



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA  
INDUSTRIAL DE BILBAO**



**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

TRABAJO FIN DE GRADO

2013 / 2014

*DISEÑO Y CÁLCULO DE NAVE  
INDUSTRIAL PARA INSTALACIÓN DE  
COGENERACIÓN*

**DOCUMENTO 2 : MEMORIA**

**DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO**

NOMBRE: ITXASO

APELLIDOS: BERGARA ELEJAGA

Fdo.: ITXASO BERGARA ELEJAGA

FECHA: 19-06-2014

**DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA**

NOMBRE: JAVIER

APELLIDOS: CORRAL SAIZ

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

Fdo.: JAVIER CORRAL SAIZ

FECHA: 19-06-2014

## **ÍNDICE**

	<b>PÁG</b>
2.1 OBJETO DEL PROYECTO.....	1
2.2 ALCANCE DEL PROYECTO.....	2
2.3 DATOS DE PARTIDA.....	3
2.4 NORMAS Y REFERENCIAS.....	5
2.4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	5
2.4.2 BIBLIOGRAFÍA.....	5
2.4.2.1. Libros.....	5
2.4.2.2 Programas de cálculo.....	7
2.4.2.3 Páginas web.....	7
2.5 REQUISITOS DE DISEÑO.....	8
2.5.1 NECESIDADES GENERALES.....	8
2.5.2 SITUACIÓN ÓPTIMA.....	8
2.5.3 DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA.....	9
2.5.4 DATOS CLIMATOLÓGICOS.....	10
2.5.5 JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA.....	10
2.5.6 VERTIDOS A LARED GENERAL DE SANEAMIENTO.....	11
2.6 ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	12
2.6.1 ALTERNATIVAS.....	12
2.6.2 SOLUCIÓN PROPUESTA.....	12
2.7. RESULTADOS FINALES.....	15
2.7.1 CESPLA.....	15
2.7.2 PUENTE GRÚA.....	15
2.7.2.1 Datos de partida.....	15

2.7.2.2 Clasificación de los mecanismos.....	15
2.7.3 VIGA CARRIL.....	16
2.7.4 ESTRUCTURA METÁLICA.....	18
2.7.4.1 Acciones.....	18
2.7.4.2 Correas.....	20
2.7.4.3 Correas laterales.....	21
2.7.4.4 Pilarines.....	21
2.7.4.5 Pórticos.....	22
2.7.4.6 Placas base.....	23
2.7.4.6.1 Placas base de los pilares.....	23
2.7.4.6.2 Placas base de los pilarines.....	24
2.7.4.6.3 Placas base de los pilares de la entreplanta.....	25
2.7.4.7 Arriostramientos.....	25
2.7.4.7.1. Cubierta.....	25
2.7.4.7.2. Contraviento.....	26
2.7.5 CERRAMIENTOS.....	26
2.7.5.1 Cubierta.....	26
2.7.5.1.1 Superficie de la cubierta.....	27
2.7.5.2 Cerramiento lateral.....	27
2.7.5.2.1 Superficies laterales.....	28
2.7.5.2.2 Superficies frontales.....	29
2.7.6 UNIONES.....	29
2.7.7 ENTREPLANTA.....	30
2.7.8 CIMENTACIONES.....	31
2.7.8.1 Zapatas.....	31
2.7.9 CARPINTERÍA METÁLICA.....	35

2.7.10	TECHOS.....	36
2.7.11	SUELOS.....	36
2.7.12	TABIQUERÍA.....	36
2.7.13	SISTEMA DE RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES.....	36
2.7.13.1.	Canalones.....	36
2.7.13.2.	Canalones laterales.....	37
2.7.13.3.	Tubos de bajada.....	37
2.7.14.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	37
2.7.14.1	Acometida general.....	38
2.7.14.2	Iluminación natural y artificial.....	38
2.7.14.3	Toma general de tierra.....	39

### **ÍNDICE TABLAS**

TABLA..1	Valores características sobrecarga de uso.....	19
TABLA2.2	Valores cerramiento lateral.....	28

### **ÍNDICE FIGURAS**

FIGURA 2.1	Cargas soportadas viga raíl.....	18
FIGURA 2.2	Placas base pilares.....	24
FIGURA 2.3	Placas base pilarines.....	24
FIGURA 2.4	Placas base pilares entreplanta.....	25
FIGURA 2.5	Panel de cubierta.....	27
FIGURA 2.6	Panel de cerramiento.....	28

## **2. MEMORIA**

### **2.1 OBJETO DEL PROYECTO**

El objeto de este proyecto se basa en la construcción de una nave industrial para la posterior adecuación de una planta de cogeneración.

La idea de este proyecto surge de una multinacional del sector energético que pretende invertir parte de sus beneficios en una planta de estas características.

El propósito es la instalación de una instalación de cogeneración de motor alternativo de gas. Esta dará servicio a la demanda térmica en forma de vapor existente en la zona. Con la energía eléctrica producida se dará servicio a las necesidades de la propia planta, y el resto se venderá a la red.

La multinacional ha encargado a una empresa competente en el sector de la cogeneración el proyecto de construcción de la citada planta de cogeneración. Esta última será la que defina la implantación general con todas las instalaciones necesarias para su correcto funcionamiento. Para poder construir la planta es preciso un proyecto constructivo. Con este fin se redacta el Proyecto que nos ocupa, cuyo alcance será definir la nave que acoja la instalación de cogeneración.

En cuanto al posible impacto ambiental, puede afirmarse que la construcción de la planta y la actividad que en ella se va a desarrollar no se producirá ningún tipo de contaminación de relevancia.

## **2.2 ALCANCE DEL PROYECTO**

El proyecto, en base a la implantación general con todas las instalaciones necesarias para el correcto funcionamiento de la planta de cogeneración, define constructivamente la nave.

Se calculará la cimentación estructural de la nave. Las cimentaciones de las bancadas del motor, la caldera y el resto de los elementos que componen la instalación de cogeneración, así como la solera y sus canalizaciones vienen definidas por la empresa encargada del global de la planta y que encarga el presente proyecto.

También se calculará la estructura completa de la nave, estructura metálica, así como los cerramientos de fachada y cubierta con su correspondiente sistema de recogida de aguas pluviales. Se definirá el forjado de entreplanta de la nave adosada y los acabados interiores.

El proyecto no contempla las instalaciones que definen la planta de cogeneración. Esto es labor de la empresa que encarga el presente proyecto. Se dejará definido el espacio físico de los baños con los elementos sanitarios requeridos. Para no interferir en la distribución del conjunto de instalaciones de la planta, se dejarán definidos los parámetros necesarios para ser realizado por el equipo de instaladores de la planta el circuito de tuberías de agua sanitaria y saneamiento. Esto se hará junto con el resto de instalaciones de la planta. Lo mismo se planteará para la recogida de las aguas pluviales procedentes de la cubierta. Se bajarán a través de los canalones y bajarán hasta el suelo, y a partir de ahí, el equipo que se ocupe de realizar la instalación de la planta definirá la red de drenaje para la recogida del conjunto de las aguas pluviales y de las aguas producidas en el interior de la nave por manguero u otra causa.

### **2.3 DATOS DE PARTIDA**

Se estimará una superficie útil necesaria para albergar la nave industrial de  $1400m^2$ . A continuación, se desglosan los datos de partida que se plantean para llevar a cabo la finalidad y los objetivos anteriores de este proyecto.

Aunque consideremos una nave industrial, se detalla por separado las dimensiones de las diferentes partes en las que está dividido dicho edificio industrial.

Para el caso de la zona destinada a la instalación de cogeneración, se trata de planta rectangular con una cubierta a dos aguas y construida por una sucesión de pórticos paralelos en su sentido longitudinal. Sus dimensiones en planta serán de 20 metros de luz por 50 metros de longitud, con una sucesión de 11 pórticos. Tiene una superficie en planta de  $1000 m^2$ .

