



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



DOCUMENTO N°1:

ANEJO 1: ESTUDIO DE SOLUCIONES

Autor: Catalán García, Juan

Tutor: Noguera Puchol, Guillermo

Cotutor: Navarro Gregori, Juan



INDICE

1	ESTRUCTURAS INDUSTRIALES	3
1.1	Funcionalidad	3
2	ESTUDIO DE SOLUCIONES	5
2.1	Situación de la posición de la nave industrial dentro de la parcela.	6
2.2	Elección de la cubierta de la nave industrial	9
2.3	Elección de los materiales de la estructura de la nave industrial	10
2.4	Elección de tipología del sistema estructural	16
2.5	Elección de los cerramientos	20
3	ANÁLISIS DE LAS POSIBLES SOLUCIONES ESTRUCTURALES	24
3.1	Tipología 1	26
3.2	Tipología 2	41
3.3	Tipología 3	49
4	ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN MÁS ÓPTIMA	54
4.1	Tablas resumen de resultado	55
4.2	Conclusión	56



INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Nave Industrial Diáfana	3
Ilustración 2 Modulación entre Pórticos.....	19
Ilustración 3 Panel Sándwich de Cubierta	20
Ilustración 4 Panel Sándwich translucido	21
Ilustración 5 Detalle Correa de cubierta	22
Ilustración 6 Placas Alveolares para Cerramiento	23
Ilustración 7 Dimensiones Pórtico Tipo	26
Ilustración 8 Detalle Placa de Anclaje T1	34
Ilustración 9 Vista 3D Pórtico Tipología 1	37
Ilustración 10 Detalle Zapata T1	38
Ilustración 11 Vista 3D Pórtico Tipología 2	43
Ilustración 12 Dimensionamiento Celosía IZ	46
Ilustración 13 Dimensionamiento Celosía DR	46
Ilustración 14 Vista 3D Pórtico Tipología 3	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 2 Cuadro de Ordenanzas	7
Tabla 3 Comprobación placa anclaje	36
Tabla 4 Medición Acero T1	40
Tabla 5 Medición Hormigón T1	40
Tabla 6 Medición Acero T2	48
Tabla 7 Medición Hormigón T2	48
Tabla 8 Medición Acero T3	53
Tabla 9 Medición Hormigón T3	53

1 ESTRUCTURAS INDUSTRIALES

1.1 Funcionalidad

Las naves industriales son edificios funcionales, diáfanos, orientados a la producción de algún bien de manera que en su interior tiene lugar todo tipo de actividades del proceso productivo, albergando operarios, maquinaria y materias primas aislándolas de los agentes externos, facilitando así el proceso de fabricación industrial.

Estas estructuras suelen diseñarse y ejecutarse de manera que su construcción sea económica y cubra las necesidades básicas y funcionales, por lo que en su mayoría están formadas por una estructura metálica, recubierta de paramentos de fábrica de ladrillo, hormigón o chapa metálica y la cubierta suele ser también ligera, de chapa de acero o fibrocemento con algún lucernario para dejar pasar la luz del exterior.

Ilustración 1 Nave Industrial Diáfana





La elección de uno y otro material dependerá de múltiples factores entre los que destaca, por supuesto, el económico, aunque no es el único, ya que tanto el acero como el hormigón armado o pretensado presentan ventajas e inconvenientes que se deben tener en cuenta.

Tenemos que garantizar que la estructura sea eficaz desde el punto de vista resistente, constructivo y también desde el punto de vista económico. Por ello vamos plantear diferentes soluciones estructurales para elegir la más óptima.



2 ESTUDIO DE SOLUCIONES

Comenzaremos analizando y describiendo cada una de las soluciones de las partes más relevantes de la nave, con el propósito de hallar la solución más óptima, justificando la elección de cada una de ellas, basándonos en parámetros como la finalidad de la obra, función estática, cualidades estéticas y condiciones económicas así como la facilidad y rapidez de montaje de la estructura.

La combinación de estos factores ha llevado a determinar el material, tipo de estructura, su forma y dimensiones y el proceso de ejecución.

Como se menciona anteriormente la nave industrial no tiene uso específico, sino que es para su posible venta o alquiler, con lo cual nos intentaremos adaptar a una solución que cubra los usos más habituales para este tipo de estructuras adaptándose también a posibles modificaciones o ampliaciones.

También hay que tener en cuenta que se tienen que cumplir el conjunto de normativas que el ayuntamiento de Xàtiva impone para construir en una parcela en su polígono, y que tiene que estar preparada para una futura ampliación, en caso de necesitar más espacio para realizar la actividad de la empresa que la compre o alquile.

Una de las condiciones principales es la ubicación de la obra, en función de las condiciones climáticas será óptima un diseño estructural u otro.

El objetivo de este anejo es definir y justificar todas y cada una de las posibles características de la nave industrial que se pretende diseñar con este trabajo. Se tratan los siguientes aspectos:



2.1 Situación de la posición de la nave industrial dentro de la parcela.

Siguiendo la normativa recogida del plan parcial que afecta al polígono industrial de 'La Vila' en Xàtiva (Valencia).

La línea de edificación estará retranqueada:

Retranqueo frontal a 5m del límite de la propiedad, pudiéndose vallar el espacio que quede entre la edificación y el vial

Retranqueo lateral a 3m (Edificaciones Contiguas)

Se prohíbe expresamente el uso de los espacios libres visibles desde el exterior como depósito de materiales y/o desperdicios.

En cuanto a la altura máxima de edificación se establece:

Altura máxima que podrán alcanzar las edificaciones 10m

La altura de fachada (Alero) máxima es de 7m

Deberá preverse una plaza de estacionamiento por cada 100 m² de edificación proyectada.

Las plazas de aparcamiento tendrán unas dimensiones mínimas de 4,50 por 2,20 m, y contarán con accesos suficientes.

Teniendo en cuenta lo nombrado anteriormente por la normativa se procede a la elección de la posición final de la nave industrial.

La parcela tiene una superficie de 2450 m² dentro de la cual se debe ubicar la nave industrial.



Tabla 1 Cuadro de Ordenanzas

CUADRO DE ORDENANZAS		
	NORMATIVA	PROYECTO
RETRANQUEO MINIMO LINDEROS HASTIALES	5m	10m
RETRANQUEO MINIMO LINDEROS LATERALES	3m	4m
ALTURA REGULADORA MAXIMA ALERO	7m	7m
ALTURA REGULADORA MAXIMA CORONACION	10m	9,5m
EDIFICABILIDAD MAXIMA(0,80m ² /m ²)	1960 m ²	1125 m ²
COEFICIENTE DE OCUPACION MAX.(0,65)	1592,5 m ²	1125 m ²

Las dimensiones definitivas de la nave industrial a proyectar será 40 m de larga y 25 m de ancha.

Dada la forma rectangular de la parcela, la disposición definitiva en planta más razonable es la que se muestra en los planos de este proyecto, ya que de esta forma permite una superficie alrededor de las zonas de acceso de la vía a la nave de ancho suficiente para que pueda ser posible la entrada y salida de vehículos para personal y pesados o de transporte de materiales.

En la parte exterior de la nave queda un espacio útil suficiente tanto para el aparcamiento de vehículos como para el acceso o salida.

Se adopta una altura de los hastiales de 7m, que es la altura máxima que nos define el plan parcial que se aplica en la zona donde se sitúa la nave.

Para fijar la altura de la nave debemos tener en cuenta los siguientes criterios:



Uso de la nave: Con esta altura debemos permitir contener dentro las instalaciones y los materiales que en ella se dispongan. Siempre dejando prevista una posible ampliación del proceso productivo y/o de la capacidad de almacenaje.

Precio: Evidentemente cuanto más alta más cara, además de influir el factor del confort climático que para una zona cálida se preferirán naves altas al ser más frías en invierno pero también en verano.

Confort lumínico: Es más fácil conseguir una iluminación con menos contraste en el plano de trabajo en naves altas.

Elementos constructivos internos: Al disponer de una entreplanta debemos considerar una altura útil para que se pueda trabajar en condiciones de salubridad y sin agobios de tipo claustrofóbico.

Estas dimensiones se adaptan a nuestra parcela y satisfacen la función de este tipo de estructuras de ser diáfanas y con capacidad suficiente para ser destinadas a multitud de usos industriales.



2.2 Elección de la cubierta de la nave industrial

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

La cubierta se diseñara a dos aguas y con respecto a la pendiente las cubiertas de las naves industriales construidas con perfiles metálicos suelen estar por debajo del 25%.

Mientras más pendiente tenga una cubierta mejor suele trabajar la estructura, porque es más abovedada y porque la nieve resbalara mejor, además tendremos menos goteras.

Por otra parte mientras menos pendiente tenga, menos sensible es al viento.

Se colocaran pilares hastiales para conformar a la estructura una resistencia adecuada al viento frontal

Para la entreplanta simplemente haremos uso de jácenos o vigas de carga transversales, apoyadas o empotradas.

Se adopta una pendiente del 20 % común para este tipo de edificaciones industriales en la zona donde se va a proyectar.



2.3 Elección de los materiales de la estructura de la nave industrial

Una vez decididas las dimensiones de la nave y su posicionamiento dentro de la parcela se va a proceder a elegir los materiales de la nave industrial.

Estudiaremos las ventajas y desventajas de las tres alternativas más comunes para ejecutar este tipo de edificaciones que son:

- Elementos de hormigón prefabricado
- Elementos de hormigón armado in situ
- Elementos de estructura metálica

2.3.1 Hormigón armado in situ

Uno de los principales inconvenientes de este material es que se trata de un material de resistencia menor al acero, por tanto para resistir los mismos esfuerzos solicitantes, los pilares y los dinteles de la estructura deberían tener secciones superiores a las necesarias con el material acero. Esto produciría un incremento en el peso de la estructura y su coste. El incremento de peso provocaría que la cimentación recibiera una mayor solicitación de cargas, lo que supondría un incremento en las dimensiones de las zapatas a parte de su coste. El principal inconveniente de la solución es que es la más lenta de ejecutar. Esta solución por tanto se descarta salvo su uso en cimentaciones.

2.3.2 Hormigón prefabricado

Se trata una solución intermedia en cuanto a peso entre la solución de hormigón armado in situ y la estructura metálica. La prefabricación permite acortar los plazos de ejecución de las obras y aumentar la calidad del hormigón ofrecido en obra. Sin embargo su coste de ejecución material hace que se trate de soluciones más caras que el acero empleado en estructuras metálicas.



