



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA
PORTANTE Y VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA
FRENTE AL FUEGO DE UN EDIFICIO INDUSTRIAL
DESTINADO AL ALMACENAMIENTO DE
MATERIAL ELÉCTRICO PARA INSTALACIONES
FOTOVOLTAICAS, CON UNA SUPERFICIE DE
3360 M², SITUADO EN ALCÀSSER (VALENCIA).**

AUTOR: ALEJANDRO TORRES CASTELLS

TUTORA: ANA ESPINÓS CAPILLA

COTUTOR: ANDRÉS LAPUEBLA FERRI

CURSO ACADÉMICO: 2019-2020

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

RESUMEN

El objetivo principal de este TFG es el diseño y el cálculo de la estructura portante de un edificio industrial destinado a albergar una actividad de almacenamiento paletizado de material fotovoltaico para su posterior distribución. La estructura portante del edificio se resuelve a base de pórticos metálicos triples a dos aguas. Se realiza además la evaluación de la densidad de carga de fuego del establecimiento industrial, y en base a ello se obtiene la exigencia de estabilidad al fuego de la estructura portante (tiempo de resistencia al fuego requerido) según el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI), para su posterior comprobación y definición de las medidas de protección pasiva.

Palabras clave: Diseño y cálculo estructural; Edificio industrial; Paneles solares fotovoltaicos; Estructuras de acero; Simulación por ordenador; Carga de fuego; Protección contra incendios

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

RESUM

L'objectiu principal d'aquest TFG és el disseny i el càlcul de l'estructura portant d'un edifici industrial destinat a albergar una activitat d'emmagatzematge paletitzat de material fotovoltaic per a la seva posterior distribució. L'estructura portant de l'edifici es resol a base de pòrtics metàl·lics triples de dos aigües. Es realitza a més l'avaluació de la densitat de càrrega de foc de l'establiment industrial, i sobre la base d'això s'obté l'exigència d'estabilitat al foc de l'estructura portant (temps de resistència al foc requerit) segons el Reglament de Seguretat Contra Incendis en els Establiments Industrials (RSCIEI), per a la seva posterior comprovació i definició de les mesures de protecció passiva.

Paraules clau: Disseny i càlcul estructural; Edifici industrial; Panells solars fotovoltaics; Estructures d'acer; Simulació per ordinador; Càrrega de foc; Protecció contra incendis

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

ABSTRACT

The main objective of this Final Project is the design and calculation of the supporting structure of an industrial building intended to house a palletized storage activity of photovoltaic material for its subsequent distribution. The supporting structure of the building is resolved using triple gabled metal frames. In addition, the evaluation of the fire load density of the industrial building is carried out, and based on this, the requirement of fire stability of the supporting structure (time of fire resistance required) according to the Spanish code (RSCIEI), for subsequent verification and definition of passive protection measures.

Key words: structural design; Industrial building; Photovoltaic solar panels; Steel structures; Computer simulation; Fire load; Fire protection

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

ÍNDICE

- 1. MEMORIA**
- 2. ANEXO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL**
- 3. ANEXO DE VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA FRENTE AL FUEGO**
- 4. MEDICIONES Y PRESUPUESTO**
- 5. PLANOS**

1.- MEMORIA

| | |
|---|----|
| 1.- ANTECEDENTES | 14 |
| 1.1.- Objeto del trabajo | 14 |
| 1.2.- Justificación | 14 |
| 1.3.- Motivación | 14 |
| 2.- NORMATIVA ESPECÍFICA | 15 |
| 3.- EMPLAZAMIENTO DEL EDIFICIO | 15 |
| 3.1.- Descripción del emplazamiento | 15 |
| 3.2.- Normativa urbanística | 16 |
| 3.3.- Estudio geotécnico | 16 |
| 4.- DISTRIBUCIÓN EN PLANTA | 17 |
| 5.- DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA | 18 |
| 5.1.- Cimentación | 20 |
| 5.1.1.- Hormigón de limpieza | 20 |
| 5.1.2.- Zapatas y vigas de atado | 20 |
| 5.2.- Placas de anclaje | 21 |
| 5.3.- Elementos constructivos | 21 |
| 5.3.1.- Cerramientos de cubierta | 21 |
| 5.3.2.- Cerramientos laterales | 22 |
| 5.3.3.- Solera | 22 |
| 5.4.- Estructura | 22 |
| 5.4.1.- Pórtico interior | 22 |
| 5.4.2.- Pórticos de fachada | 23 |
| 5.4.3.- Arriostramiento de cubierta, sistema contraviento | 24 |
| 5.4.4.- Pórticos longitudinales, arriostramientos laterales y viga perimetral | 24 |
| 5.4.5.- Altillo | 25 |
| 5.4.6.- Correas | 26 |
| 6.- RESUMEN DEL PRESUPUESTO | 26 |
| 7.- BIBLIOGRAFÍA | 28 |

2.- ANEXO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

| | |
|---|----|
| 1.-ANÁLISIS ESTRUCTURAL..... | 31 |
| 1.1.- Software empleado..... | 31 |
| 1.2.-Método de cálculo..... | 31 |
| 2.- MATERIALES..... | 32 |
| 2.1.- Acero..... | 32 |
| 2.2.- Hormigón..... | 32 |
| 3.- ACCIONES SOBRE EL EDIFICIO..... | 33 |
| 3.1.- Acciones permanentes..... | 33 |
| 3.2.- Acciones variables..... | 34 |
| 3.2.1.- Sobrecarga de uso..... | 34 |
| 3.2.2.- Carga del viento..... | 35 |
| 3.2.3.-Carga de nieve..... | 35 |
| 3.2.4.- Acciones accidentales..... | 37 |
| 3.3.- Bases de cálculo..... | 37 |
| 3.3.1.- Estados límite..... | 37 |
| 3.4.- Combinación de acciones..... | 37 |
| 3.4.1.- Estados límite últimos (capacidad portante)..... | 37 |
| 3.4.2.- Estados límite de servicio (aptitud al servicio)..... | 38 |
| 4.-CÁLCULO..... | 40 |
| 4.1.- Estructura metálica..... | 40 |
| 4.1.1.- Predimensionado de la estructura metálica..... | 40 |
| 4.1.2.- Comprobaciones a realizar..... | 42 |
| 4.1.3.- Pórtico interior..... | 47 |
| 4.1.4.- Pórtico de fachada..... | 50 |
| 4.1.5.- Cubierta (sistema contraviento)..... | 53 |
| 4.1.6.- Alineación longitudinal..... | 55 |
| 4.1.7.- Altillo..... | 58 |
| 4.1.8.-Correas..... | 61 |
| 4.2.- Placas de anclaje..... | 62 |
| 4.2.1.- Comprobaciones a realizar..... | 63 |
| 4.2.2.- Comprobación de una placa de anclaje..... | 63 |
| 4.3.- Cimentaciones..... | 65 |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| | |
|---|----|
| 4.3.1.- Comprobaciones a realizar..... | 65 |
| 4.3.2.- Comprobación de una zapata rectangular excéntrica | 65 |
| 4.3.3.- Comprobación de una zapata cuadrada centrada | 68 |
| 4.3.4.- Comprobación de una viga de atado | 70 |
| 5.- PREDIMENSIONADO DEL CANTO DEL FORJADO | 71 |

3.- ANEXO DE VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA FRENTE AL FUEGO

| | |
|---|----|
| 1.- EVALUACIÓN DE LA CARGA DE FUEGO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL | 77 |
| 1.1.- Caracterización del establecimiento industrial en relación con la seguridad contra incendios | 77 |
| 1.1.1.- Características del establecimiento industrial por su configuración y ubicación con relación a su entorno | 77 |
| 1.1.2.- Caracterización del establecimiento industrial por su nivel de riesgo intrínseco..... | 77 |
| 2.- REQUISITOS NORMATIVOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO | 80 |
| 2.1.- Sectorización del establecimiento industrial | 80 |
| 2.2.- Estabilidad al fuego de los elementos estructurales | 81 |
| 3.- VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA ESTRUCTURA EN SITUACIÓN DE INCENDIO... .. | 81 |
| 3.1.- Evolución de la temperatura del acero | 82 |
| 3.1.1.- Curva de calentamiento del pilar IPE 360 | 84 |
| 3.1.2.- Curva de calentamiento de la jácena IPE 270 | 84 |
| 3.1.3.- Curva de calentamiento de la jácena IPE 360 | 85 |
| 3.1.4.- Curva de calentamiento de la diagonal del arriostramiento de fachada L100x100x6 | 86 |
| 3.2.- Verificación de los elementos | 86 |
| 3.2.1.- Comprobación del pilar IPE 360 | 88 |
| 3.2.2.- Comprobación de la jácena IPE 270 | 89 |
| 3.2.3.- Comprobación de la jácena IPE 360 | 89 |
| 3.2.4.- Comprobación de la diagonal del arriostramiento de fachada L100x100x6 | 91 |
| 3.3.- Conclusiones | 91 |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

