



## GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2016 / 2017

# CONSTRUCCIÓN DE NAVE INDUSTRIAL CON GRÚA PUENTE PARA LA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE VENTANAS INGEVEN S.A.

## DOCUMENTO 2: MEMORIA

### DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE DELIA  
APELLIDOS PRADA RICO  
DNI 45890632C

FDO.:

FECHA: 7-09-2017

### DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE JUAN ESTEBAN  
APELLIDOS LARAUDOGOITIA ALZAGA  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA: 7-09-2017



## ÍNDICE

<b>2. MEMORIA</b> .....	<b>3</b>
2.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	3
2.2. MEMORIA DESCRIPTIVA .....	4
2.2.1. Breve descripción .....	4
2.2.2. Requisitos de diseño .....	5
2.2.3. Análisis de soluciones .....	6
2.2.4. Distribución interior .....	7
2.3. MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	13
2.3.1. Construcción de la nave .....	18
2.3.1.1. Cimentación .....	18
2.3.1.2. Estructura de los pórticos.....	19
2.3.1.3. Viga carril .....	24
2.3.1.4. Correas .....	25
2.3.1.5. Cubierta.....	28
2.3.1.6. Fachada .....	32
2.3.1.7. Arriostramientos .....	34
2.3.1.8. Alicatados.....	35
2.3.1.9. Pavimento .....	35
2.3.1.10. Puerta basculante .....	35
2.3.1.11. Puertas de paso interiores .....	35
2.3.1.12. Canalón.....	36
2.3.1.1. Pinturas .....	36
2.4. NORMAS Y REFERENCIAS.....	36
2.4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas .....	36
2.4.1.1. Acciones sobre la edificación .....	36
2.4.1.2. Cálculo de la estructura .....	42
2.5. PLAN DE GESTIÓN DE CALIDAD .....	42
2.6. ESTUDIO DE SEGURIDAD CONTRA INCEDIOS.....	43
2.6.1. Caracterización del establecimiento .....	44
2.6.1.1. Cálculo .....	48
2.6.2. Requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco .....	49

2.6.2.1.	Fachadas accesibles.....	49
2.6.2.2.	Máxima superficie construida admisible en cada sector de incendio	49
2.6.2.3.	Materiales.....	50
2.6.2.3.1.	Productos de revestimiento .....	50
2.6.2.3.2.	Productos incluidos en paredes y cerramientos .....	50
2.6.2.3.3.	Resto de productos .....	51
2.6.2.4.	Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes	51
2.6.2.5.	Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento.....	52
2.6.2.6.	Evacuación de los establecimientos industriales .....	53
2.6.2.6.1.	Elementos de la evacuación.....	54
2.6.2.6.2.	Compatibilidad de los elementos de evacuación.....	54
2.6.2.7.	Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión en los edificios industriales.....	57
2.6.3.	Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales .....	58
	- Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos ...	58
2.6.4.	Relación de normas UNE de obligado cumplimiento en la aplicación de reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales .....	62
2.7.	BIBLIOGRAFÍA .....	63
2.8.	PRESUPUESTO .....	65
2.9.	PLAZO DE EJECUCIÓN.....	66
2.10.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....	66

## 2. MEMORIA

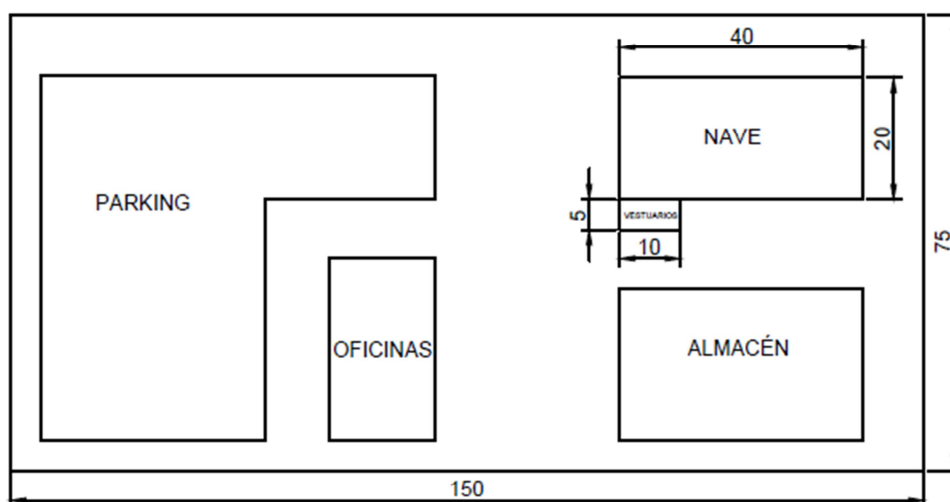
### 2.1. OBJETO DEL PROYECTO

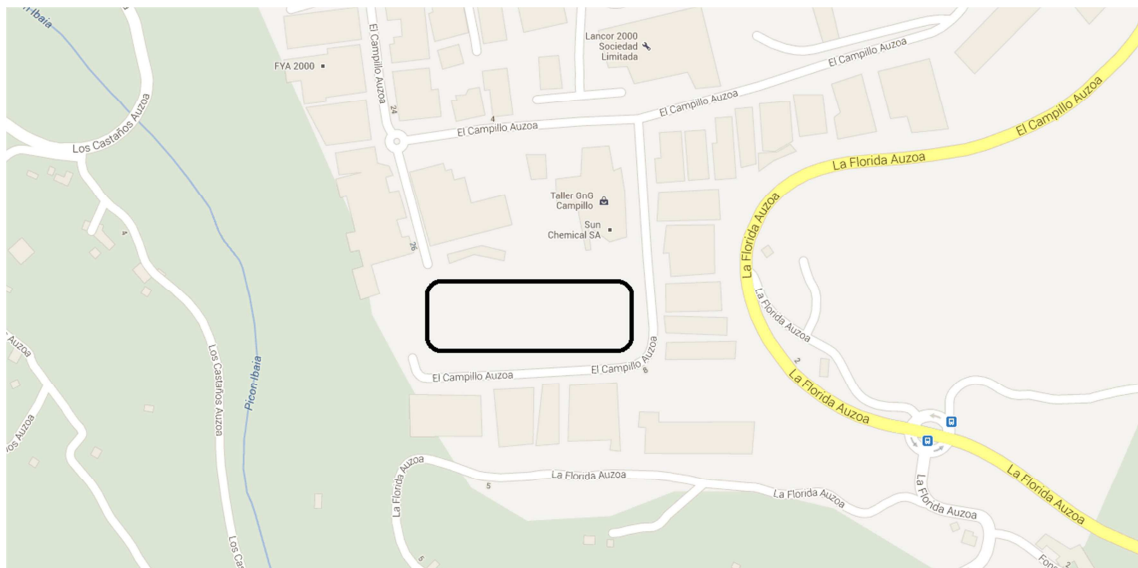
El objetivo de este proyecto es aportar la información necesaria para la realización de una nave industrial con grúa puente para una empresa de fabricación de ventanas llamada INGEVEN S.A.

La nave se construirá en Gallarta, municipio de Abanto y Zierbena (Bizkaia), en el polígono industrial EL CAMPILLO.

El solar tiene una superficie de  $11250\text{m}^2$  ( $150\text{m} \times 75\text{m}$ ), la nave destinada a la fabricación de ventanas a construir tendrá una superficie de  $800\text{m}^2$  ( $40\text{m} \times 20\text{m}$ ) con una altura a cumbrera de  $7,76\text{m}$ , a la que irá adosado un habitáculo destinado a vestuarios, cuya superficie será de  $50\text{m}^2$  ( $10\text{m} \times 5\text{m}$ ) con una altura de  $3\text{m}$ . El resto del solar estará destinado a oficinas, parking y almacén para los productos realizados.

Se adjunta un plano de cómo quedará la distribución del solar.





## 2.2. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 2.2.1. Breve descripción

La nave a construir para la empresa INGEVEN S.A. será de estructura metálica en su totalidad y tendrá 40 metros de largo, 20 metros de luz y 7,76 metros de alto en la cumbrera. Se le adosará un habitáculo de 10 metros de largo, 5 metros de luz y 3 m de alto con el fin de tener un vestuario para los trabajadores/as cerca de la zona de trabajo.

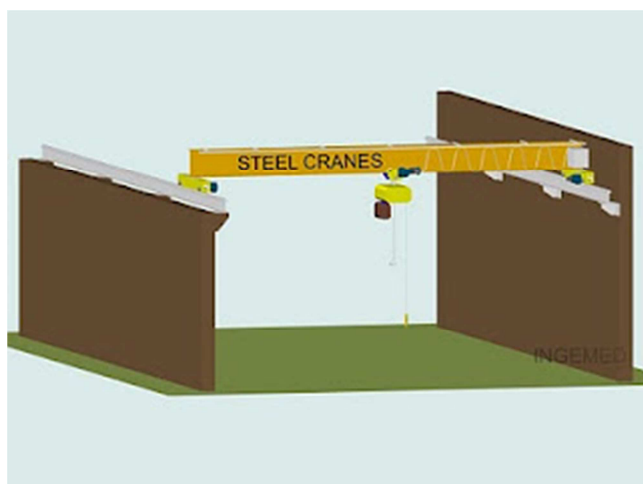
La nave estará compuesta por 9 pórticos distanciados 5 metros entre sí que serán de alma llena a dos aguas.

El espacio destinado a vestuarios también será de estructura metálica y estará compuesto por 3 pórticos distanciados entre sí 5 metros.

Debido a que la actividad que se realizará en el interior de la nave será construcción de ventanas, se dotará a la nave de un puente grúa destinado a facilitar movimientos de material y productos de un lado a otro de la misma.

Para poder destinar todo el espacio de la nave a la producción, se ha decidido situar los vestuarios en el exterior de la misma y ponerles el acceso por el exterior, evitando así posibles accidentes.

En la siguiente imagen aparece el detalle de cómo irá situado el puente grúa:



### 2.2.2. Requisitos de diseño

Con el fin de determinar los parámetros geotécnicos del terreno se ha efectuado una campaña de reconocimiento consistente en un sondeo a rotación con extracción continua de testigo, toma de muestras inalteradas y colocación de un tubo piezométrico con el fin de determinar la cota del nivel freático. Se ha realizado un informe geotécnico de este terreno que ha servido como referencia para el estudio de la cimentación.

Del informe geotécnico se deduce que es un terreno sin cohesión, con un predominio de grava y gravillas en torno a un 65%. Este tipo de terreno se encuentra a una profundidad bastante uniforme respecto a la urbanización y que no existen variedades significativas en toda la parcela.

Para la ejecución del proyecto se han tenido en cuenta, tanto el informe geotécnico como la experiencia en las parcelas colindantes donde una zona industrial amplia.

La presión admisible sobre el terreno, bajo cargas, depende principalmente de la propia naturaleza del terreno y de la profundidad y anchura del cimiento, en nuestro caso la tensión que será capaz de soportar el terreno será 3 Kg/cm<sup>2</sup>.

Ultimas consideraciones: En función del sondeo realizado, se trata de un terreno gravera que se clasifica como suelo sin cohesión.

En función de estos datos se ha dimensionado una estructura cimentada directamente sobre terreno a una profundidad de 1000mm desde la cota 0 de solera, por lo que la altura de la estructura de la nave aumentará 1 m, por lo tanto tendrá 8,76m de alto (de los cuales 1m irá enterrado), y el adosado tendrá una altura de 4m (de los cuales 1m irá enterrado).

Una vez realizadas algunas catas del terreno mediante retroexcavadora, se ha optado por diseñar la cimentación de la nave a base de zapatas aisladas unidas mediante vigas de atado para evitar los desplazamientos.

Por petición del cliente, se instalará un puente grúa en la nave, por lo que debido a las cargas que transmite este puente grúa, la nave se construirá mediante estructura de acero. Los cerramientos tanto de fachada como de cubierta se realizarán mediante panel tipo sándwich, y muro perimetral de hormigón hasta una altura sobre cota cero de 1500mm. En la cubierta, entre las chapas se intercalaran paneles traslucidos.

### 2.2.3. Análisis de soluciones

Tal y como se ha visto en el apartado anterior, la nave se construirá mediante estructura de acero debido a la instalación del puente grúa, ya que el acero absorbe mejor los movimientos.

La estructura primaria, la constituyen pórticos formados por marcos rígidos de acero S 275 compuestos de vigas y pilares. Los distintos tramos del pórtico se sueldan en fábrica, ensamblando en el montaje los distintos componentes mediante tortillería calibrada de alta resistencia.

Los pórticos, se unirán a las cimentaciones mediante pernos de anclaje embebidos en las zapatas.

La estructura secundaria se compone de correas a base de Perfiles en IPE. Las correas se laminan en caliente y a partir de acero galvanizado. En los apoyos de los pórticos se produce un solape de dichas correas, lo que hace que trabajen como vigas continuas. La carga de Zinc es de 275 gr/m<sup>2</sup> consiguiendo un espesor de 20 micrones sobre cada cara.

Se han previsto arriostramientos formados por barras de acero en techo y paredes en forma de cruz de San Andrés con objeto de absorber los empujes horizontales del viento y la grúa.

La cubierta será tipo sándwich formada por chapa exterior, aislamiento interior y chapa interior, cuyo espesor del conjunto son 30mm.

Se colocará lucernario formado por doble placa de poliéster reforzado con fibra

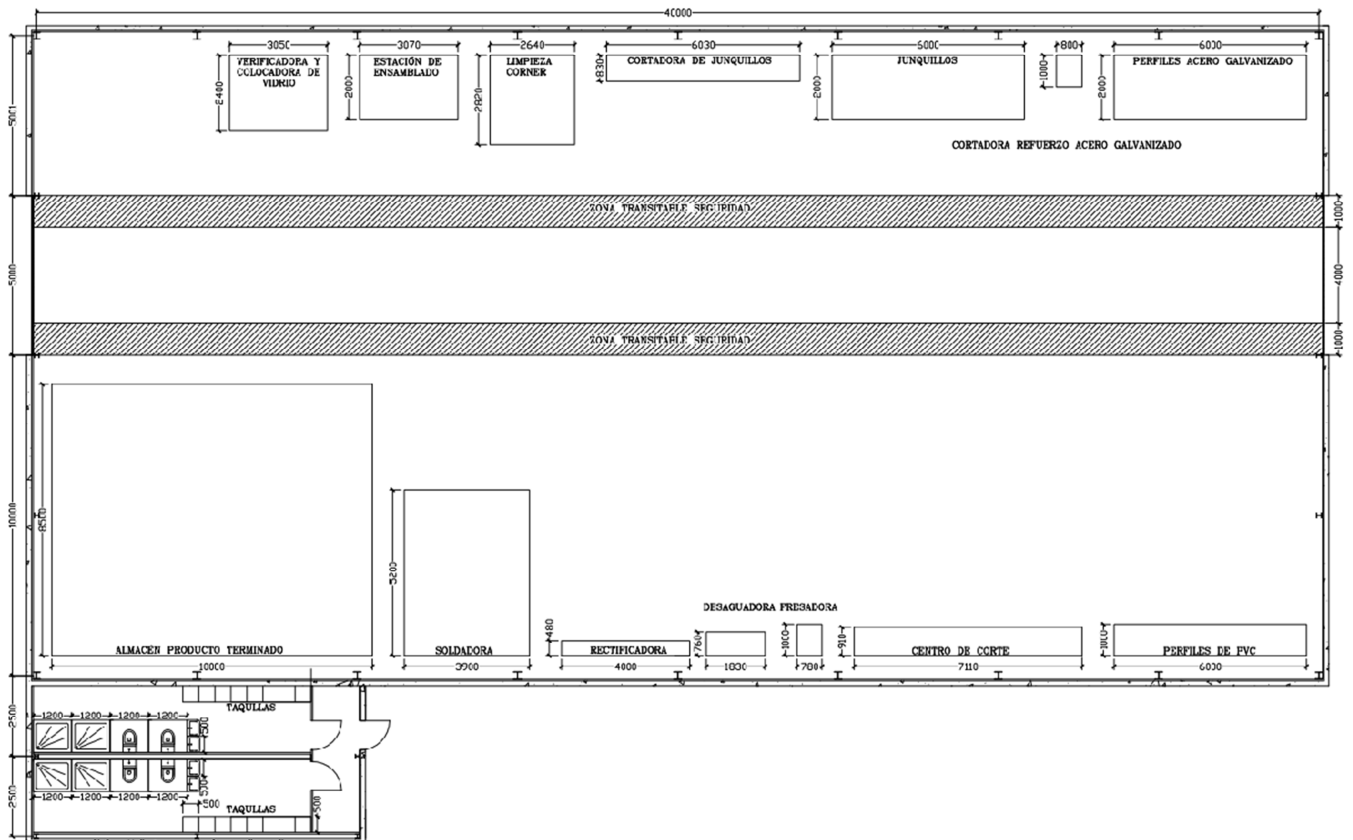


de vidrio.

#### 2.2.4. Distribución interior

A continuación, se muestra cómo quedará la nave distribuida en su interior, como podemos observar prácticamente todo el espacio es zona de trabajo debido a que las oficinas y el almacén están situados fuera de la nave.