Las estructuras prefabricadas de hormigón son estructuras de hormigón armado pretensado con la particularidad de que sus elementos se pueden realizar en un taller, fuera de la obra. Presentan la gran ventaja de que salen de fábrica tal y como se colocarán en la obra. De esta forma se consigue que la calidad del material y de las piezas sea uniforme. El problema que presentan es el transporte, ya que puede resultar costoso para piezas grandes las cuales necesitaran un transporte especial. Los distintos elementos estructurales van encajados unos con otros, con lo que el conjunto resulta isostático.

2.3.3 Estructura metálica

La principal ventaja del acero estructural es la alta resistencia mecánica y reducido peso propio, que conlleva a la necesidad de secciones resistentes reducidas frente a las solicitaciones existentes, por lo que los elementos estructurales suelen ser ligeros en comparación con elementos de hormigón in situ o prefabricado.

Cuando el peso de la estructura es una parte muy importante de la carga solicitante como es el caso de las naves industriales. Este hecho hace a las estructuras metálicas insustituibles en aquellos casos en que el peso de la estructura es una parte sustancial de la carga total, como es el caso de las naves industriales. En segundo lugar destacar otra ventaja como la facilidad de montaje y transporte debido a su ligereza, así como también la rapidez de su ejecución, ya que se elimina el tiempo necesario para el fraguado, montaje y colocación de encofrados que necesitan las estructuras de hormigón.



2.3.4 Estructura Metálica frente a estructura de Hormigón

Al necesitar de espacio diáfano y alto los diseños de estructuras recurren siempre a marcos rígidos por ser el sistema más económico para cubrir grandes luces

Encontramos dos tipologías fundamentalmente, los marcos de hormigón armado o pretensado y los marcos metálicos tipo cercha o tipo pórtico.

El problema fundamental de las naves construidas con pórticos es su precio que son más caras que las metálicas.

La cubierta de la nave tienes que conservar su condición de ligeras para ser económicas, dado que estarán sometidas a esfuerzos pequeños en comparación con el suelo.

Las vigas delta de hormigón pretensado o armado son demasiado pesadas para luces grandes, lo que repercute en mayores secciones y armado coste de fabricación transporte y elevación.

Basándonos en el estudio de funcionalidad de este tipo de estructuras y asumiendo las ventajas y desventajas del uso de este material centraremos nuestro estudio en este tipo de construcciones.



El principal material será el acero. Habiendo considerado como aspectos positivos:

- Corto período de construcción, con rápida utilización y mínimos costes de capital.
- Reducción de las dimensiones de la estructura portante.
- Luces mayores entre pilares, lo que permitirá una entrada ágil y cómoda de camiones en la nave.
- Alta resistencia y ductilidad.
- Fabricación en taller de algunos elementos. Lo cual facilita y acelera el montaje de estos en obra.
- Integración racional de los servicios (instalaciones) en la estructura metálica.
- Flexibilidad y adaptabilidad.
- Facilidad para cambios futuros.
- Fácil desmontaje y reutilización de la estructura metálica.
- Valor residual del material metálico.
- Mínima perturbación para otras actividades



A continuación se enumeran algunas de sus propiedades más destacadas:

- Las estructuras metálicas, al tomar grandes deformaciones, antes de producirse el fallo definitivo “avisan”.
- El material es homogéneo y la posibilidad de fallos humanos es mucho más reducida que en estructuras construidas con otros materiales. Lo que permite realizar diseños más ajustados, y por tanto más económicos.
- Ocupan poco espacio. Los soportes molestan muy poco, para efectos de la distribución interior, por lo que se obtiene buena rentabilidad a toda la superficie construida. Los cantos de las vigas son reducidos y los anchos aún son menores. En general las estructuras metálicas pesan poco y tienen elevada resistencia.
- Las estructuras metálicas no sufren fenómenos reológicos que, salvo deformaciones térmicas, deban tenerse en cuenta. Conservan indefinidamente sus excelentes propiedades.
- Estas estructuras admiten reformas, por lo que las necesidades y los usos pueden variar, adaptándose con facilidad a las nuevas circunstancias. Su refuerzo, en general, es sencillo.
- Las estructuras metálicas se construyen de forma rápida, ya que al ser elementos prefabricados, en parte, pueden montarse en taller. Asimismo tienen resistencia completa desde el instante de su colocación en obra.
- Al demolerlas todavía conserva el valor residual del material, ya que este es recuperable.



Si bien, también presentan algunas desventajas que obligan a tener ciertas precauciones al emplearlas. Las principales son:

- Son necesarios dispositivos adicionales para conseguir la rigidez (diagonales, nudos rígidos, pantallas, etc.)
- La elevada resistencia del material origina problemas de esbeltez.
- Es necesario proteger las estructuras metálicas de la corrosión y del fuego.
- El resultado de las uniones soldadas es dudoso, especialmente en piezas trabajando a tracción. (Defectos: falta de penetración, falta de fusión, poros y oclusiones, grietas, mordeduras, picaduras y desbordamientos)
- Excesiva flexibilidad, lo que produce un desaprovechamiento de la resistencia mecánica al limitar las flechas, y produce falta de confort al transmitir las vibraciones.

Debido a las importantes ventajas que presentan las estructuras metálicas, en lo que sigue centraremos nuestro estudio en este tipo de construcciones.



2.4 Elección de tipología del sistema estructural

En lo referente al sistema estructural, podemos encontrarnos con las siguientes posibilidades: - Nave única o nave doble. - Empotrada o articulada en los apoyos. - Con nudos rígidos o articulados. A la promotora del proyecto le interesa que la construcción se realice no solo basándose en el aspecto económico de coste del material sino también con la mayor celeridad posible, tanto en ejecución como puesta en servicio y en este aspecto la estructura metálica cobra ventaja sobre el hormigón. Pero además tiene otras ventajas como son la relación coste- mano de obra y la mayor facilidad frente a posibles ampliaciones, que aconsejan la estructura de acero más oportuna.

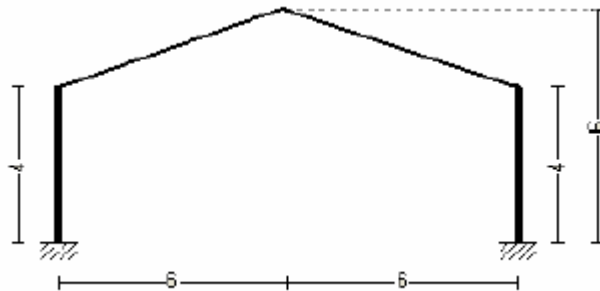
Para la elección del tipo de estructura y debemos analizar las diferentes tipologías para los diferentes usos específicos, los pórticos son una solución estándar y muy utilizada la cual nos interesa a la hora de diseñar una nave sin uso específico.

Al diseñar la nave se han tenido en cuenta se han tenido en cuenta las diferentes opciones de pórticos que se utilizan más comúnmente .La solución tipo pórtico se adapta a nuestra finalidad considerando que con otras soluciones no se consigue un espacio diáfano tan grande con un consumo más o menos óptimo de recursos.

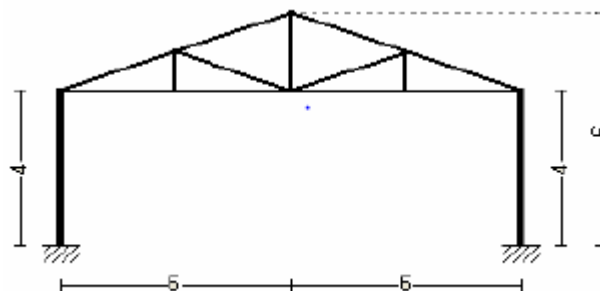
Desde el punto de vista de la funcionalidad elegimos una estructura formada por pórticos metálicos orientada a disponer de un gran volumen interior, diáfano, con una capacidad de soportar cargas media y disponiendo de nudos rígidos pudiendo llegar a longitudes máximas de 30-35 m.

Dependiendo de su forma y elementos reciben diferentes nombres como por ejemplo:

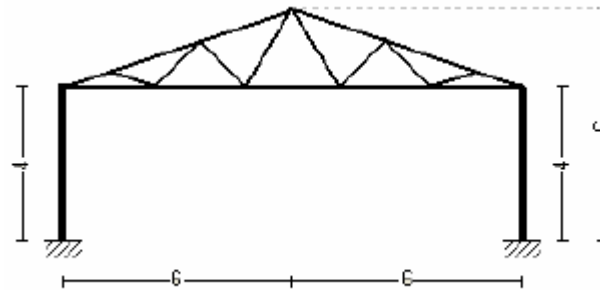
Pórtico simple: formado por dos pilares y dos vigas unidas que forman el Dintel del pórtico, pueden ser simétricos o asimétricos.



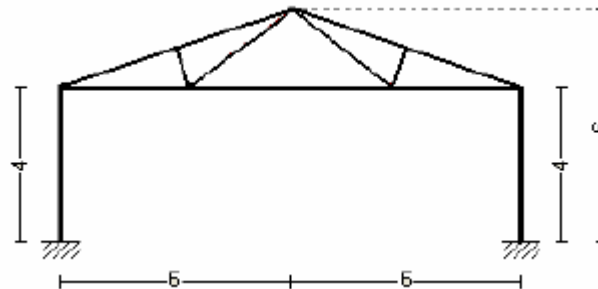
Pórtico en celosía americana: formado por una viga en cercha y dos pilares.



Pórtico en celosía belga: formado por dos pilares y una viga en cercha.

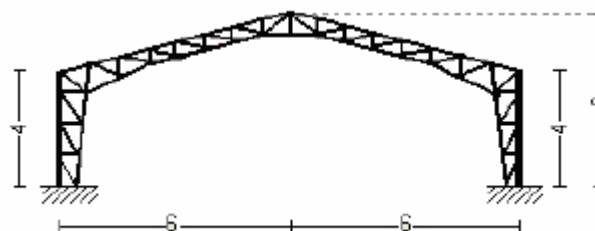


Pórtico en celosía Ponceau: formado también por dos pilares y una viga en cercha.



Como se ha visto en estos ejemplos la variedad está en la confección de la cercha que une los dos pilares, cada una de ellas resuelve de manera similar la estructura para soportar las cargas.

Pórtico Celosía: Se trata de un pórtico en el que tanto los dinteles como los pilares están formados por celosías de barras. Son estructuras muy ligeras usadas cuando se quieren cubrir grandes luces. Su rango de aplicación suele ser de 15 a 30 metros de luz.