4.- MEDICIONES Y PRESUPUESTO

| | |
|---|-----|
| 1.- MEDICIONES Y PRESUPUESTO | 96 |
| CAPÍTULO 1.- Acondicionamiento del terreno | 96 |
| CAPÍTULO 2.- Cimentaciones..... | 96 |
| CAPÍTULO 3.- Estructura..... | 97 |
| CAPÍTULO 4.- Forjado para el altillo | 99 |
| CAPÍTULO 5.- Elementos constructivos..... | 99 |
| CAPÍTULO 6.- Gestión de residuos | 100 |
| CAPÍTULO 7.- Protección pasiva contra incendios | 100 |
| 2.- PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN | 101 |
| 3.- ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO..... | 101 |

5.- PLANOS

- 1.- Localización
- 2.- Emplazamiento
- 3.- Fachada frontal y trasera
- 4.- Fachada lateral
- 5.- Vista 3D de la estructura
- 6.- Distribución en planta I
- 7.- Distribución en planta II
- 8.- Cimentación: planta
- 9.- Cimentación: zapatas
- 10.- Cimentación: vigas de atado y detalles
- 11.- Pórtico de fachada alineación 1
- 12.- Pórtico de fachada alineación 2
- 13.- Pórtico de fachada alineación 3
- 14.- Pórtico de fachada alineación 13
- 15.- Estructura longitudinal alineaciones A y E
- 16.- Estructura longitudinal alineaciones I y M
- 17.- Estructura longitudinal alineaciones K y L
- 18.- Pórtico interior alineaciones 6 y 8 I
- 19.- Pórtico interior alineaciones 6 y 8 II
- 20.- Cubierta
- 21.- Correas de cubierta
- 22.- Altillo

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

1. MEMORIA

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

1.- ANTECEDENTES

1.1.- Objeto del trabajo

La finalidad del siguiente proyecto es el diseño y cálculo de la estructura metálica de una nave industrial dedicada al almacenamiento de material fotovoltaico, con la correspondiente evaluación de la carga de fuego de la nave y la comprobación a fuego de los elementos representativos de dicha estructura. Dicha nave posee una superficie de 3360 m² y está localizada en el polígono industrial l'Alter en Alcàsser (Valencia).

Se trata del Trabajo de Fin de Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales del alumno Alejandro Torres Castells y tiene como objetivo aplicar los conocimientos adquiridos durante el grado en el ámbito del cálculo estructural. Además, busca ampliar el horizonte de conocimientos tratando temas de protección contra incendios e indirectamente trabajar más a fondo con programas de cálculo estructural (CYPE) y presentación de planos con AutoCad.

1.2.- Justificación

Una empresa localizada en el municipio valenciano de Alcàsser, dedicada a la adquisición de material fotovoltaico, almacenamiento y posterior venta y distribución, precisa de una nave industrial que triplique su actual capacidad de almacenamiento debido a su crecimiento exponencial en ventas.

Una vez conocida la localización exacta, se necesita el cálculo estructural de la futura nave industrial que albergará su actividad económica. Además, basándose en la distribución exacta de las actividades dentro de la empresa, se solicita la evaluación de la resistencia al fuego de la estructura con el fin de adecuarla y protegerla según sus necesidades.

1.3.- Motivación

Debido a asignaturas cursadas a lo largo del grado como: elasticidad y resistencia de materiales, estructuras, tecnología de la construcción... empieza a aparecer un interés general sobre el cálculo de estructuras y de forma natural buscas respuesta a todos los interrogantes que no pueden contestarse en las clases teóricas.

Por lo tanto, las principales motivaciones son: primero, conocer como diseñar una estructura desde cero, segundo, cómo optimizar esta para que sea barata y totalmente segura para las personas, y tercero, evaluar una acción accidental como es el fuego de un caso real de nave y como protegerla de esta acción mediante la aplicación de normativa específica.

Sumado a esto, debido a un primer contacto muy positivo con el mundo laboral en una empresa de protección contra incendios, nacen otras inquietudes a nivel de instalaciones y cumplimiento de normativa específica, necesaria en el entorno industrial y que afectan en gran medida al correcto funcionamiento de la estructura previamente diseñada.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

2.- NORMATIVA ESPECÍFICA

Para la elaboración del proyecto se recurre a la siguiente normativa española del ámbito de la construcción:

- Código técnico de la edificación (CTE) aprobado el 17 de marzo de 2006 por el Real Decreto 314/2006, en concreto el documento básico de seguridad estructural (DB-SE) en el cual se diferencian:
 - o Documento básico seguridad estructural de acciones en la edificación (DB-SE-AE).
 - o Documento básico seguridad estructural cimientos (DB-SE-C).
 - o Documento básico seguridad estructural acero (DB-SE-A).
- Real decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el documento básico de 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 (RSCIEI).
- La instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), aprobada el 18 de Julio de 2008 por el Real Decreto 1247/2008.

3.- EMPLAZAMIENTO DEL EDIFICIO

3.1.- Descripción del emplazamiento

La parcela escogida por la empresa se encuentra en la localidad valenciana de Alcàsser, más concretamente en el polígono industrial l'Alter, en carrer dels Traginers 20.

Como se puede apreciar en la ilustración 1, dicho polígono se encuentra muy próximo a la autovía del mediterráneo (A7), al sur de la provincia de Valencia, a la cual se tiene acceso directo por la V-31. Además, se encuentra a una calle del propio núcleo urbano y a escasos kilómetros de otros núcleos urbanos como Picassent o Silla, por lo que está muy bien comunicado.

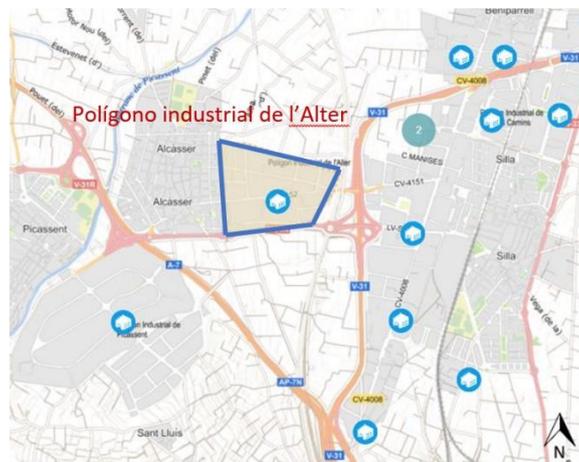


Ilustración 1.- Localización del polígono

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

La superficie total de la parcela, según datos catastrales, es de 4200 m² y la superficie construida sobre rasante de la nave industrial es de 3360 m². En la ilustración 2 se puede observar que la nave industrial está constituida por tres naves adosadas, con dos mordidas dispuestas de tal forma que la nave se pueda adaptar a la forma de la parcela y a la normativa urbanística específica.



Ilustración 2.- Emplazamiento de la nave en la parcela

3.2.- Normativa urbanística

Según el plan general de la localidad de Alcàsser, el suelo urbano será de uso industrial E2.

Se presenta en la tabla 1 la comparativa entre la normativa y la nave industrial que se desea proyectar, de acuerdo con el Plan general de normativa urbanística de Alcàsser. Sección 6º artículo 4.2.6.1.- Condiciones de volumen [1].

| | Normativa | Nave diseñada |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Tamaño de parcela | Mínimo 500 m ² | 4200 m ² |
| Tamaño de fachada | Mínimo 10 m de longitud | 60 m |
| Ocupación de parcela | ≤80% del total | 3360 m ² (80%) |
| Altura máxima | 12 m | 9,41 |
| Retranqueo de fachada mín. | 4 m | >4 m |
| Retranqueo lateral mín. | 2,5 m | >2,5 m |

Tabla 1.- Aplicación de la normativa urbanística

Con el fin de no ocupar la vía pública, las operaciones de carga y descarga se realizan única y exclusivamente en el interior de la nave, puesto que se dispone de un muelle interior (véase el acceso al muelle en el plano 6: distribución en planta I).