#### DISTRIBUCIÓN DE LA NAVE



En la nueva nave se pretenden instalar los equipos necesarios para poder desarrollar la actividad mencionada:

- Centro de corte y mecanizado



- Fresadora



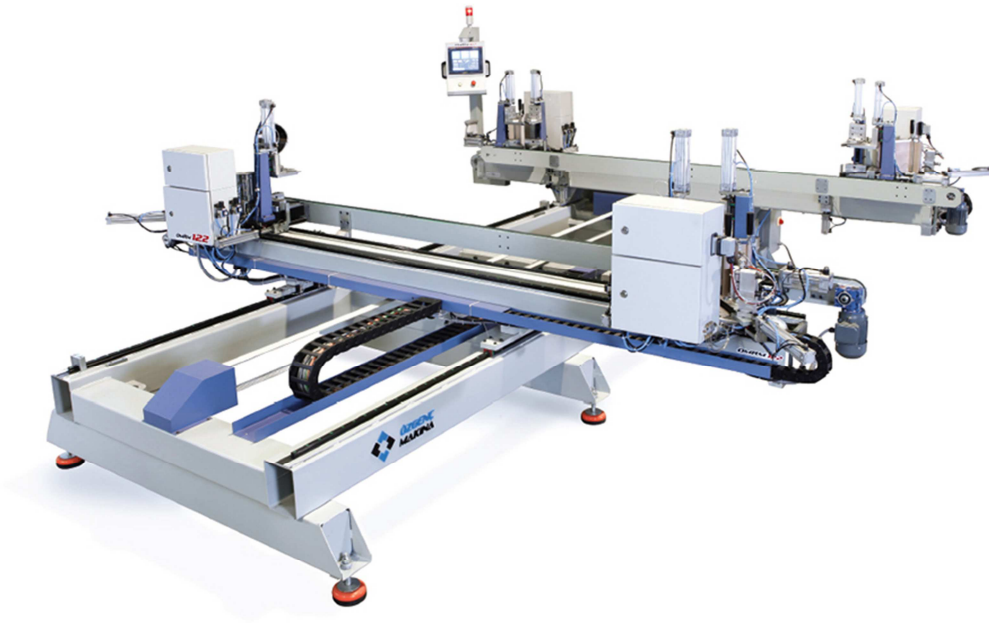
- Desaguadora



- Rectificadora



- Soldadora



- Cortadora refuerzo acero galvanizado



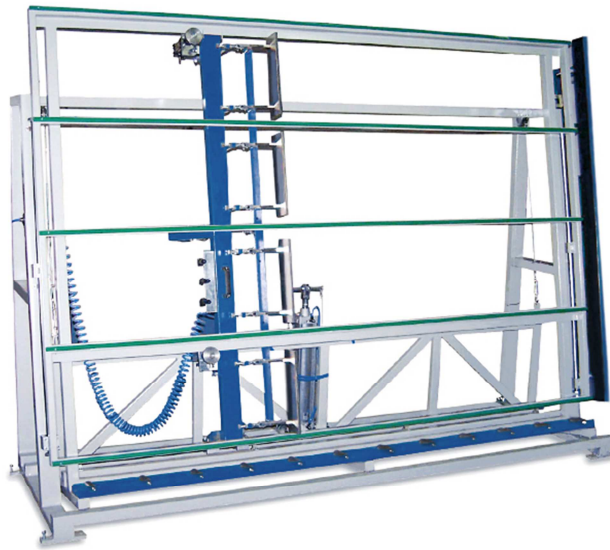
- Cortadora de junquillos



- Limpieza de esquinas



- Verificadora y colocadora de vidrios



A continuación se hace una breve descripción del proceso de producción en el interior de la nave para la fabricación de ventanas:

- 1º- Suministro y almacenaje de día de los perfiles de PVC.
- 2º- Corte de los perfiles de PVC según necesidad de los clientes.
- 3º- Corte de refuerzos de acero galvanizado.
- 4º- Fresado y taladrado para efectuar las ranuras de los desagües, compensación de presión y alojamiento de herrajes.
- 5º- Introducción de refuerzos de acero galvanizado.
- 6º- Fijación del perfil de acero.
- 7º- Soldadura por fusión.
- 8º- Limpieza de ingletes.
- 9º- Colocación de juntas de estanqueidad.
- 10º- Montaje de herrajes.
- 11º- Acristalamiento y ajunquillamiento en seco
- 12- Almacenaje temporal del producto acabado hasta recogida para almacén general.

### 2.3. MEMORIA CONSTRUCTIVA

La construcción de este edificio seguirá los siguientes pasos:

#### 1º: Reconocimiento del terreno

Se realizará un pozo de reconocimiento cada 1000 m<sup>2</sup> de planta, con una profundidad máxima de tres metros bajo la superficie de cimentación.

Una prueba de carga por pozo sobre placa circular de cincuenta centímetros de diámetro. Si no fuesen suficientes estos datos, la Dirección Facultativa podrá ordenar al Constructor, estando éste obligado, a hacer cuantas calicatas y sondeos se estimen necesarios.

#### 2º: Explanación

La explanación consiste en el conjunto de operaciones para excavar, evacuar, rellenar y nivelar el terreno, así como las zonas de préstamos que puedan necesitarse, y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

Una vez terminadas las operaciones de desbroce del terreno, se iniciarán las obras de excavación, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en los planos.

La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, que no se hubiera extraído en el desbroce, se aceptará para su utilización posterior en protección de superficies erosionables. En cualquier caso, la tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados.

Todos los materiales que se obtengan de la excavación, excepto la tierra vegetal, se podrán utilizar en la formación de rellenos y demás usos fijados en este pliego y se transportarán directamente a las zonas previstas dentro del solar, o vertedero, si no tuvieran aplicación dentro de la obra. De cualquier manera, no se desechará ningún material excavado sin previa autorización. Durante las diversas etapas de la construcción de la explanación, las obras se mantendrán en perfectas condiciones de drenaje. El material excavado no se podrá colocar de forma que represente un peligro para construcciones existentes, por presión directa o por sobrecarga de los rellenos contiguos.

Las operaciones de desbroce y limpieza se efectuarán con las precauciones necesarias, para evitar daño a las construcciones colindantes y existentes. Todos los tocones y raíces mayores de 10 cm de diámetro serán eliminados hasta una profundidad no inferior a 50 cm por debajo de la rasante de excavación y no menor de 15 cm por debajo de la superficie natural del terreno. Todos los huecos causados por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material análogo al existente, compactándose hasta que su superficie se ajuste al nivel pedido.

No existe obligación por parte del constructor de trocear la madera a longitudes inferiores a 3 m. La ejecución de estos trabajos se realizará produciendo las menores molestias posibles a las zonas habitadas próximas al terreno desbrozado.

La excavación de la explanación se abonará por m<sup>3</sup> realmente excavados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de concluidos. La medición se hará sobre los perfiles obtenidos.

3º: Excavaciones, zanjas y pozos.

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir emplazamiento adecuado para las obras de fábrica y estructuras, y sus cimentaciones; comprenden zanjas de drenaje u otras análogas. Su ejecución incluye las operaciones de excavación, nivelación y evacuación del terreno y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

La excavación continuará hasta llegar a la profundidad en que aparezca el firme y obtenerse una superficie limpia y firme, a nivel o escalonada, según se ordene. No obstante, la Dirección Facultativa podrá modificar la profundidad, si a la vista de las condiciones del terreno lo estimara necesario, a fin de conseguir una cimentación satisfactoria.

El replanteo se realizará de tal forma que existirán puntos fijos de referencia, tanto de cotas como de nivel, siempre fuera del área de excavación. Se llevará en obra un control detallado de las mediciones de la excavación de las zanjas.

El comienzo de la excavación de zanjas se realizará cuando existan todos los elementos necesarios para su excavación, incluida la madera para una posible entibación.

El fondo de la zanja deberá quedar libre de tierra, fragmentos de roca, roca alterada, capas de terreno inadecuado o cualquier elemento extraño que pudiera debilitar su resistencia. Se limpiarán las grietas y hendiduras, rellenándose con material compactado u hormigón.

Los productos resultantes de la excavación de las zanjas, que sean aprovechables para un relleno posterior, se podrán depositar en montones situados a un solo lado de la zanja, y a una separación del borde de la misma de 0,60 m como mínimo, dejando libres caminos, aceras, cunetas, acequias y demás pasos y servicios existentes.

La excavación de cimientos se profundizará hasta el límite indicado en el proyecto. Las corrientes o aguas pluviales o subterráneas que pudieran presentarse, se cegarán o desviarán empleando los medios convenientes. Antes de proceder al vertido del hormigón y la colocación de las armaduras de



cimentación, se dispondrá de una capa de hormigón de limpieza de 10 cm de espesor debidamente nivelada. El importe de esta capa de hormigón se considera incluido en los precios unitarios de cimentación. La excavación en zanjas o pozos se abonará por m<sup>3</sup> realmente excavados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de finalizados los mismos.

4º: Relleno y apisonado de zanjas y pozos.

Consiste en la extensión o compactación de materiales terrosos, procedentes de excavaciones anteriores o préstamos para relleno de zanjas y pozos.

Los materiales de relleno se extenderán en tongadas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente horizontales. El espesor de estas tongadas será el adecuado a los medios disponibles para que se obtenga en todo el mismo grado de compactación exigido. La superficie de las tongadas será horizontal o convexa con pendiente transversal máxima del 2%. Una vez extendida la tongada, se procederá a la humectación si es necesario. El contenido óptimo de humedad se determinará en obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan de los ensayos realizados. En los casos especiales en que la humedad natural del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas procediendo incluso a la desecación por oreo, o por adición de mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas (cal viva, etc.). Conseguida la humectación más conveniente, posteriormente se procederá a la compactación mecánica de la tongada.

Si el relleno tuviera que realizarse sobre terreno natural, se realizará en primer lugar el desbroce y limpieza del terreno, se seguirá con la excavación y extracción de material inadecuado en la profundidad requerida por el proyecto, escarificándose posteriormente el terreno para conseguir la debida trabazón entre el relleno y el terreno. Cuando el relleno se asiente sobre un terreno que tiene presencia de aguas superficiales o subterráneas, se desviarán las primeras y se captarán y conducirán las segundas, antes de comenzar la ejecución. Si los terrenos fueran inestables, apareciera turba o arcillas blandas, se asegurará la eliminación de este material o su consolidación.

4º: Cimentación

Toda la cimentación se realiza con hormigón de resistencia característica de valor 250 kp/cm<sup>2</sup> de cemento, que será vertido previa eliminación de todo tipo de obstáculos que se encuentren dentro de los límites de la excavación así como de todo tipo de elementos contaminadores de la zona y previa colocación de las armaduras sobre una solera de hormigón de limpieza de 10 cm de

espesor. Se construirán las zapatas y las vigas de arriostramiento que unen estas entre sí. En las zapatas se dejarán embebidos los pernos para la colocación de las placas base para los pilares metálicos.

A continuación, se indican las recomendaciones constructivas que pueden resultar de utilidad para el cálculo de las zapatas:

- Bajo la zapata deben disponerse 10cm de hormigón de limpieza y las armaduras deben apoyarse sobre separadores. La excavación de los 20-25 cm inferiores de terreno no debe llevarse a cabo hasta momentos inmediatamente anteriores a verter el hormigón de limpieza para impedir el acceso a todo tipo de elementos contaminantes a la zona de cimentación.
- Salvo grandes zapatas en las que no es de gran relevancia, es muy conveniente disponer de canto constante.

En las zapatas se dejarán embebidos los pernos para la colocación de las placas base para los pilares metálicos.

Tras colocar los pilares metálicos, se realizará un muro de hormigón alrededor de ellos a lo largo de todo el perímetro de la nave de metro y medio de altura, el cual quedará enterrado una profundidad de un metro y sobresaldrá medio metro al exterior.

La cimentación quedará enterrada a un metro de profundidad lo que le dará más estabilidad a la nave.

#### 5º: Red de saneamiento

Se construirán las arquetas previstas y se colocarán los conductos que componen la red de saneamiento.

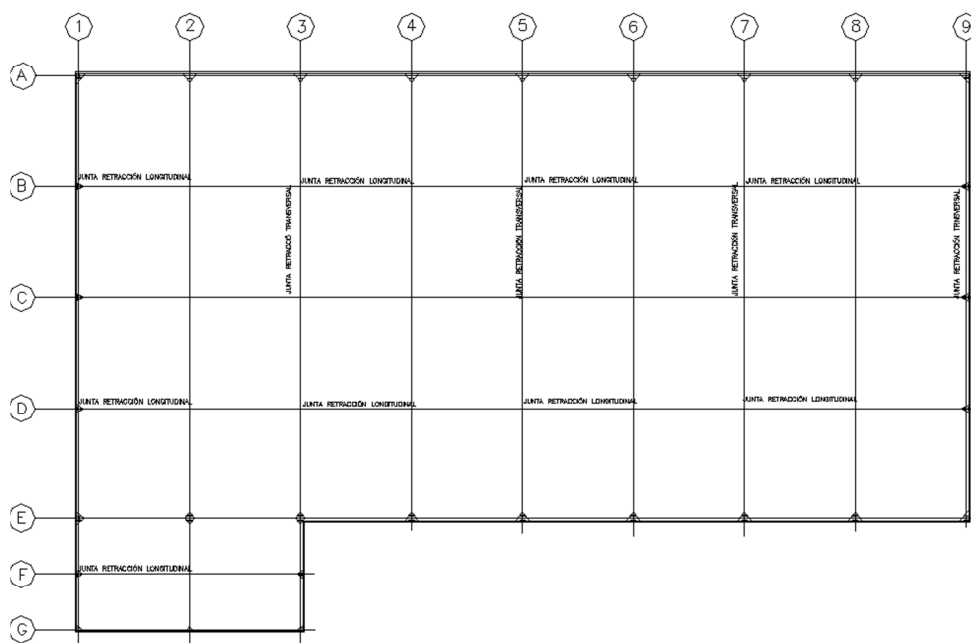
#### 6º: Solera

Se nivelará el solar a base de compactación de todo uno mediante medios mecánicos. Se colocarán la lámina de polietileno y el mallazo de reparto y se procederá a su hormigonado, se realizarán las juntas de contracción.

#### 7º: Montaje estructura principal

La estructura principal viene de fábrica preparada para que su montaje en obra se realice mediante tornillería, realizándolo pórtico a pórtico.

Una vez montada la estructura principal, se procede a colocar las Cruces de San Andrés y las vigas de arriostramiento que unen las cabezas de los pilares.



Posteriormente se colocarán las correas tanto de cubierta como de fachada y los perfiles de las puertas.

Por último, se colocará la viga carril del puente grúa y el puente grúa.

Una vez construida la nave, se procederá a la construcción del adosado siguiendo los mismos pasos que para la nave principal.

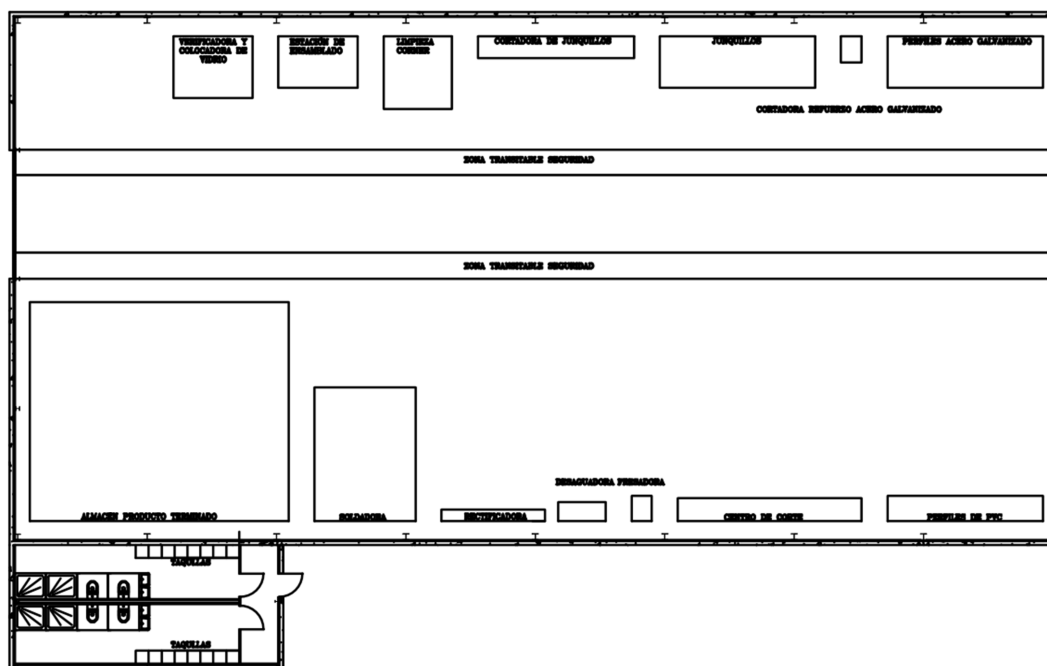
#### 8º: Acabados

Se realizarán los alicatados de los aseos, colocación de solado de gres, raseados, taquillas, colocación de ventanas, puertas interiores...

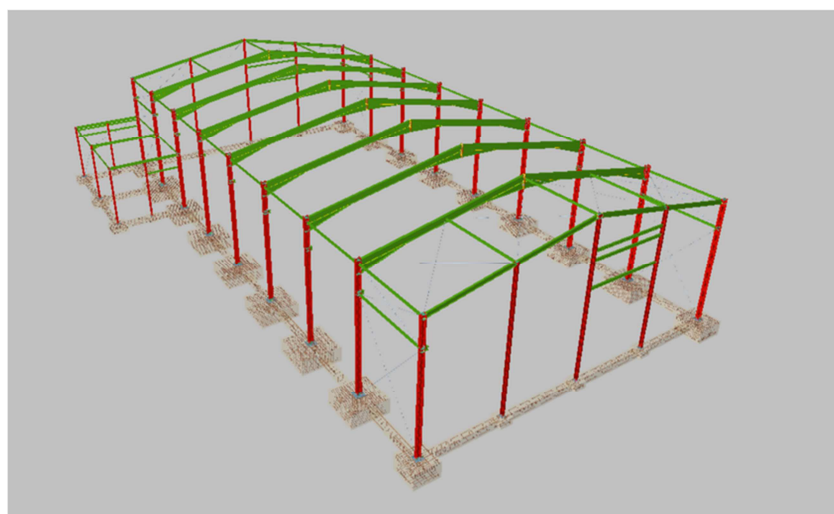
#### 9º: Instalaciones

Se procederá a la colocación de todos los conductos necesarios para las instalaciones previstas en el edificio. Con todos los conductos y tomas de corriente ya instalados, se colocaran los urinarios, lavabos,....