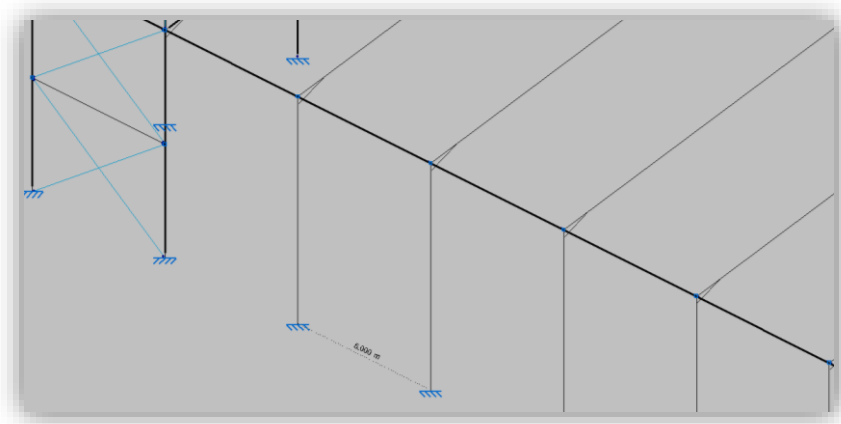
Estudiaremos, basándonos en parámetros como el peso y el coste tanto material como de montaje y ejecución, distintas configuraciones estructurales metálicas para la luz de 25m ya definida.

2.4.1 Modulación entre pórticos.

En este tipo de estructuras la modulación óptima (distancia entre pórticos) es de 5m, basándonos en recomendaciones para esta tipología estructural. Con esta separación optimizamos las estructuras desde el punto de vista económico y desde el punto de vista de la comodidad de construcción y montaje. Dispondremos de 8 módulos de 5m.

Modulación de pórticos metálicos: 4,5-10 m ideal entre 5 y 6,5 m

Ilustración 2 Modulación entre Pórticos



2.5 Elección de los cerramientos

2.5.1 Cerramiento de Cubierta.

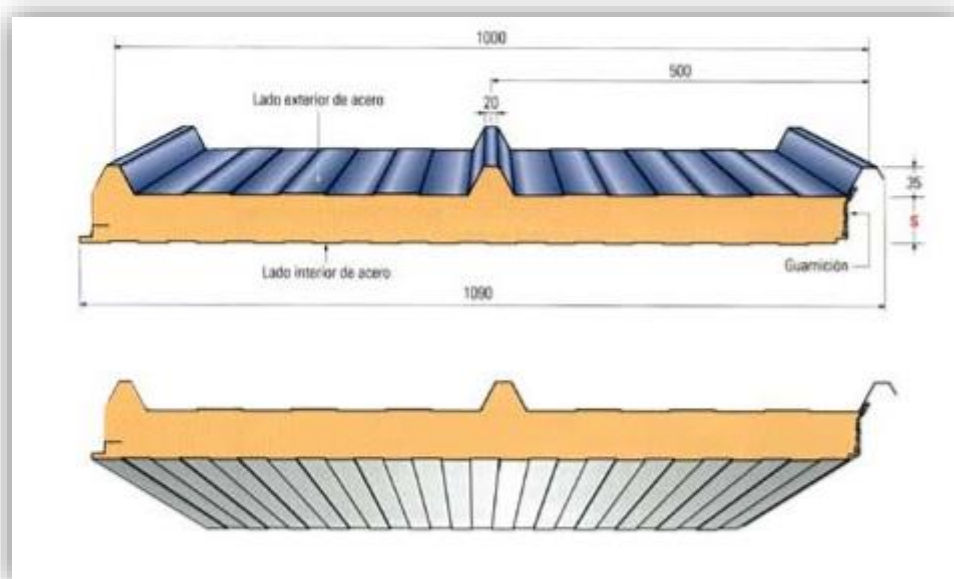
En cuanto a los materiales de la cubierta estará compuesta por paneles tipo sándwich de 30 mm de espesor.

Son elementos que se han impuesto en la mayoría de edificaciones de este tipo.

Algunas de las ventajas de la utilización de esta solución son:

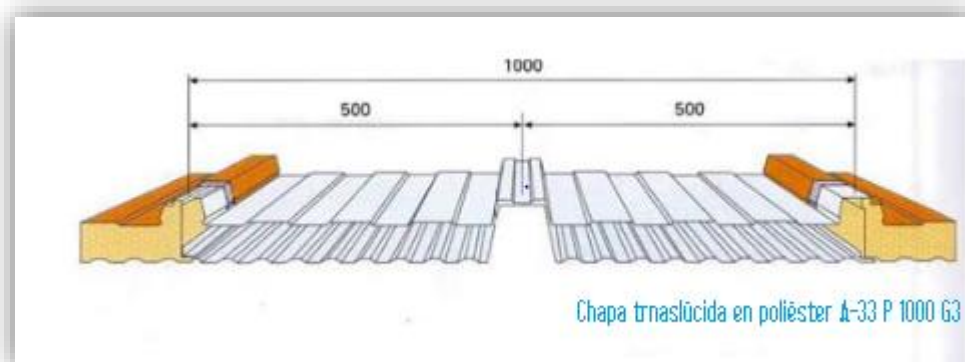
- Ahorro en el consumo energético, gran funcionalidad y estética.
- Aprovechamiento bajo cubierta inclinada.
- No supone una carga excesiva en la estructura.
- Sencillez en la instalación, seguridad y ligereza.

Ilustración 3 Panel Sándwich de Cubierta



Se dispondrán lucernarios en cubierta estos proporcionan la cantidad, el tipo y distribución de luz necesaria. Los materiales utilizados no solo debe dejar pasar la luz sino también satisfacer todos los requisitos previos de duración, térmicos, de seguridad y comportamiento frente al fuego como fibra de vidrio, policarbonato etc.

Ilustración 4 Panel Sándwich translucido



2.5.2 Correas de cubierta

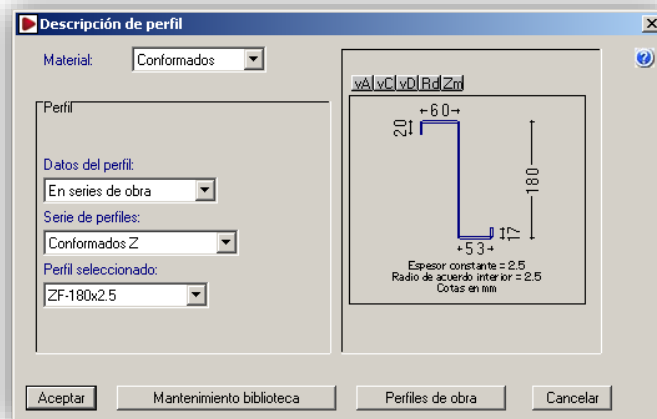
Sobre los pórticos rígidos inclinados se colocaran las correas que van a servir de soporte a los paneles sándwich de la cubierta.

Las correas estarán constituidas por vigas continuas. Su montaje, sin tener complicación en cuanto a articulaciones, exige un especial cuidado para que los apoyos de las correas queden todos a la misma altura.

Se utilizarán perfiles ZF que cumplan las condiciones de tensión admisible y de flecha máxima. El perfil ZF ha sido elegido porque a igualdad de material, ofrece condiciones mecánicas similares a otras opciones y facilita mucho el montaje de los paneles de cubierta.

Como la separación entre pórticos es de aproximadamente 6m, se consideran las correas de cubierta constituidas por perfiles ZF

Ilustración 5 Detalle Correa de cubierta



2.5.3 Cerramientos Laterales.

Se dispondrán de losas alveolares pretensadas como cerramiento lateral constituyendo una solución ideal como elemento de cierre en fachadas de naves industriales.

Pueden colocarse vertical u horizontal en función de las exigencias del proyecto.

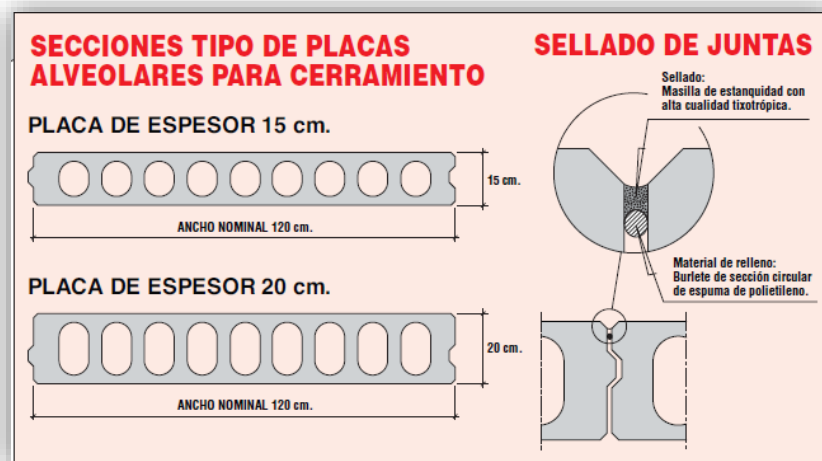
La capacidad a flexión de las losas les permite resistir los esfuerzos originados por el viento con espesores pequeños, aun cuando se vaya a luces importantes.

Una característica fundamental a la hora de afrontar un cierre con estos elementos es el elevado rendimiento que se consigue en el montaje, lo que implica acortar plazos de ejecución y reducir costes.

Resistencia al fuego: Gracias a los recubrimientos que se garantizan en el proceso de fabricación, las losas alveolares para cerramiento alcanzan una resistencia al fuego mínima de RF-90.

Al disponer estas placas entre los pilares la estructura en su conjunto presenta un buen comportamiento frente al colapso por fuego.

Ilustración 6 Placas Alveolares para Cerramiento





3 ANALISIS DE LAS POSIBLES SOLUCIONES ESTRUCTURALES

Una vez definidas las dimensiones en planta de la nave, la pendiente, el tipo de cubierta, los cerramientos y haber justificado la realización de la misma mediante material acero vamos a analizar dos tipologías muy comunes en cuando a la configuración de los pórticos ya descritos y sacaremos conclusiones en cuanto a coste y peso de la estructura entre otras variables para finalmente elegir y desarrollar una de ellas, la más óptima.

Las tipologías estructurales que se van a estudiar son:

Tipología 1: Nave Industrial con Pórticos de nudos rígidos empotrados en cimentación materializados mediante perfiles laminados acartelados en los dinteles en su unión con el pilar y entre dintel-dintel de acero.

Tipología 2: Nave Industrial de Pórticos tipo cercha.

Tipología 3: Nave Industrial con Perfiles de Inercia Variable.

Con este estudio se conocerá si el coste de una de estas soluciones debido al trabajo en taller es compensable al resto de soluciones propuestas, para las condiciones de luces, dimensiones etc. ya definidas.

En primer lugar utilizaremos el programa Generador de Pórticos para introducir las diferentes tipologías de pórticos y dimensionar las correas y su separación en cubierta.

Utilizando este programa modelamos el pórtico típico rígido al cual le aplicamos los datos correspondientes de peso de cerramientos y su sobrecarga, los huecos para el viento, coeficiente de exposición y la presión dinámica de este según la localización al igual que la carga de nieve correspondiente.