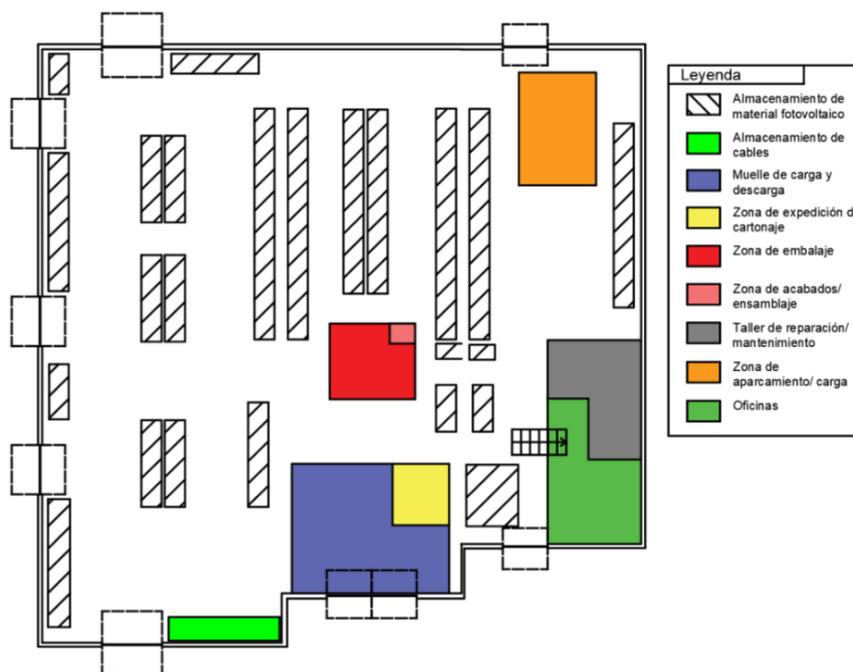
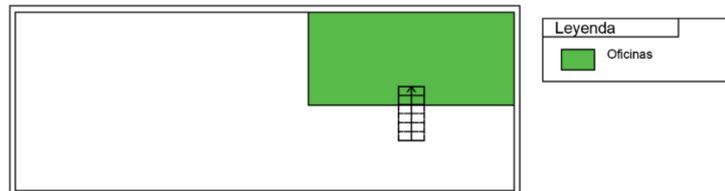
3.3.- Estudio geotécnico

No se posee un estudio geotécnico propio del terreno, por lo que se va a tomar un valor de 0,2 MPa para la tensión máxima admisible del terreno, en base a los datos de los terrenos próximos al de la parcela de estudio.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

4.- DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

A continuación, se muestra la distribución en planta del edificio industrial en la ilustración 3 e ilustración 4.



Respecto al proceso productivo y de almacenamiento, se diferencia:

- Todo el material fotovoltaico se importa desde el extranjero y se descarga en el muelle interior.
- El almacenamiento se realiza en estanterías metálicas paletizadas y albergan el material importado necesario para las instalaciones fotovoltaicas (placas solares, baterías, inversores, reguladores de carga...). Además, se reserva un espacio único para el almacenamiento de cables.
- Bajo las oficinas se llevan a cabo las principales tareas de servicio técnico, supervisión de instalaciones en la península y reparación de material.
- A la hora de distribuir material, bien sea reparado o para nuevas instalaciones, se emplea la máquina empaquetadora localizada en el centro de la nave. Se dispone de una zona específica para acabados y reparaciones últimas junto a la máquina. Se emplea el muelle de descarga o la salida de vehículos trasera para su reparto. (Véase ilustración 4).
- Desde las oficinas se supervisan y se dirigen las operaciones de compra, recepción, venta y distribución del material.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

5.- DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

El conjunto de las naves se pueden observar en la ilustración 5 y la ilustración 6.

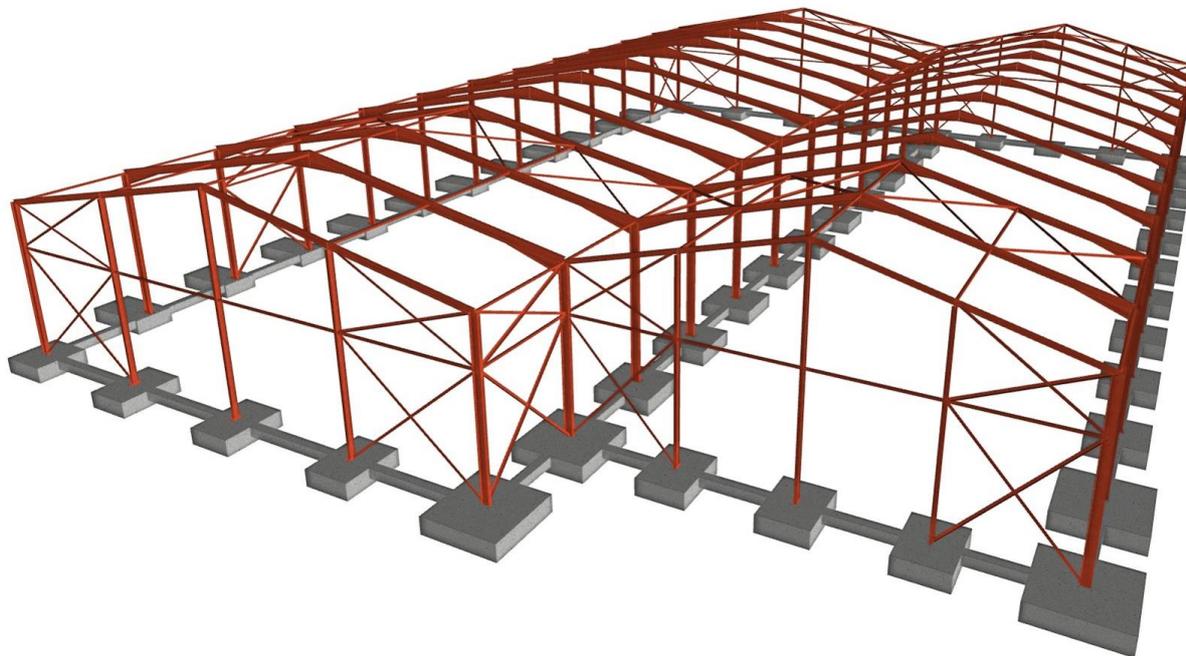


Ilustración 5.- Vista 3D de las naves izquierda y central

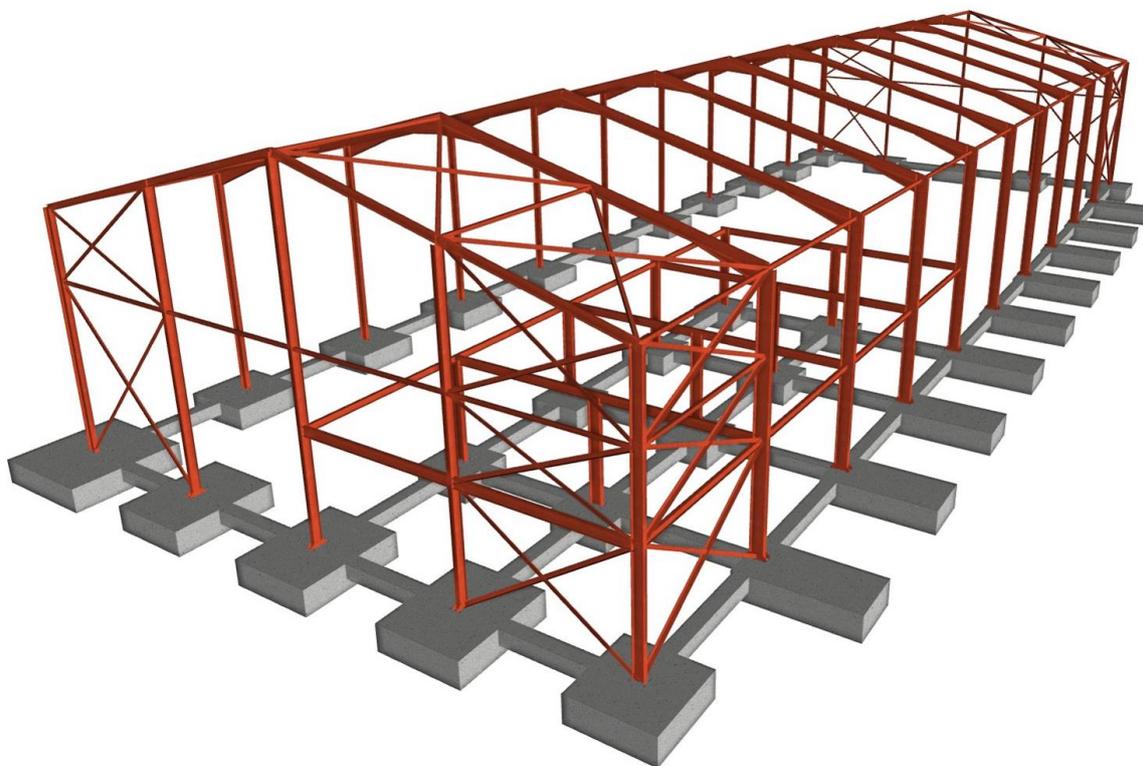


Ilustración 6.- Vista 3D de la nave derecha

El edificio industrial se resuelve con una estructura configurada por 3 naves a dos aguas adosadas entre sí, con una doble mordida en la cara frontal, por lo que quedan diferenciadas tres naves de distinta longitud. Además, se incluye un altillo en la nave de menor longitud.