10º: Distribución en planta



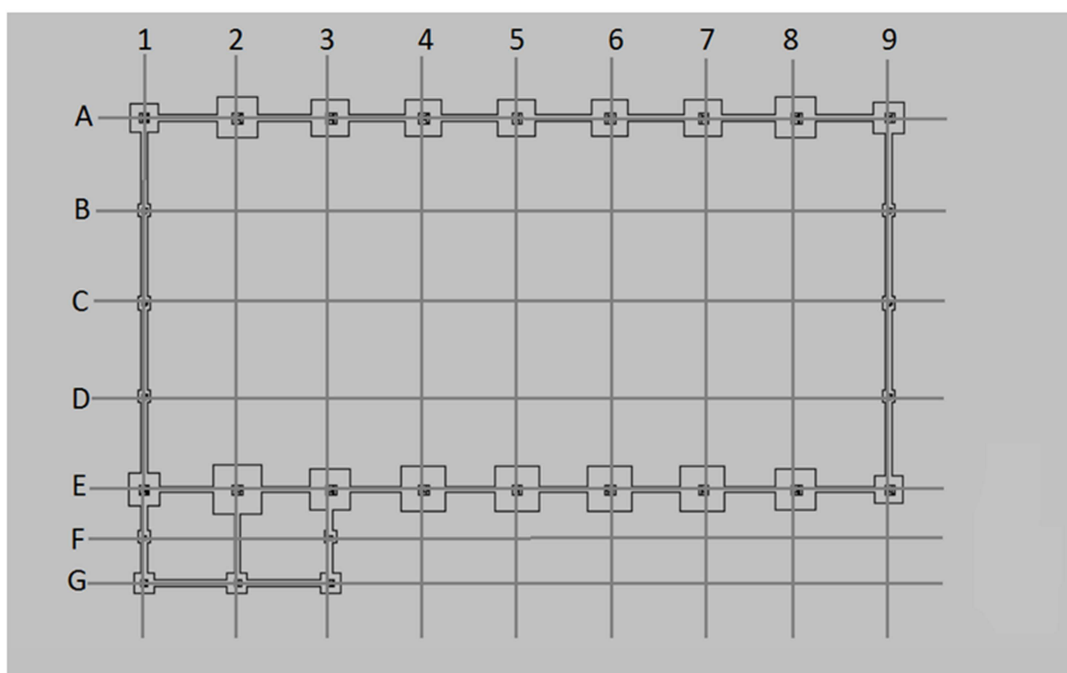
2.3.1. Construcción de la nave



2.3.1.1. Cimentación

Está basada en zapatas aisladas. Se construirán con hormigón armado de 25 Mpa. (HA-25). El acero para las armaduras será un acero corrugado B 400 S. En las zapatas irán embebidos pernos de anclaje para los pilares metálicos.

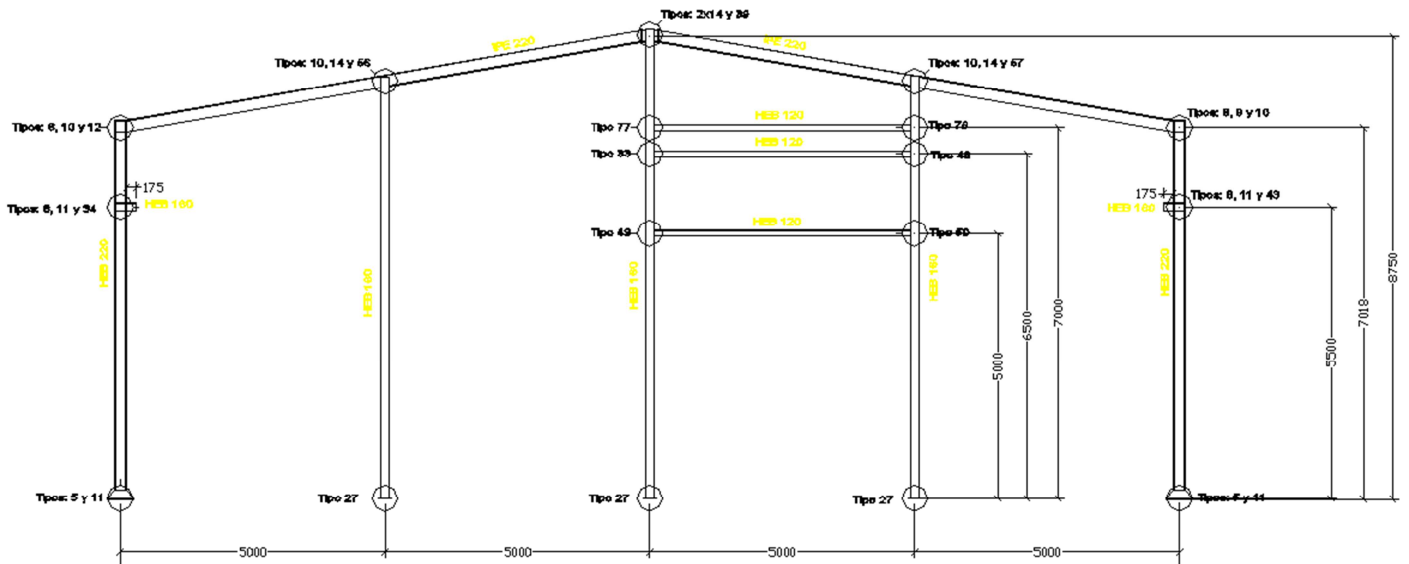
Existen 15 tipos diferentes de zapatas las cuales se describen minuciosamente en el apartado de "planos", así como los diferentes tipos de vigas de atado y placas de anclaje.



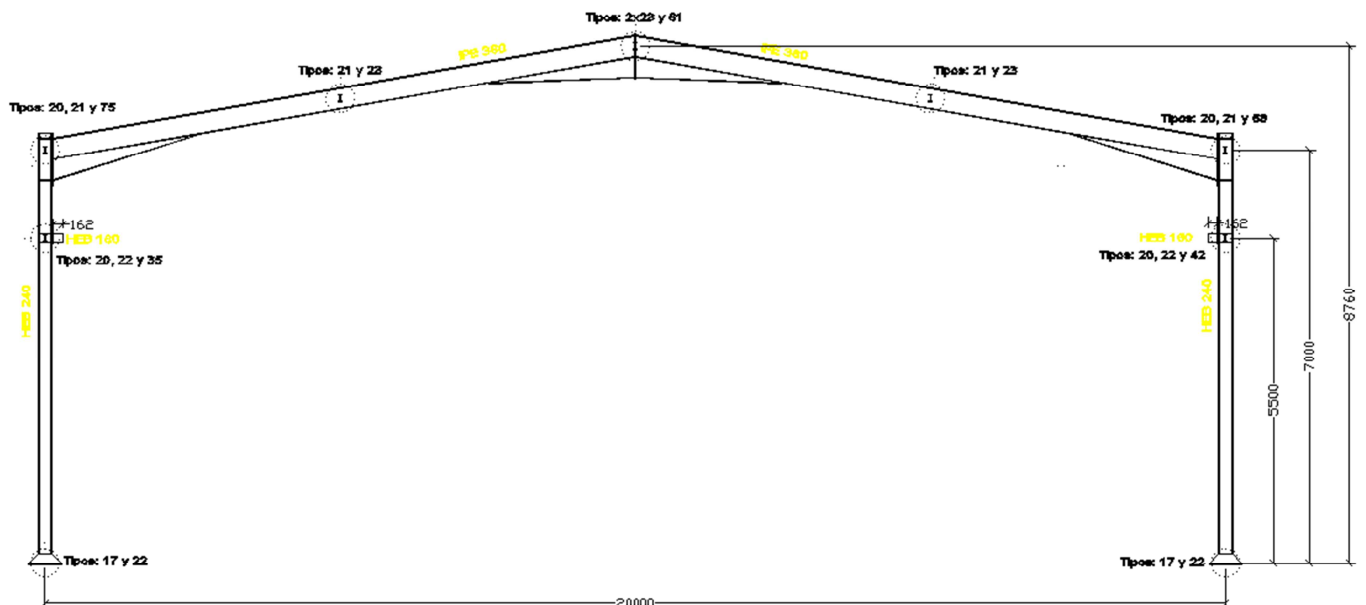
### 2.3.1.2. Estructura de los pórticos

La estructura de la nave, está formada por pórticos, con pilares metálicos de acero para todos los pilares de los pórticos, la distancia entre pórticos es constante a lo largo de toda la longitud de la nave, 5 metros. A su vez, la estructura que componen las vigas está compuesta por acero IPE 360 para todas las centrales y IPE 220 para los hatiales. Los pórticos disponen de unos pilarillos que los resolvemos mediante estructuras metálicas HEB 160 ya que su función es de cerrar la nave y no principalmente soportar cargas, excepto las de viento en su dirección. Para los pilares se utilizarán HEB 240 en los centrales y HEB 220 para los hastiales. El acero utilizado para la estructura es un acero S 275.