La altura que alcanza el edificio estará en torno a los 11 metros hasta la cumbrera aunque con una inclinación del 10% para la cubierta. En el interior de esta zona irán ubicados el motor, la caldera y demás elementos auxiliares. Además, se ha previsto un puente grúa de 2,5 tn para labores de mantenimiento.

La nave adosada se trata de una planta de 20 m de luz y 20 m de longitud, lo que la hace una planta cuadrada, siendo esta de dos plantas. Cuenta con una cubierta a dos aguas, construida por una sucesión de 5 pórticos y la altura de cada una de las plantas será de 5 m. En definitiva, la nave adosada tiene una superficie de  $400m^2$  los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

1ª Planta:

- Taller de reparaciones: ocupa una superficie de  $140m^2$ , estará destinado a realizar reparaciones de los diversos elementos auxiliares que componen la instalación.
- Almacén: de superficie de  $100 m^2$  destinado a la recepción y almacenaje de material requerido por los diversos elementos auxiliares que componen la planta, tal como utillaje para mantenimiento, material para reparaciones, aceites de lubricación, etc.

- Dos vestuarios: de 40  $m^2$  cada uno. Estará equipado con dos lavabos, dos wc y cuatro duchas, además de sus correspondientes bancos con percheros.
- El espacio restante será ocupado por un hall a la entrada y una pequeña zona desde donde se accederá a la nave principal gracias a la existencia de una segunda puerta.

2ª Planta:

- Espacio de oficinas: con una superficie de 92  $m^2$  donde se llevará el control de la instalación.
- Sala comedor: con una superficie de 70  $m^2$  en ella se instalarán diversos elementos útiles de cocina, para que los empleados puedan utilizarla.
- Una sala de reuniones: con una superficie de 50  $m^2$ .
- Despacho del Director General de la planta: con una superficie de 50  $m^2$ .
- Dos baños: con una superficie de 16  $m^2$ .

El recinto exterior cuenta con una serie de aparcamientos donde podrán aparcar tanto turismos como camiones. Estos estarán situados a mano izquierda según se entra, y en la parte posterior de la nave se encuentran los aparcamientos para camiones, con espacio suficiente para maniobrar.

## **2.4 NORMAS Y REFERENCIAS**

### **2.4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS**

- EHE-08, Instrucción del hormigón estructural.
- EC3: Eurocódigo 3
- UNE 76-201-88 (Clasificación de puente-grúa)
- CTE: Documento Básico de Seguridad Estructural: Acero
- CTE: Documento Básico de Seguridad Estructural: Cimientos.
- CTE: Documento Básico de Seguridad Estructural.
- CTE: Documento Básico de Seguridad Estructural: Acciones en la Edificación.
- CTE: Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio.
- CTE: Documento Básico de Ahorro de Energía (HE1)
- RITE 2007: Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios
- NTE-ISS: Normas Tecnológicas en de Edificación – Instalaciones de Salubridad y Saneamiento.
- UNE 157001/2002.
- R.D. 1672/1997: Plan de seguridad y salud.
- R.D. 2267/2004: Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- R.D. 486/1997 Anexo 1: Condiciones generales de seguridad en lugares de trabajo.
- R.D. 314/2006: Control de calidad.
- R.D. 105/2008: Gestión de residuos

### **2.4.2 BIBLIOGRAFÍA**

#### **2.4.2.1. Libros**

- Argüelles Álvarez, R., “La estructura metálica hoy “, Tomo I, Volumen 1 (teoría y práctica).  
Madrid E.T.S.I.M (1978).

-Argüelles Álvarez, R., “La estructura metálica hoy “, Tomo II-Proyectos (texto y tablas).

Madrid E.T.S.I.M (1978).

-Argüelles Álvarez, R., La estructura metálica hoy “, Tomo II-Proyectos (planos).

Madrid E.T.S.I.M (1978).

-Serrano López, M.A.; Castrillo Cabello, M.A.,” Problemas de estructuras metálicas”.

Madrid. Bellisco (1998).

-Argüelles Álvarez, R.; “Estructuras de acero”.

Madrid. Bellisco (1999).

-C. Nachtergal “Estructuras metálicas. Cálculos y construcción”

Editorial Blume, (1969).

-Apuntes de la asignatura de “Teoría de Estructuras y Construcciones Industriales”

E.U.I.T.I.

Bilbao (2010).

-Calavera, J.; “Cálculo de estructuras de cimentación”

INTEMAC (Instituto Técnico de Materiales y Construcciones), Madrid (2000).

-Alonso Girón, JM. y otros; “Metodología, gestión y organización de proyectos”

E.U.I.T.I.

Eibar (2004).

-E. Zorrilla Olarte y J. Muniozguren Colindres “Dibujo de ingeniería” (Tema 11:

Dibujos de ingeniería civil y Tema 12: Dibujos en estructura metálica) E.T.S.I. Bilbao.

-E. Zorrilla Olarte y J. Muniozguren Colindres “**Normalización básica, dibujo técnico**”

(Tema 5: Sistemas de fijación desmontables y Tema 6: Sistemas de unión fija) E.T.S.I.

-Quintero Moreno, F., “Estructuras metálicas, Uniones”.

Madrid. (1988).

-Hernández Muñoz, A., “Saneamiento y alcantarillado”.

Navarra C.I.C.C.P. (1997).

-Heredia, R., “Abastecimiento y evacuación de aguas en plantas industriales”.

Madrid U.P.M. (1988).

-Larrode, E., Miravate, A., “Grúas”.

Zaragoza, Servicio de publicaciones del Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza (1996).

-Gere, J.M.; Timoshenko, S.P. “ Resistencia de materials”.

#### **2.4.2.2 Programas de cálculo**

- “Cespla” (Cálculo de estructuras planas).
- Autocad 2010.
- Excel.

#### **2.4.2.3 Páginas web**

- [www.Alubel.com](http://www.Alubel.com)
- [www.puertasnc.com](http://www.puertasnc.com)
- [www.aglomeradoszabaleta.com](http://www.aglomeradoszabaleta.com)

## **2.5 REQUISITOS DE DISEÑO**

### **2.5.1 NECESIDADES GENERALES**

Existe un gran número de factores a tener en cuenta a la hora de decidir la ubicación de la planta, dependiendo sobre todo del tipo de actividad que se desarrolle en su interior.

Se pueden definir algunas necesidades generales, como son:

- Existencia de suelo apto por condiciones físicas: topografía, características geológicas...
- Accesibilidad con áreas residenciales y urbanas.
- Transporte público.
- Disponibilidad de infraestructuras: agua, electricidad, gas, saneamiento.
- Impactos ambientales sobre el paisaje y otros valores naturales.

### **2.5.2 SITUACIÓN ÓPTIMA**

La planta de cogeneración se localiza en la ciudad de Vitoria, concretamente en la zona industrial de Gamarra, situada a las afueras del centro urbano, en la calle de Barrachi.

Esta zona está caracterizada fundamentalmente por la existencia de medianas empresas dedicadas a distintos ámbitos de la actividad empresarial. Colindante con ella se encuentran las zonas industriales de Arriaga y Betoño. Esto sitúa a la planta en un ambiente industrial, con todas las ventajas que ello conlleva. La zona garantiza la existencia de todas las infraestructuras y servicios necesarios para la correcta implantación y mantenimiento futuro de la instalación. La localización en la ciudad de Vitoria aporta una buena red de comunicaciones, además de un ambiente laboral adecuado, en tanto en cuanto, la zona residencial se encuentra próxima al lugar de trabajo. Esto permite al personal acudir al trabajo en la red de transporte urbano. Los autobuses son numerosos a lo largo de todo el día, en concreto la línea 9 TUVISA.

A todo lo expuesto anteriormente hay que añadir el estudio hecho por la multinacional en relación a la viabilidad de una planta de cogeneración en esta zona. Tras un análisis de necesidades de la zona y de la posibilidad de futuro se ratificó la validez de la inversión. Con esto podemos decir que podemos considerar como buena la localización elegida para la implantación de la planta.