A continuación se dimensionaran las correas de cubierta de la misma manera para las dos tipologías introducidas.

La elección de una tipología u otra se basara en la que resulte más económica no solo en el aspecto de coste de material sino también en la rapidez de ejecución y puesta en servicio de la nave industrial, siendo este un aspecto fundamental a la hora de la elección de la tipología estructural definitiva de la nave industrial.

Una vez dimensionado el pórtico compararemos el precio de cada solución al que hay que añadirle el factor de rapidez y facilidad de construcción.

La tipología o solución estructural más rentable teniendo en cuenta estos factores mencionados será la que hemos escogido para resolver la estructura de la nave industrial al completo.

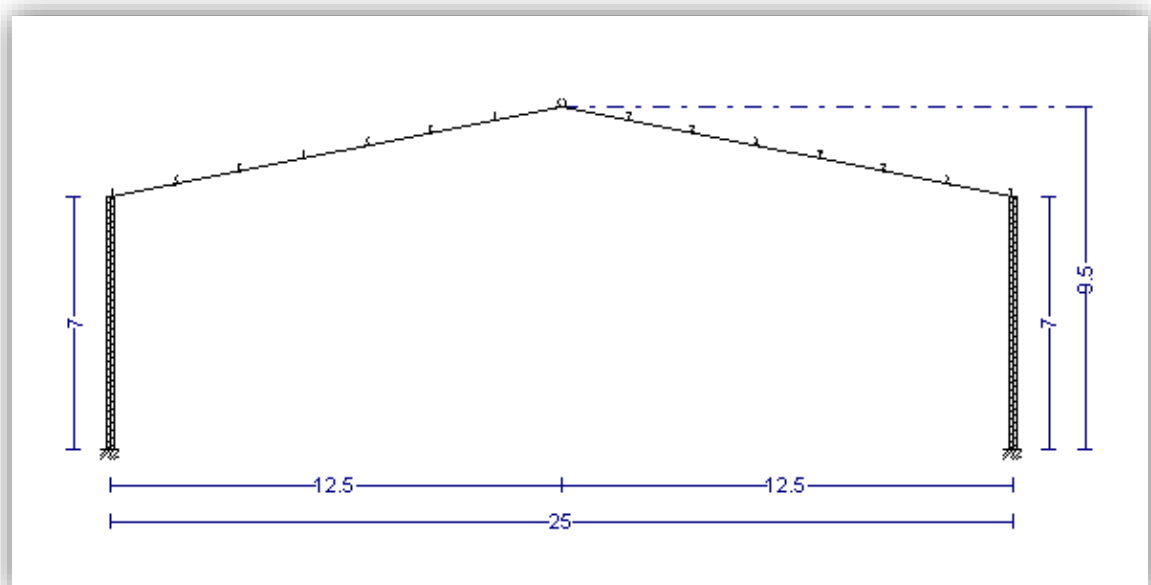
3.1 Tipología 1

Nave Industrial con pórticos de nudos rígidos empotrados en cimentación mediante perfiles laminados acartelados en los dinteles en su unión con el pilar y entre dintel-dintel de acero.

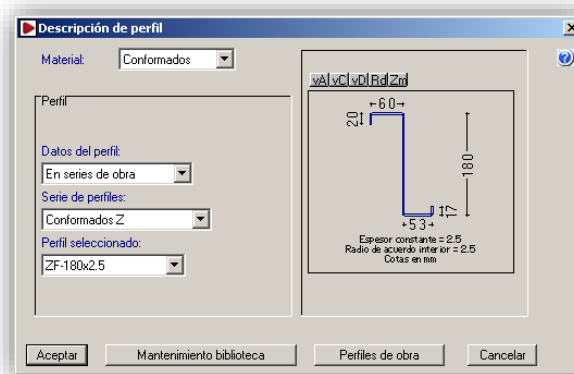
La solución se diseña mediante perfiles laminados de acero S275, el dimensionamiento de la estructura se realizará en base a los criterios establecidos en el CTE.

En la siguiente imagen se muestra el pórtico con las dimensiones establecidas:

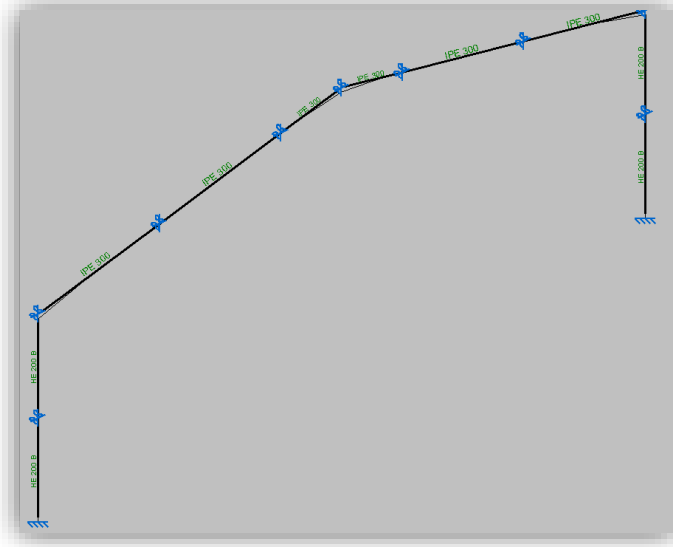
Ilustración 7 Dimensiones Pórtico Tipo



En la siguiente imagen que nos proporciona el generador de pórticos podemos observar el perfil escogido para las correas de cubierta y su separación de 1,780 m.



A continuación se han exportado el pórtico 8 del generador de pórticos al nuevo metal 3D para dimensionar los pilares y dinteles que conforman el pórtico.



A la hora de realizar la exportación desde el generador de pórticos al cypemetal 3D se ha considerado pórtico translacional en la dirección del pórtico e intraslacional en la dirección perpendicular asegurando el desplazamiento nula en esta dirección mediante cruces de san Andrés y montantes que aseguren un sistema de arriostramiento rígido en dicho plano.

Una vez exportado el pórtico del generador de pórticos al metal 3D son sus correas de cubierta con las dimensiones y separaciones optimas calculadas y con todas la hipótesis de carga sobre la nave, podremos calcular las dimensiones el pilar con perfiles HEB y los dinteles con perfiles IPE mediante un dimensionamiento rápido.

Los nudos en la unión pilar-dintel se consideran empotrados, por lo tanto debe mantener su rigidez y esto lo conseguimos disponiendo rigidizadores en el extremo de las cartelas en la unión pilar-viga.



3.1.1 PANDEO

PILAR

Plano // pórtico (xz)-Translacional- $\beta=1.263$ (Efecto muelle)

Plano \perp pórtico (xy)-Intraslacional- $\beta=0-0.7$ (o menos-cerramiento)

DINTEL

Plano // pórtico (xz)-Translacional- $\beta=1.099$ (Flexión/arriostramiento/correas)

Plano \perp pórtico (xy)-Intraslacional- $\beta=0.140$ (Arriostramientos)

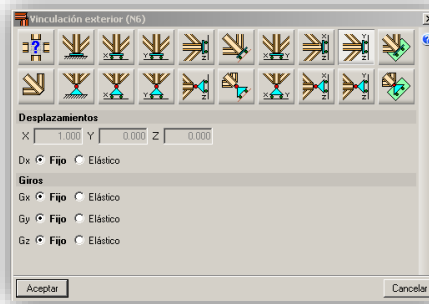
3.1.2 PANDEO LATERAL

Como solo vamos a calcular un pórtico tipo no se disponen de elementos resistentes longitudinales y por ello debemos suponer unas coacciones al pórtico para impedir el movimiento fuera de su plano.

Consideramos en nuestro pórtico el efecto de los elementos auxiliares, como pueden ser correas, cruces de san Andrés que actúan como montantes del sistema de arriostramiento. Esto produce un efecto que garantiza que las cabezas de los pilares hastiales no sufran desplazamiento en el sentido longitudinal de la nave, impidiendo que estos se salgan del plano del pórtico que los contiene.

Simulamos el efecto de estos elementos secundarios imponiendo una coacción externa en los puntos del pórtico que coinciden con los montantes del sistema de arriostramiento.

Estas coacciones con un desplazamiento en x (dirección perpendicular al pórtico) nulo representan en el programa el sistema de arriostramiento de los montantes y diagonales (cruces de san Andrés).



En el ala superior del dintel se considera una separación entre arriostramiento igual a 1.78 m que coincide con la separación entre correas de cubierta, estas coaccionaran el pandeo en el plano de la cubierta a la vez que reducen el tramo de barra a pandear.

El ala inferior estará sometido a flexión y se limitara por la flecha.

3.1.3 FLECHAS

Limitamos la flecha para jácenas L/300 y en los pilares L/250

Limitaremos la flecha máxima en el plano fuerte de las barras sometidas a flexión, plano en el cual dominan las cargas. Estos valores se toman del CTE-DB-Actitud al servicio

3.1.4 OPTIMIZACION DE PERFILES

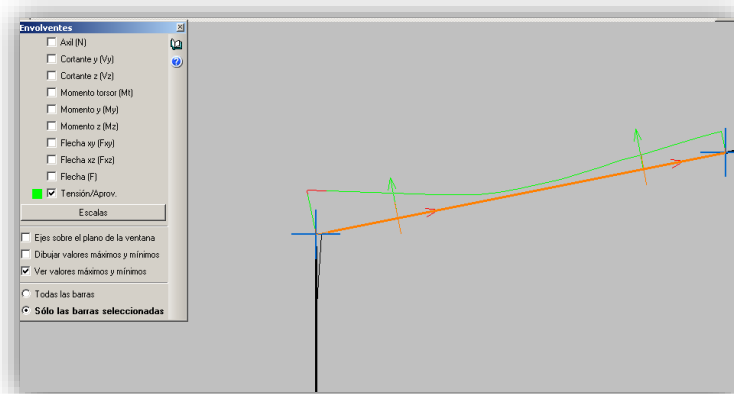
Se realizan cartelas en la unión pilar-dintel y en la cumbre.

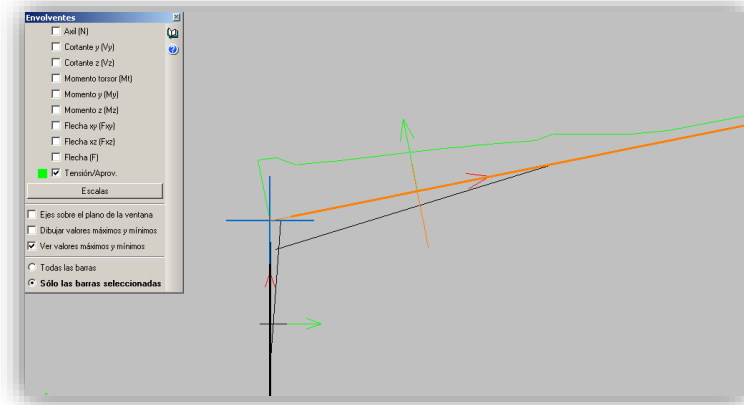
Esto nos permitirá reducir la dimensión del perfil aportando rigidez al conjunto, garantizando que funcione como un empotramiento y también proporciona mejoras a la hora del montaje de la estructura.