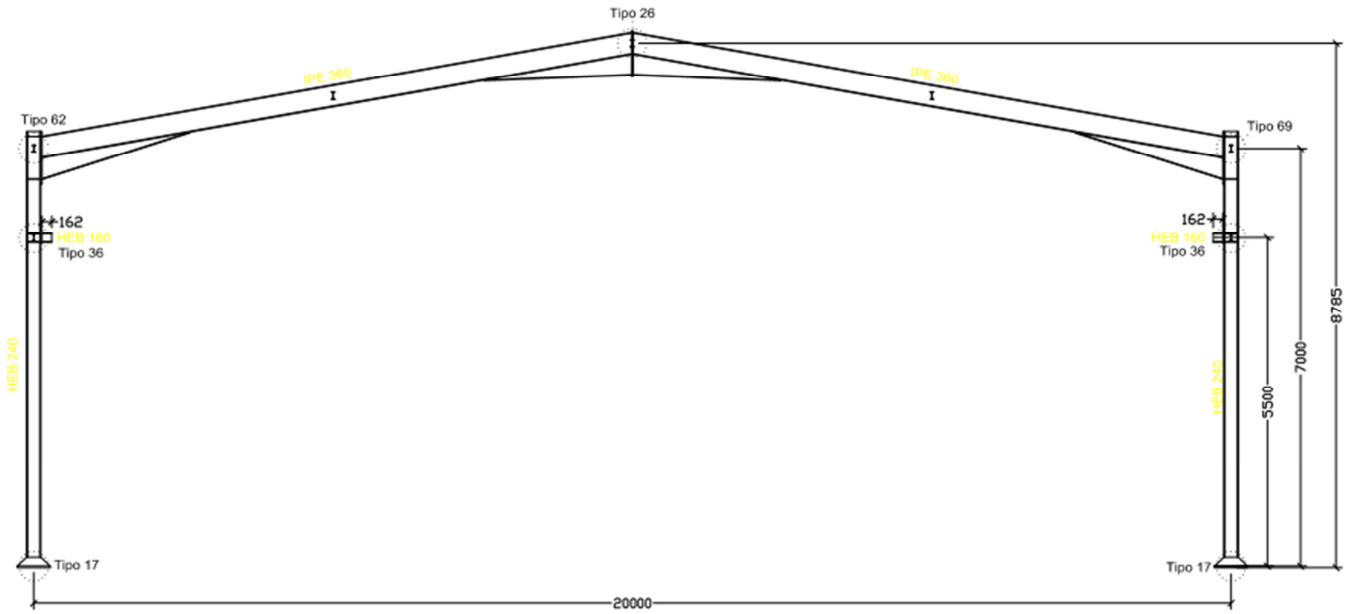
PÓRTICO 9



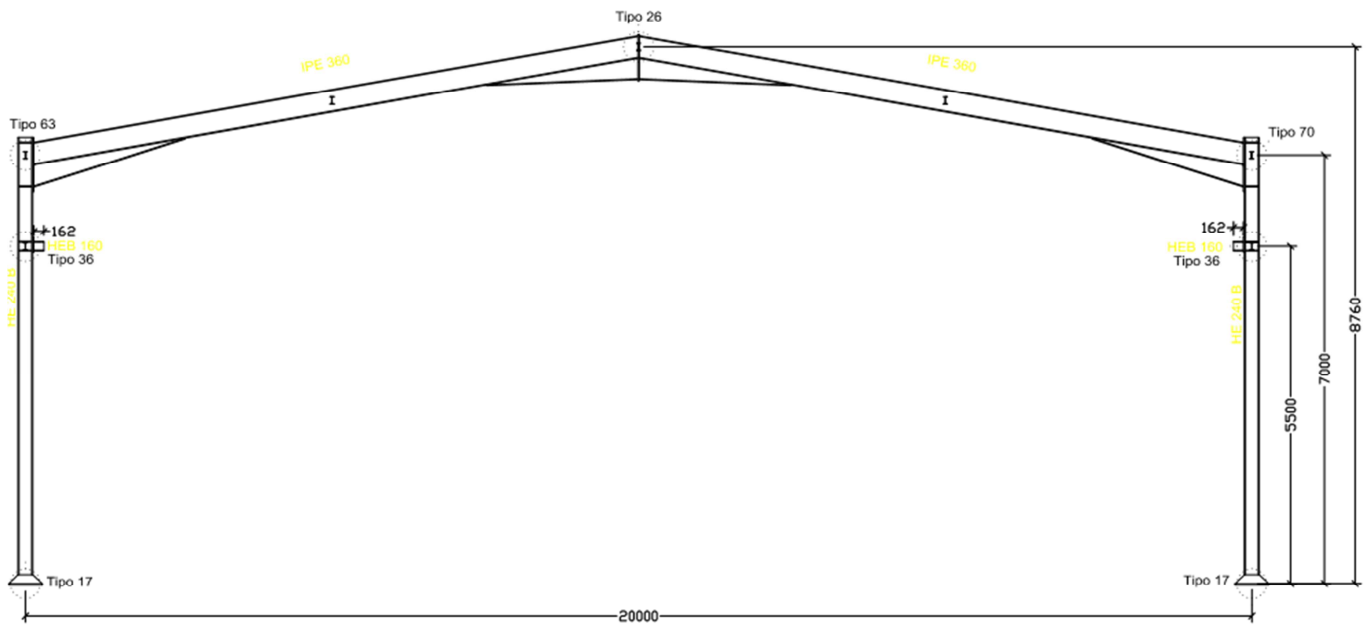
PÓRTICO 8



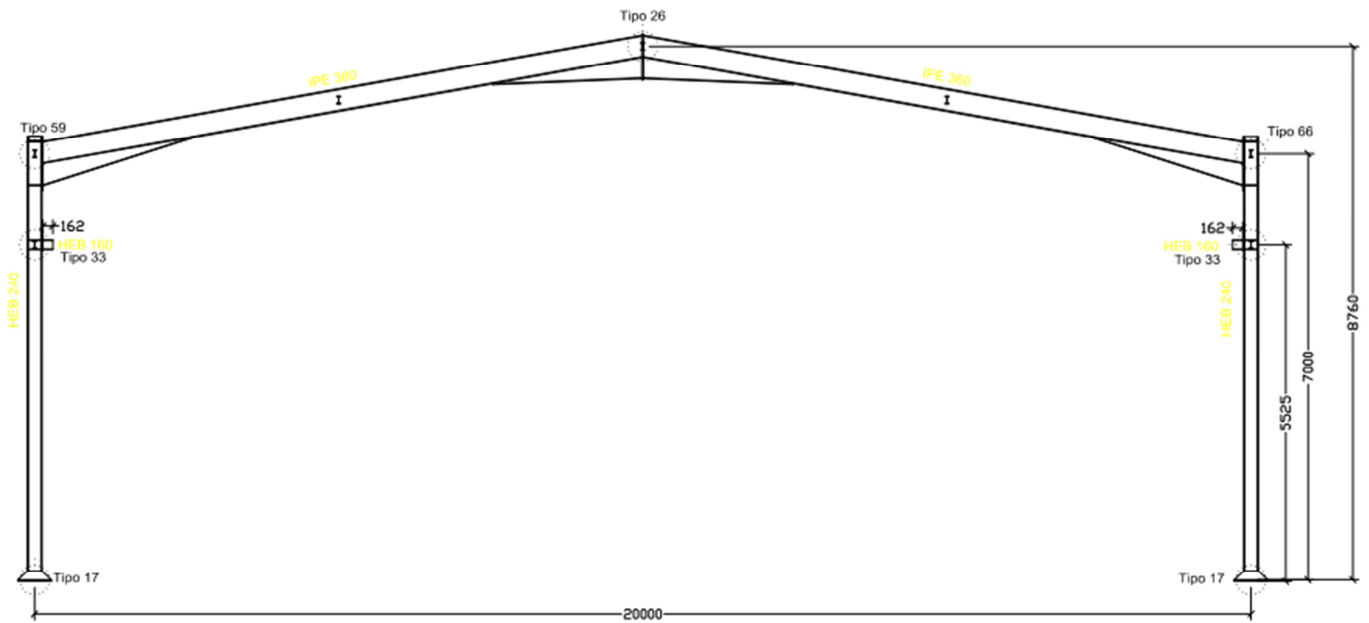
### PÓRTICO 7



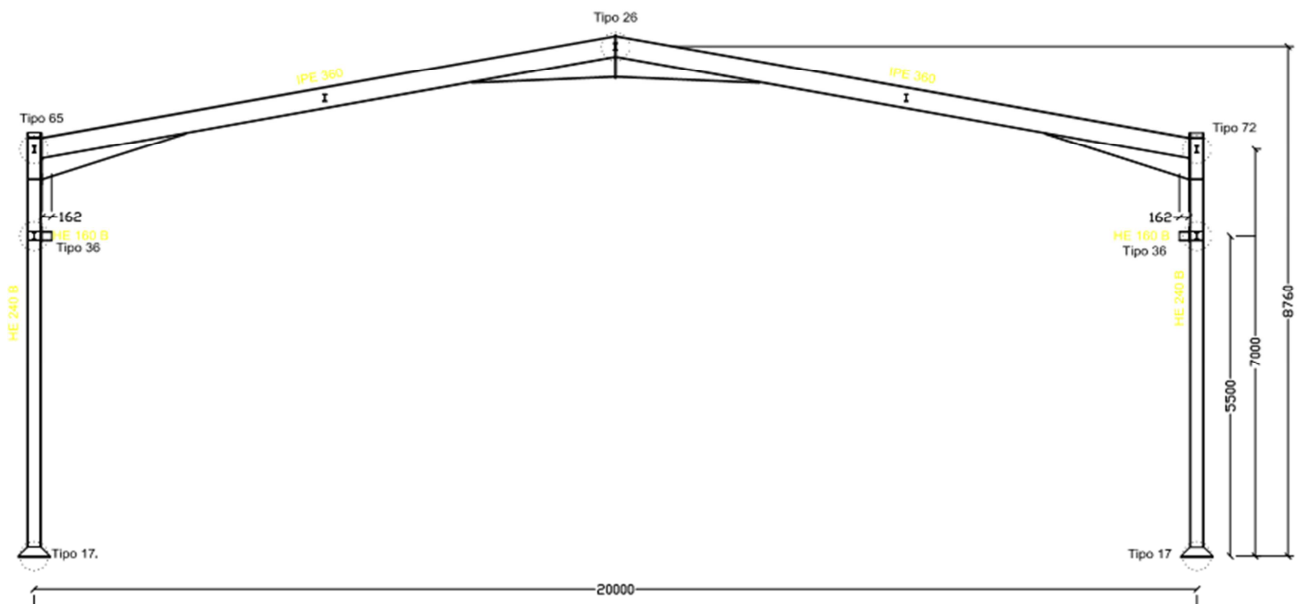
### PÓRTICO 6



### PÓRTICO 5

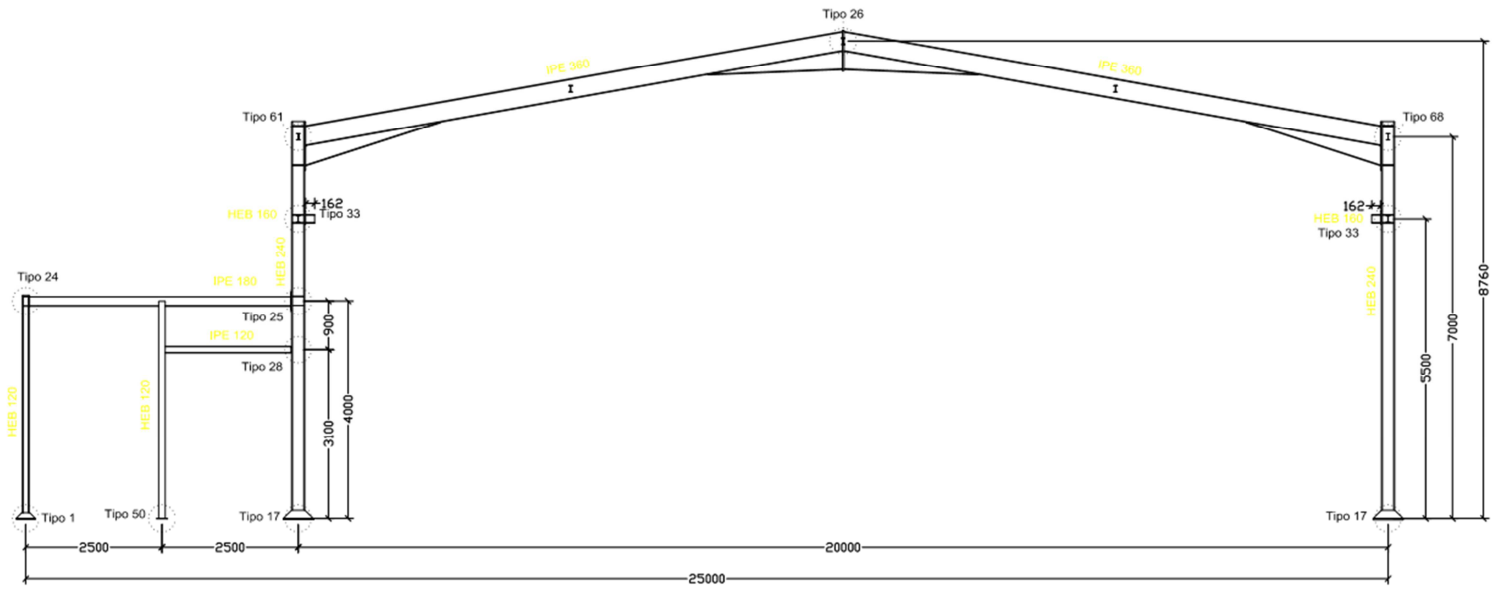


### PÓRTICO 4

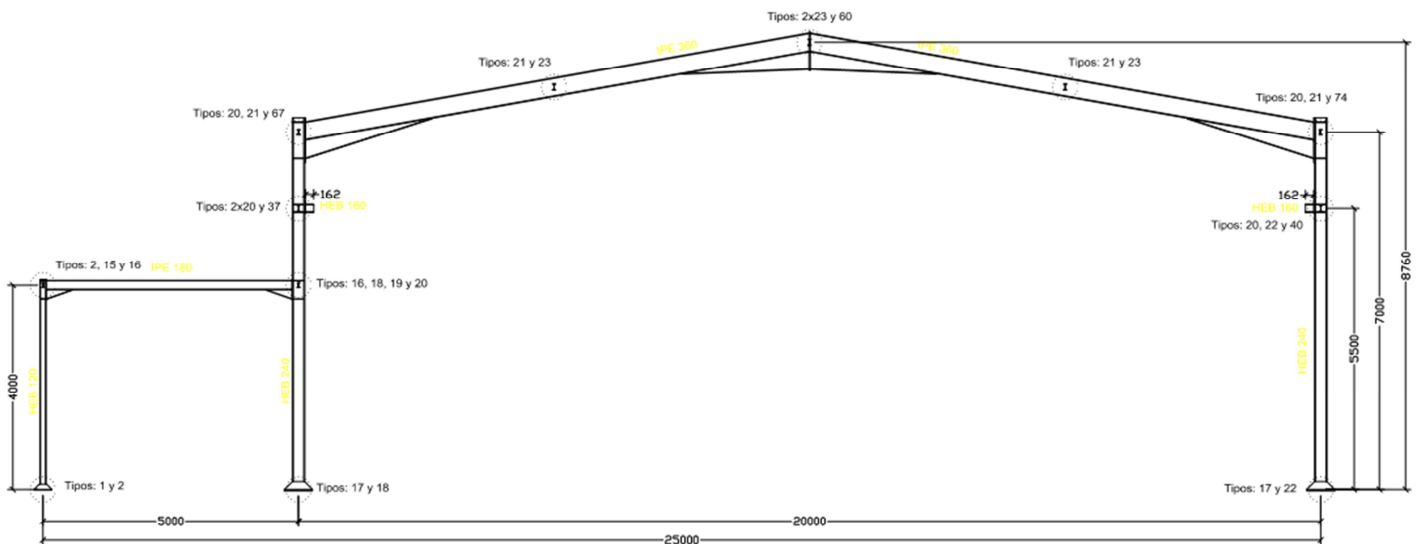




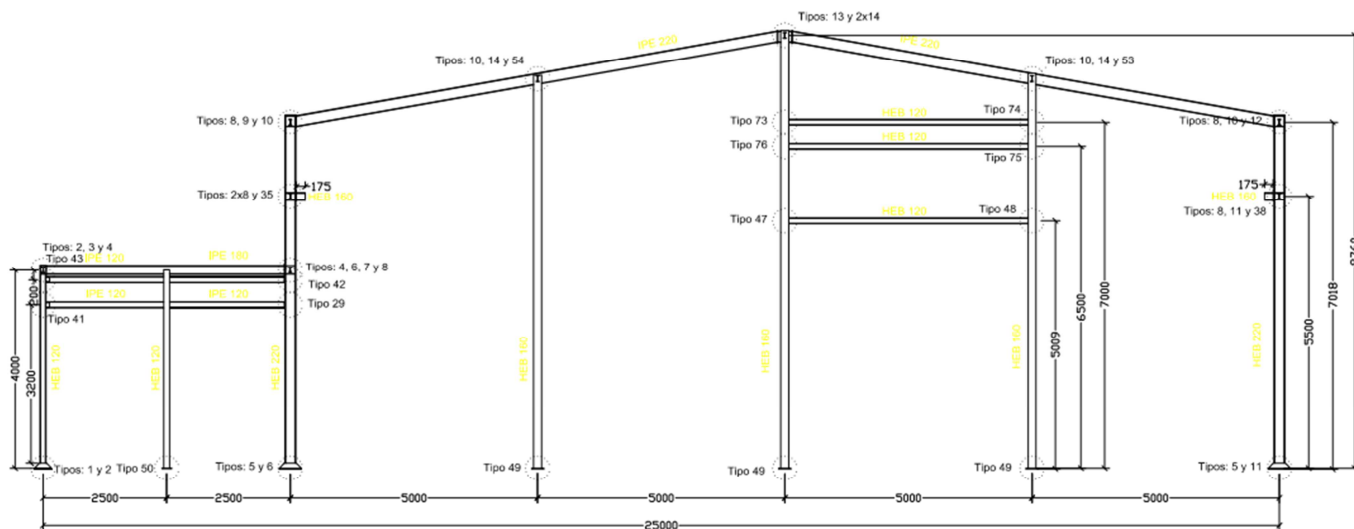
PÓRTICO 3



PÓRTICO 2



## PÓRTICO 1



### 2.3.1.3. Viga carril

El cálculo de la viga se ha realizado mediante el programa CRANEWAY , programa que calcula vigas carril para grúas puente y grúas puente suspendidas según EN 1993-6.

Las funciones del programa son las siguientes:

- Análisis de tensiones para puentes grúa y soldaduras
- Análisis a fatiga para puentes grúa y soldaduras
- Análisis de deformaciones
- Cálculo de abolladura para la introducción de cargas en ruedas
- Análisis de estabilidad para pandeo lateral según la teoría de pandeo lateral de 2º orden (MEF de elemento 1D).

Dicho programa realiza el Cálculo de vigas carril para puentes grúa según las normas EN 1993-6, DIN 4132 y DIN 18800.

El perfil seleccionado para la viga carril ha sido:

HEA 400, con carril SA-75 (gastadas).

Se colocarán rigilizadores a lo largo de la viga, cada 2,5m para evitar así la abolladura del alma.

#### 2.3.1.4. Correas

El cálculo de las correas se ha realizado mediante el programa “Generador de Pórticos” de CYPE.

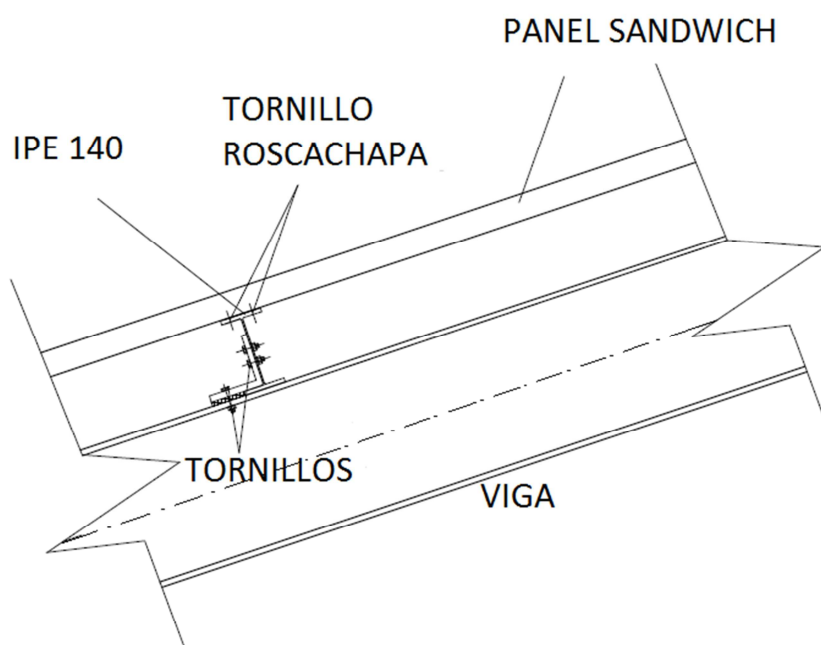
Las correas de cubierta tanto de la nave principal como del adosado son perfiles IPE140 separadas entre sí 1,60m.

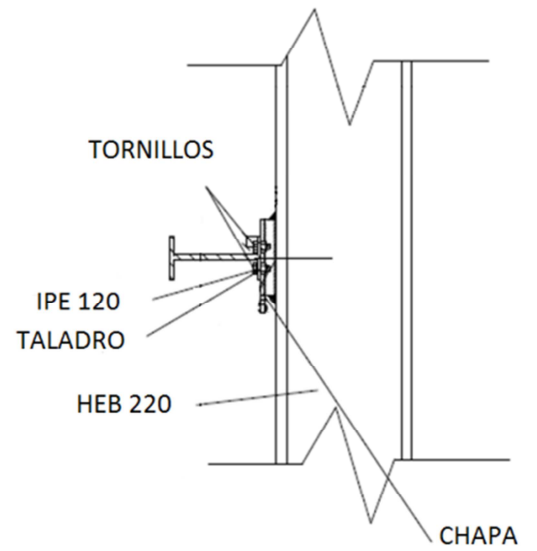
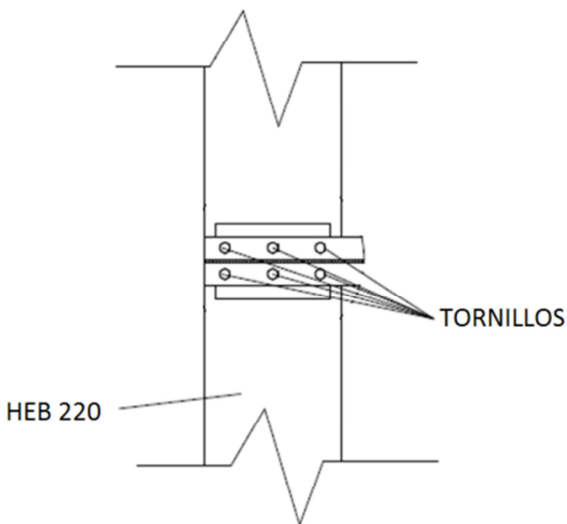
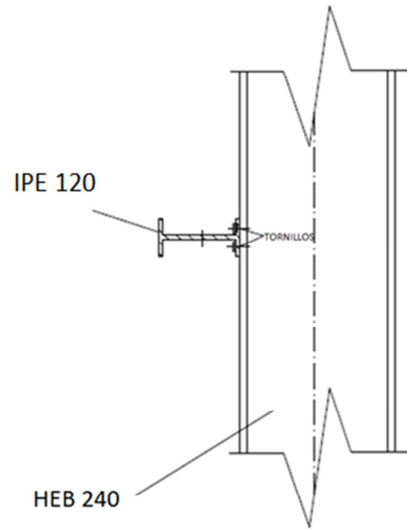
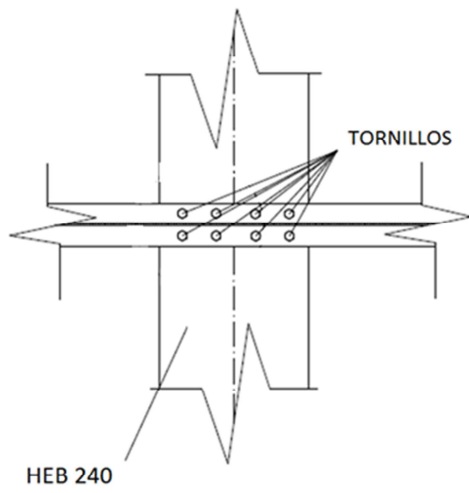
Las correas de fachada tanto de nave principal como de adosado, son perfiles IPE 120 distanciadas 1,50m entre sí.

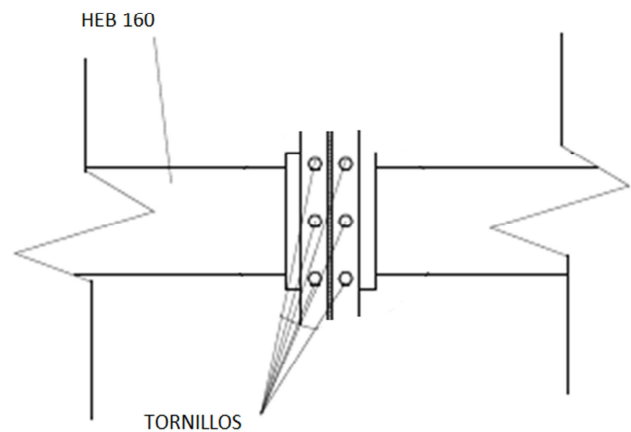
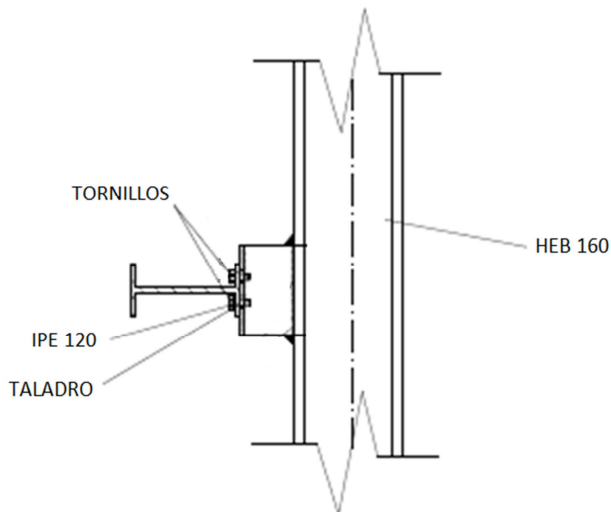
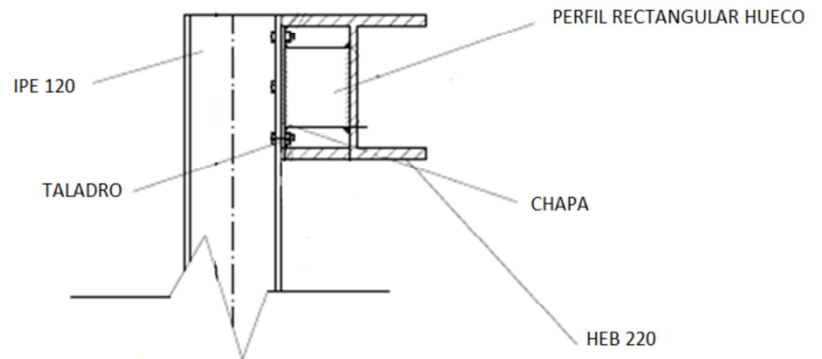
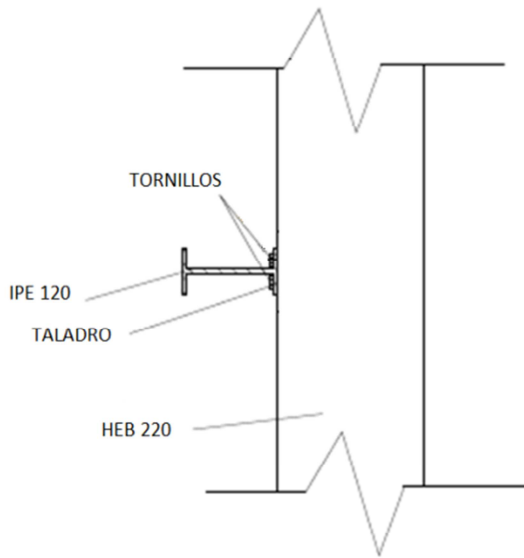
Las correas de cubierta de la nave principal irán unidas a las vigas IPN 360 y IPN 220 mediante tornillería metálica calibrada, por medio de una chapa en forma de L para suplir la altura del espesor de la correa IPE 140. Las correas de cubierta del adosado irán unidas a las vigas IPE 180 mediante tornillería metálica calibrada igual que en la nave principal.