### **2.5.3 DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA**

El emplazamiento será un terreno llano, prácticamente horizontal, no presentando grandes irregularidades.

La parcela tiene una forma rectangular de 70 x 80 m ( $5600m^2$ ), de los cuales  $1400m^2$  son ocupados por la planta. Esta tiene la entrada por la calle de Barrachi. Está colocada cumpliendo con toda las especificaciones marcadas por el Ayuntamiento. Su situación permite el tránsito de los vehículos pesados requeridos tanto en el montaje de la instalación como en su posterior estado de funcionamiento.

Según se entra la nave queda a la derecha, y a la izquierda queda la zona de los aparcamientos; una hilera de aparcamientos situados en batería. Esta localización sitúa a la planta en un lugar que no entraña ningún problema para su correcto funcionamiento.

La parcela cuenta en sus proximidades con todas las instalaciones de electricidad, gas, telefonía, agua y alcantarillado necesarias para la puesta en marcha de la instalación.

## **2.5.4 DATOS CLIMATOLÓGICOS**

Las temperaturas extremas son de unos  $-10^{\circ}\text{C}$  en invierno (en casos muy excepcionales) y de  $+40^{\circ}\text{C}$  (también muy excepcionales) en verano. La temperatura media en invierno es de unos  $5^{\circ}\text{C}$  y en verano de  $20^{\circ}\text{C}$ .

La velocidad del viento no es excesiva, y los vientos dominantes debido a la situación de la nave no influyen excesivamente sobre la estructura.

Debido a la elevada altitud de la zona, la nieve que cae a lo largo del año es lo suficientemente importante para contar con unos adecuados canalones para evacuar las grandes cantidades de lluvia que caigan en ocasiones puntuales.

## **2.5.5 JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA**

El solar en el que se plantea la construcción de las nuevas instalaciones está ubicado en la zona industrial de Gamarra, en la ciudad de Vitoria-Gasteiz. La construcción se realizará de acuerdo con el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) del Ayuntamiento de Vitoria. Según el PGOU el terreno donde se asentará el edificio tiene carácter de suelo industrial.

En primer lugar se examina la superficie de ocupación máxima de la superficie neta de la parcela, correspondiendo 80%.

Siendo la superficie total del terreno  $5600\text{ m}^2$ , y la superficie necesaria para la consecución del proyecto la siguiente, siendo las distancias exteriores máximas:

Nave industrial principal       $50 \times 20 = 1000\text{ m}^2$

Nave adosada                       $20 \times 20 = 400\text{ m}^2$

Total construida                       $1400\text{ m}^2$

Parámetros urbanísticos:

-Parcela mínima: se establece en 1500 metros cuadrados, excepto las de menor superficie resultantes de Proyecto de Reparcelación aprobadas con anterioridad a este Plan General.

-Porcentaje de ocupación máxima de parcela: será el 80% en parcelas de tipo 1°.

- Altura máxima: a efectos de regularización de la altura máxima de cornisa, para el grado 3, que corresponde a la calle será de 15 m.

-Altura mínima entre plantas: se exigirá una altura libre mínima de 2,6 m que se incrementará hasta 3 m en áreas donde pueda preverse gran concentración de personas.

-Cerramiento de parcelas: los cerramientos de alineación de calle serán obligatorios, constituyéndose opacos hasta una altura mínima de 0,5 m, máxima de 0,7 m, y continuando hasta un máximo de 2,2 m con estructuras metálicas o vegetales translúcidas.

### **2.5.6 VERTIDOS A LARED GENERAL DE SANEAMIENTO**

La industria proyectada si pretende utilizar la red de saneamiento debe garantizar por medio de pretratamientos correspondientes a las siguientes características.

a) Referente a la red de alcantarillado y su conservación:

1. Ausencia de sólidos, líquidos, gases inflamables y/o explosivos.
2. No se admitirán sustancias que supongan la posible obstrucción del alcantarillado.
3. El Ph de las aguas residuales estará comprendido entre 6 y 9 unidades.
4. La temperatura de los vertidos será inferior a 40°C.
5. Los sulfatos deberán ser inferiores a 1500 ppm.
6. Se prohíben los gases procedentes de escapes de motores de explosión.

## **2.6 ANÁLISIS DE SOLUCIONES**

### **2.6.1 ALTERNATIVAS**

Para la construcción de esta nave podemos adoptar varias posibilidades constructivas estructurales, tales como las diversas posibilidades de forma, de sistemas de cerramiento y cubierta.

Las alternativas tradicionales referentes a la construcción se dividen en dos:

Estructura Metálica y Hormigón Armado.

En lo referente al sistema estructural, podemos encontrarnos con las siguientes posibilidades:

- Nave única o nave doble.
- Empotrada o articulada en los apoyos.
- Con nudos rígidos o articulados.

La cubierta también puede presentar varias posibilidades. Puede ser plana o inclinada, a una o dos aguas, también puede ser una cubierta en arco o con dientes de sierra, etc.

A la multinacional promotora del proyecto le interesa que la construcción se realice con la mayor celeridad posible, y en este aspecto la estructura metálica cobra ventaja sobre el hormigón. Pero además tiene otras ventajas como son la relación coste- mano de obra y la mayor facilidad frente a posibles ampliaciones, que aconsejan la estructura de acero más oportuna.

### **2.6.2 SOLUCIÓN PROPUESTA**

El edificio industrial constará de una nave industrial de 20 metros de luz y 50 metros de largo y un edificio adosado a éste de 20 metros de luz y 20 metros de longitud de dos plantas. La estructura metálica de la misma estará formada por 11 pórticos paralelos entre sí que descansan empotrados en la cimentación y separados una distancia de 5 metros en la nave principal, y la nave adosada estará formada por 5 pórticos separados una distancia de 5 metros, siendo estos también paralelos.

Como viga para el pórtico se puede escoger entre 2 opciones: viga de alma llena o celosía, también denominada cercha o estructura articulada plana.

En un primer momento, se escoge la opción de viga de alma llena. La principal causa de esta elección, es que los cálculos son algo más reducidos que con la opción de celosía. Esta reducción de los cálculos se debe a:

- Con la viga de alma llena se pueden aplicar todas las cargas que actúan sobre el dintel (viento, sobrecarga de uso, sobrecarga de nieve y la carga permanente) directamente sobre el mismo, sin más que multiplicar dichas cargas por la distancia entre pórticos.

En las celosías las cargas sólo pueden estar aplicadas en los nudos, por este motivo, deberemos de convertir la carga distribuida que se obtiene al multiplicar las cargas por la distancia entre pórticos, en tantas cargas puntuales como nudos tenga el cordón superior de la celosía diseñada.

- Con la viga de alma llena solo hay que dimensionar dicha viga. Se introducen en el “Cespla” las diferentes hipótesis existentes, para obtener los resultados. Deberemos de fijarnos en la barra que corresponde al dintel y quedarnos con el máximo momento flector y su fuerza axial y cortante correspondientes, con su máxima fuerza normal y su momento flector y fuerza cortante correspondientes y, por último, con su máxima fuerza cortante y su momento flector y fuerza normal.

Además con la viga de alma llena obtenemos una mayor altura útil en el interior de la nave debido a la ausencia de vigas horizontales que presentan las estructuras de cercha, y por otro lado la menor mano de obra necesaria para su construcción y montaje.

-Con la viga de alma llena el proceso de introducción de datos en el “Cespla” es más rápido y sencillo que con las celosías.

Por lo tanto la viga de alma llena hace más sencillo y rápido el proceso de dimensionamiento de los pórticos.

Sin embargo, antes de tomar una decisión definitiva tuvimos que asegurarnos de que la viga de alma llena era apropiada para una nave de nuestras características.

El principal punto a tener en cuenta, era el de comprobar si el valor de la luz de 20 m de nuestra nave era demasiado grande para la utilización de viga de alma llena.