En las tres naves, la altura de cabeza de pilar es de 7 metros y la altura máxima o de cumbrera es de 9,41 metros. En la unión entre naves, la estructura es compartida, los pilares se empotran en su cabeza a los dinteles que tiene a ambos lados.

Para reforzar la unión entre la jácena y el pilar, en los pórticos interiores se han dispuesto cartelas de rigidización del mismo perfil que la jácena, ya que es el tramo de la jácena donde los esfuerzos son pésimos y donde se demanda una mayor resistencia a la sección del perfil. Gracias a esto, se puede reducir la sección del perfil de la jácena únicamente reforzando la zona más solicitada. En la cumbrera también se disponen cartelas de rigidización, que, aunque no sean necesarias desde el punto de vista resistente, favorecen a la materialización del empotramiento.

La nave izquierda está formada por 13 pórticos, cuya crujía es de 5 metros, posee una pendiente de cubierta del 20%. La luz de esta primera nave es de 24 metros de longitud.

La nave central posee una luz de 18 metros y esta se retranquea con respecto a la anterior 5 metros, es decir, la nave la conforman 12 pórticos con crujía de 5 metros y una pendiente de cubierta del 26,7%.

Por último, la nave derecha se retranquea 5 metros más con respecto a la anterior (10 metros con respecto a la primera), pasando a tener 11 pórticos con una crujía de 5 metros y con la misma luz y pendiente que la central.

Las pendientes de cubierta empleadas impiden acumulaciones y filtraciones de agua al interior de la nave.

En esta tercera nave se introduce un altillo correspondiente a la zona de oficinas. Este se sitúa a una altura de 3 metros y ocupa una superficie de 180 m².

Todos los pórticos de fachada disponen de 3 pilares intermedios (separados 4,5 metros en el caso de la nave derecha y central y 6 metros en el caso de la nave izquierda), con un arriostramiento a 5 metros de altura, estando el hastial arriostrado en su plano con un sistema de cruces de San Andrés.

El conjunto de la estructura posee un sistema de vigas contraviento en cubierta tipo Pratt con las diagonales duplicadas. Como se puede observar, se toma como referencia la primera de las crujías de la nave de menor longitud para situar este sistema contraviento y se extrapola al resto de naves, siendo condición necesaria que los tubos de los montantes de dicho sistema contraviento se alarguen hasta las cabezas de los pilares hastiales.

En la dirección longitudinal, se unen las cabezas de los pilares mediante la viga perimetral y junto con las cruces de San Andrés, se arriostra la estructura en la dirección de la nave.

Por último, para el caso de las cimentaciones, se emplea cimentación superficial de zapatas aisladas para su resolución, tanto rectangulares excéntricas o centradas como cuadradas, en consonancia con la posición de la zapata en la estructura, con un canto igual a 70 centímetros y unidas mediante las vigas de atado.

5.1.- Cimentación

5.1.1.- Hormigón de limpieza

En primer lugar, se debe verter sobre la superficie de la excavación una capa de hormigón de regularización, llamada solera de asiento u hormigón de limpieza, con un mínimo de 10 cm. Tiene como fin crear una superficie plana y horizontal de apoyo de la zapata, así como evitar la desecación del hormigón estructural durante su vertido y una posible contaminación de éste durante las primeras horas de su hormigonado. (Anejo 18. EHE-08 o CTE DB SE-C artículo 4.5.1.2) [2] [3]

Se empleará HL-150/B/20 donde la dosificación mínima de cemento será de 150 kg/m³, consistencia blanda y tal como se aconseja en la normativa, un tamaño máximo del árido menor de 30 mm.

5.1.2.- Zapatas y vigas de atado

La estructura está formada por 75 zapatas aisladas con un canto igual a 70 cm, una para cada pilar de la estructura, encargadas de transmitir los esfuerzos generados por las acciones permanentes y variables consideradas en el cálculo, con el objetivo de cumplir con lo fijado en el EHE-08 y el CTE DB-SE C. Se observa en la ilustración 7 la distribución obtenida para las zapatas. Véanse los planos 8, 9 y 10 (cimentaciones: planta, zapatas y vigas de atado) para una descripción más detallada de la cimentación.

En el caso de las fachadas longitudinales exteriores se han dispuesto zapatas excéntricas hacia fuera para optimizar las dimensiones de la zapata y contrarrestar más fácilmente el vuelco de esta. En los planos longitudinales interiores se han dispuesto zapatas cuadradas.

Los pórticos de fachada se han resuelto con zapatas rectangulares centradas con la dimensión larga en la dirección longitudinal de la nave y las zapatas de los extremos de las naves mediante zapatas cuadradas, al igual que las zapatas del altillo.

Las vigas de atado unen cada una de las zapatas aisladas de la estructura formando su perímetro. Estas consiguen que la cimentación sea más estable y evitan el desplazamiento relativo entre zapatas.

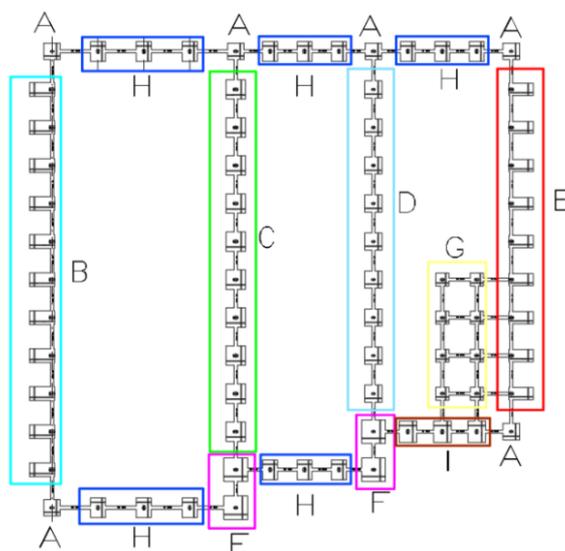


Ilustración 7.- Distribución de las zapatas. NOTA: los distintos tipos de zapatas se etiquetan de la A a la I.

5.2.- Placas de anclaje

Las placas de anclaje son las encargadas de transmitir los esfuerzos entre la estructura superficial (pilares) y la cimentación, son el nexo de unión entre ambos elementos y materializan una unión empotrada de los pilares con la cimentación. Además, se encargan de posicionar de forma exacta el pilar, de conseguir la misma cota para todos los pilares y de asegurar la verticalidad de estos.

Se constituyen por la placa base (recibe los esfuerzos del pilar y los transmite al cimiento), por las cartelas (aumentan la rigidez y resistencia a flexión de la placa base, pero no siempre se emplean) y los pernos de anclaje (elemento de unión entre el cimiento y la base, estos deben embeberse en el hormigón de la cimentación lo suficiente como para transmitir los esfuerzos de flexión).

Para la estructura se necesitan un total de 75 placas de anclaje, que se detallarán en los planos del proyecto.

5.3.- Elementos constructivos

5.3.1.- Cerramientos de cubierta

Para los cerramientos de cubierta se emplean paneles tipo Sandwich (ilustración 8), dispuestos sobre las correas de la cubierta. Se escoge este tipo de cerramiento por sus características de aislamiento térmico y acústico, además de su impermeabilidad y rigidez alta.

Este panel está formado por una doble cara de chapa de acero galvanizado y un núcleo de poliuretano inyectado de densidad media 40 kg/m³. La unión a la estructura se realiza como se indica en la ilustración 9, atornillándose a las correas.



Ilustración 8.- Panel tipo Sandwich (FUENTE: www.ossica.com)

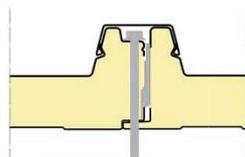


Ilustración 9.- Anclaje a correas del panel Sandwich (FUENTE: www.panelsandwichmadrid.com)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

5.3.2.- Cerramientos laterales

Para el caso de los cerramientos de fachada lateral (fachadas frontales y fachadas longitudinales), se emplearán paneles de hormigón prefabricados, que irán embebidos entre los pilares de la estructura metálica y apoyarán directamente sobre el suelo. Ilustración 10.

En los planos 3 y 4 (fachada frontal, trasera y laterales) se aprecia la distribución de huecos (ventanas y accesos a la nave) que se dispondrán en los cerramientos laterales.