Las correas de fachada irán unidas a los pilares HEB240 y HEB 220 mediante tornillería metálica calibrada directamente a la estructura a excepción de las esquinas, que por tener un perfil de menores dimensiones, por soportar menor cargas, se utilizará perfil rectangular hueco soldado a una placa de anclaje para amarrar la correa. Las correas de fachada del adosado irán unidas a los HEB 120 de la misma forma que en la nave principal.

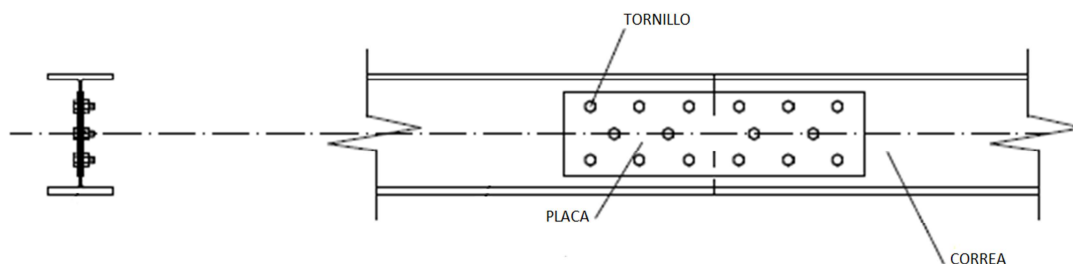
En los pilarillos se ha utilizado este mismo sistema para suplir el hueco.







Se utilizarán también conectores de chapa para las correas de cubierta. Se colocará una chapa por cada lado de la correa, para garantizar la continuidad de vigas continuas.

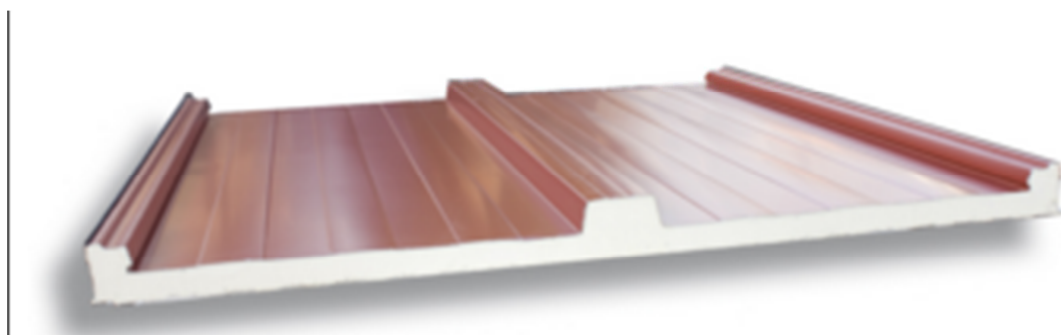


### 2.3.1.5. Cubierta

#### Cubierta nave

Se ha seleccionado un Panel Sándwich de Cubierta autoportante con núcleo aislante de espuma de poliuretano con una densidad de  $40\text{kg/m}^3$  de 30mm de espesor y fijaciones ocultas de la página web [www. Panelaragon.com](http://www.Panelaragon.com).

El Panel Sandwich está formado por dos chapas de acero galvanizado y prelacado con un perfilado de tres grecas y conformado en su cara interior que le confiere una resistencia mecánica que hace que el panel sándwich sea autoportante entre correas aún estando a una distancia considerable que con otros productos no se puede conseguir. La unión se realiza mediante la fijación con distintos tipos de tornillos a la estructura realizada, sellando la junta mediante la colocación del remate tapajuntas desde cumbrera hasta canalón, evitando así cualquier tipo de filtración ante los elementos atmosféricos. El Panel Sandwich tiene en su interior un núcleo aislante de poliuretano inyectado con una densidad de  $40\text{Kg/m}^3$  y un espesor de variable, proporcionando el aislamiento térmico que queremos conseguir. Es la solución ideal para la realización de cubiertas tanto industriales como residenciales de forma sencilla reduciendo de esta forma la carga estructural, el tiempo de instalación y el coste económico de la misma.



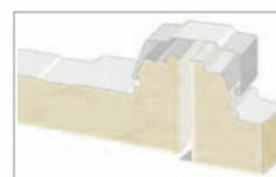
En cubierta habrá una distancia entre apoyos de 1,60 m.

Con el dato de la distancia entre apoyos, entramos en el catálogo que nos proporciona el fabricante y obtenemos la resistencia del panel.

Espesor del Panel (mm)	ESQUEMA ESTÁTICO - TRES APOYOS - Ó MAS - Distancia entre apoyo en cm												
	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500
30	409	354	313	277	252	209	177	147	128	110	96	-	-
40	-	390	347	310	278	251	225	195	169	146	127	95	-
50	-	-	384	346	311	289	263	241	211	180	161	124	98
60	-	-	-	383	347	319	295	274	251	224	198	151	131
80	-	-	-	-	423	386	358	330	313	289	272	213	157

Sobrecargas admisibles,  
uniformemente distribuidas en  
kg/m<sup>2</sup> (Ratio de conversión  
1kg/m<sup>2</sup> = 0,00981 kN/m<sup>2</sup>).  
Las tablas se han desarrollado para  
paneles con soportes de acero,  
de 0,5 mm, nominal imponiendo la  
limitación de deformación: Flecha  
f=1/200 l.  
Coeficiente de seguridad: 2.5

Detalle de la unión.



Teniendo en cuenta que nuestra distancia entre correas es 1,60m, debemos interpolar en la tabla para obtener la resistencia.

Con un espesor del panel de 30mm e interpolando entre 150 y 175cm obtenemos lo siguiente:

Resistencia del panel: 387Kg/m<sup>2</sup>=> 3,87kN/m<sup>2</sup>

Peso panel: 9,30 Kg/m<sup>2</sup>

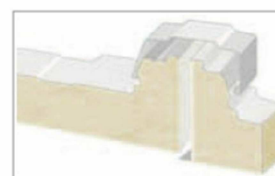
Espesor del panel (mm)	Transmitancia Térmica (U)	Transmitancia Térmica (U)	Peso del panel Acero/Acero (Kg/m <sup>2</sup> ) Espesor nominal chapa 0.5 mm
	Kcal/m <sup>2</sup> h°C	Watt/m <sup>2</sup> °C	
30	0.56	0.65	9.30
40	0.43	0.50	9.70
50	0.35	0.41	10.10
60	0.29	0.34	10.50
80	0.22	0.26	11.30
100	0.18	0.21	12.10
120	0.15	0.17	12.80

El coeficiente de transmisión térmica (K) se ha calculado considerando el espesor del núcleo aislante y teniendo en cuenta la resistencia superficial.

Espesor del Panel (mm)	ESQUEMA ESTÁTICO - TRES APOYOS -Ó MAS - Distancia entre apoyos en cm												
	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500
30	409	354	313	277	252	209	177	147	128	110	96	-	-
40	-	390	347	310	278	251	225	195	169	146	127	95	-
50	-	-	384	346	311	289	263	241	211	180	161	124	98
60	-	-	-	383	347	319	295	274	251	224	198	151	131
80	-	-	-	-	423	386	358	330	313	289	272	213	157

Sobrecargas admisibles,  
uniformemente distribuidas en  
kg/m<sup>2</sup> (Ratio de conversión  
1kg/m<sup>2</sup> = 0,00981 KN/m<sup>2</sup>).  
Las tablas se han desarrollado para  
paneles con soportes de acero, de  
0,5 mm, nominal imponiendo la  
limitación de deformación: Flecha  
 $f=1/200 l$ .  
Coeficiente de seguridad: 2.5

Detalle de la unión.



Con los datos obtenidos, se procede a calcular las diferentes acciones en la cubierta de la nave.

### Cubierta adosado

El adosado a la nave tiene unas medidas de 5m x 10m x 4m y su cubierta es plana, por lo que se ha optado por el siguiente panel válido para todo tipo de cubiertas:

Se ha seleccionado un Panel Sándwich de Cubierta autoportante con núcleo aislante de espuma de poliuretano con una densidad de 40kg/m<sup>3</sup> de 30mm de espesor y fijaciones ocultas de la página web [www. Panelaragon.com](http://www.Panelaragon.com).

El Panel Sándwich está formado por dos chapas de acero galvanizado y prelacado con un perfilado de tres grecas y conformado en su cara interior que le confiere una resistencia mecánica que hace que el panel sándwich sea autoportante entre correas aun estando a una distancia considerable que con otros productos no se puede conseguir. La unión se realiza mediante la fijación con distintos tipos de tornillos a la estructura realizada, sellando la junta mediante la colocación del remate tapajuntas desde cumbrera hasta canalón, evitando así cualquier tipo de filtración ante los elementos atmosféricos. El Panel Sandwich tiene en su interior un núcleo aislante de poliuretano inyectado con una densidad de 40Kg/m<sup>3</sup> y un espesor de variable, proporcionando el aislamiento térmico que queremos conseguir. Es la solución ideal para la realización de cubiertas tanto industriales como residenciales de forma sencilla reduciendo de esta forma la carga estructural, el tiempo de instalación y el coste económico de la misma.



En la cubierta del adosado habrá una distancia entre apoyos de 1,6m, dejando 0.2m libres para el canalón.

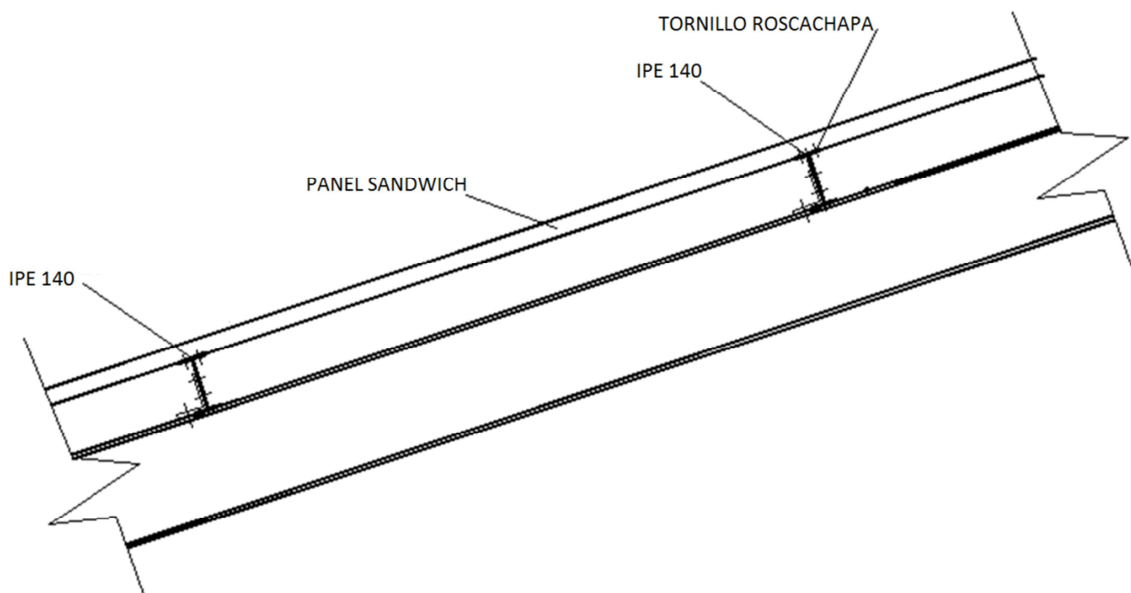
Con el dato de la distancia entre apoyos, entramos en el catálogo que nos proporciona el fabricante y obtenemos la resistencia del panel.

Teniendo en cuenta que nuestra distancia entre correas es 1,6m, debemos interpolar en la tabla para obtener la resistencia.

Con un espesor del panel de 30mm e interpolando entre 150 y 175cm obtenemos lo siguiente:

Resistencia del panel:  $371,6\text{Kg/m}^2 \Rightarrow 3,65\text{kN/m}^2$

Peso panel:  $9,30\text{ Kg/m}^2$



### 2.3.1.6. Fachada

#### Fachada nave

Se ha seleccionado un Panel Sándwich metálico autportante de Fachada con núcleo aislante de espuma de poliuretano de 50mm de espesor . Fabricado en chapas de acero galvanizado y prelacado según norma UNE 10326 con tratamiento especial frente a la corrosión. Fijaciones Ocultas .Su núcleo aislante de espuma de poliuretano aísla térmicamente lo cerramientos efectuados con este material, gracias a la variación del espesor conseguimos mayor poder aislante. Gracias a su fijación oculta podemos fijar tantas veces como queramos pudiendo ir a módulos de panel de largos diferentes. El acabado liso o semiliso confiere al cerramiento un acabado arquitectónico de gran calidad a un coste muy reducido.

En la fachada habrá una distancia entre apoyos de 1,5 m, con este dato, se va al catálogo que proporciona el fabricante y se obtiene la resistencia del panel.

ESQUEMA ESTÁTICO - Distancia entre apoyos: cm.

Espesor del panel (mm)	Espesor Nominal		Peso panel (kg/m <sup>2</sup> )	Distancia eficaz apoyo: 100 mm															
	Soporte exterior acero (mm)	Soporte interior acero (mm)		150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	
40	0,40	0,40	7,4	260	190	145	115	90	75	65	55								
	0,50	0,50	9,1	270	235	205	170	140	115	95	80	70	60	50					
50	0,40	0,40	7,8	320	235	180	140	115	95	80	65	55	50						
	0,50	0,50	9,5	330	280	245	210	170	140	120	100	85	75	65	55	50			
60	0,40	0,40	8,2	375	275	210	165	135	110	90	80	65	60	50					
	0,50	0,50	9,9		320	280	250	200	165	140	120	100	90	75	70	60	55	50	
80	0,40	0,40	9,0	455	355	270	210	170	140	120	100	85	75	65	60	50			
	0,50	0,50	10,7		390	340	300	260	215	180	150	130	115	100	90	80	70	60	
100	0,50	0,50	11,5	530	455	395	350	310	255	215	180	155	135	120	105	95	85	75	

La resistencia del panel son  $330\text{kg/m}^2=3,24\text{kN/m}^2$ .

Con los datos obtenidos se procede a calcular las diferentes acciones en la fachada de la nave.

#### Fachada adosado

Se ha seleccionado un Panel Sándwich metálico autportante de Fachada con núcleo aislante de espuma de poliuretano de 40mm de espesor. Fabricado en chapas de acero galvanizado y prelacado según norma UNE 10326 con tratamiento especial frente a la corrosión. Fijaciones Ocultas .Su núcleo aislante de espuma de poliuretano aísla térmicamente lo cerramientos efectuados con este material, gracias a la variación del espesor conseguimos mayor poder aislante. Gracias a su fijación oculta podemos fijar tantas veces como queramos pudiendo ir a módulos de panel de largos diferentes. El acabado liso o semiliso confiere al cerramiento un acabado arquitectónico de gran calidad a un coste muy reducido.

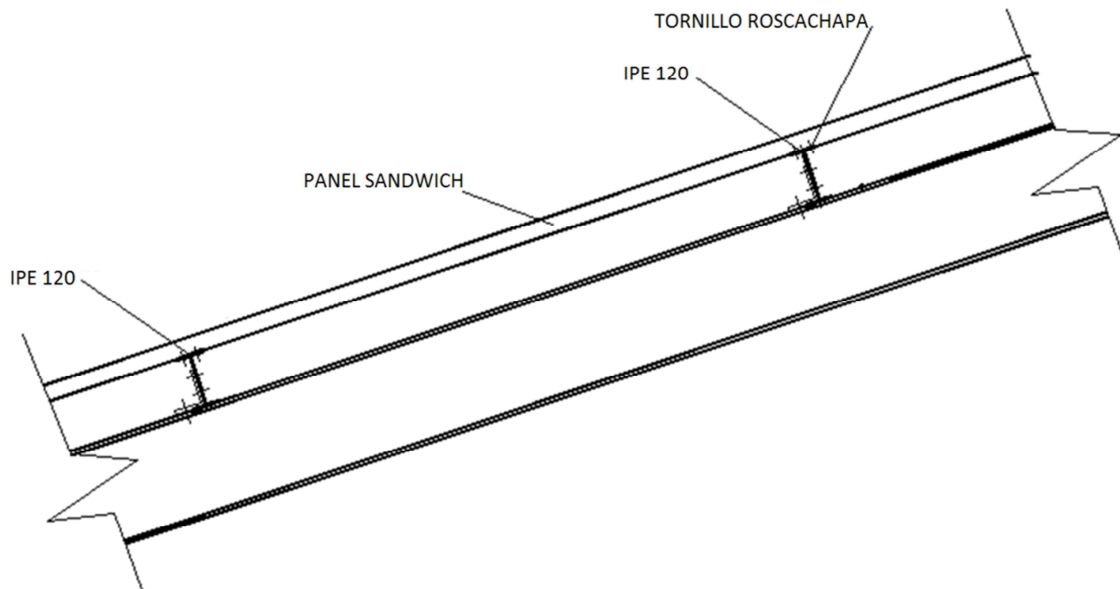
ESQUEMA ESTÁTICO - Distancia entre apoyos: cm.