Consultamos diversas fuentes y la respuesta que obtuvimos era que la utilización de viga de alma llena era viable para nuestro proyecto, pudiéndose utilizar este tipo de viga para naves que posean hasta 23m, 24m de luz.

Tanto la cubierta de la zona del circuito de cogeneración (nave principal), como la de la nave adosada serán a dos aguas.

Dichos pórticos estarán constituidos por unos pilares de acero de 10 m para la nave principal, y por unos dinteles que le dan a la cubierta una pendiente del 10%, ajustándose a la tendencia actual de pequeñas pendientes en la construcción de naves industriales. La altura de los pilares de la nave adosada alcanzan también los 10 metros de altura.

Se proyectará junto con la nave industrial una grúa-puente de 2,5 Tn de capacidad. Dicha grúa circulará 30 metros a lo largo de la nave principal rodando por unos carriles elevados 8 metros de altura sobre el nivel del suelo.

Para asegurar la estabilidad del edificio se dispone de un entramado en cruz de San Andrés tanto en los laterales como en la cubierta.

Las uniones serán dispuestas por tornillos de alta resistencia en el caso de los pilares y dinteles, y soldadas en el caso de unión de pilares con la placa base.

Los materiales de cierre tanto en la cubierta como en los laterales van adecuadamente insonorizados con paneles nervados compuestos de dos caras exteriores de acero galvanizado y unidas entre sí por un núcleo central aislante de lana mineral.

La cimentación está compuesta por zapatas aisladas y de planta rectangular. todas estas zapatas estarán unidas por una viga de atado, exceptuando las zapatas de los paires de la entreplanta.

## **2.7. RESULTADOS FINALES**

### **2.7.1 CESPLA**

Para realizar el cálculo de la estructura se ha utilizado el programa informático Cespla (cálculo de estructuras planas). Este programa se basa en el método de las rigideces, por su sencillez de programación y generalidad. Para realizar dicho cálculo previamente deberán conocerse los perfiles que se van a adoptar, por lo que el método de cálculo será indirecto o de comprobación de las secciones elegidas.

### **2.7.2 PUENTE GRÚA**

#### **2.7.2.1 Datos de partida**

Para tener la posibilidad de manipular los elementos de motor, y demás elementos, se coloca una grúa puente birrail de la empresa grúas jaso. La grúa-puente, que recorrerá longitudinalmente la nave principal, tiene una luz de 20 metros y se desplazará durante los primeros 30 metros deslizándose sobre dos carriles de rodadura elevados y apoyados en ménsulas situadas a una altura de 8 metros sobre el nivel del suelo interior del edificio.

Dicha grúa está capacitada para elevar una carga máxima de 2500 kg.

#### **2.7.2.2 Clasificación de los mecanismos**

Para la aplicación de la norma al cálculo del puente grúa, tanto los aparatos de elevación como de traslación están clasificados en diferentes grupos en función del servicio: tiempo medio de servicio diario (vida del mecanismo) y estado de sollicitación (estado de carga).

- Vida del mecanismo: representa el número de horas de funcionamiento real que se estima que va a tener el mecanismo a lo largo de su servicio.
- Estado de carga: representa la medida en que el aparato levanta la carga máxima o solamente una carga reducida.

### **2.7.3 VIGA CARRIL**

Se dispondrá una viga carril en cada uno de los pilares de la nave de mayor capacidad, durante los primeros 30 metros, colocados a una altura de 8 metros sobre el nivel del suelo y apoyadas sobre ménsulas soldadas a dichos pilares.

Esta viga carril estará solicitada a la acción simultánea de fuerzas dinámicas verticales y horizontales originadas por el desplazamiento de las ruedas de la grúa puente sobre ella. Además de su peso propio, deberá resistir las acciones que le son transmitidas de la grúa-puente a través de sus ruedas.

El raíl de rodadura será un perfil cuadrado de sección transversal  $30 \times 40 \text{ mm}^2$  con el cual harán contacto las ruedas del puente grúa y estará soldado a la viga carril que es de perfil HEB 220 (también laminado en caliente, acero S275-JR).

La longitud total de cada una de las vigas carril será de 30m de longitud, a la hora de modelizar de cara al cálculo para la comprobación a resistencia y a servicio se considera que esta se comporta como viga multiapoyada siendo las ménsulas los apoyos sobre los que descansa y la distancia entre pórticos (5m) la longitud de vanos.

La altura a la cual se encuentra la viga carril es de 8m de altura sobre el suelo.

La viga carril será soldada a las ménsulas. Dicha ménsula estará constituida por el perfil IPE300 e irá unida al ala interior del pilar mediante soldadura. Para el cálculo de la unión se ha realizado, en el anexo de cálculos, el estudio y cálculo detallado de manera manual verificando las comprobaciones pertinentes.

La longitud total de la ménsula es de 40cm y la distancia entre eje central de la viga carril y el ala interior del pilar será de 19cm.

En la viga actúan las fuerzas de peso propio y las generadas por el puente grúa que son transmitidas a través de las ruedas.

Se distinguen 3 tipos de solicitaciones:

A) Verticales: peso propio + peso viga raíl + peso puente grúa + carga elevada

En las tablas de fabricante se especifica las reacciones por rueda para la situación pésima que no es otra que cuando el puente grúa se encuentra cargado a su máxima capacidad y el polipasto visita la ménsula.

B) Horizontales longitudinales: según el autor Argüelles Álvarez en el capítulo 15 de Naves industriales en el apartado 15.3.1 (bases de cálculo, acciones, puente grúa) del libro “Estructuras de acero: uniones y sistemas estructurales” pueden ser consideradas:

$$HL = \Sigma V / 7.$$

Estas cargas son producidas por el frenado o aceleración del puente grúa en su translación sobre las vigas carriles.

C) Horizontales transversales: según el mismo autor y libro, estas cargas pueden ser tratadas como:

$$HT = \Sigma V / 10.$$

Estas solicitaciones las genera el polipasto al frenar o al acelerar en su recorrido a lo largo del puente grúa. Estas cargas están ilustradas en la figura 3.20.

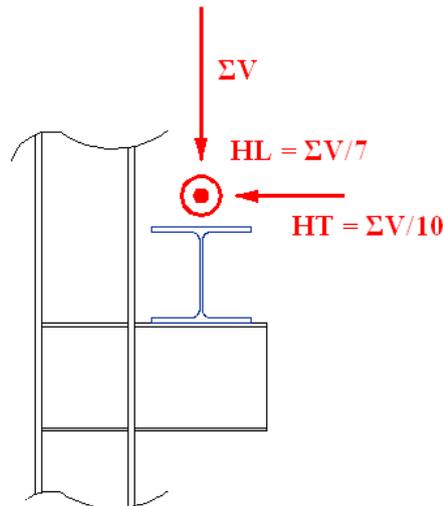


FIGURA 2.1 Cargas soportadas por la viga carril

La organización más económica de la viga carril es como viga continua apoyada sobre 7 vanos, pues de esta forma las flechas producidas por las cargas son mucho menores y también lo son los momentos flectores que solicitan a la viga resultando secciones de menores dimensiones.

## 2.7.4 ESTRUCTURA METÁLICA

### 2.7.4.1 Acciones

Se realiza el dimensionamiento de la nave industrial que acogerá la planta de cogeneración según lo especificado en el DBS-E (documento básico de la seguridad estructural).

Se tiene en cuenta las siguientes acciones sobre los elementos:

- Carga permanente: se trata del peso propio de los elementos de construcción.
- Sobrecarga de uso: la sobrecarga de uso en un elemento resistente es el peso de todos los objetos que pueden gravitar sobre él por razón de su uso. Para el caso de este proyecto, la cubierta deberá de tener la capacidad para resistir el peso de al menos una persona que camine sobre ellas, tanto durante la construcción como en tareas de mantenimiento durante el servicio. En el documento básico de acciones en la edificación, concretamente en la tabla 3.1 se especifican las diferentes categorías de uso.