Estos se materializan mediante perfiles laminados convencionales.

Mediante estas cartelas en la unión pilar-dintel aumentamos la sección en ese tramo dando más resistencia a la zona y pudiendo reducir a un perfil más bajo el cual resistirá y nos ahorrará mucho material. Fijándonos en la ley de tensiones y aprovechamiento cubrimos las zonas donde no cumple nuestro perfil. Prolongando la cartela podremos reducir a un perfil más bajo obteniendo una mejora económica considerable.

Se dispondrán cartelas en la cabeza de los pilares para optimizar de la misma manera el perfil a disponer.





Los perfiles que cumplen tanto la limitación de tensión como de flecha para todas las hipótesis posibles de solicitaciones actuantes sobre la estructura de la nave que se puedan dar han resultado ser los siguientes:

IPE 300 para los dinteles con cartelas inferior de 2m

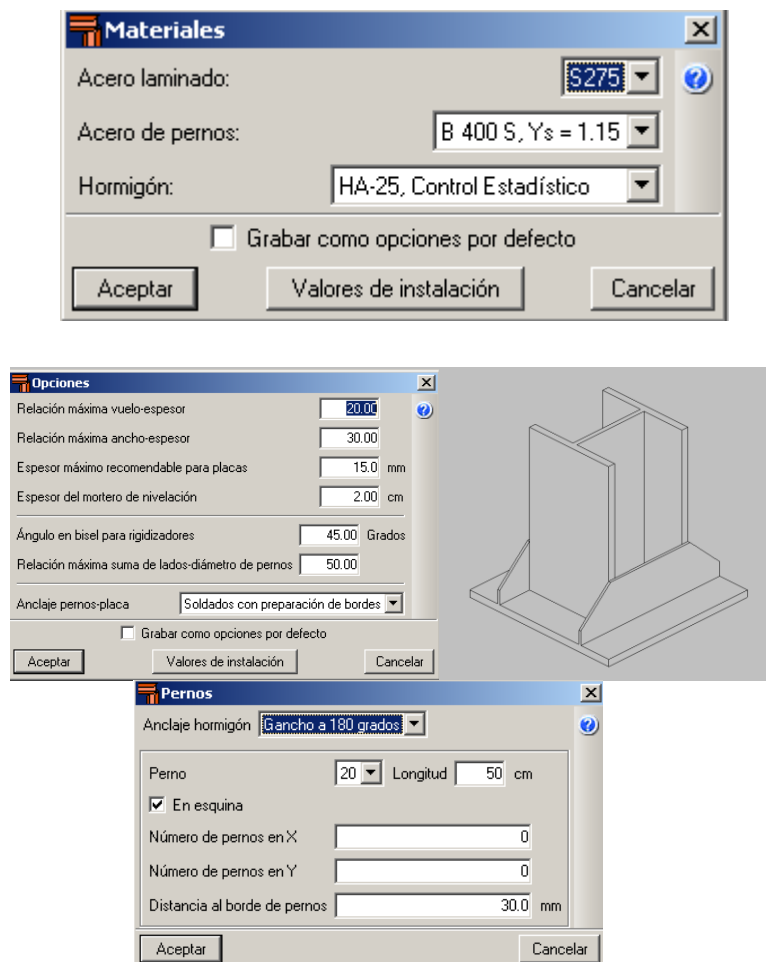
HEB 200 para los pilares (apto para el ancho del cerramiento lateral)

3.1.5 UNIONES

Se disponen uniones soldados con rigidizadores en unión pilar-dintel para asegurar el empotramiento y facilitar el trabajo en obra.

3.1.6 PLACAS DE ANCLAJE

A continuación se muestra el listado de comprobación del dimensionamiento de la placa de anclaje, observando que para los valores introducidos se cumplen todas las comprobaciones.



The image displays three sequential screenshots of a software interface for anchor plate design, showing the configuration of materials, options, and bolts.

Materiales

- Acero laminado: S275
- Acero de pernos: B 400 S, $Y_s = 1.15$
- Hormigón: HA-25, Control Estadístico
- ☐ Grabar como opciones por defecto
- Buttons: Aceptar, Valores de instalación, Cancelar

Opciones

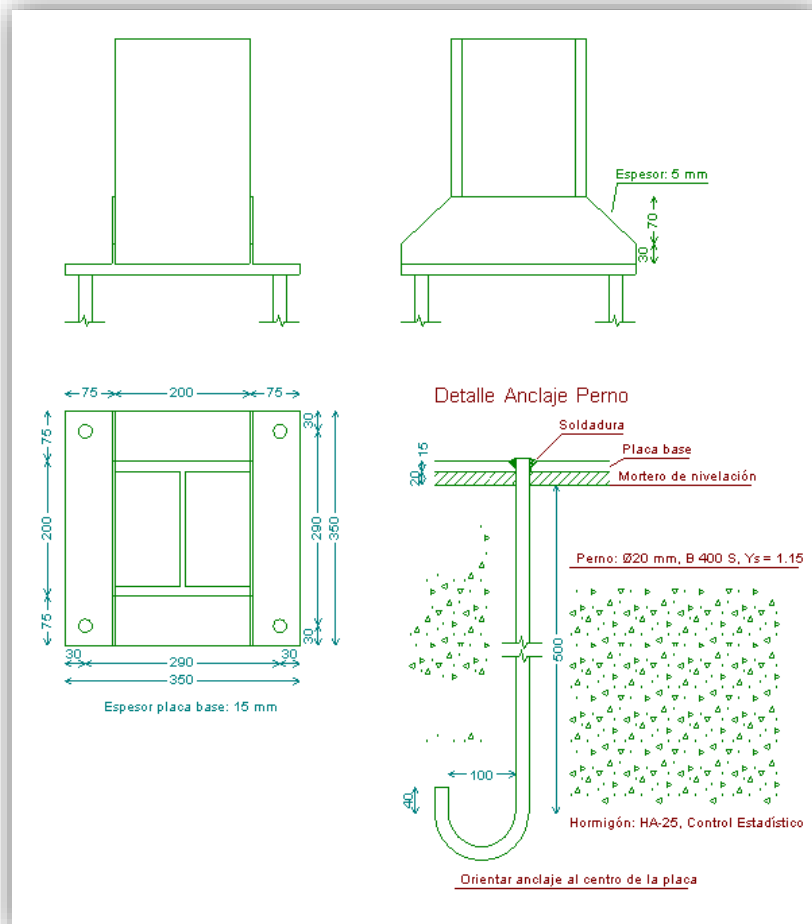
- Relación máxima vuelo-espesor: 20.00
- Relación máxima ancho-espesor: 30.00
- Espesor máximo recomendable para placas: 15.0 mm
- Espesor del mortero de nivelación: 2.00 cm
- Ángulo en bisel para rigidizadores: 45.00 Grados
- Relación máxima suma de lados-diámetro de pernos: 50.00
- Anclaje pernos-placa: Soldados con preparación de bordes
- ☐ Grabar como opciones por defecto
- Buttons: Aceptar, Valores de instalación, Cancelar

Pernos

- Anclaje hormigón: Gancho a 180 grados
- Perno: 20 Longitud: 50 cm
- ☒ En esquina
- Número de pernos en X: 0
- Número de pernos en Y: 0
- Distancia al borde de pernos: 30.0 mm
- Buttons: Aceptar, Cancelar

Mismas características para ambos nudos o placas de anclaje.

Ilustración 8 Detalle Placa de Anclaje T1





3.1.7 LISTADO DE COMPROBACION DE LA PLACA DE ANCLAJE

Referencia: N1		
-Placa base: Ancho X: 350 mm Ancho Y: 350 mm Espesor: 15 mm		
-Pernos: 4Ø20 mm L=50 cm Gancho a 180 grados		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x30x5.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 291 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 43.3	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 111.12 kN Calculado: 63.87 kN Máximo: 77.78 kN Calculado: 8.14 kN Máximo: 111.12 kN Calculado: 75.5 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 100.48 kN Calculado: 62.05 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 400 MPa Calculado: 203.04 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 165 kN Calculado: 7.72 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda:	Máximo: 275 MPa Calculado: 152.894 MPa Calculado: 152.894 MPa	Cumple Cumple Cumple

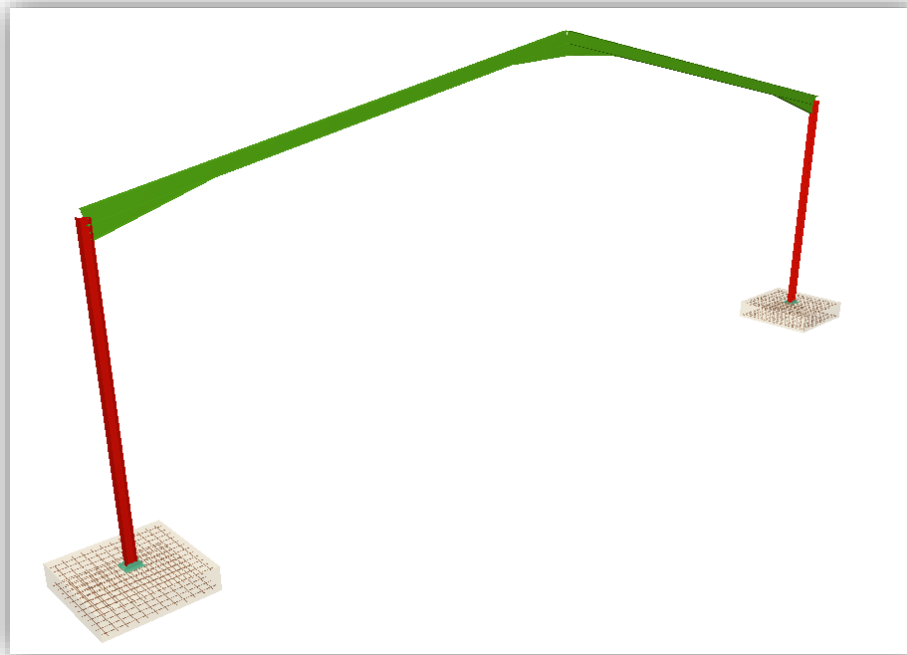


Referencia: N1		
-Placa base: Ancho X: 350 mm Ancho Y: 350 mm Espesor: 15 mm		
-Pernos: 4Ø20 mm L=50 cm Gancho a 180 grados		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x30x5.0)		
Comprobación	Valores	Estado
- Arriba:	Calculado: 161.578 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 151.653 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1858.28	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1858.28	Cumple
- Arriba:	Calculado: 7914.18	Cumple
- Abajo:	Calculado: 8100.59	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 275 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.186		

Tabla 2 Comprobación placa anclaje

3.1.8 VISTA 3D PORTICO TIPOLOGIA 1

Ilustración 9 Vista 3D Pórtico Tipología 1



3.1.9 CIMENTACION

Suponemos un terreno compuesto por arcillas duras con una tensión admisible de 0.245 Mpa.

