldadas de modo que los ejes de montante contraviento y diagonales concurren en un único punto a fin de no transmitir esfuerzos excéntricos que puedan acarrear la aparición de momentos indeseados.

Ejemplo de viga contraviento:



Ejemplo de unión tirante- dintel:



2.10.1.5 VIGAS DE ATADO ENTRE PILARES

La función de las vigas de atado no es otra que la unión de los pilares entre sí, con la idea de que la carga de los vientos axiales se distribuyan a los pilares intermedios, dar estabilidad a la nave y reducir las flechas en las cabezas de los pilares. En nuestro caso serán perfiles HEA 160.

Ejemplo vigas de atado entre cabeza de pilares:



2.10.1.6 VIGA CARRIL Y MÉNSULAS

Para que la grúa puente pueda desplazarse longitudinalmente por la nave se dispone de dos vigas carriles a lo largo de los pórticos.

En nuestro caso hemos calculado esta viga con las cargas que hemos obtenido del análisis de puente grúa y hemos optado por disponer una viga IPE330 a la que hemos adosado por seguridad un perfil UPN 280 en su parte superior.

Esta viga esta calculada con unos márgenes de flecha muy restrictivos ya que un pequeño desplazamiento en esta viga podría influir muy negativamente en el funcionamiento de esta nave. Estos límites de flecha son los siguientes

Según normativa:

Limite flecha vertical: $L / 750 = (1/750)*5500\text{mm} = 7.33\text{mm}$

Limite flecha horizontal: $L / 1000. = (1/1000)*5500 \text{ mm} = 5.5 \text{ mm}$

Además la viga carril al superar los 40 metros de longitud debe disponer de una junta de dilatación.

Esta se ha dispuesto en el quinto pórtico, y se puede consultaren los planos de definición de la viga carril y grúa puente.

Para la ménsula se ha optado por disponer un perfil IPE 330 calculado según lo dispuesto en el libro de la estructura metálica hoy de D.Ramon Argüelles Álvarez.

Sobre la viga carril se dispone de un carril de rodadura que consiste en una pletina metálica de 10cm por 1.5cm de espesor.

Ejemplo de vigas carril:



2.10.1.7. PLACAS DE ANCLAJE

Debido a las grandes diferencias existentes entre las tensiones de trabajo del acero S275 y del hormigón HA-25, la unión entre éstos debe realizarse por medio de unas placas base que transmitan los esfuerzos y los repartan desde unas secciones de menores dimensiones a otras más grandes.

Estas se confeccionarán a base de chapas de acero S275. Los conjuntos estarán constituidos por las placas base, las cartelas de rigidez y los pernos de anclaje.

Según la norma EHE, habrá que aplicar los siguientes coeficientes de seguridad:

$\gamma_c \equiv$ Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón = 1,5

$\gamma_s \equiv$ Coeficiente de minoración de la resistencia del acero = 1,05

$\gamma_f \equiv$ Coeficiente de mayoración de las acciones = 1,6

A continuación se detallan las diferentes placas base según su posición, en cuatro grupos:

- Placas para pilares intermedios.
- Placas para pilares de esquina.

- Placas para pilarillos.
- Placas de anclaje para los pilares de la entreplanta

Estas placas de anclaje están definidas en los planos de descripción de la cimentación y todos aquellos planos en los que halla alguna conexión de algún elemento con la cimentación.

2.10.2 CIMENTACIÓN

Es la parte encargada de transmitir los esfuerzos de la estructura al suelo.

Toda la cimentación esta constituida con hormigón armado HA-25 de control estadístico y barras de acero corrugado de B400s de control normal.

La tensión admisible del terreno es la que corresponde a un terreno formado por gravas y es de 0.294MPa

Todos los elementos de cimentación se colocaran sobre una capa de hormigón pobre o de limpieza de 10cm.

Para la realización del cálculo nos hemos apoyado en las disposiciones que efectúa el programa NM3D y hemos optado por ensanchar al doble de la magnitud que nos ofrecía las vigas de atado, de modo que estas además de evitar el movimiento relativo entre las zapatas aisladas sirven de apoyo y arranque a los muros perimetrales de cerramiento.

La disposición, desarme y detalles de esta parte de la estructura se puede ver en los planos de planta de cimentación, además de la denominación de cada zapata como intersección entre los ejes de la estructura y como nudo tenido en cuenta por el NM3D.