Una vez seleccionada la categoría de uso, obtendremos dos cargas, una puntual y otra distribuida debiendo calcular el momento flector de ambos y seleccionar la más desfavorable que será aquella que tenga un mayor momento flector.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

TABLA 2.1.Valores característicos de la sobrecarga de uso.

-Sobrecarga de nieve: la sobrecarga de nieve en una superficie de cubierta es el peso de la nieve, que, en las condiciones climatológicas más desfavorables puede acumularse sobre la cubierta. La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio dependen del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma de la cubierta y de los intercambios térmicos. Su valor en cada localidad viene dado en función de la altitud topográfica de la misma por el DSB-Acciones en la edificación.

Para determinar la sobrecarga de nieve debemos ir al código técnico, documento básico de la seguridad estructural de acciones a la edificación (SE-AE) apartado 3.5.1 Determinación de la carga de nieve, en este apartado aparece el valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal.

-Sobrecarga de viento: el proyecto se basa en el dimensionamiento de dos naves adosadas, una principal destinada a la implantación de la planta de cogeneración, y una secundaria, destinada a oficinas, vestuarios, baños..

Dependiendo de la dirección del viento, la cubierta se dividirá en diferentes zonas. Para el cálculo de estas zonas el primer paso es seleccionar cual es nuestro tipo de cubierta de entre:

- cubiertas a un agua.
- cubierta a dos aguas.
- cubiertas de dientes de sierra.

La nave industrial se tratara como una nave de dientes de sierra por ser esta distribución la más similar al diseño.

#### **2.7.4.2 Correas**

La organización más económica de las correas es como vigas continuas apoyadas sobre 11 vanos y como vigas apoyadas sobre 5 vanos en el caso de la nave adosada, 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 y también lo es la elaboración de las vigas. Como contrapartida exige un especial cuidado para que todos los apoyos estén situados a la misma altura.

Para la nave principal y la nave adosada con cubierta inclinada se adoptará una distancia entre correas de 1015 mm.

Se calcularán para no sobrepasar los valores admisibles de resistencia y para que no se supere la flecha máxima admisible, tomándose para este valor  $L/300$  siendo "L" la distancia entre apoyos.

Al disponerse de correas como vigas continuas deben efectuarse empalmes debido a que la longitud de los perfiles laminados es reducida. Estos empalmes se realizarán mediante conectores.

Como los vanos son de 5 m, se dispondrán de juntas cada dos vanos de manera que se trabaje con vigas de 10-11 metros perfectamente manejables.

Contaremos con correas de perfil IPE 120.

### **2.7.4.3 Correas laterales**

Las correas laterales tendrán una separación superior a las correas de la cubierta. Esta distancia será de 2,5 m, tal y como nos lo recomienda el fabricante.

La organización más económica de las correas es como vigas continuas apoyadas sobre 11 vanos en el caso de la nave principal y como vigas continuas apoyadas sobre 5 vanos en el caso de la nave adosada, para el cerramiento lateral; para el cerramiento frontal de ambas naves, correas apoyadas sobre de 5 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 y también lo es la elaboración de las vigas.

Se calcularán para no sobrepasar los valores admisibles de resistencia y para que no se supere la flecha máxima admisible, tomándose para este valor  $L/300$  siendo “L” la distancia entre apoyos.

Contaremos con correas de perfil IPE 140.

### **2.7.4.4 Pilarines**

Se colocarán los pilarines en los últimos pórticos hastiales, los cuales irán cerrados, a una distancia de 5 metros cada uno. Los pilarines servirán para soportar las cargas que producen las correas y cerramiento laterales de dicho pórtico cuando el viento incide sobre ellos.

Estarán empotrados en la cimentación y apoyados en su unión con el dintel. Éstos no irán cargados por los dinteles del pórtico ni por la entreplanta.

Se estudiarán los pilarines a pandeo, cortante, flexión compuesta y flexocompresión.

Contaremos con pilarines de perfil IPE 180.

### **2.7.4.5 Pórticos**

Como ya se ha explicado anteriormente se contará con una sucesión de 11 pórticos paralelos y separados entre sí por una distancia de 5 metros para la nave que acogerá la instalación de cogeneración.

Por otro lado, la nave adosada estará dotada por una sucesión de 5 pórticos paralelos separados entre sí una distancia de 5 metros.

Ambas naves están constituidas por cubiertas a dos aguas con una inclinación del 10%, siguiendo la tendencia actual de naves cubiertas con pequeñas inclinaciones. Cada dintel posee una longitud de 10015mm. La altura de los pilares será de 10000mm.

Para el dintel se tendrán en cuenta las siguientes cargas: carga permanente (peso de la cubierta, peso de las correas y peso propio), sobrecarga de uso, sobrecarga de nieve y sobrecarga de viento.

Para los pilares, se tendrá en cuenta la sobrecarga de viento y el peso propio, además se deberá tener en cuenta las cargas que produce el puente grúa.

#### Pasos para el dimensionamiento

1º- Comprobar para cada tipo de viento que pórtico es el más desfavorable.

2º- Realizar las combinaciones para el pórtico más desfavorable.

3º- Introducir los datos en el “Cespla”.

Para este tercer paso teníamos dos posibilidades:

a) Meter las combinaciones directamente en el “Cespla”. De esta forma, se obtienen directamente los resultados.

b) Meter cada carga que actúa en el pórtico individualmente en el “Cespla” y después combinar los resultados.

4º- Obtener los resultados, quedándonos con el momento flector máximo y su axial y cortante asociadas, con la fuerza axial máxima y su momento flector y cortante asociados, y por último con la fuerza cortante máxima y su momento flector y fuerza axial asociados, para cada elemento diferente del pórtico.

5º Con los datos recogidos, hacer las comprobaciones correspondientes

Se contará con dinteles de perfil HEB 360.

Se dispondrán pilares de perfil HEB 600.

#### **2.7.4.6 Placas base**

Debido a las grandes diferencias existentes entre las tensiones de trabajo del acero y del hormigón, 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. Éstas se confeccionarán a base de chapas de acero.

Las bases estarán constituidas por las placas base, las cartelas de rigidez y los pernos de anclaje.

Para el cálculo de este apartado recurriremos al método recogido en el libro “La estructura metálica Hoy”, tomo primero, volumen primero, de Ramón Argüelles Álvarez. Deberemos de aplicar los siguientes coeficientes de seguridad:

Coefficiente de minoración de la resistencia del hormigón: 1.5.

Coefficiente de minoración de la resistencia del acero: 1.15.

Coefficiente de mayoración de las acciones: 1.6.

Se deberá calcular:

- Las dimensiones de la placa base.
- Espesor placa base.
- Cálculo de las cartelas.
- Pernos de anclaje.
- Longitud de anclaje.

##### **2.7.4.6.1 Placas base de los pilares**

Se aplicarán para los pilares unas placas base de acero en función de las solicitaciones.

Para los pilares HEB 600, se adoptará una placa base de dimensiones  $a=75$  cm y  $b=52$ cm y 50 mm de espesor. Irán ancladas mediante 12 pernos de anclaje de acero 34 mm y 90 mm de longitud.

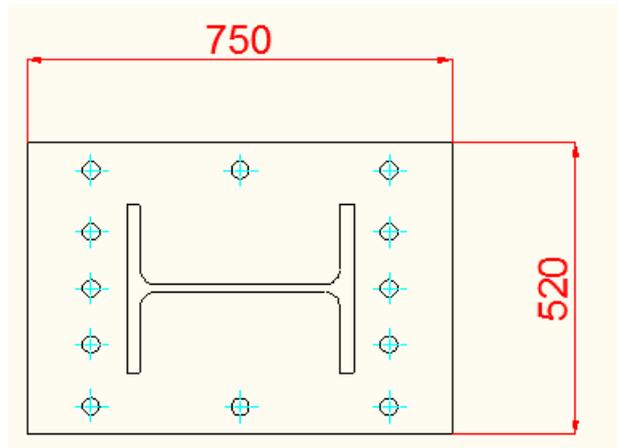


FIGURA 2.2 Placas base de los pilares.