Ilustración 10.-Muros laterales prefabricados de hormigón (FUENTE: propia)

5.3.3.- Solera

La solera es el revestimiento que se le aplicará al suelo natural del interior de la nave. Como se trata de una nave de almacenamiento y no se busca un acabado estético especial, únicamente se situará una capa resistente de hormigón armado, sin ningún acabado en particular para la superficie.

Deberá situarse un armado compuesto por un mallazo electrosoldado, con el fin de resistir las tensiones de tracción que se producen debido a la humedad y a la temperatura.

Además, se debe permitir el movimiento de la masa de hormigón en cualquier dirección y evitar así las fisuras superficiales, por ello deberán preverse juntas de separación que recorran el perímetro de la solera en contacto con los elementos verticales y juntas de pilares, que permitan la libre dilatación de la solera sin llegar a provocarse fisuras por entrar en contacto con estos.

5.4.- Estructura

La totalidad de la estructura está realizada con acero laminado en caliente S275, menos las correas, las cuales son de acero conformado en frío S235.

A continuación, se detallan las características de los diferentes pórticos, así como los diferentes elementos que conforman la estructura (altillo, sistema contraviento, arriostramientos...).

5.4.1.- Pórtico interior

Se muestra en la ilustración 11 los pórticos interiores de las tres naves, así como los perfiles con los que se han resuelto. Se han dispuesto cartelas de rigidización en los encuentros pilar-jácena y en cumbrera.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

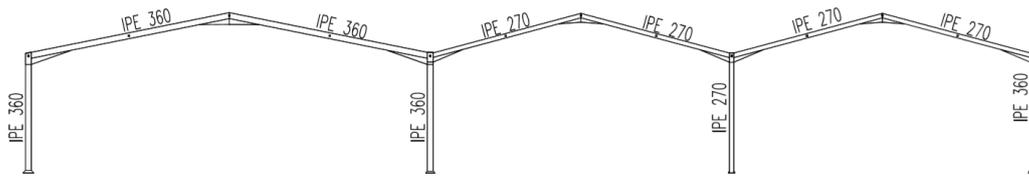


Ilustración 11.- Pórticos interiores

5.4.2.- Pórticos de fachada

En este caso se debe diferenciar entre el pórtico de fachada retranqueado (alineaciones 1,2,3 y que se superpondrán en un mismo plano en la ilustración 12), véanse los planos 11, 12 y 13, y el pórtico de fachada trasero (alineación 13), ilustración 13, véase el plano 14.

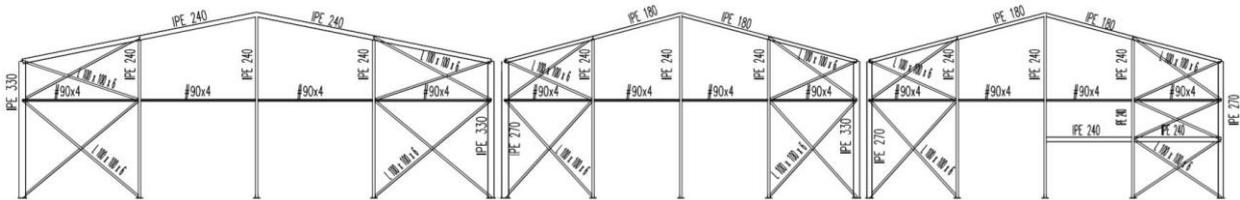


Ilustración 12.- Pórticos de fachada alineación 1, 2 y 3

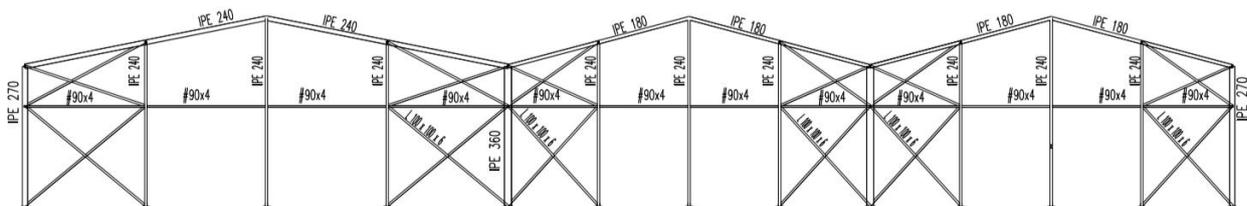


Ilustración 13.- Pórtico de fachada alineación 13

En primer lugar, a una altura de 5 metros se disponen perfiles cuadrados #90.4 con el fin de reducir la esbeltez de los pilarillos hastiales. Los pilares de la nave grande están separados 6 metros y los de las naves pequeñas 4,5 metros.

Además, estos montantes sirven para dividir la cruz de san Andrés en dos tramos y no obtener longitudes muy grandes en las diagonales. Estas cruces de San Andrés son perfiles en L 100x100x6 y se encargan de arriostrar la estructura en el plano de la fachada.

Respecto a las jácenas, se disponen IPE 240 para la nave grande e IPE 180 para las naves pequeñas. Estas jácenas se apoyan sobre los pilares intermedios de fachada y se unen rígidamente a los pilares de los extremos de cada nave.

Respecto a los pilares extremos de cada nave, se observa que en la nave grande se disponen IPE 330 en la fachada frontal e IPE 270 e IPE 360 en la trasera. En la nave central, se colocan IPE 270 e IPE 330 en los extremos de su fachada delantera e IPE 360 en la parte trasera. En la última de las naves se disponen IPE 270 para sus extremos.

En la ilustración 12 (plano 13: pórtico de fachada alineación 3) se puede apreciar los IPE 240 correspondientes a las vigas del altillo y una disposición especial de las cruces de San Andrés en esta crujía por motivos constructivos.

5.4.3.- Arriostramiento de cubierta, sistema contraviento

En primer lugar, se coloca arriostramiento de cubierta en los vanos 3 y 12, tal y como se observa en la ilustración 14.

Las barras del sistema contraviento se articulan en sus extremos, tanto los de las diagonales como los de los montantes se articulan al alma de las jácenas. Dicho sistema se trata de una celosía tipo Pratt con las diagonales duplicadas, donde estas son perfiles L100x100x6 y los montantes #90.4.

Tal y como se ha comentado en la descripción de la estructura, para otorgar continuidad al sistema contraviento, los montantes llegan hasta la cabeza de los pilares hastiales. En la ilustración se pueden observar los montantes estirados para dicho fin.

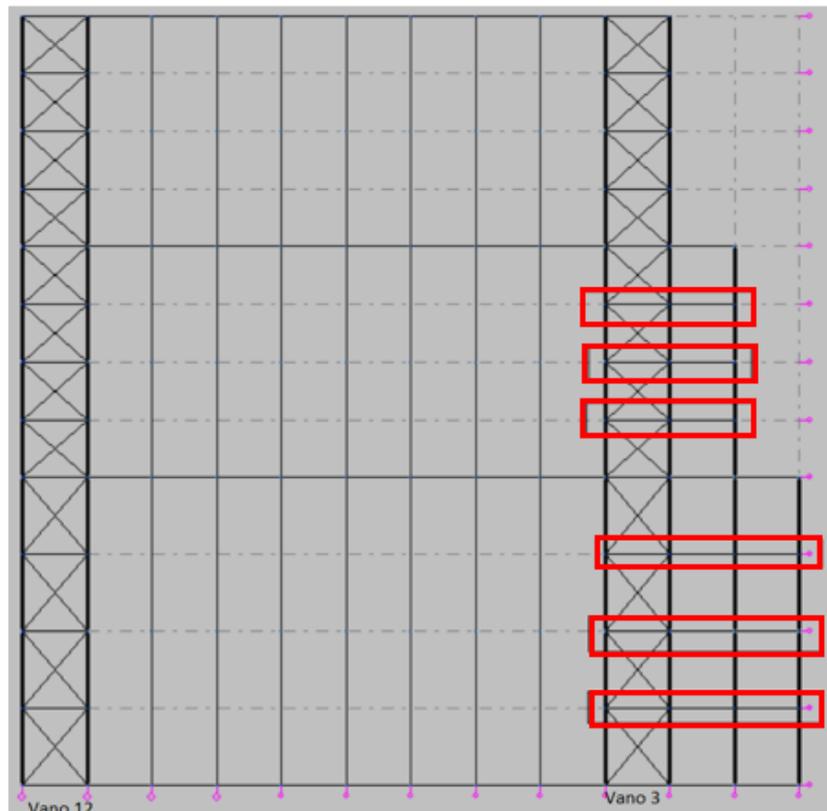


Ilustración 14.- Arriostramiento de cubierta

5.4.4.- Pórticos longitudinales, arriostramientos laterales y viga perimetral

Se presenta a continuación una vista 3D de los cuatro pórticos longitudinales con sus correspondientes arriostramientos laterales (ilustración 15). Véanse los planos 15 y 16 para visualizar con detalle estos pórticos.