Espesor del panel (mm)	Espesor Nominal		Peso panel (kg/m <sup>2</sup> )	Distancia eficaz apoyo: 100 mm															
	Soporte exterior acero (mm)	Soporte interior acero (mm)		150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	
40	0,40	0,40	7,4	260	190	145	115	90	75	65	55								
	0,50	0,50	9,1	270	235	205	170	140	115	95	80	70	60	50					
50	0,40	0,40	7,8	320	235	180	140	115	95	80	65	55	50						
	0,50	0,50	9,5	330	280	245	210	170	140	120	100	85	75	65	55	50			
60	0,40	0,40	8,2	375	275	210	165	135	110	90	80	65	60	50					
	0,50	0,50	9,9		320	280	250	200	165	140	120	100	90	75	70	60	55	50	
80	0,40	0,40	9,0	455	355	270	210	170	140	120	100	85	75	65	60	50			
	0,50	0,50	10,7		390	340	300	260	215	180	150	130	115	100	90	80	70	60	
100	0,50	0,50	11,5	530	455	395	350	310	255	215	180	155	135	120	105	95	85	75	

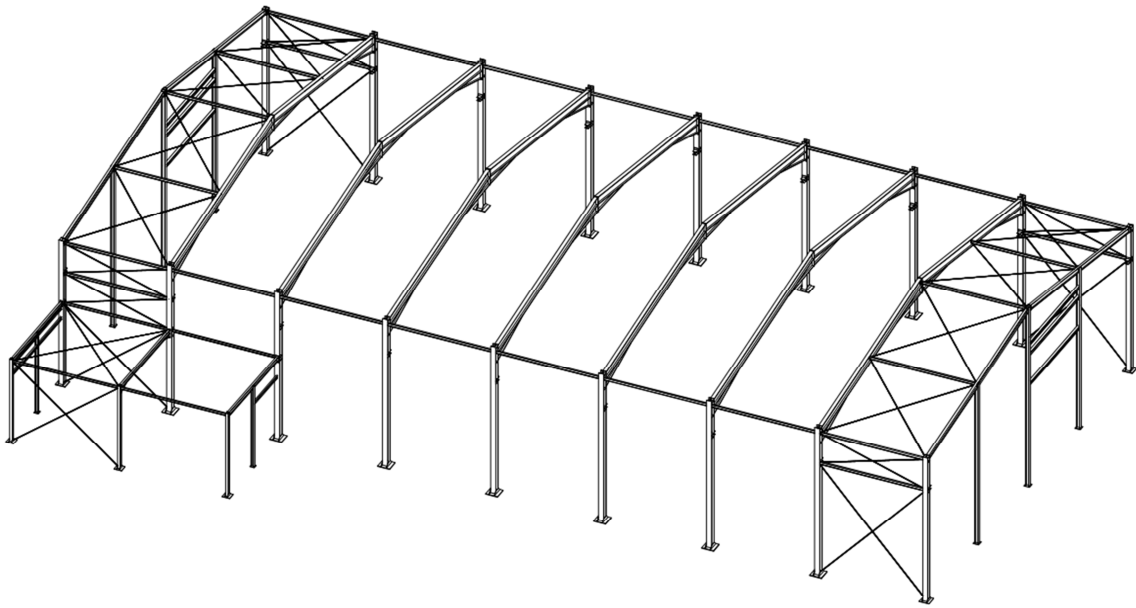
En la fachada habrá una distancia entre apoyos de 1,5 m, con este dato, se va al catálogo que proporciona el fabricante y se obtiene la resistencia del panel.

La resistencia del panel son  $330\text{kg/m}^2 = 3,24\text{kN/m}^2$ .

Con los datos obtenidos se procede a calcular las diferentes acciones en la fachada de la nave.

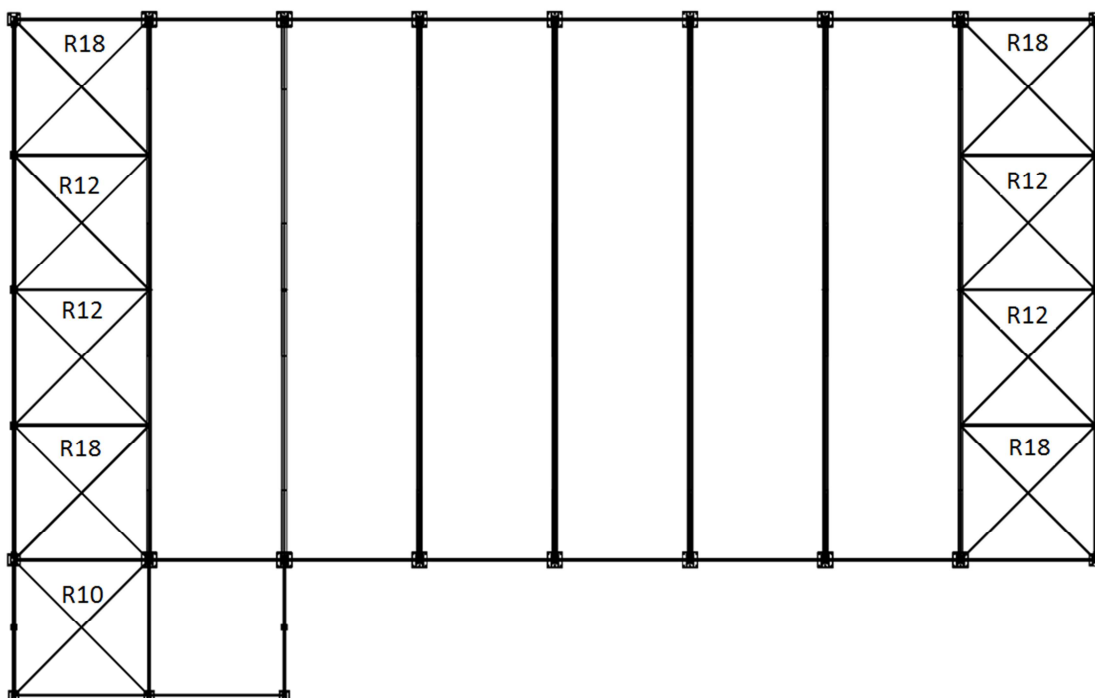


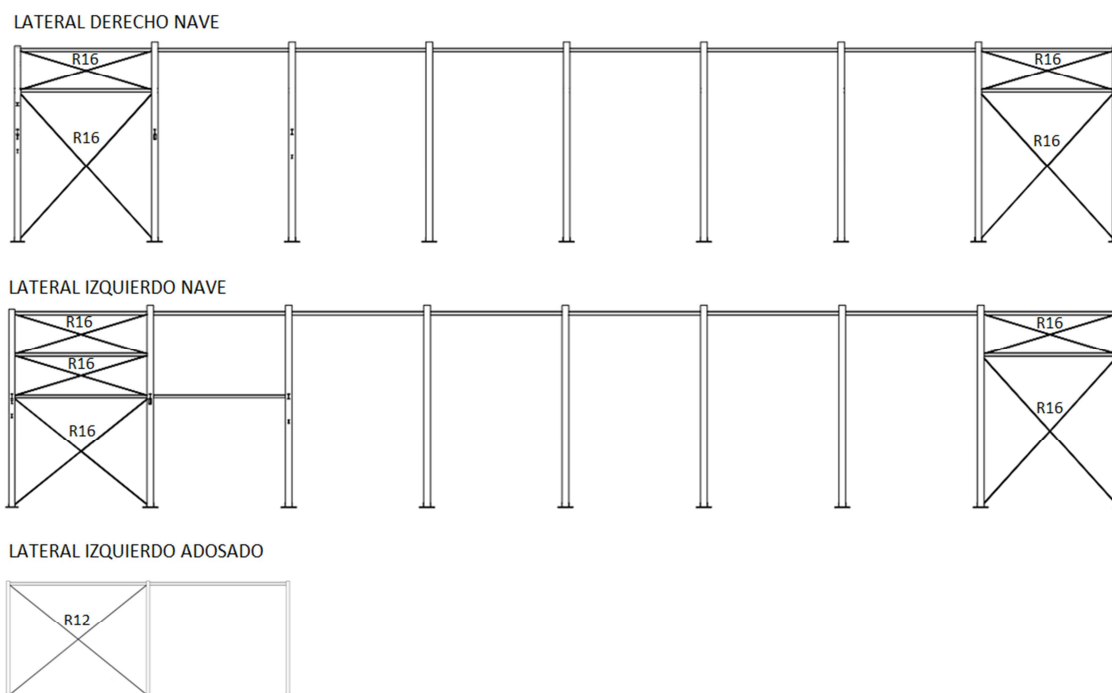
### 2.3.1.7. Arriostramientos



Para el arriostramiento de los pórticos de la nave, se colocarán redondos de diferentes diámetros, según la zona, en modo de Cruz de San Andrés. Se puede observar en los planos de arriostramiento el radio correspondiente de cada perfil.

CUBIERTA





#### 2.3.1.8. Alicatados

El alicatado de los aseos se realizara mediante azulejo de color blanco de 20cm x 20cm. Se recibirá con mortero de cola.

#### 2.3.1.9. Pavimento

El pavimento de los aseos se realizara mediante la colocación de gres. Este se recibirá con mortero de cemento.

#### 2.3.1.10. Puerta basculante

Para la entrada y salida de material, se colocarán tano en la fachada delantera como en la trasera una puerta basculante de abatible con puerta para peatones. Las puertas tendrán una medida de 5m de ancho x 4m de alto.

#### 2.3.1.11. Puertas de paso interiores

Las puertas interiores serán cortafuegos con barra antipánico de medidas 91,5cm x 210cm.

#### 2.1.1.1. Pinturas

Para la protección de la estructura frente al óxido, se aplicará una pintura antioxidante.

M2 de pintura blanco puro RAL 9010 para pintado de estructura.

Para el pintado de la estructura, se utilizará una pintura blanca para metal, RAL 9010.

#### 2.3.1.12. Canalón

El cálculo del canalón se ha realizado según las recomendaciones de la NTE.

Se colocará un canalón de chapa galvanizada de 150mm x 200mm.

### 2.4. NORMAS Y REFERENCIAS

#### 2.4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

##### 2.4.1.1. Acciones sobre la edificación

Según el CTE - AE se considera que en la estructura actúan las siguientes acciones:

#### **Sobrecarga de uso:**

##### - **Nave principal:**

Para hallar la sobrecarga de uso se consultará el Código Técnico de la Edificación, en concreto el DB-SE-AE el punto 3.1 que hace referencia a la sobrecarga de uso.

Tras consultarlo y realizar un estudio, se llega a la conclusión de que la sobrecarga de uso es de  $0,4\text{kN/m}^2$ .

Por otro lado también se tendrá en cuenta la sobrecarga de uso de la grúa puente.

##### - **Adosado:**

En este caso la sobrecarga de uso es la misma que para la nave principal  $0,4\text{kN/m}^2$ .

#### **Peso propio:**

##### - **Nave principal:**

En este caso se distinguen dos pesos propios

Peso de cubierta tipo sándwich:  $9,30\text{ Kg/m}^2$ .

Peso de cerramiento de fachada tipo sándwich:  $9,50\text{ Kg/m}^2$

##### - **Adosado:**

Se distinguen dos pesos propios:

Peso de cerramiento de fachada tipo sándwich: 9.50 Kg/m<sup>2</sup>

Peso propio de la cubierta tipo sándwich es 9,30 kg/m<sup>2</sup>.

**Según el CTE - AE se considera que en edificio actúan las siguientes cargas de viento y nieve:**

**Sobrecarga de nieve:**

- **Nave principal cubierta:**

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

La semisuma de los grados de las dos cubiertas es 10°, por lo tanto el  $\mu$  se hallará con la siguiente fórmula:

$$\mu = 1 + \beta/30^\circ$$

$$\mu = 1 + 10^\circ/30^\circ = 1,33$$

Para 171m nos da una sobrecarga de nieve de  **$S_k = 0,471 \text{ KN/m}^2$** .

Como resultado se obtiene:

$$q_n = 1,33 \times 0,4714 \text{ KN/m}^2 = 0,626 \text{ KN/m}^2$$

Una vez más debemos tener en cuenta que el valor de la sobrecarga de nieve se refiere a la proyección horizontal por lo que debemos multiplicarlo por el coseno del ángulo de inclinación de nuestra cubierta.

$$0,626 \text{ KN/m}^2 \times \cos 10^\circ = 0,617 \text{ KN/m}^2$$

Se debe descomponer en su componente perpendicular y paralela:

$$Q_{nx} = 0,617 \text{ KN/m}^2 \times \sin 10^\circ = 0,107 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{ny} = 0,617 \text{ KN/m}^2 \times \cos 10^\circ = 0,608 \text{ KN/m}^2$$

**Sobrecarga de viento:**

A partir del punto 3.3. del DB-SE-AE se estudia el viento mediante la siguiente fórmula:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

$q_b$ : la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse 0,5 kN/m<sup>2</sup>. Pueden

obtenerse valores más precisos mediante el anejo D, en función del emplazamiento geográfico de la obra.

$c_e$ : el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en 3.3.3. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0.

Para calcular este coeficiente de exposición se debe ir al punto 3.3.3. del DB-SE-AE, donde aparece la siguiente información:

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición  $c_e$ .

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

$c_p$ : el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. Su valor se establece en 3.3.4 y 3.3.5.

En este proyecto se podrá ver un estudio exhaustivo de la obtención de los coeficientes eólicos en el apartado ANEXO DE CÁLCULOS en el que se realizará un estudio a cada una de las zonas de la nave y el adosado por separado.

Una vez halladas las cargas de viento, se procede a realizar las combinaciones de cargas en la proyección vertical de la cubierta, ya que las paralelas al faldón las absorben las correas.

Para cerciorarse de que el panel elegido aguanta, hay que quedarse con las combinaciones de carga más desfavorables de succión y de presión para ponerse en el caso más crítico.

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determinará mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión del apartado 4.2.2. de BD-SE:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$



es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ( $\gamma_G \cdot G_K$ ), incluido el pretensado ( $\gamma_P \cdot P$ ).
- b) Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ( $\gamma_Q \cdot Q_K$ ), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis.
- c) El resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ( $\gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_K$ ).

Los valores de los coeficientes de seguridad,  $\gamma$ , se establecen en la tabla 4.1 para cada tipo de acción, atendiendo para comprobaciones de resistencia a si su efecto es desfavorable o favorable, considerada globalmente.

Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aún dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora), de la desfavorable (la desestabilizadora).

Los valores de los coeficientes de simultaneidad,  $\Psi$ , se establecen en la tabla 4.2.

#### Combinaciones de carga:

G: Peso propio.

$S_U$ : Sobrecarga de uso

$S_n$ : Sobrecarga de nieve

$S_{vp}$ : Sobrecarga de viento a presión

$S_{vs}$ : Sobrecarga de viento a succión

G

G +  $S_u$

G +  $S_n$

G +  $S_{vp}$

G +  $S_{vs}$

Carga predominante: Uso

G +  $S_u$  +  $S_n$

$$G + S_u + S_{vp}$$

$$G + S_u + S_{vs}$$

Carga predominante: Nieve

$$G + S_n + S_u$$

$$G + S_n + S_{vp}$$

$$G + S_n + S_{vs}$$

Carga predominante: Viento presión

$$G + S_{vp} + S_u$$

$$G + S_{vp} + S_n$$

Carga predominante: Viento succión

$$G + S_{vs} + S_u$$

$$G + S_{vs} + S_n$$

Tal y como dice el CTE, la sobrecarga de uso, por ser cubierta ligera, no es concomitante con el resto de acciones variables, por lo que las ecuaciones anteriores son todas las que necesitamos.

A continuación se aplicarán los coeficientes de seguridad y simultaneidad de cargas, descritos en la tabla 4.1 y 4.2 del CTE SE pag.11.

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
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
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

<sup>(1)</sup> Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		<sup>(1)</sup>	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes $\leq$ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

<sup>(1)</sup> En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot S_u$$

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot S_n$$

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot S_{vp}$$

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot S_{vs}$$

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot S_n + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot S_{vp}$$

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot S_n + \gamma_Q \cdot \Psi_o \cdot S_{vs}$$

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot S_{vp} + \gamma_Q \cdot \Psi_o \cdot S_n$$

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot S_{vs} + \gamma_Q \cdot \Psi_o \cdot S_n$$

Posteriormente se aplican los coeficientes de seguridad y simultaneidad teniendo en cuenta la condición de favorabilidad o desfavorabilidad en cada caso. Además se irán descartando las combinaciones que se vean que son claramente menores que otras.

Tras realizar todo este estudio de viento se podrá comprobar si el panel elegido es suficientemente resistente o no.

#### 2.4.1.2. Cálculo de la estructura

El cálculo de todos los elementos resistentes y de la cimentación del edificio de estructura metálica, se ha realizado mediante el programa "NUEVO METAL 3D" de CYPE INGENIEROS.

El cálculo de la grúa puente se ha realizado mediante el programa CRANEWAY que es un programa que calcula vigas carril para grúas puente y grúas puente suspendidas según EN 1993-6.

El resto de los elementos resistentes se ha calculado manualmente, siguiendo los procedimientos explicados en libros mencionados en bibliografía, CTE y NTE.

## 2.5. PLAN DE GESTIÓN DE CALIDAD

La elaboración del Programa de Control se ha llevado a cabo según el Decreto 209/2014 de 28 de Octubre por el que se regula el Control de calidad en la construcción y tiene por objeto garantizar la verificación y el cumplimiento de la normativa vigente, creando el mecanismo necesario para realizar los Ensayos y Pruebas que avalen la idoneidad técnica de los materiales empleados en la ejecución y su correcta puesta en obra, conforme a los documentos del proyecto.

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 el Programa de Control de Calidad.

El Programa de Control una vez terminado se visará por el Colegio Oficial correspondiente y formará parte del Proyecto.

Para la realización de los ensayos, análisis y pruebas se contratará, con el conocimiento de la Dirección Facultativa, los servicios de un Laboratorio de Ensayos debidamente acreditado y antes del comienzo de la obra se dará traslado del “Programa de Control de Calidad” a dicho Laboratorio con el fin de coordinar de manera eficaz el control de calidad.