Las cartelas de rigidez estarán constituidas por chapas de acero de 5cm de espesor. Irán unidas a las placas base y a los pilares mediante soldadura.

#### 2.7.4.6.2 Placas base de los pilarines

Se aplicarán para los pilares unas placas base de acero en función de las solicitaciones.

Para los pilares HEB 600, se adoptará una placa base de dimensiones  $a=75$  cm y  $b=38$ cm y 25 mm de espesor. Irán ancladas mediante 12 pernos de anclaje de acero de 21 mm de diámetro y 700 mm de longitud.

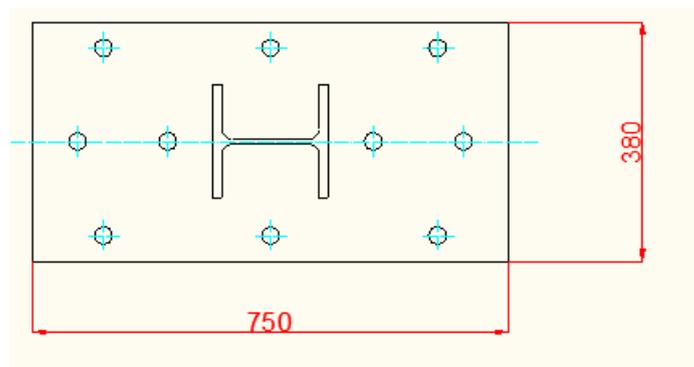


FIGURA 2.3 Placas base de los pilarines

Las cartelas de rigidez estarán constituidas por chapas de acero de 5cm de espesor. Irán unidas a las placas base y a los pilares mediante soldadura.

### 2.7.4.6.3 Placas base de los pilares de la entreplanta

Se aplicarán para los pilares de entreplanta unas placas base de acero en función de las solicitaciones.

Para los pilares HEB 180, se adoptará una placa base de dimensiones  $a=75\text{ cm}$  y  $b=38\text{ cm}$  y  $25\text{ mm}$  de espesor. Irán ancladas mediante 12 pernos de anclaje de acero de  $17\text{ mm}$  de diámetro y  $500\text{ mm}$  de longitud.

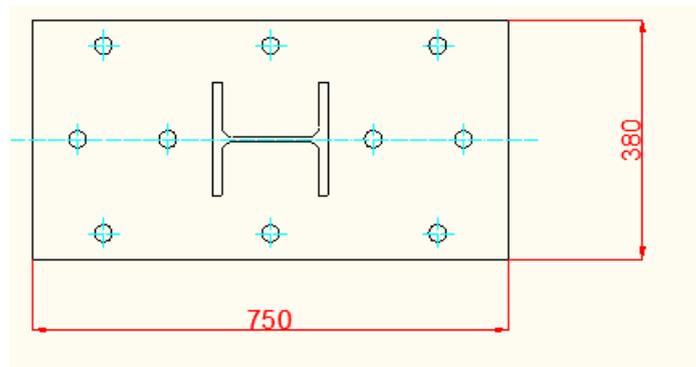


FIGURA 2.4 Placas base de los pilares de entreplanta.

Las cartelas de rigidez estarán constituidas por chapas de acero de  $5\text{ cm}$  de espesor. Irán unidas a las placas base y a los pilares mediante soldadura.

### 2.7.4.7 Arriostramientos

Se dispondrán en el plano del faldón y en las paredes laterales. Estarán formados por tubos cuadrados de  $70\text{ mm}$  y  $0.50\text{ mm}$  de espesor. Su misión es formar una viga de celosía que impida los desplazamientos horizontales de los pórticos debidos a la acción del viento.

#### 2.7.4.7.1. Cubierta

Se dispondrán tirantes de tubo cuadrado de  $70\text{ mm}$  y  $0.50\text{ mm}$  de espesor en el plano del faldón en los módulos extremos y cada tres vanos para absorber la acción del viento

sobre las paredes frontales aportando rigidez longitudinal a los faldones de la cubierta. Estos tirantes irán provistos de tensores cerrados para mantener constante su longitud pudiendo regularla en caso de destensamiento.

Se realizará una triangulación en cruz de San Andrés, así cualquiera que sea el sentido de la fuerza del viento, siempre habrá una barra del arriostramiento trabajando a tracción, despreciándose por su esbeltez el efecto de la barra comprimida.

#### **2.7.4.7.2. Contraviento**

Se dispondrán tirantes de tubo cuadrado de 70mm y 0.50 mm de espesor en el plano de las paredes laterales exteriores e interiores en los módulos extremos y cada tres vanos para absorber la acción del viento sobre las paredes frontales aportando rigidez longitudinal a las paredes laterales. Irán colocados en los mismos vanos que los arriostramientos de la cubierta.

Se realizará una triangulación en cruz de San Andrés, así cualquiera que sea el sentido de la fuerza del viento, siempre habrá una barra del arriostramiento trabajando a tracción, despreciándose por su esbeltez el efecto de la barra comprimida.

### **2.7.5 CERRAMIENTOS**

#### **2.7.5.1 Cubierta**

Se ha escogido un panel tipo sándwich de la empresa Alubel.

ALUTECH DACH es un panel compuesto de cobertura constituido por dos revestimientos de chapa metálica conectados entre ellos por una chapa de aislante poliuretánico. Los paneles se instalan en cualquier tipo de estructura de sustentación y, en concreto, en las constituidas por elementos metálicos. La corrugación del perfil superior exalta las prestaciones de carga del panel ALUTECH DACH, que puede aplicarse en grandes aberturas de apoyo.

\*Datos técnicos del panel:

- Resistencia: 537 kg/m<sup>2</sup>

- Peso: 8.6 kg/m<sup>2</sup>

- Distancia entre apoyos: 1.5m
- Espesor: 30.4 mm

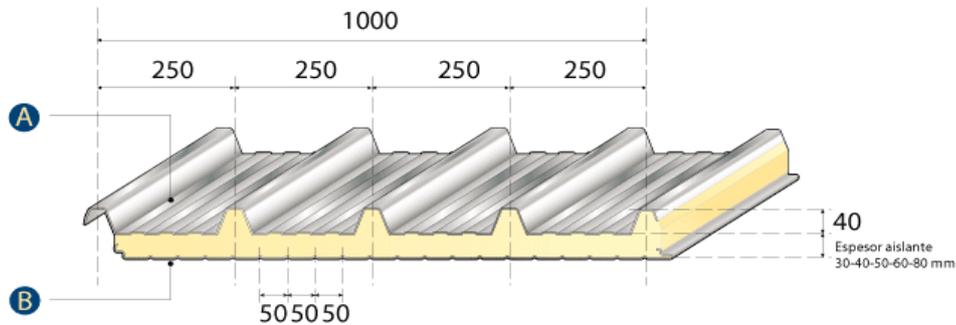


FIGURA 2.5 Panel de cubierta.

Estos paneles ofrecen unas soluciones de cubierta de alta calidad y durabilidad, superan las mayores exigencias contra el fuego y tienen un elevado aislamiento acústico. Irá apoyada directamente sobre las correas separadas 1.015 m.

La cubierta elegida se calculará para no sobrepasar los valores admisibles de resistencia y para que no se supere la flecha máxima admisible.

#### 2.7.5.1.1 Superficie de la cubierta

Se necesitan  $1000 \text{ m}^2$  netos de cubierta para cerrar la nave principal y  $400 \text{ m}^2$  netos para cerrar el edificio de servicios, lo que hace un total de  $1400 \text{ m}^2$  netos sin tener en cuenta los solapes necesarios para asegurar la perfecta estanqueidad de la cubierta.

Por si existe algún problema de ventilación en la nave, se contará en la cubierta con un trozo de cubierta desmontable en la nave principal de  $2 \times 45 \text{ m}$ .

#### 2.7.5.2 Cerramiento lateral

Se ha optado por instalar como cerramiento lateral y frontal de las naves paneles de fachada de la empresa Alubel.