Los coeficientes de seguridad tenidos en cuenta en el cálculo de estos elementos son los siguientes.

$\gamma_c \equiv$ Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón = 1,5

$\gamma_s \equiv$ Coeficiente de minoración de la resistencia del acero = 1,05

$\gamma_f \equiv$ Coeficiente de mayoración de las acciones = 1,6.

Ejemplo de cimentación superficial:



2.10.3 CERRAMIENTOS

Tanto para el cerramiento de cubierta como para el cerramiento de fachadas se ha optado por el panel sándwich tapajuntas de la marca GRUPO panel sándwich.

Se ha optado para la cubierta y del de fachada por un panel de esta tipología de 50mm de espesor con chapa grecada y relleno de poliuretano inyectado, que confiere al cerramiento aislamiento acústico y térmico. Tendremos que nos transmiten estos paneles unas cargas de 0.195KN/m el de cubierta y de 0.191kN/m el de fachada.

Los paneles se unirán entre ellos mediante tornillos auto taladrantes y tapajuntas, además como se puede observar en los planos de vistas generales se dispondrá de una franja de panel translucido de policarbonato de modo que se permita la entrada de luz natural al interior de la estancia con las ventajas de ahorro energético y de sensación de bienestar que eso añade.

Un panel sándwich resulta una solución acertada frente a una chapa grecada simple convencional por las siguientes razones.

- Se fabrican en diversos acabados, colores y formatos
- Son ecológicos en su fabricación
- Son de montaje sencillo
- Proporcionan estanqueidad frente al agua y al aire
- El poliuretano inyectado no sufre contracciones ni dilataciones térmicas y es hidrófuga e inerte.
- Proporcionan un alto aislamiento térmico-acústico
- Son resistentes y estables frente al fuego.

La disposición de correas alrededor de los pórticos atiende a los valores límite soportados por este cerramiento para no sobrepasar los valores admisibles de resistencia ni superar la flecha máxima admisible.

2.10.4 MURO PERIMETRAL DE BLOQUE LIGERO DE HORMIGON ARMADO.

Se ha proyectado perimetralmente un muro de bloque de hormigón ligero armado que proporciona un cerramiento perimetral a nivel de suelo más firme que el de las placas tipo sándwich.

Además, este muro de fabrica de bloque arriostra el pilar frente a pandeo fuera del plano del pórtico y frente al pandeo lateral ya que se dispone entre ambas alas de l pilar.

Tiene una altura de 2,7 metros, altura de la cual 0.7 metros estarán bajo tierra, por lo que la parte visible del muro será de 2 metros de altura. Estará formado por bloques de hormigón ligero estándar de medidas 39x19x19 excepto las hiladas superior e inferior que estarán formadas por bloques en forma de U y actuaran a modo de zuncho perimetral dentro del cual estará embebida la viga armada de hormigón con 4 barras de diámetro 16mm y con estribos de diámetro 10mm cada 30 cm.

Se dispondrá armadura vertical cada metro aproximadamente, de 4 barras $\phi 16$ con estribos $\phi 10$ cada metro.

Las armaduras serán barras corrugadas de acero B400S

2.11. ORDEN Y PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS.

El orden de prioridad de documentos ante posibles discrepancias es el siguiente:

1. Planos
2. Pliego de Condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria

2.12. RESUMEN PRESUPUESTO

2.12.1. PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL

- Acondicionamiento del terreno: 61064.9 €
- Cimentación: 68172.65 €
- Estructura metálica: 428738 €
- Cerramientos: 57304.28 €
- Pavimentos: 22228.96 €.
- Recogida de pluviales y fecales: 13744 €
- Estudios con Entidad Propia: 20792.06 €

TOTAL: 675996.72 €.

2.12.2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA:

PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL: 675996.72 €

GASTOS GENERALES (15%): 101399.5 €

BENEFICIO INDUSTRIAL (6%): 40559.80 €

TOTAL: 817956.02€

I.V.A. (21%): 171770.76 €

TOTAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA: 989726.78€

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de:

**NOVECIENTOS OCHENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS VEINTISEIS CON
SETENTA Y OCHO EUROS**

En Bilbao, a 1 de Septiembre de 2012