La geometría de la zapata en cuanto al canto debe coincidir con la profundidad donde encontramos el terreno resistente.(0.70m)

Se ha dimensionado una zapata rígida ($V < 2h$) aislada y cuadrada.

A continuación se muestra la geometría y el armado de las zapatas de ambos nudos.

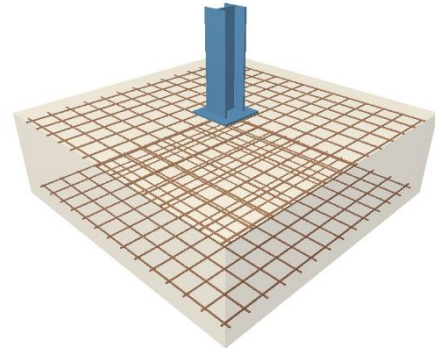
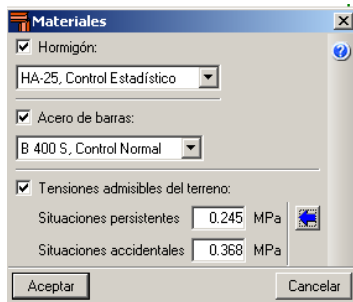
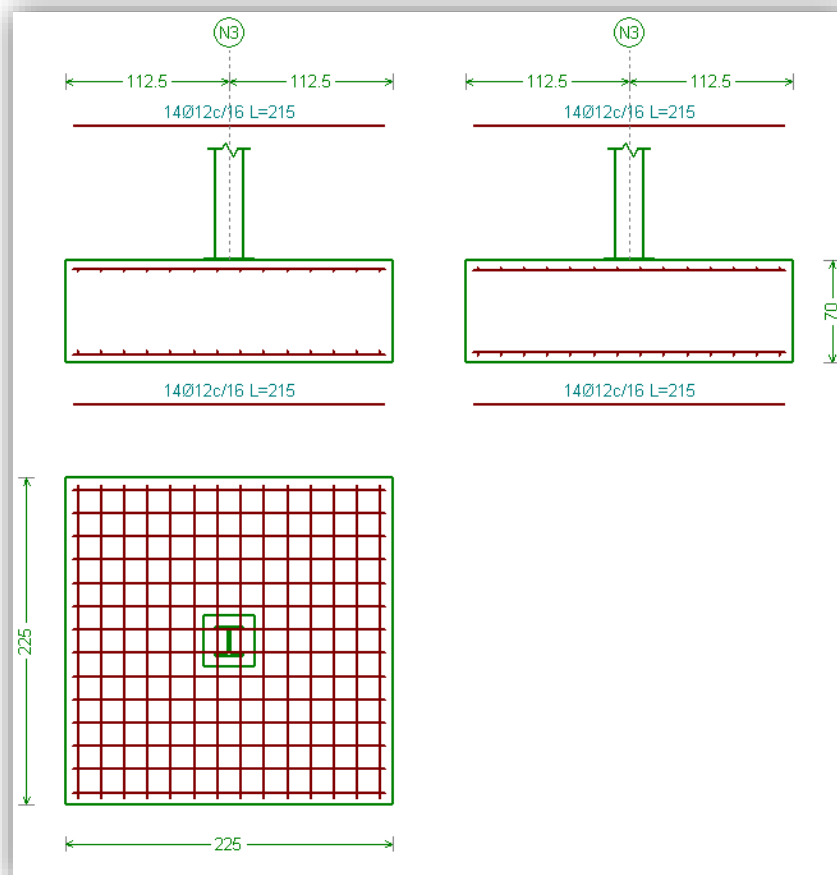


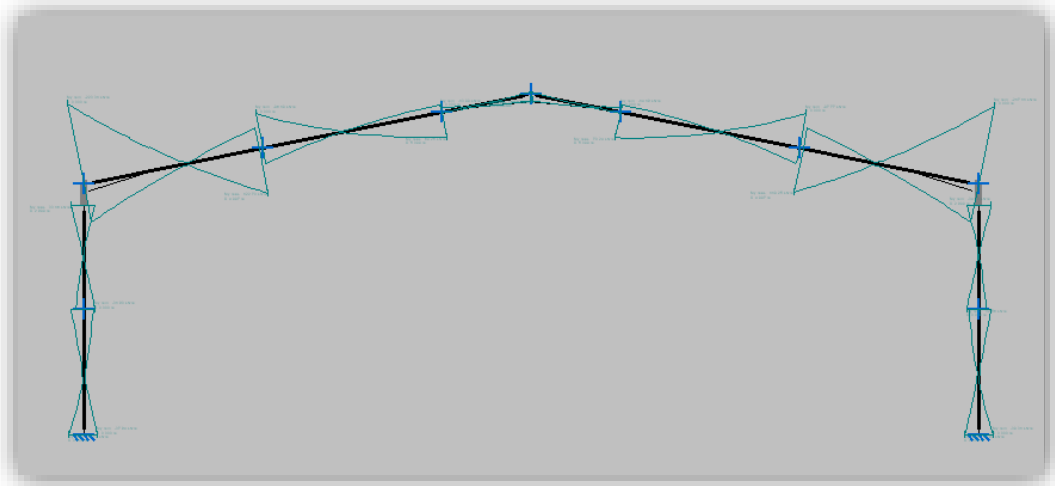
Ilustración 10 Detalle Zapata T1



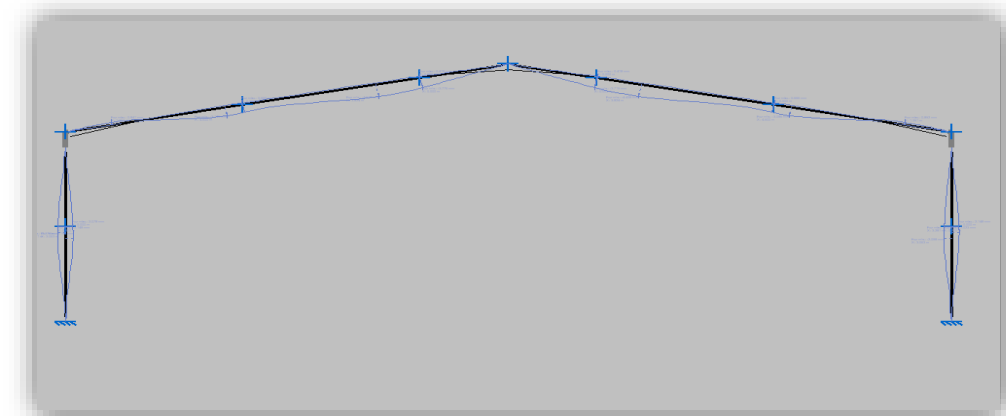
A continuación tras haber realizado todo lo anterior se ha procedido a imprimir los listados de obra proporcionados por el cypemetal 3d donde se pueden apreciar que se cumplen todas las comprobaciones tanto para

estructura como para la cimentación y también las mediciones de acero y hormigón de la cimentación para valorar cada tipología.

3.1.10 ENVOLVENTE DE ESFUERZOS (MY)



3.1.11 FLECHAS EJE XZ





Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	HEB	HE 200 B	14.000			0.109			858.32		
					14.000			0.109			858.32	
			IPE 300, Simple con cartelas	25.495			0.229			1259.96		
					25.495			0.229			1259.96	
						39.495			0.338			2118.28

Tabla 3 Medición Acero T1

Referencias: N1 y N3		B 400 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	12x2.40	28.80
	Peso (kg)	12x2.13	25.57
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	12x2.40	28.80
	Peso (kg)	12x2.13	25.57
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	12x2.40	28.80
	Peso (kg)	12x2.13	25.57
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	12x2.40	28.80
	Peso (kg)	12x2.13	25.57
Totales	Longitud (m)	115.20	
	Peso (kg)	102.28	102.28
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	126.72	
	Peso (kg)	112.51	112.51

	B 400 S, CN (kg)	Hormigón (m³)	
Elemento	Ø12	HA-25, Control Estadístico	Limpieza
Referencias: N1 y N3	2x112.51	2x3.44	2x0.63
Totales	225.02	6.88	1.25

Tabla 4 Medición Hormigón T1



3.2 Tipología 2

Nave Industrial con pórticos tipo cercha con tipología de cubierta tipo celosía americana materializados mediante perfiles laminados.

La solución se diseña mediante perfiles laminados de acero S275, el dimensionamiento de la estructura se realizará en base a los criterios establecidos en el CTE.

El pórtico introducido para el estudio de la tipología 2 tiene la misma geometría y cargas actuantes que la tipología anterior.

Se disponen las mismas correas calculadas para la tipología anterior.

Hemos definido el número de cerchas (6) para que las correas apoyen sobre los nudos de estas y evitar transmitir flexiones a las barras.

Se ha considerado sismo dinámico el cual el programa introduce para la localización de la obra.

DOS HIPOTESIS: Para dimensionar los perfiles se han tenido en cuenta dos hipótesis:

- Uniones articuladas entre barras del dintel.
- Uniones rígidas entre barras del dintel.



3.2.1 NUDOS ARTICULADOS EN LAS UNIONES.

En esta hipótesis de solución los nudos de la estructura de la celosía se han definido como articulados, de este modo las barras que forman el dintel (cordón superior e inferior, montantes y diagonales) estarán sometidas a esfuerzos axiales de tracción y compresión ya que las correas transmiten las cargas directamente a los nudos de la estructura coincidiendo la posición de las correas con los montantes de la celosía.