Una vez comenzada la obra la Dirección Facultativa anotará en el “Libro de Control de Calidad” los resultados de cada ensayo y la identificación del laboratorio que los ha realizado, así como los certificados de origen, marcas o sellos de calidad de aquellos materiales que los tuvieran.

Para darse por enterada de los resultados de los ensayos la Dirección Facultativa y el Constructor firmará en el “Libro de Control de Calidad” y reflejará en este y en el correspondiente “Libro de Órdenes” los criterios a seguir en cuanto a la aceptación o no de materiales o unidades de obra, en el caso de resultados discordes con la calidad definida en el Proyecto, y en su caso cualquier cambio con respecto a lo recogido en el Programa de Control.

Finalmente para la expedición del “Certificado Final de Obra” se presentará en el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos el “Certificado de Control de Calidad” siendo preceptivo para su visado la aportación del “libro de Control de Calidad”. Este Certificado de Control será el documento oficial garante del control realizado.

## **2.6. ESTUDIO DE SEGURIDAD CONTRA INCEDIOS**

Para realizar el diseño de las medidas y sistemas de protección contra incendio de la nave industrial se seguirán las siguientes normas:

- Documento básico: Seguridad en caso de incendio CTE DB SI
- REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

La presencia del riesgo de incendio en los establecimientos industriales determina la probabilidad de que se desencadenen incendios, generadores de daños y pérdidas para las personas y los patrimonios, que afectan tanto a ellos como a su entorno.

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio trata de regular las condiciones de protección contra incendios en los establecimientos industriales con carácter horizontal, es decir, que sean de aplicación en cualquier sector de la actividad industrial, para ello se dicta el “REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA

INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES” el 3 de Diciembre de 2004.

El objetivo de este reglamento es establecer y definir los requisitos y condiciones a cumplir por los establecimientos industriales nuevos o reformados para su seguridad en caso de incendio.

El ámbito de aplicación de este reglamento son los establecimientos industriales tales como:

-Las industrias, tal como se definen en el artículo 3, punto 1, de la ley 21/1992, de 16 de Julio, de industria.

-Los almacenes industriales.

Los talleres de reparación y los estacionamientos de vehículos destinados al servicio de transporte de personas y transporte de mercancías.

-Los servicios auxiliares o complementarios de las actividades comprendidas en los puntos anteriores.

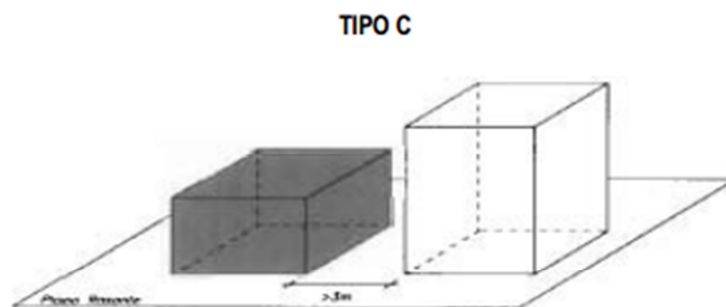
#### 2.6.1. Caracterización del establecimiento

Se llevará a cabo la caracterización del establecimiento industrial en relación con la seguridad contra incendios, para ello se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

A. Su configuración y ubicación con relación a su entorno.

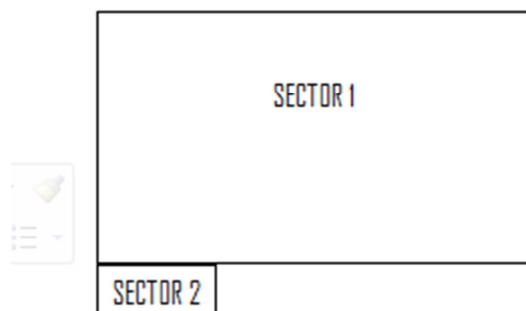
El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio y está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia está libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

Por lo tanto, según el reglamento, el edificio está clasificado como **TIPO C**.



B. Su nivel de riesgo intrínseco.

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



Se establecerá el Riesgo Intrínseco del establecimiento mediante el cálculo de la densidad de carga de fuego, ponderada corregida.

Se puede evaluar la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida,  $Q_s$ , del sector de incendio aplicando la siguiente expresión para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} \cdot R_a \quad (\text{MJ/m}^2)$$

Donde:

$Q_s$ = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.  $G_i$  = masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).

$C_i$ = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

$R_a$ =coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc. Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.

$A$  = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en  $m^2$ .

$q_{si}$  = densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en  $MJ/m^2$  o  $Mcal/m^2$ .

$S_i$  = superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego,  $q_{si}$  diferente, en  $m^2$ .

En el caso de la nave que se va a construir, en el sector de incendio 1, hay una única zona de sector de incendio, por lo tanto  $S_i$  serían los  $800m^2$ .

Los valores de la densidad de carga de fuego media,  $q_{si}$ , pueden obtenerse de la tabla 1.2.

empresas de						
Ventanas de madera	800	192	1,5			
Ventanas de plástico	600	144	1,5			
Vidrio	80	19	1,0			
Vidrio, artículos de	200	48	1,5			
Vidrio, expedición	700	168	1,0			
Vidrio, plano, fábrica de	700	168	1,0			
Vidrio, talleres de soplado	200	48	1,5			
Vidrio, tintura de	300	72	1,5			
Vidrio, tratamiento de	200	48	1,5			
Vidrio, venta de artículos de	200	48	1,0			
Vinagre, producción de	80	19	1,0	100	24	1,0
Vulcanización	1.000	240	2,0			
Yeso	80	19	1,0			
Zulaque de vidrieros	1.000	240	2,0	1.300	313	2,0

TABLA 1.2  
VALORES DE DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO MEDIA DE DIVERSOS PROCESOS INDUSTRIALES, DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS Y RIESGO DE ACTIVACIÓN ASOCIADO,  $R_a$

ACTIVIDAD	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	$Q_s$		$R_a$	$q_v$		$R_a$
	$MJ/m^2$	$Mcal/m^2$		$MJ/m^3$	$Mcal/m^3$	

Los valores del coeficiente de peligrosidad por activación,  $R_a$ , pueden deducirse de la tabla 1.2.



Los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad,  $C_i$ , de cada combustible pueden deducirse de la tabla 1.1, del Catálogo CEA de productos y mercancías, o de tablas similares de reconocido prestigio cuyo uso debe justificarse.

TABLA 1.1  
GRADO DE PELIGROSIDAD DE LOS COMBUSTIBLES

VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, $C_i$		
ALTA	MEDIA	BAJA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1</li> <li>- Líquidos clasificados como subclase B<sub>1</sub>, en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C.</li> <li>- Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente.</li> <li>- Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos clasificados como subclase B<sub>2</sub> en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C.</li> <li>- Sólidos que emiten gases inflamables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.</li> </ul>
$C_i = 1,60$	$C_i = 1,30$	$C_i = 1,00$

La nave industrial que se va a construir irá destinada a fabricación de ventanas de PVC, por lo que el material del que se dispondrá en la nave serán sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200°C. ( PVC comienza su ignición ENTRE LOS 300 Y 400°C).

NOTA: a los efectos del cálculo, no se contabilizan los acopios o depósitos de materiales o productos reunidos para la manutención de los procesos productivos de montaje, transformación o reparación, o resultantes de estos, cuyo consumo o producción es diario y constituyen el llamado "almacén de día". Estos materiales o productos se considerarán incorporados al proceso productivo de montaje, transformación, reparación, etc., al que deban ser aplicados o del que procedan.

2.1.1.2. Cálculo

R<sub>a</sub>: 1,5

C<sub>i</sub>: 1,00

q<sub>si</sub>: 600 MJ/m<sup>2</sup>

A: 800m<sup>2</sup> (Superficie construida del sector de incendio).

S<sub>i</sub>: 800m<sup>2</sup>(Superficie de cada zona con proceso diferente)

$$Q_s = \frac{600\left(\frac{MJ}{m^2}\right) \cdot 800m^2 \cdot 1}{800m^2} \cdot 1,5 = 900 MJ/m^2$$

Por lo tanto la densidad de carga de fuego ponderada y corregida será: 900MJ/m<sup>2</sup>.

Con el valor de carga de fuego que ha dado, se va a la tabla 1.3 del reglamento:

TABLA 1.3

Nivel de riesgo intrínseco	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
	Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	
BAJO	1	Q <sub>s</sub> ≤ 100	Q <sub>s</sub> ≤ 425
	2	100 < Q <sub>s</sub> ≤ 200	425 < Q <sub>s</sub> ≤ 850
MEDIO	3	200 < Q <sub>s</sub> ≤ 300	850 < Q <sub>s</sub> ≤ 1275
	4	300 < Q <sub>s</sub> ≤ 400	1275 < Q <sub>s</sub> ≤ 1700
	5	400 < Q <sub>s</sub> ≤ 800	1700 < Q <sub>s</sub> ≤ 3400
ALTO	6	800 < Q <sub>s</sub> ≤ 1600	3400 < Q <sub>s</sub> ≤ 6800
	7	1600 < Q <sub>s</sub> ≤ 3200	6800 < Q <sub>s</sub> ≤ 13600
	8	3200 < Q <sub>s</sub>	13600 < Q <sub>s</sub>

850 < 900 ≤ 1275 lo que implica el nivel de riesgo intrínseco es **MEDIO 3**.

Debido a que el edificio está dividido en dos sectores (sector 1 zona de trabajo y sector 2 vestuarios) y que el sector 2 no es considerado sector de incendio, ya tendríamos hallado el riesgo intrínseco del edificio.

## 2.6.2. Requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco

### 2.6.2.1. Fachadas accesibles

Tanto el planeamiento urbanístico como las condiciones de diseño y construcción de los edificios, en particular el entorno inmediato, sus accesos, sus huecos en fachada, etc., deben posibilitar y facilitar la intervención de los servicios de extinción de incendios.

Se consideran fachadas accesibles de un edificio, o establecimiento industrial, aquellas que dispongan de huecos que permitan el acceso desde el exterior al personal del servicio de extinción de incendios.

Los viales de aproximación hasta las fachadas accesibles, deben cumplir las siguientes condiciones:

- Anchura mínima libre: cinco m.
- Altura mínima libre o gálibo: 4,50 m.
- Capacidad portante del vial: 2000 kp/m<sup>2</sup>.

### 2.6.2.2. Máxima superficie construida admisible en cada sector de incendio

La máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio será la que se indica en la tabla 2.1.

TABLA 2.1  
MÁXIMA SUPERFICIE CONSTRUIDA ADMISIBLE DE CADA SECTOR DE INCENDIO

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

En el caso de la nave a construir, teniendo en cuenta que es un edificio de configuración TIPO C y de nivel de riesgo intrínseco BAJO, no puede superar los 5000m<sup>2</sup> construidos.

En este caso se cumple ya que en total la nave medirá 850m<sup>2</sup>.

#### 2.6.2.3. Materiales

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, según la norma UNE-EN 13501-1 para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y ya esté en vigor el marcado "CE".

Las condiciones de reacción al fuego aplicable a los elementos constructivos se justificarán:

- a) Mediante la clase que figura en cada caso, en primer lugar, conforme a la nueva clasificación europea.
- b) Mediante la clase que figura en segundo lugar entre paréntesis, conforme a la clasificación que establece la norma UNE-23727.

##### 2.6.2.3.1. Productos de revestimiento

Los productos utilizados como revestimiento o acabado superficial deben ser:

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

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

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

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

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

##### 2.6.2.3.2. Productos incluidos en paredes y cerramientos

Cuando un producto que constituya una capa contenida en un suelo, pared o techo sea de una clase más desfavorable que la exigida al revestimiento correspondiente, según el apartado 3.1, la capa y su revestimiento, en su conjunto, serán, como mínimo, EI 30 (RF-30).

### 2.6.2.3.3. Resto de productos

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

La justificación de que un producto de construcción alcanza la clase de reacción al fuego exigida se acreditará mediante ensayo de tipo o certificado de conformidad a normas UNE, emitidos por un organismo de control que cumpla los requisitos establecidos en el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

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

### 2.6.2.4. Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo portante se definen por el tiempo en minutos, durante el que dicho elemento debe mantener la estabilidad mecánica (o capacidad portante) en el ensayo normalizado conforme a la norma correspondiente de las incluidas en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión.

La estabilidad ante al fuego, exigible a los elementos constructivos portantes en los sectores de incendio de un establecimiento industrial, puede determinarse mediante la tabla 2.3 del reglamento.

-Teniendo en cuenta que es una nave industrial de cubierta ligera con puente grúa, clasificada como tipo C y de riesgo intrínseco medio 3, podemos decir que la estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes deberá ser R 15 (EF-15).

TABLA 2.3

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	Tipo B	Tipo C
	Sobre rasante	Sobre rasante
Riesgo bajo	R 15 (EF-15)	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 30 (EF-30)	R 15 (EF-15)
Riesgo alto	R 60 (EF-60)	R 30 (EF-30)

#### 2.6.2.5. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo de cerramiento (o delimitador) se definen por los tiempos durante los que dicho elemento debe mantener las siguientes condiciones, durante el ensayo normalizado conforme a la norma que corresponda de las incluidas en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión:

- a) Capacidad portante R.
- b) Integridad al paso de llamas y gases calientes E.
- c) Aislamiento térmico I.

Estos tres supuestos se consideran equivalentes en los especificados en la norma UNE 23093.

- a) Estabilidad mecánica (o capacidad portante).
- b) Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes.
- c) No emisión de gases inflamables en la cara no expuesta al fuego.
- d) Aislamiento térmico suficiente para impedir que la cara no expuesta al fuego supere las temperaturas que establece la norma correspondiente.

La distancia mínima, medida en proyección horizontal, entre una ventana y un hueco, o lucernario, de una cubierta será mayor de 2,50 m cuando dichos huecos y ventanas pertenezcan a sectores de incendio distintos y la distancia vertical, entre ellos, sea menor de cinco m.

Las puertas de paso entre dos sectores de incendio tendrán una resistencia al fuego, al menos, igual a la mitad de la exigida al elemento que separe ambos sectores de incendio, o bien a la cuarta parte de aquella cuando el paso se realice a través de un vestíbulo previo.

Los elementos compartimentadores móviles no serán asimilables a puertas de paso a efectos de la reducción de su resistencia al fuego.

Todos los huecos, horizontales o verticales, que comuniquen un sector de incendio con un espacio exterior a él deben ser sellados de modo que mantengan una resistencia al fuego que no será menor de:

- a) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de compuertas de canalizaciones de aire de ventilación, calefacción o acondicionamiento de aire.

- b) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de mazos o bandejas de cables eléctricos.
- c) Un medio de la resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos no inflamables ni combustibles.
- d) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos inflamables o combustibles.
- e) Un medio de la resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de tapas de registro de patinillos de instalaciones.
- f) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de cierres practicables de galerías de servicios comunicadas con el sector de incendios.
- g) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de compuertas o pantallas de cierre automático de huecos verticales de manutención, descarga de tolvas o comunicación vertical de otro uso.

Cuando las tuberías que atraviesen un sector de incendios estén hechas de material combustible o fusible, el sistema de sellado debe asegurar que el espacio interno que deja la tubería al fundirse o arder también queda sellado.

No será necesario el cumplimiento de estos requisitos si la comunicación del sector de incendio a través del hueco es al espacio exterior del edificio, ni en el caso de tuberías de agua a presión, siempre que el hueco de paso esté ajustado a ellas.

La justificación de que un elemento constructivo de cerramiento alcanza el valor de resistencia al fuego exigido se acreditará:

- a) Por contraste con los valores fijados en el apéndice 1 de la Norma básica de la edificación: condiciones de protección contra incendios en los edificios, o en la normativa de aplicación en su caso.
- b) Mediante marca de conformidad con normas UNE o certificado de conformidad o ensayo de tipo con las normas y especificaciones técnicas indicadas en el anexo IV de este reglamento.

Las marcas de conformidad, certificados de conformidad y ensayos de tipo serán emitidos por un organismo de control que cumpla las exigencias del Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

#### 2.6.2.6. Evacuación de los establecimientos industriales

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

$P = 1,10 p$ , cuando  $p < 100$ .

$P = 110 + 1,05 (p - 100)$ , cuando  $100 < p < 200$ .

$P = 215 + 1,03 (p - 200)$ , cuando  $200 < p < 500$ .

$P = 524 + 1,01 (p - 500)$ , cuando  $500 < p$ .

Donde  $p$  representa el número de personas que ocupa el sector de incendio, de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad.

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

En el caso de la nave que se va a construir, el número de trabajadores será  $15(p=15 < 100)$ , por lo que la ocupación se hallará mediante la primera fórmula:

$P = 1,10 p$ , cuando  $p < 100$  ;  $P = 1,10 \cdot 15 = 16,5 \approx 17$  personas

La evacuación de los establecimientos industriales que estén ubicados en edificios de tipo C (según el anexo I) debe satisfacer las condiciones siguientes:

#### 2.6.2.6.1. Elementos de la evacuación

Origen de evacuación: Todo punto ocupable.

Recorridos de evacuación: La longitud de los recorridos de evacuación por pasillos, escaleras y rampas, se medirá sobre el eje. Los recorridos en los que existan tornos u otros elementos que puedan dificultar el paso no pueden considerarse a efectos de evacuación.

Altura de evacuación: Es la mayor diferencia de cotas entre cualquier origen de evacuación y la salida del edificio que le corresponda.

Salidas: Es una puerta o un paso que conducen, bien directamente, o bien a través de otros recintos, hacia una salida de planta y, en último término, hacia una del edificio.

Salida de edificio que es una puerta o un hueco de salida a un espacio exterior seguro con superficie suficiente para contener a los ocupantes del edificio, a razón de  $0,50 \text{ m}^2$  por persona, dentro de una zona delimitada con un radio de distancia de la salida  $0,1P \text{ m}$ , siendo  $P$  el número de ocupantes.

$P = 15$  personas

Superficie espacio exterior necesaria:  $0,50 \text{ m}^2 / \text{personas} \Rightarrow 0,50 \times 17 = 8,5 \text{ m}^2$

Radio de distancia de la salida:  $0,1 \times P = 0,1 \times 17 = 1,7 \text{ m}$

#### 2.6.2.6.2. Compatibilidad de los elementos de evacuación

Se definen de acuerdo con el artículo 7 de la NBE-CPI/96, apartado 7.1, subapartados 7.1.1, 7.1.2, 7.1.3, 7.1.4, 7.1.5 y 7.1.6, respectivamente.