Las diagonales de todos los arriostramientos son L100x100x6 y los montantes o bastidores de dichas cruces son #90.4. Además, en la alineación M la tipología de la cruz varía, esto es por la presencia de la estructura perimetral del altillo, por lo que conviene separar la cruz inferior en dos cruces.

Los arriostramientos, junto con las vigas de atado (las barras que unen las cabezas de los pilares, denominadas vigas perimetrales, se disponen perfiles IPE 120) arriostran la estructura en la dirección longitudinal, con tal que de los pórticos se comporten como elementos intraslacionales en esta dirección, dotando de monolitismo a la estructura.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

Así pues, se observa que estos arriostramientos se encuentran en los vanos 3 y 12 (coincidentes con el sistema de arriostramiento de cubierta) y en las fachadas laterales que se quedan al descubierto tras los retranqueos de la estructura.

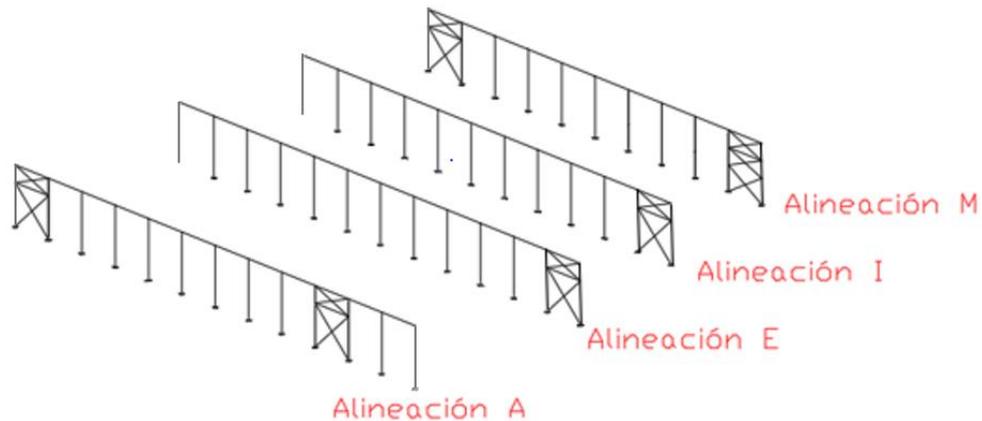


Ilustración 15.- Fachadas longitudinales y arriostramientos laterales

5.4.5.- Altillo

Se muestra en la ilustración 16 la planta del altillo, situado a 3 metros de altura, y la dirección de reparto de las cargas del forjado unidireccional.

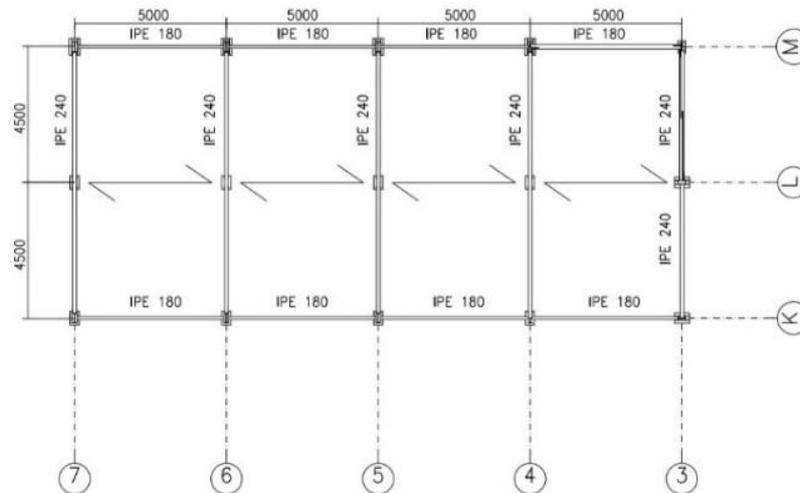


Ilustración 16.- Planta altillo

Se incluye un forjado sobre el altillo diseñado para las zonas de oficinas.

Se trata de un forjado de placas alveolares pretensadas con capa de compresión. Este tipo de forjado prefabricado repercute positivamente en la facilidad de montaje y supone un ahorro de material y de mano de obra importante. Nótese que las losas alveolares aligerarán el peso del forjado (ilustración 17). Las vigas se encuentran en las alineaciones 3 a la 7 y se configuran con IPE 240. Los pilares exclusivos para la estructura del altillo se configuran con perfiles IPE 330, el resto de los pilares son los de la estructura principal. El perímetro del altillo se cierra con perfiles IPE 180.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

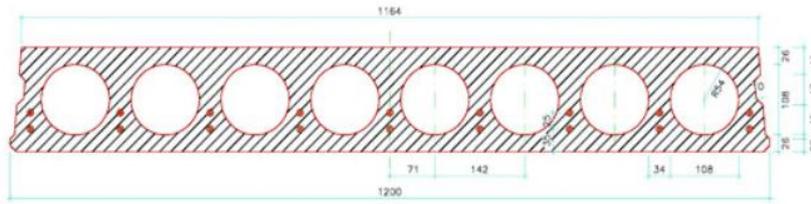


Ilustración 17.- Forjado unidireccional con placa alveolar pretensada (FUENTE: www.viguetasribe.com)

En el plano 22 se puede observar con detalle la superficie del altillo y el forjado que se dispone para la superficie de oficinas.

5.4.6.- Correas

Las correas son perfiles de acero colocadas solo en la cubierta de la estructura. Se encargan de anclar el cerramiento de cubierta a la propia estructura (se atornillan a la cubierta tipo sandwich y se unen a las jácenas por medio de ejiones soldados) y de transmitir los esfuerzos o acciones sobre cubierta consideradas en el cálculo.

Se opta por colocar correas ZF-160x2.5 (acero S235), puesto que incorpora refuerzos (labios) en los extremos de las alas para evitar el alabeo. La separación entre las correas es de 1.7 m y se ha previsto que las correas se empotren entre sí en sus extremos para que cada correa trabaje desde la fachada principal hasta la posterior como viga continua y poder reducir la flecha máxima obtenida. El detalle de la correa se observa en la ilustración 18. En el plano 21 se detallan en profundidad las correas de cubierta.

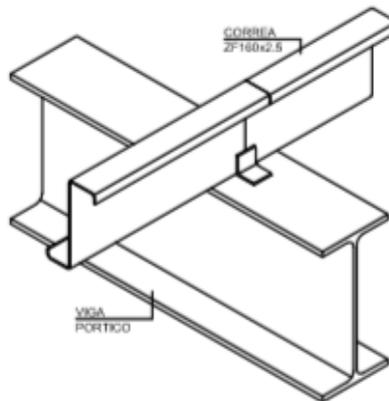


Ilustración 18.- Detalle de correas en cubierta (FUENTE: www.detallesconstructivos.net)

6.- RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Se muestra un resumen del presupuesto estimado para la ejecución del proyecto, el cual se detallará más adelante (documento de mediciones y presupuesto). Se incluye la parte de protección pasiva contra incendios, explicada en su anexo de cálculo correspondiente.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

1.- Acondicionamiento del terreno

| | |
|---------------------------|-------------|
| 1.1 Movimiento de tierras | 14.379,53 € |
|---------------------------|-------------|

| | |
|---|--------------------|
| Total 1 Acondicionamiento del terreno: | 14.379,53 € |
|---|--------------------|

2.- Cimentaciones

| | |
|--------------------------|------------|
| 2.1 Hormigón de limpieza | 3.801,36 € |
|--------------------------|------------|

| | |
|-------------|-------------|
| 2.2 Zapatas | 37.394,82 € |
|-------------|-------------|

| | |
|--------------------|------------|
| 2.3 Vigas de atado | 6.027,38 € |
|--------------------|------------|

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Total 2 Cimentaciones: | 47.223,56 € |
|-------------------------------|--------------------|

3.- Estructura

| | |
|-----------------------------|--------------|
| 3.1 Barras de la estructura | 133.261,54 € |
|-----------------------------|--------------|

| | |
|-----------------------|------------|
| 3.2 Placas de anclaje | 5.890,16 € |
|-----------------------|------------|

| | |
|-------------|-------------|
| 3.3 Correas | 33.630,34 € |
|-------------|-------------|

| | |
|----------------------------|---------------------|
| Total 3 Estructura: | 172.782,04 € |
|----------------------------|---------------------|