Hemos elegido un panel tipo sándwich de aluminio reforzado:

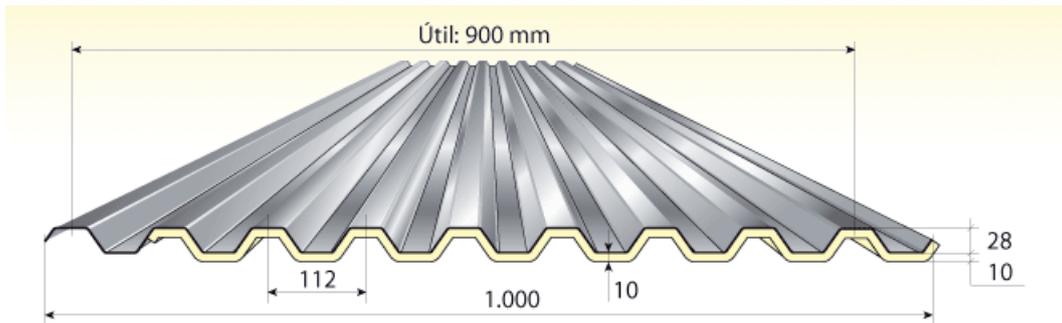


FIGURA 2.6 Cerramiento lateral

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ACERO					
s	p	J	W	EJ	M max
[mm]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[cm <sup>4</sup> /m]	[cm <sup>3</sup> /m]	[kN cm <sup>2</sup> /m]	[kN cm/m]
0,5	4,88	7,68	3,58	158.208	49,15
0,6	5,85	9,22	4,84	189.932	66,45
0,7	6,83	10,76	6,27	221.656	86,09
0,8	7,81	12,30	7,88	253.380	108,19
1,0	9,76	15,38	11,19	316.828	153,64

TABLA 2.2 Valores cerramiento lateral

\*Datos técnicos:

Resistencia:  $490 \text{ kg/m}^2 = 4806.9 \text{ N/m}^2$

Peso:  $7.81 \text{ kg/m}^2 = 76.62 \text{ N/m}^2$

Distancia entre apoyos (espesor:  $s = 0.8\text{mm}$ ): 1.5m

Este panel es suministrado por la empresa Alubel para más información visite la siguiente página: [www.alubel.es](http://www.alubel.es)

La chapa elegida se calculará para no sobrepasar los valores admisibles de resistencia y para que no se supere la flecha máxima admisible.

### 2.7.5.2.1 Superficies laterales

Se necesitan  $800\text{m}^2$  netos de chapa para cerrar completamente las paredes laterales de la nave sin tener en cuenta los solapes necesarios para asegurar la perfecta estanqueidad del cerramiento lateral.

### **2.7.5.2.2 Superficies frontales**

Se necesitan 640 m<sup>2</sup> netos de chapa para cerrar completamente las paredes frontales de la nave sin tener en cuenta los solapes necesarios para asegurar la perfecta estanqueidad del cerramiento frontal. Estas superficies frontales se han considerado sin tener en cuenta los huecos necesarios para la instalación de las puertas.

## **2.7.6 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.

### **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.

Las uniones entre dinteles, de pilares con dinteles, de la ménsula de apoyo de la viga carril con el pilar... se realizarán atornilladas con placa testa, mediante tornillos de alta resistencia TAR de 20 mm de diámetro, de calidad A10t.

La resistencia de las uniones en las que se emplean este tipo de tornillos, se debe al aprovechamiento de las fuerzas de rozamiento desarrolladas al apretar fuertemente los tornillos. Estas contrarrestan la acción de las fuerzas exteriores que tienden a separar las piezas.

.

### **2.7.7 ENTREPLANTA**

La entreplanta se instala en la nave adosada con el fin de lograr un mayor aprovechamiento de la misma. La nave adosada está destinada a albergar en la primera planta el taller de reparaciones, el almacén y dos vestuarios. La entreplanta se destinará para la implantación de las oficinas, comedor, baños y despacho del director general de la planta.

Se logra gracias a la entreplanta un mayor aprovechamiento y unos huecos con mayor amplitud

La entreplanta está constituida por forjado unidireccional con bovedillas cerámicas y viguetas de perfiles IPE de acero S275JR. La capa de hormigón de compresión de 4cm.

La entreplanta abarca cinco pórticos y toda la luz entre pilares del mismo pórtico, dando así, una superficie de  $20 \times 20m^2$ .

Las viguetas tienen una distancia de separación de 1m (área tributaria). Se consideran como vigas continuas de 20m multiapoyadas con distancia entre apoyos de 4m (4 vanos) puesto que descansarán sobre vigas distanciadas entre sí 4m.

Las vigas estarán unidas a los pilares que soportarán todo el forjado, estas uniones serán empotradas. Salvo las vigas situadas entre pilares de pórticos las cuales estarán articuladas. Los pilares a su vez estarán empotrados en las zapatas.

## **2.7.8 CIMENTACIONES**

### **2.7.8.1 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.

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

En el presente proyecto se ha usado el hormigón para la fabricación de las zapatas, que servirán como unión entre el terreno y la estructura metálica, teniendo una doble función:

- Por un lado, aportará rigidez a la estructura, al estar los extremos empotrados sobre el terreno.
- Por otro, aguantará el peso total del conjunto de barras de acero que conforman la nave, dando lugar a una serie de acciones sobre terreno que tendrán que ser tenidas en cuenta para el correcto dimensionado de los soportes.

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.

Puesto que se tiene tres tipos diferentes de placas de anclaje se diseñan también tres tipos diferentes de zapatas.

Se arriostrarán todas las zapatas periféricas, no obstante para las zapatas en las que se empotran los pilares que sustentan al forjado no se ejecutará viga de atado alguna ya que no sufren esfuerzos que tiendan al vuelco de las mismas (recordar que los esfuerzos de estos pilares son exclusivamente de compresión).

#### **2.7.8.1.1 Zapatas de pilares**

Se construirán con hormigón H-200. Tendrán sección rectangular cuyas dimensiones serán las siguientes:

$$a=3250 \text{ mm}$$

$$b= 2000 \text{ mm}$$

$$h =1300 \text{ mm}$$

$$d= h - \text{recubrimiento}=1250\text{mm}$$

Llevarán una capa de 50 mm de espesor de hormigón de limpieza.

Se colocarán 8 varillas de 16 mm de diámetro con una separación de 27 cm entre ellas para la armadura principal.

Se colocarán 12 varillas de 10 mm de diámetro con una separación de 28.5 cm entre ellas para la armadura transversal.

#### **2.7.8.1.2 Zapatas de pilarines**

Se construirán con hormigón H-200. Tendrán sección rectangular cuyas dimensiones serán las siguientes:

$$a=2500 \text{ mm}$$

$$b= 1750 \text{ mm}$$

$$h =1000 \text{ mm}$$

$$d= h - \text{recubrimiento}=950\text{mm}$$

Se colocarán, 7 varillas de 12 mm de diámetro con una separación de 27,5 cm entre ellas para la armadura principal.

Se colocarán, 9 varillas de 6 mm de diámetro con una separación de 30 cm entre ellas para la armadura transversal.

Llevarán una capa de 50 mm de espesor de hormigón de limpieza.

### **2.7.8.1.3 Zapatas de pilares de entreplanta**

. Se construirán con hormigón H-200. Tendrán sección rectangular cuyas dimensiones serán las siguientes:

$$a=2500 \text{ mm}$$

$$b= 1750 \text{ mm}$$

$$h =1000 \text{ mm}$$

$$d= h - \text{recubrimiento}=950\text{mm}$$

Se colocarán, 7 varillas de 12 mm de diámetro con una separación de 27,5 cm entre ellas para la armadura principal.

Se colocarán, 9 varillas de 6 mm de diámetro con una separación de 30 cm entre ellas para la armadura transversal.

Llevarán una capa de 50 mm de espesor de hormigón de limpieza.