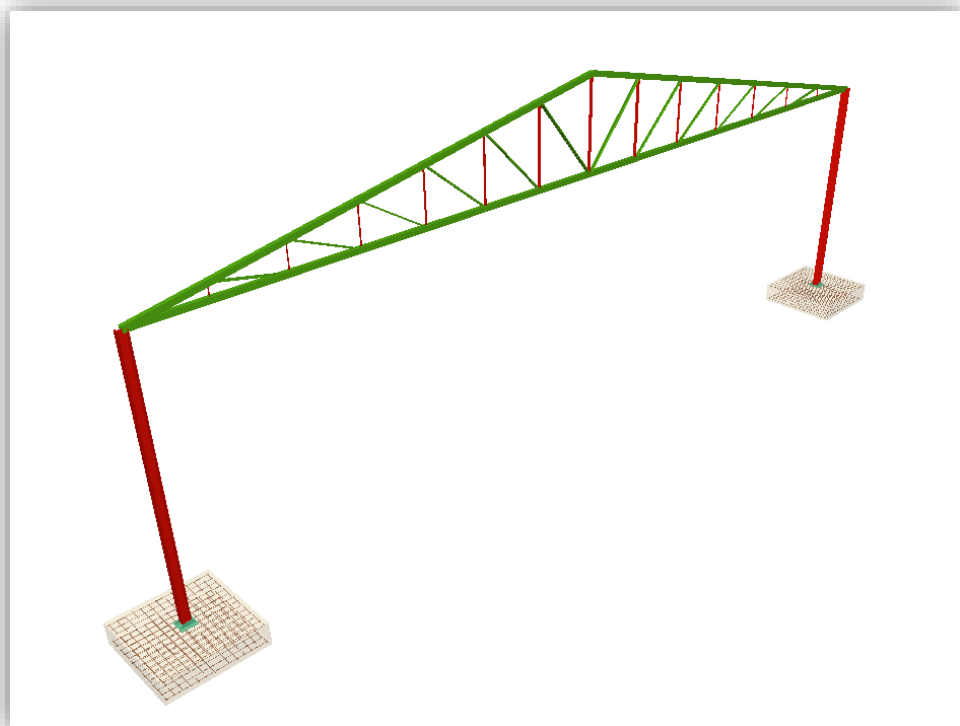
Al darse esta condición y estar las barras sometidas principalmente a esfuerzos axiales, la transmisión de momentos producidos en la celosía son de una magnitud muy pequeña y poco relevantes, siendo recomendable este tipo de unión.

Con nudos articulados se pretende hacer trabajar a los montantes y diagonales a tracción/compresión al igual que el cordón superior e inferior de la celosía, de esta manera se tiene un mayor control del comportamiento del pórtico.

El cálculo realizado con nudos articulados nos deja del lado de la seguridad ya que el dimensionamiento nos dará perfiles mayores a la opción de nudos rígidos, esto se debe a que las deformaciones serán más elevadas que con la opción de nudos rígidos y se necesitaran mayores perfiles para obtener mayor resistencia y control de las deformaciones.

3.2.2 VISTA 3D PORTICO

Ilustración 11 Vista 3D Pórtico Tipología 2



3.2.3 NUDOS RIGIDOS EN LAS UNIONES.

En esta hipótesis reducimos las deformaciones y se permite la transmisión de momentos flectores que introducen mecanismos resistentes no previstos en el cálculo que hace que la estructura se comporte de manera más resistente, demostrado en la teoría de la plasticidad.

El mayor grado de hiperestatismo permite una redistribución plástica en los nudos que permite a la estructura adquirir mayor ductilidad y resistencia respecto a la unión articulada.



Si las acciones cargan la estructura solo en los nudos para que no haya flexión en las barras la diferencia tanto en desplazamientos como en esfuerzos para nudos articulados o rígidos sería prácticamente despreciable.

Para el dimensionamiento de la tipología estructural 2 tanto para la opción de nudos articulados y nudos rígidos aunque las acciones exportadas del generador de pórticos al nuevo metal 3d de peso propio de correas, sobrecarga de uso, nieve y viento están representados como cargas uniformemente repartidas sobre el cordón superior de la celosía no variará el cálculo bastante respecto a la realidad de transmisión de cargas puntuales sobre los nudos de la estructura. Los momentos obtenidos en las barras son prácticamente despreciables y por lo tanto no se aleja el comportamiento estructural real del pórtico.

La unión entre cercha y pilar se ha optado por realizarla como nudo articulado tanto para la hipótesis 1 y 2, evitando introducir flexiones en la cabeza de los pilares.

3.2.4 CONCLUSION HIPOTESIS

La unión rígida entre barras de la celosía es la solución que se suele ejecutar en obra, aunque para estar del lado de la seguridad se puede hacer el cálculo de la estructura con unión articulada entre barras de la celosía lo más recomendable es la unión rígida.

La solución que se adopta definitivamente para la tipológica 2 es la de nudos rígidos en la unión entre barras de la celosía.

Se reducen las deformaciones y flechas de la celosía y de la estructura en general.



Debido a la mayor rigidez que le da a la estructura este tipo de unión que es la que se hace en obra casi siempre, los perfiles resistentes de la celosía resultantes del dimensionamiento son menores a los obtenidos en la opción de nudos articulados.

Por tanto las ventajas de esta solución son mayor resistencia, menor deformación y precio del material estructural más económico.

Cuando se emplean cerchas para realizar las vigas de la cubierta suele ser porque la luz entre los pilares es muy grande.

Y como desventajas destacar que no se conocen perfectamente los mecanismos resistentes no previstos en el cálculo que hace comportar a la estructura de manera más resistente con lo cual el comportamiento estructural y fallo no se pueden intuir al no saber a ciencia exacta como es el comportamiento resistente.

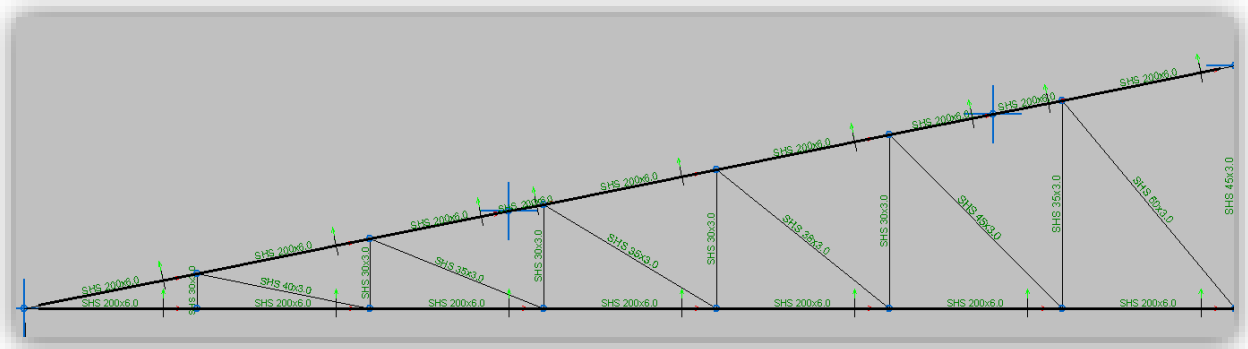
También añadir como desventaja que no trabajan a axil las barras de la celosía sino que hay transmisiones de momentos flectores al ser las uniones entre barras de la celosía rígidas.

3.2.5 Características del cálculo:

A la hora de realizar la exportación desde el generador de pórticos al cypemetal 3d se ha considerado pórtico translacional en la dirección del pórtico y pórtico Intraslacional en la dirección perpendicular asegurando el desplazamiento nulo en esa dirección mediante cruces de san Andrés y montantes que aseguraran un sistema de arriostramiento rígido en dicho plano.

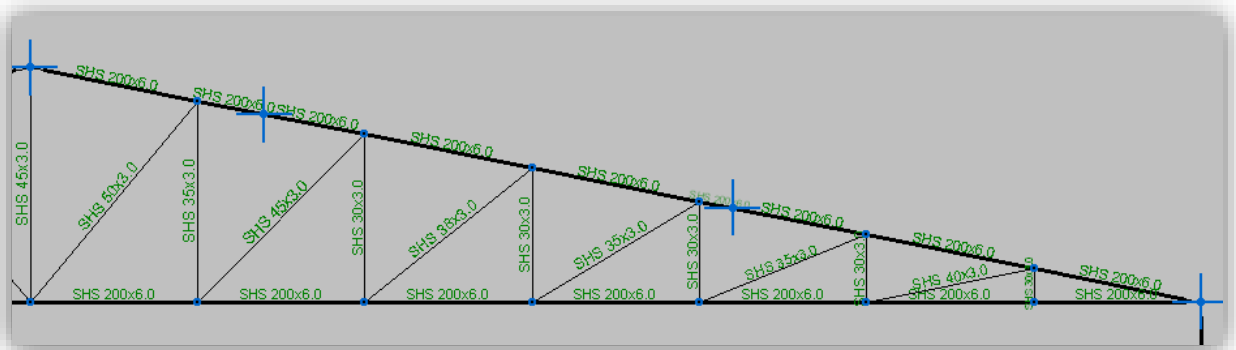
3.2.6 Dimensionamiento resultante de la mitad izquierda de la celosía

Ilustración 12 Dimensionamiento Celosía IZ



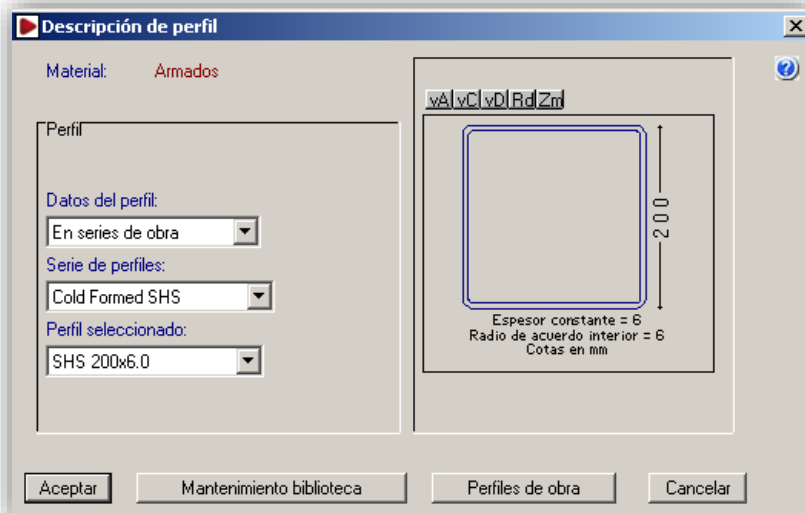
3.2.7 Dimensionamiento resultante de la mitad derecha de la celosía

Ilustración 13 Dimensionamiento Celosía DR



Los perfiles que cumplen tanto la limitación de tensión como de flecha para todas las hipótesis posibles de solicitaciones actuantes sobre la estructura de la nave que se puedan dar han resultado ser los siguientes:

Se han dispuesto perfiles tubulares de la marca condesa



Cordón Superior de la celosía SHS 200x60

Cordón Inferior de la celosía SHS 200X60

Diagonales SHS 60X3-45X3-38X3-35X3-40X3

Montantes SHS 45X3-35X3-30X3

HEB 160 para los pilares.