4.- Forjado para el altillo

| |
|--------------------|
| 12.240,00 € |
|--------------------|

5.- Elementos constructivos

| | |
|-----------------------------|--------------|
| 5.1 Cerramientos de fachada | 143.796,73 € |
|-----------------------------|--------------|

| | |
|------------------------------|--------------|
| 5.2 Cerramientos de cubierta | 124.329,54 € |
|------------------------------|--------------|

| | |
|------------------------------------|--------------|
| 5.3 Solera del interior de la nave | 104.731,20 € |
|------------------------------------|--------------|

| | |
|---|---------------------|
| Total 5 Elementos constructivos: | 372.857,47 € |
|---|---------------------|

6.- Gestión de residuos

| |
|-------------------|
| 1.764,00 € |
|-------------------|

7.- Protección pasiva contra incendios

| |
|-------------------|
| 9.616,75 € |
|-------------------|

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

| |
|---------------------|
| 630.863,35 € |
|---------------------|

| | |
|------------------------------|-------------|
| 13% de gastos generales (GG) | 82.012,24 € |
|------------------------------|-------------|

| | |
|---------------------------------|-------------|
| 6% de beneficio industrial (BI) | 37.851,80 € |
|---------------------------------|-------------|

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

| |
|---------------------|
| 750.727,39 € |
|---------------------|

| | |
|---------|--------------|
| 21% IVA | 157.652,75 € |
|---------|--------------|

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

| |
|---------------------|
| 908.380,14 € |
|---------------------|

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de NOVECIENTOS OCHO MIL TRESCIENTOS OCHENTA EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS.

7.- BIBLIOGRAFÍA

- [1] Plan general de normativa urbanística del ayuntamiento de Alcàsser del 28 de enero de 1986.
- [2] EHE-08. Instrucción del hormigón estructural. Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio.
- [3] CTE DE-SE Cimentaciones. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo.
- [4] A. M. Reyes Rodríguez. Manual imprescindible de Cype 3D 2016: diseño y cálculo de estructuras metálicas. Madrid: Anaya Multimedia, 2016.
- [5] CTE DB-SE Acciones en la Edificación. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo.
- [6] NCSE-02. Norma de Construcción Sismorresistente. Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre.
- [7] CTE DB-SE. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo.
- [8] CTE DB-SE Acero. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo.
- [9] Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-5: Placas planas cargadas en su plano.
- [10] Programa de cálculo para losas alveolares creado por la U.D. Construcción y Arquitectura Industrial disponible en <http://www.prgcalculo-aidepla.org/>
- [11] Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales. Real decreto 2267/2004 de 3 de diciembre.
- [12] Clasificación de Materias y Mercancías. Catálogo CEA de CEPREVEN.
- [13] CTE DB-SI seguridad en caso de incendios. Real decreto 732/2019, de 20 de diciembre.
- [14] EAE. Instrucción de acero estructural. Real decreto 751/2011, de 27 de mayo.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

2. ANEXO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

1.-ANÁLISIS ESTRUCTURAL

1.1.- Software empleado

El software utilizado para el cálculo de la estructura y comprobación de los elementos de esta, además del cálculo de las cimentaciones, es CYPE 3D (Versión 2020). Se pueden obtener planos y detalles de las uniones y cimentaciones con este mismo programa.

La nave realizada se genera a partir de 3 pórticos, introducidos en la aplicación GENERADOR DE PÓRTICOS (Versión 2020), dicha aplicación también calcula las correas, así como la totalidad de acciones que se desarrollan sobre el edificio.

Ambas aplicaciones nombradas forman parte del paquete de programas que ofrece CYPE ingenieros [4].

Para la edición y trazado de planos obtenidos de CYPE 3D, para su posterior impresión, se recurrirá a la versión para estudiantes de Autodesk AutoCad 2020.

1.2.-Método de cálculo

Para abordar el cálculo y obtener una solución adecuada se debe tener en cuenta 4 aspectos importantes:

1. Modelo estructural. Este apartado hace referencia a la configuración inicial de todos los elementos, es decir, a la sección del perfil, al material de dicho perfil, la orientación de éste y la vinculación de la barra en sus extremos. Para la estructura se debe realizar un pre-dimensionado lógico de todos sus elementos.
Se sigue el criterio de la esbeltez límite para cada conjunto de elementos de la estructura (pilares interiores, pilares de fachada, vigas perimetrales, montantes, diagonales...).
2. Modelo de cargas. Se deben introducir las acciones sobre el edificio siguiendo la normativa correspondiente al CTE DB-SE Acciones en la edificación [5].
3. Modelo de pandeo. Es necesario indicar los parámetros que caracterizan el modelo de pandeo de cada barra, como pueden ser: las β de pandeo, sus coeficientes de momento c_m , las longitudes de pandeo... Para ello se deben tener en cuentas las condiciones de contorno de las barras y su función en la estructura.
4. Modelo de flechas. Se deben establecer las deformaciones o desplazamientos máximos admisibles de los elementos de la estructura.

Una vez se lanza el cálculo, el programa emplea el método matricial de cálculo de estructuras y tras un tiempo de espera se ofrecen los resultados. Se pueden comprobar los elementos que cumplen y los que no cumplen para aplicar los cambios necesarios a la estructura con el fin de obtener la estructura correcta. El calculista debe ser muy consecuente con las condiciones de contorno que se aplican a la estructura por medio del modelo de pandeo y de flechas.

2.- MATERIALES

2.1.- Acero

Para los pilares, jácenas, vigas del altillo, arriostramientos, vigas perimetrales y placas de anclaje se utiliza acero estructural laminado en caliente S275, posee un límite elástico $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$. Las características específicas del material son las que siguen en la tabla 2:

| | |
|--|-------------------------|
| E: módulo de elasticidad | 210000 MPa |
| v: módulo de Poisson | 0.3 |
| G: módulo de cortadura | 81000 MPa |
| f_y : límite elástico | 275 MPa |
| α : coeficiente de dilatación térmica | 0.000012 m/m°C |
| γ : peso específico | 77.01 kN/m ³ |

Tabla 2.- Características del acero S275

Respecto a las correas, se emplea acero conformado en frío S235 con $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$.

La armadura de las cimentaciones y los pernos de anclaje se realizará con acero B500SD y sus características se pueden observar en la tabla 3. SD significa acero con características especiales de ductilidad.

| | |
|---------------------------------------|---------|
| f_y : límite elástico | 500 MPa |
| f_s : carga unitaria de rotura | 575 MPa |
| ϵ_s : alargamiento de rotura | 16 % |

Tabla 3.- Características del acero B500SD

2.2.- Hormigón

Para las zapatas, el hormigón de limpieza empleado es HL-150/B/20 (Hormigón de limpieza con una dosificación mínima de cemento de 150 kg/m³, consistencia blanda y tamaño de árido de 20 mm).

A la hora de decidir el tipo de hormigón para las cimentaciones, se recurre a la tabla 37.3.2.b del EHE-08. En función de la clase de exposición, se decide la resistencia mínima de esta. Así pues, se escoge una resistencia mínima de 25 N/mm² para el hormigón armado, para la clase de exposición IIa, tal y como vemos en la tabla 4.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Parámetro de dosificación | Tipo de hormigón | CLASE DE EXPOSICIÓN | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------|---------------------|-----|-----|------|------|------|----|----|----|----|----|----|----|
| | | I | Ila | IIb | IIIa | IIIb | IIIc | IV | Qa | Qb | Qc | H | F | E |
| resistencia | masa | 20 | - | - | - | - | - | - | 30 | 30 | 35 | 30 | 30 | 30 |
| Mínima (N/mm ²) | armado | 25 | 25 | 30 | 30 | 30 | 35 | 30 | 30 | 30 | 35 | 30 | 30 | 30 |
| | pretensado | 25 | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 | 35 | 30 | 35 | 35 | 30 | 30 | 30 |

Tabla 4.- Resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de clase de exposición (FUENTE: EHE-08 tabla 37.3.2.b)

De esta forma, el hormigón empleado para las propias zapatas y vigas de atado será HA-25/B/30/IIa (hormigón armado con una resistencia característica específica $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ consistencia blanda, tamaño del árido de 30 mm y un ambiente de clase general IIa).

Para la solera se empleará HA-25/B/40/IIa (hormigón armado con una resistencia característica específica $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$, consistencia blanda, tamaño del árido de 40 mm y un ambiente de clase general IIa).

Respecto a las losas alveolares, se empleará HP-45/P/12/IIa con un $f_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$.

3.- ACCIONES SOBRE EL EDIFICIO

Las acciones que se han tenido en cuenta para el cálculo de la estructura son las que aparecen en el CTE DB SE-AE, apartados 2, 3 y 4: acciones permanentes (debidas al peso propio de la estructura y forjado y pesos del cerramiento de cubierta), acciones variables (sobrecargas de uso, el viento y la nieve) y las accidentales (fuego).