### Número y disposición de salidas:

Un recinto puede disponer de una única salida cuando cumpla las condiciones siguientes:

- a. Su ocupación es menor que 100 personas.
- b. No existen recorridos para más de 50 personas que precisen salvar, en sentido ascendente, una altura de evacuación mayor que 2 m.
- c. Ningún recorrido de evacuación hasta la salida tiene una longitud mayor que 25 m en general, o mayor que 50 m cuando la ocupación sea menor que 25 personas y la salida comunique directamente con un espacio exterior seguro.

La nave a construir tiene, por petición del cliente, dos salidas, por lo tanto, aunque cumplamos los requisitos para tener una única salida, pondremos dos.

Según el reglamento:

Las distancias máximas de los recorridos de evacuación de los sectores de incendio de los establecimientos industriales no superarán los valores indicados en el siguiente cuadro y prevalecerán sobre las establecidas en el artículo 7.2 de la NBE/CPI/96:

<i>Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas</i>		
Riesgo	1 salida recorrido único	2 salidas alternativas
Bajo(*)	35m(**)	50 m
Medio	25 m(***)	50 m
Alto	-----	25 m

(\*\*\*) La distancia se podrá aumentar a 35 m si la ocupación es inferior a 25 personas.

En nuestro caso: No sería posible poner una única puerta ya que el recorrido hasta la salida, en el peor de los casos, sería mayor que 35.

### Dimensionamiento de salidas, pasillos y escaleras:

De acuerdo con el artículo 7 de la NBE-CPI/96, apartado 7.4, subapartados 7.4.1, 7.4.2 y 7.4.3.

La anchura A, en m, de las puertas, pasos y pasillos será al menos igual a  $P/200$ , siendo P el número de personas asignadas a dicho elemento de evacuación, excepto las puertas de salida de recintos de escalera protegida a planta de salida del edificio, para las que será suficiente una anchura igual al 80% de la calculada para la escalera.

$$P/200=17/200=0.085m$$

La anchura libre en puertas, pasos y huecos previstos como salida de evacuación será igual o mayor que 0,80 m. La anchura de la hoja será igual o menor que 1,20 m y en puertas de dos hojas, igual o mayor que 0,60 m. La anchura libre de las escaleras y de los pasillos previstos como recorridos de evacuación será igual o mayor que 1,00 m. Puede considerarse que los pasamanos no reducen la anchura libre de los pasillos o de las escaleras.

#### Características de las puertas:

De acuerdo con el artículo 8 de la NBE-CPI/96, apartado 8.1.

Las puertas de salida serán abatibles con eje de giro vertical y fácilmente operables.

#### Señalización e iluminación:

##### a) Señalización de evacuación

De acuerdo con el artículo 12 de la NBE-CPI/96, apartados 12.1, 12.2 y 12.3; además, deberán cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril.

Las salidas de recinto, planta o edificio contempladas en el artículo 7 estarán señalizadas.

Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos que deben seguirse desde todo origen de evacuación hasta un punto desde el que sea directamente visible la salida o la señal que la indica.

Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos que deben seguirse desde todo origen de evacuación hasta un punto desde el que sea directamente visible la salida o la señal que la indica y, en particular, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente a un pasillo. En los puntos de los recorridos de evacuación que deban estar señalizados en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas, de forma tal que quede claramente indicada la alternativa correcta.

En dichos recorridos, las puertas que no sean salida y que puedan inducir a error en la evacuación, deberán señalizarse con la señal correspondiente definida en la norma UNE 23 033 dispuesta en lugar fácilmente visible y próxima a la puerta.

Para indicar las salidas, de uso habitual o de emergencia, se utilizarán las señales definidas en la norma UNE 23 034.

##### b) Señalización de los medios de protección

Deben señalizarse los medios de protección contra incendios de utilización manual, que no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida por dicho medio, de forma tal que desde dicho punto la señal resulte fácilmente visible. Las señales serán las definidas en la norma UNE 23 033 y su tamaño será el indicado en la norma UNE 81 501.

c) Iluminación

En los recorridos de evacuación, en los locales de riesgo especial y en los que alberguen equipos generales de protección contra incendios, la instalación de alumbrado normal debe proporcionar, al menos, los mismos niveles de iluminación que se establecen en el artículo 21 para la instalación de alumbrado de emergencia.

Las señales a las que se hace referencia en los apartados a) y b) deben ser visibles, incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Para ello, dispondrán de fuentes luminosas incorporadas externa o internamente a las propias señales, o bien serán auto-luminiscentes, en cuyo caso, sus características de emisión luminosa deberán cumplir lo establecido en la norma UNE 23 035 Parte 1.

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

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

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

Los sectores de incendio con actividades de producción, montaje, transformación, reparación y otras distintas al almacenamiento si:

Están situados en cualquier planta sobre rasante y su nivel de riesgo intrínseco es alto o medio, a razón de un mínimo de superficie aerodinámica de 0,5 m<sup>2</sup> /200 m<sup>2</sup> o fracción.

En el caso de la nave que se va a construir, tenemos 800m<sup>2</sup>, por lo que se necesitan 2m<sup>2</sup> de ventilación.

Se pondrán unas ventanas en la parte superior de la nave.

La ventilación será natural a no ser que la ubicación del sector lo impida; en tal caso, podrá ser forzada. Los huecos se dispondrán uniformemente repartidos en la parte alta del sector, ya sea en zonas altas de fachada o cubierta. Los huecos deberán ser practicables de manera manual o automática. Deberá

disponerse, además, de huecos para entrada de aire en la parte baja del sector, en la misma proporción de superficie requerida para los de salida de humos, y se podrán computar los huecos de las puertas de acceso al sector.

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

#### 2.6.3. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales

- Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y en la Orden de 16 de abril de 1998, sobre normas de procedimiento y desarrollo de aquel.

- Los instaladores y mantenedores de las instalaciones de protección contra incendios, a que se refiere el apartado anterior, cumplirán los requisitos que, para ellos, establece el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y disposiciones que lo complementan.

- Sistemas automáticos de detección de incendio

No se necesitan.

- Sistemas manuales de alarma de incendio.

No se necesitan.

- Sistemas de comunicación de alarma.

No se necesitan.

- Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.

No se necesitan.

- Sistemas de hidrantes exteriores.

No se necesitan.

TABLA 3.1  
HIDRANTES EXTERIORES EN FUNCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE LA ZONA,  
SU SUPERFICIE CONSTRUIDA Y SU NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

Configuración de la zona de incendio	Superficie del sector o área de incendio (m <sup>2</sup> )	Riesgo Intrínseco		
		Bajo	Medio	
A	≥300 ≥1000	NO SÍ*	SÍ SÍ	
B	≥1000 ≥2500 ≥3500	NO NO SÍ	NO SÍ SÍ	SÍ SÍ SÍ
C	≥2000 ≥3500	NO NO	NO SÍ	SÍ SÍ
D o E	≥5000 ≥15000	SÍ	SÍ SÍ	SÍ SÍ

- Extintores de incendio.

Se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales.

El agente extintor utilizado será seleccionado de acuerdo con la tabla I-1 del apéndice 1 del Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre.

TABLA I-1

**Agentes extintores y su adecuación a las distintas clases de fuego**

Agente extintor	Clase de fuego (UNE 23.010)			
	A (Sólidos)	B (Líquidos)	C (Gases)	D (Metales especiales)
Agua pulverizada .....	(2)xxx	x		
Agua a chorro .....	(2)xx			
Polvo BC (convencional) .....		xxx	xx	
Polvo ABC (polivalente) .....	xx	xx	xx	
Polvo específico metales .....				xx
Espuma física .....	(2)xx	xx		
Anhídrido carbónico ...	(1)x	x		
Hidrocarburos halogenados .....	(1)x	xx		

Si la clase de fuego del sector de incendio es A, se determinará la dotación de extintores del sector de incendio de acuerdo con la tabla 3.1.

TABLA 3.1

DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN DE EXTINTORES PORTÁTILES EN SECTORES DE INCENDIO CON CARGA DE FUEGO APORTADA POR COMBUSTIBLES DE CLASE A

GRADO DE RIESGO INTRÍNSECO DEL SECTOR DE INCENDIO	EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	ÁREA MÁXIMA PROTEGIDA DEL SECTOR DE INCENDIO
BAJO	21 A	Hasta 600 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso)
MEDIO	21 A	Hasta 400 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso)
ALTO	34 A	Hasta 300 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso)

En la nave industrial a construir, el único combustible sería el PVC, que entra dentro de tipo A, por lo que según la tabla I-1 una de las opciones sería poner extintores ABC.

El área máxima de protegida del sector de incendio según la tabla 3.1 serían 400m<sup>2</sup>( un extintor más por cada 200m<sup>2</sup>, o fracción en exceso).

La nave tendrá 800m<sup>2</sup>, por lo que se necesitarán 3 extintores.

El emplazamiento de los extintores portátiles de incendio permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere 15 m.

Debido a que la distancia máxima de recorrido hasta el extintor es de 15m, se colocarán 6 extintores.

- Sistemas de bocas de incendio equipadas

No se necesitan.

- Sistemas de columna seca

No se necesitan.

- Sistemas de rociadores automáticos de agua

No se necesitan.

- Sistemas de agua pulverizada

No se necesitan.

- Sistemas de espuma física

No se necesitan.

- Sistemas de extinción por polvo

No se necesitan.

- Sistemas de extinción por agentes extintores gaseosos

No se necesitan.

- Sistemas de alumbrado de emergencia

Contarán con una instalación de alumbrado de emergencia de las vías de evacuación los sectores de incendio de los edificios industriales cuando estén situados en cualquier planta sobre rasante, cuando la ocupación, P, sea igual o mayor de 10 personas y sean de riesgo intrínseco medio o alto.

La instalación de los sistemas de alumbrado de emergencia cumplirá las siguientes condiciones:

- a) Será fija, estará provista de fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo del 70 por ciento de su tensión nominal de servicio.
- b) Mantendrá las condiciones de servicio durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo.
- c) Proporcionará una iluminancia de un lx, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación.
- d) La iluminancia será, como mínimo, de cinco lx en los espacios definidos en el apartado 16.2 de este anexo.
- e) La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente entre la iluminancia máxima y la mínima sea menor que 40.
- f) Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión de paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que comprenda la reducción del rendimiento luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la suciedad de las luminarias.

- Señalización

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

2.6.4. Relación de normas UNE de obligado cumplimiento en la aplicación de reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

UNE 23093 – 1: 1998. Ensayos de resistencia al fuego. Parte I. Requisitos generales.

UNE 23093 – 2: 1998. Ensayos de resistencia al fuego. Parte II. Procedimientos alternativos y adicionales.

UNE-EN 1363-1:2000 Ensayos de resistencia al fuego. Parte 1. Requisitos generales  
UNE-EN 1363-2:2000 Ensayos de resistencia al fuego. Parte 2. Procedimientos alternativos y adicionales.

UNE-EN 13501-1:2002 Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.



UNE-EN 13501-2:2004 Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de su comportamiento ante el fuego. Parte 2: clasificación a partir de datos obtenidos en los ensayos de resistencia al fuego excluidas las instalaciones de ventilación.

UNE-EN 3-7:2004 Extintores portátiles de Incendios. Parte 7. Características, requisitos de funcionamiento y métodos de ensayo.

UNE-EN 12845:2004 Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño, instalación y mantenimientos.

UNE 23500: 1990. Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.

UNE 23585:2004 Seguridad contra incendios. Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos (SCTEH). Requisitos y métodos de cálculo y diseño para proyectar un sistema de control de temperatura y de evacuación de humos en caso de incendio.

UNE 23727: 1990. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.

## 2.7. BIBLIOGRAFÍA

Prontuario de perfiles de Acero

Acero laminado

Autor: Larburu Arrizabalaga, Nicolás  
Editorial: Paraninfo, Madrid  
Año: 1992

Estructuras de acero

Autor: Argüelles Álvarez Ramón  
Editorial: Bellisco, Madrid  
Año 2010

Hormigón armado

Autor: Jiménez Montoya, Pedro  
Editorial: Gustavo Gili, Barcelona  
Año: 2010

Cype 3D 2016

Autor: Reyes Rodriguez, Antonio

Manuel

Editorial: Anaya

Año: 2016

**NORMATIVA:**

NTE

Normas Tecnológicas de la edificación.

CTE - SE

Documento básico seguridad estructural.

CTE - SE - AE

Documento básico seguridad estructural acciones de la edificación.

CTE - SE - A

Documento básico seguridad estructural acero.

EHE

Instrucción de hormigón estructural.

CTE-DB-HR

Condiciones acústicas en los edificios.

CTE DB-SI

Condiciones de protección contra incendios en los edificios.

## 2.8. PRESUPUESTO

<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	
<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>IMPORTE</b>
Movimiento de tierras	20.356,41€
Cimentación	28.630,22€
Estructura metálica	193.714,44€
Cerramiento	55.975,45€
Albañilería	8.925,20€
Carpintería	20.147€
Pinturas	89.600€
Fontanería	24.441,45€
Instalación contra incendios	1358,2€
Estudio de seguridad y salud	21.744,47€
Plan de control de calidad	5.892,56€
Plan de gestión de residuos	463,49€
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIALES</b>	<b>471.248,90€</b>
13% GASTOS GENERALES	61.262,36€
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	28.274,93€
<b>TOTAL</b>	<b>560.786,20€</b>
21% IVA	117.765,10€
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b><u>678.551,30€</u></b>

Según se justifica en el correspondiente documento de este proyecto, el presupuesto total, asciende a la cantidad de **SEISCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS Y TREINTA CÉNTIMOS DE EURO (678.551,30€)**.

## 2.9. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución previsto será de nueve meses y la obra dará comienzo en Diciembre de 2017.

## 2.10. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A=Área

$A_e$  = Área efectiva.

E = Módulo de deformación.

$E_s$  = Módulo de elasticidad del acero.

F = Acción.

$F_d$  = Valor de cálculo de una acción.

$F_k$  = Valor característico de una acción.

$F_m$  = Valor medio de una acción.

G = Carga permanente. Módulo de elasticidad transversal.

$G_k$  = Valor característico de la carga permanente.

I = Momento de inercia.

K = Cualquier coeficiente con dimensiones.

M = Momento flector.

$M_d$  = Momento flector de cálculo

$M_r$  = Momento de fisuración del hormigón en flexión.

$M_u$  = Momento flector último.

N = Esfuerzo normal.

$N_d$  = Esfuerzo normal de cálculo.

$N_u$  = Esfuerzo normal último.

Q = Carga variable.

$Q_k$  = Valor característico de Q.

S = Solicitación. Momento de primer orden de un área.

$S_d$  = Valor de cálculo de la sollicitación.

T = Momento torsor. Temperatura.

$T_d$  = Momento torsor de cálculo.

$T_u$  = Momento torsor último.

$U_s$  = Capacidad mecánica del acero

V = Esfuerzo cortante.

$V_d$  = Esfuerzo cortante de cálculo.

$V_u$  = Esfuerzo cortante último.

W = Módulo resistente. Carga de viento.

a = Flecha. Distancia.

b = Anchura; anchura de una sección rectangular.

$b_e$  = Anchura eficaz de la cabeza de una sección en T.

$b_w$  = Anchura del alma o nervio de una sección en T.

c = Recubrimiento.

d = Altura útil. Diámetro.

$d'$  = Distancia de la fibra más comprimida del hormigón al centro de gravedad de la armadura de compresión ( $d' = d_2$ ).

e = Excentricidad.

f = Resistencia.

$f_c$  = Resistencia del hormigón a compresión.

$f_{cd}$  = Resistencia de cálculo del hormigón a compresión.

$f_{ck}$  = Resistencia característica del hormigón a compresión.

$f_{cm}$  = Resistencia media del hormigón a compresión.

$f_{ct}$  = Resistencia del hormigón a tracción.

$f_s$  = Carga unitaria de rotura del acero.

$f_y$  = Límite elástico aparente de un acero natural.

$f_{yd}$  = Resistencia de cálculo de un acero.

$f_{yk}$  = Límite elástico característico de un acero.

$h$  = Canto total o diámetro de una sección. Espesor.

$i$  = Radio de giro.

$j$  = Número de días.

$k$  = Cualquier coeficiente con dimensiones.

$l_b$  = Longitud de anclaje.

$l_e$  = Longitud de pandeo.

$l_o$  = Distancia entre puntos de momento nulo.

$m$  = Momento flector por unidad de longitud o de anchura.

$q$  = Carga variable repartida.

$r$  = Radio.

$s$  = Espaciamiento. Separación entre planos de armaduras transversales.

### LETRAS MINUSCULAS GRIEGAS

$\alpha$  : Angulo. Coeficiente adimensional.

$B$ : Angulo. Coeficiente adimensional.

$\gamma$ : Coeficiente de ponderación o seguridad.

$\gamma_m$ : Coeficiente de minoración de la resistencia de los materiales.

$\gamma_s$ : Coeficiente de seguridad o minoración del límite elástico del acero.

$\gamma_f$ : Coeficiente de seguridad o ponderación de las acciones o solicitaciones.

$\gamma_n$ : Coeficiente de seguridad o ponderación complementario de las acciones o solicitaciones.

$\delta$ : Coeficiente de variación.

$\eta$ : Coeficiente de reducción relativo al esfuerzo cortante.

$\lambda$ : Coeficiente adimensional

$\mu$ : Momento flector reducido o relativo

$\nu$ : Esfuerzo normal reducido o relativo

$\xi$ : Coeficiente sin dimensiones

$\rho$ : Cuantía geométrica

$\sigma$ : Tensión normal

$\sigma_s$ : Tensión en el acero

$\sigma_{s1}$ : Tensión de la armadura más traccionada, o menos comprimida.

$\sigma_{s2}$ : Tensión de la armadura más comprimida, o menos traccionada.

$\tau$ : Tensión tangente

$\tau_b$ : Tensión de adherencia

$\tau_w$ : Tensión tangente del alma

$\varphi$ : Coeficiente adimensional

$\psi$ : Coeficiente adimensional

$\omega$ : Cuantía mecánica