A continuación se muestran los listados que muestran la cantidad de acero para la estructura y hormigón para la cimentación necesarias para esta tipología en un solo pórtico.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	HEB	HE 160 B	14.000	14.000		0.076	0.076		596.76	596.76	
			SHS 200x6.0	50.495			0.230			1807.96		
			SHS 30x3.0	10.714			0.003			25.26		
			SHS 40x3.0	3.642			0.002			12.02		
			SHS 35x3.0	12.297			0.004			34.78		
			SHS 38x3.0	4.574			0.002			14.23		
			SHS 45x3.0	7.551			0.004			28.47		
			SHS 50x3.0	5.579			0.003			23.66		
		Cold Formed SHS			94.852	108.852		0.248	0.324		1946.37	2543.13

Tabla 5 Medición Acero T2

Referencias: N3 y N1		B 400 S, CN		Total
Nombre de armado		Ø12		
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	14x2.40		33.60
	Peso (kg)	14x2.13		29.83
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	14x2.40		33.60
	Peso (kg)	14x2.13		29.83
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	14x2.40		33.60
	Peso (kg)	14x2.13		29.83
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	14x2.40		33.60
	Peso (kg)	14x2.13		29.83
Totales	Longitud (m)	134.40		119.32
	Peso (kg)	119.32		
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	147.84		131.25
	Peso (kg)	131.25		
	B 400 S, CN (kg)	Hormigón (m³)		
Elemento	Ø12	HA-25, Control Estadístico		Limpieza
Referencias: N3 y N1	2x131.25	2x3.75		2x0.63
Totales	262.50	7.50		1.25

Tabla 6 Medición Hormigón T2



3.3 Tipología 3

Nave Industrial con pórticos rígidos materializados mediante perfiles laminados de inercia variable.

La diferencia más trascendente del diseño de esta estructura es su conexión al suelo. Los pilares de sección variable se articulan al suelo.

Al no transmitir momentos a la cimentación la cimentación se reduce ahorrando en este aspecto, al igual que con esta tipología se pueden llegar a una modulación entre pórticos de 10m reduciendo así el número total de zapatas.

Este tipo de pórticos permite aumentar la modulación hasta 10 m.

Por ello los nudos deben ser extraordinariamente rígidos al igual que las barras para soportar mayores momentos flectores.

Haremos el perfil más robusto en las zonas donde más momento flector tenga que soportar.

En este juego de perfiles y en el ahorro en la cimentación vamos a basar nuestro ahorro económico que compararemos con los casos anteriores.

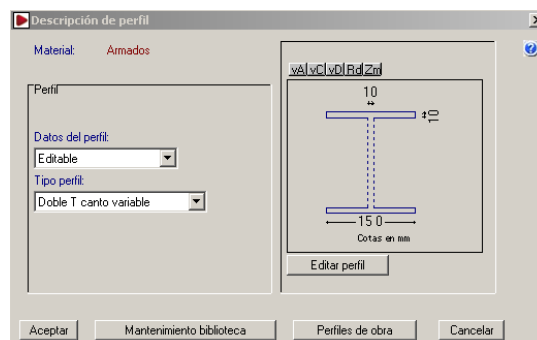
Para conseguir este perfil variable, cada dintel constara de dos barras distintas, una desde el pilar del punto medio y otra desde este punto hasta la cumbre.

Estas barras serán distintas con distintas secciones que se adapten en cada punto lo más posible a las necesidades resistentes de la sección.

Elección del punto medio del dintel:

- Punto de ensamblaje sometido a las mínimas tensiones posibles (se observa un valle de tensiones en la zona central de los cabios intermedios)
- Transporte: al partir la barra en dos sus tramos facilitaran el transporte.
- Punto de ensamblaje debe ubicarse donde estructuralmente sea aconsejable cambiar de inercia para adaptarse lo mejor posible a las solicitaciones de la estructura. Fundamental para obtener una estructura optimizada.

Los perfiles se sección variable se arman soldando entre si chapas y platabandas, por lo que son perfiles armados.



Ahora vamos a definir los cantos, partiendo de un canto de 200 mm en la base donde no tenemos momentos y tendremos poca tensión y un canto de 650 en la cabeza del pilar o unión con el dintel donde estará nuestro momento máximo.

Se debe definir también la disposición de los rigidizadores de alma. Se disponen a diferentes alturas para arriostrar las barras y evitar el alabeo de las alas.

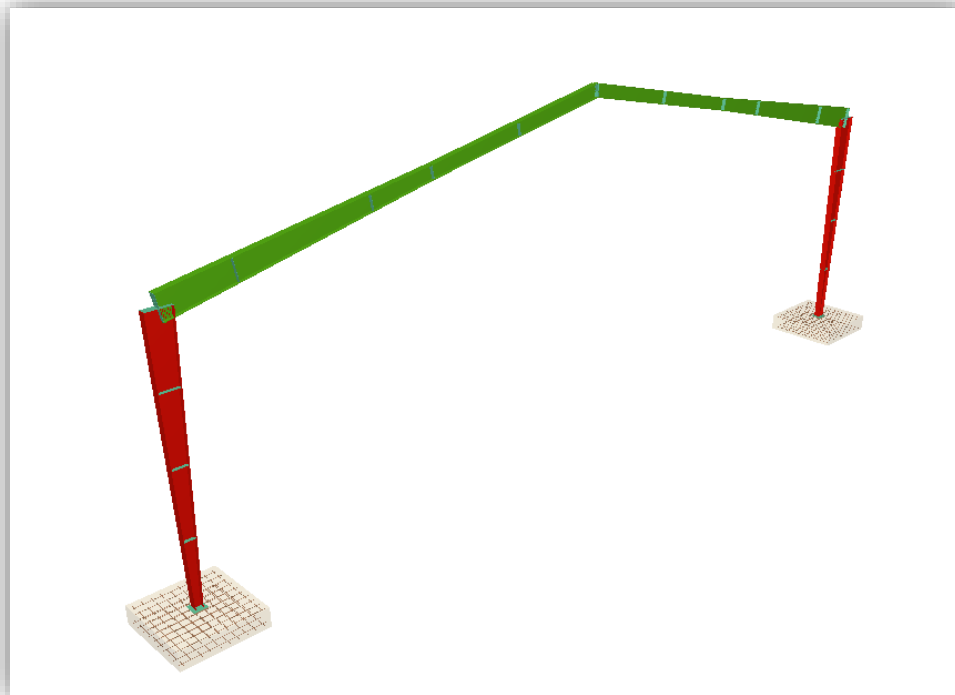
Mientras más arriostrados este el perfil menos sensible será al colapso por esbeltez. Dispondremos en las cotas resultantes de dividir el pilar por 4, cada 1750mm.

Para la barras de las bases de los dinteles dispondremos rigidizadores cada dos correas $1780 \times 2 = 3650\text{mm}$ con un canto inicial de 1250 y final de 300mm.

La barra final del dintel hasta la cumbrera tendrá un canto constante de 300mm.

3.3.1 VISTA 3D PORTICO

Ilustración 14 Vista 3D Pórtico Tipología 3





3.3.2 Flechas

Se fijaran el límite de flecha de los casos anteriores agrupando las barras como si fueran una sola, creando un grupo de flechas.

3.3.3 Pandeos

Se fijaran los pandeos de la misma manera que en la tipología anterior.

A continuación se muestran el resumen de mediciones de acero y hormigón en la cimentación.



Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	IA	IA 200/650x10x200x12	14.000			0.123			968.22		
			IA 650/350x10x200x12	14.257			0.136			1069.96		
			IA 350x10x200x12	11.238			0.091			711.02		
					39.495	39.495		0.350	0.350		2749.20	2749.20

Tabla 7 Medición Acero T3

Elemento	B 400 S, CN (kg)	Hormigón (m³)	
	Ø12	HA-25, Control Estadístico	Limpieza
Referencias: N3 y N1	2x84.00	2x2.53	2x0.51
Totales	168.00	5.06	1.01

Tabla 8 Medición Hormigón T3



4 ELECCION DE LA SOLUCION MÁS ÓPTIMA

Una vez hemos dimensionado y calculado las tres tipologías descritas para un pórtico tipo con las dimensiones y acciones de nuestra nave industrial, procedemos a valorar y justificar cuál de ellas es más conveniente proyectar basándonos en principalmente en aspectos como el peso de la estructura y cimentación y el coste facilidad de montaje, ejecución, transporte y otros criterios funcionales.

Las tablas siguientes recogen para cada tipología descrita todos estos criterios y resultados obtenidos con el fin de valorar y elegir la más óptima.

4.1 Tablas resumen de resultado

TIPOLOGIA	Descripción	PORTICO		CIMENTACION		Montaje/Ejecución	Funcionalidad
		Acero(kg)	Coste de Material(€)	Hormigón(m3)	Coste de Material(€)		
1	Nave Industrial de Pórticos Rígidos	2118,28	2118,28	8,13	1227,6	Uso de perfiles comerciales	Mayor espacio en cubierta
						Bajo trabajo en taller	Transmite momentos a cimentación
						Luz max. 20 -25 m	Ligereza y esbeltez

TIPOLOGIA	Descripción	PORTICO		CIMENTACION		Montaje/Ejecución	Funcionalidad
		Acero(kg)	Coste de Material(€)	Hormigón(m3)	Coste de Material(€)		
2	Nave Industrial de Pórticos con cercha y nudos rígidos	2543,1	2543,1	8,75	700	Mas mano de obra	No transmiten momentos a los pilares ni cimentación.
						Mayor trabajo en taller	Mayor resistencia menor deformación y precio el material estructural mas económico
						Cubrir grandes luces 35m	Solución Util a partir de L=20m
						Espacio bajo cubierta impedido	

TIPOLOGIA	Descripción	PORTICO		CIMENTACION		Montaje/Ejecución	Funcionalidad
		Peso(kg)	Coste de Material(€)	Hormigón(m3)	Coste de Material(€)		
3	Nave Industrial con Perfiles de inercia variable	2749,2	2749,2	6,07	485,6	Uso de perfiles comerciales	Mayor espacio en cubierta
						Bajo trabajo en taller	Conexión al suelo (No transmite momentos a la cimentación), reducen zapatas
						luz max. 20 -25 m	Mayor modulacion entre porticos, menos zapatas
						Transporte en tramos	Nudos y barras muy rígidos para soportar mayores flectores
							Se adaptan en cada punto a la necesidad resistente de la sección
							Menores pendientes de cubierta

4.2 Conclusión

Se analizan los resultados y criterios reunidos para cada tipología estructural y finalmente elegimos una de las tipologías como la más adecuada para nuestro objetivo y datos de partida, siendo ésta la tipología 1 la cual presenta beneficios tanto económicos como funcionales con respecto a las otras tipologías valoradas.