### **2.7.8.2 Viga de atado**

Se construirá con hormigón H-200. Será de sección rectangular de dimensiones 300 x 350mm. Llevará una capa de 50 mm de espesor de hormigón de limpieza.

La armadura longitudinal estará constituida por 4 barras corrugadas de acero B400s de 16 mm de diámetro. Los estribos serán contruidos por barras corrugadas de acero B400S de 8 mm de diámetro e irán separados entre sí una distancia de 200mm. Llevarán un radio de doblado de 30mm e irán sujetos mediante cierre con ganchos a 45° y con una longitud libre de 48mm.

## **2.7.9 CARPINTERÍA METÁLICA**

Se instalarán dos puertas metálicas de la empresa nueva castilla en el pórtico delantero, y otra en el pórtico trasero, de las siguientes dimensiones: 4.90 x 6.50 m. dicha puerta se clasifica dentro del automatismo TC1, el cual está compuesto por los siguientes elementos:

- Motor reductor: provisto de un motor de ¼ de H.P.
- Cuadro de maniobra.
- Sistema de arrastre: siempre con tiro lateral. Compuesto por piñones cadenas tipo galle, soporte de motor, omegas de deslizamiento, bulones, tensor de cadena, etc.
- Finales de carrera: irá provisto de dos finales de carrera, para delimitar el recorrido de la puerta, en posición de subida o bajada.

Además dichas puertas están diseñadas con materiales y herrajes de alta calidad para una fácil y mayor duración. Estas puertas pre-leva tienen los siguientes elementos:

- Bastidores: fabricados con perfilera tubular laminados en frío de 100 x 40 x 2 mm. 80 x 40 x 2 mm. Y 60 x 30 x 1.5 mm según las dimensiones de la puerta..
- Guías: fabricadas con perfiles en forma de U de 100 x 40 x 4 mm. 80 x 40 x 4 mm. Y 60 x 40 x 3 mm. Según las dimensiones de la puerta.
- Cerramiento: conformados a base de chapa perfilada galvanizada, precalada, PVC (imitación madera) además de bastidores preparados para colocación de madera, panel tipo sándwich, barrotes, etc.
- -Herrajes: compuestos por poleas en acero y provistas de rodamientos. Todas las sujeciones disponen de sistemas de máxima seguridad.
- Bisagras: fabricadas por estampación con solapa de chapa de 4 mm y eje de 10 mm.
- Cerraduras y cerrojos: fabricados con materiales de gran calidad.
- Cajeras: fabricadas en chapa galvanizada de 1, 2 ó 3 mm dependiendo de las dimensiones de la puerta.

Además se dispondrán de unas ventanas de PVC con doble acristalamiento y con sus hojas correderas en cada una de las oficinas, aseos, aulas que estén proyectadas hacia el exterior.

### **2.7.10 TECHOS**

Tanto el techo de la planta baja como el techo de la primera planta de la nave adosada (oficinas, despachos...) serán techos falsos fabricados en lana mineral revestidos por un velo neutro en la cara oculta que le confiere rigidez y prestancia. El modelo elegido es el techo Euroacoustic de Isover, gama arena.

### **2.7.11 SUELOS**

Para los suelos de la nave adosada, se dispondrá del pavimento Gasteiz fabricado por la empresa Venis. Sus dimensiones serán 44.6 x 44.6 cm e irá acompañado del material adhesivo One-Flex que permite su colocación.

### **2.7.12 TABIQUERÍA**

Se ha optado por realizar las particiones de la nave adosada, despachos, salas de reuniones, aseos, vestuarios, y ello se realizará empleando tabiques de ladrillo hueco doble de 70 cm, guarnecido y enlucido con periescayola.

### **2.7.13 SISTEMA DE RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES**

El sistema de recogida de aguas pluviales estará constituido por un sistema de canalones exteriores situados en los aleros y canalones interiores situados en la unión de la nave principal y la nave adosada, que recogen en su interior el agua de la lluvia proveniente de la cubierta y que la conducen a un sistema de tubos de bajada distribuidos convenientemente a lo largo de las naves y que descargan el agua en unas arquetas de hormigón.

#### **2.7.13.1. Canalones**

Se les dotará de una pendiente del 1% para facilitar la caída del agua hacia los tubos de bajada. Se colocarán canalones de acero galvanizado cada 10 m con pendientes

opuestas, de tal forma que el tubo de bajada quede instalado en el encuentro inferior de dos canalones.

#### **2.7.13.2. Canalones laterales**

Los canalones laterales se colocarán bajo las correas de alero y a ellos vierte su agua la cubierta de una sola nave. Tendrán una sección de 230  $cm^2$ . Se instalará el canalón de forma que el borde exterior del mismo se encuentre más bajo que el interior, con el objeto de que, si se producen obstrucciones en el curso natural del agua se vierta ésta siempre hacia fuera de la estructura.

#### **2.7.13.3. Tubos de bajada**

Se colocarán junto a los cerramientos laterales y recogerán agua acumulada en los canalones exteriores. Tendrán un diámetro de 120 mm.

Se les dotará de una pendiente del 1% para facilitar la caída del agua hacia los tubos de bajada. Se colocarán canalones de acero galvanizado cada 10 m con pendientes opuestas, de forma que el tubo de bajada quede instalado en el encuentro inferior de dos canalones.

### **2.7.14. INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

Aquí nos referimos a la red eléctrica que no tiene ver con la instalación de cogeneración propiamente dicha, como puede ser la iluminación de la planta, etc. Con las especificaciones indicadas en el presente proyecto la empresa encargada de realizar la instalación de cogeneración montará la red eléctrica global de toda la planta.

El suministro tanto para la red eléctrica que nos ocupa como para la instalación de cogeneración, procederá de la red exterior o de la energía eléctrica sobrante producida en la planta.

### **2.7.14.1 Acometida general**

La instalación eléctrica se ajustará a lo especificado en el Reglamento de Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.

El suministro será trifásico con una tensión de línea de 380 voltios y una tensión de fase de 220 voltios, y procederá de la red exterior y de la energía eléctrica sobrante producida por la planta.

La instalación llevará las correspondientes protecciones de seguridad contra posibles sobrecargas, cortocircuitos, etc., que se encontrarán localizadas en los cuadros generales.

### **2.7.14.2 Iluminación natural y artificial**

El edificio dispone de zonas por las que atraviesa la luz exterior en la nave adosada mediante paneles translúcidos. A parte se dispondrá de un sistema de iluminación artificial.

El conductor que se utilizará es del tipo V-750, en instalaciones de superficie con tubo de PVC y en instalaciones empotradas se utilizará tubo heliplast, ambos de sección acorde con la sección del cable que lleven y número de circuitos que la instalación requiera, dejando siempre libre un 40% de sección.

Las luminarias serán lámparas fluorescentes, que se adecuan a las necesidades de cada parte del edificio, dependiendo del flujo luminoso requerido:

- almacén
- taller de reparaciones
- baños y vestuarios.
- sala de reuniones
- sala comedor
- departamento de oficinas

El número de lámparas a colocar se calculará a partir de la iluminancia, la superficie a iluminar, el factor de iluminación y el LDL (lighting desing lumens) por lámpara.

### **2.7.14.3 Toma general de tierra**

Para cada conjunto de la instalación se ha previsto un sistema general de tierra, a base de picas de hacer-cobre de 2 m de longitud unidas entre sí mediante un conductor de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> de sección, debiéndose obtener un valor inferior a 5 ohmios de resistencia.

De este sistema general, se dará conexión al cuadro general de mando y protección. A partir de este y conjuntamente con los conductores activos, tanto de fuerza como de alumbrado, discurrirá el conductor de tierra dando conexión a cada receptor.

Por otro lado se tenderán conductores de cobre aislado de 35 y 16mm<sup>2</sup> de canalización independiente de los conductores activos, dando conexión de tierra a las estructuras metálicas.

La toma de tierra cumplirá todo lo establecido en la normativa para este tipo de instalación.