3.1.- Acciones permanentes

Este tipo de acciones actúan en todo instante sobre el edificio con posición y valor constante. En el cálculo de las acciones del edificio industrial son relevantes las debidas al peso propio.

Además, debe considerarse un peso propio de $G = 0,15 \text{ kN/m}^2$ para el cerramiento tipo sandwich de cubierta.

En la estructura del altillo, según la tabla C.5 del CTE DB-SE AE (peso propio de elementos constructivos), se ha considerado un peso propio del forjado de $G = 4 \text{ kN/m}^2$ y en las barras que configuran el perímetro del altillo se ha considerado una carga lineal de valor 3 kN/m con el fin de prever el peso propio de los cerramientos. Estos valores se pueden observar en la tabla 5.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcásser (Valencia).

| Elemento | Peso |
|---|---------------------|
| Forjados | kN / m ² |
| Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m | 2 |
| Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m | 3 |
| Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m | 4 |
| Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m | 5 |
| Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m | 5 |
| Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido | kN / m |
| Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m | 3 |
| Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m | 5 |
| Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m | 7 |
| Solados (incluyendo material de agarre) | kN / m ² |
| Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m | 0,5 |
| Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m | 1,0 |
| Placas de piedra, o peldañado; grueso total < 0,15 m | 1,5 |
| Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal) | kN / m ² |
| Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros | 1,0 |
| Faldones de placas, teja o pizarra | 2,0 |
| Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros | 3,0 |
| Cubierta plana, recreado, con impermeabilización vista protegida | 1,5 |
| Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava | 2,5 |
| Rellenos | kN / m ³ |
| Agua en aljibes o piscinas | 10 |
| Terreno, como en jardinerías, incluyendo material de drenaje ⁽¹⁾ | 20 |

Tabla 5.- Pesos propios de forjados y tabiquerías (FUENTE: CTE DB-SE AE tabla C.5)

3.2.- Acciones variables

Estas acciones pueden actuar o no sobre el edificio y se corresponden con las acciones derivadas del clima, del emplazamiento y del uso del edificio.

3.2.1.- Sobrecarga de uso

Las diferentes sobrecargas de uso, según la tabla 3.1 del CTE DB-SE AE, se muestran en la tabla 6:

| Categoría de uso | | Subcategorías de uso | | Carga uniforme [kN/m ²] | Carga concentrada [kN] |
|------------------|--|----------------------|---|--|---------------------------|
| A | Zonas residenciales | A1 | Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles | 2 | 2 |
| | | A2 | Trasteros | 3 | 2 |
| B | Zonas administrativas | | | 2 | 2 |
| C | Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D) | C1 | Zonas con mesas y sillas | 3 | 4 |
| | | C2 | Zonas con asientos fijos | 4 | 4 |
| | | C3 | Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc. | 5 | 4 |
| | | C4 | Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas | 5 | 7 |
| | | C5 | Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc) | 5 | 4 |
| D | Zonas comerciales | D1 | Locales comerciales | 5 | 4 |
| | | D2 | Supermercados, hipermercados o grandes superficies | 5 | 7 |
| E | Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN) | | | 2 | 20 ⁽¹⁾ |
| F | Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾ | | | 1 | 2 |
| G | Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾ | G1 ⁽⁷⁾ | Cubiertas con inclinación inferior a 20° | 1 ⁽⁸⁾⁽⁹⁾ | 2 |
| | | | Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁸⁾ | 0,4 ⁽¹⁰⁾ | 1 |
| | | G2 | Cubiertas con inclinación superior a 40° | 0 | 2 |

Tabla 6.- Valores característicos de las sobrecargas de uso (FUENTE: CTE DB-SE AE tabla 3.1)

La categoría de uso de la cubierta es G correspondiente a cubiertas únicamente accesibles para tareas de mantenimiento, más concretamente la G1 (cubiertas ligeras sobre correas sin forjado) de valor $Q = 0.4 \text{ kN/m}^2$. Esta acción no es concomitante con el resto de las acciones variables.

En la superficie del altillo se prevé una sobrecarga de uso correspondiente al uso B (zona administrativa) de valor $Q = 2 \text{ kN/m}^2$

3.2.2.- Carga del viento

De acuerdo con la normativa de referencia (CTE DB-SE AE), la distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen del emplazamiento de la construcción (q_b o presión dinámica), de la altura del edificio industrial y del grado de aspereza del entorno ($c_e(z)$ o coeficiente de exposición) y de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, es decir la forma del edificio (c_p o coeficiente eólico).

Con todo esto se obtiene la siguiente expresión de presión estática, que actúa de forma perpendicular a la superficie:

$$q_e(z) = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_p \quad (1)$$

El anejo D del DB-SE AE describe exhaustivamente el uso de la expresión anterior y la variación del coeficiente eólico según los parámetros de la nave.

Para la estructura de estudio se ha considerado lo siguiente:

- Zona eólica: A (velocidad del viento de 26 m/s)
- Grado de aspereza: IV. Zona urbana, industrial o forestal
- Periodo de servicio (años): 50
- Profundidad nave industrial: 60.00 metros

Se considera que no hay influencia de los huecos, puesto que se mantendrán cerrados durante condiciones climáticas adversas. Se consideran las siguientes hipótesis de viento.

1 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

2 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior

3 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

4 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

5 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior

6 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

3.2.3.-Carga de nieve

La carga de nieve depende tanto de la altitud topográfica como de la zona climática ($s_k(H, ZC)$ o valor característico de la carga de nieve) y de la forma de la cubierta y los efectos del viento ($\mu(\alpha)$ o coeficientes de forma). Se evalúa la carga de nieve empleando la siguiente expresión:

$$q_n = s_k(H, ZC) \cdot \mu(\alpha) \quad (2)$$

El DB SE-AE sólo cubre los casos del depósito natural de la nieve. Se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- Para el cálculo de la sobrecarga de nieve se tiene en cuenta la zona climática invernal 5 y una altitud topográfica de 15 m. En la tabla E2 del anejo E del DB SE-AE se obtiene el valor de este parámetro (tabla 7).

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Altitud (m) | Zona de clima invernal. (según figura E.2) | | | | | | |
|-------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 200 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| 400 | 0,6 | 0,6 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,2 |
| 500 | 0,7 | 0,7 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,2 |
| 600 | 0,9 | 0,9 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,2 |
| 700 | 1,0 | 1,0 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,2 |
| 800 | 1,2 | 1,1 | 0,5 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,2 |
| 900 | 1,4 | 1,3 | 0,6 | 1,0 | 0,8 | 0,9 | 0,2 |
| 1.000 | 1,7 | 1,5 | 0,7 | 1,2 | 0,9 | 1,2 | 0,2 |
| 1.200 | 2,3 | 2,0 | 1,1 | 1,9 | 1,3 | 2,0 | 0,2 |
| 1.400 | 3,2 | 2,6 | 1,7 | 3,0 | 1,8 | 3,3 | 0,2 |
| 1.600 | 4,3 | 3,5 | 2,6 | 4,6 | 2,5 | 5,5 | 0,2 |
| 1.800 | - | 4,6 | 4,0 | - | - | 9,3 | 0,2 |
| 2.200 | - | 8,0 | - | - | - | - | - |

Tabla 7.- Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (FUENTE: CTE DB-SE AE tabla E2)

- Cubierta sin resaltos
- Exposición al viento: Normal

Para la obtención del coeficiente de forma, se debe considerar que el viento puede acompañar o seguir a las nevadas, lo que origina un depósito irregular de la nieve sobre las cubiertas, por ello el espesor de la capa de nieve puede ser diferente en cada faldón. Además, los encuentros entre faldones (limahoyas) suponen un impedimento al deslizamiento de la nieve, por lo que deben adoptarse los valores de coeficiente de forma expuestos en los apartados 3.5.3 y 3.5.4 del CTE DB-SE Acciones en la edificación. Con todo esto se distinguen 3 hipótesis de carga de nieve distintas.

-Hipótesis 1: no se tiene en cuenta el efecto favorable del viento, ilustración 19.

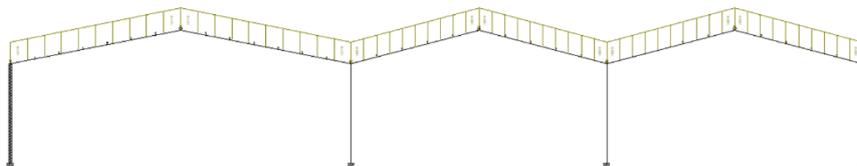


Ilustración 19.- Distribución de la nieve para la hipótesis de carga 1 (FUENTE: generador de pórticos)

-Hipótesis 2: se tiene en cuenta el efecto favorable del viento en uno de sus faldones (redondeado en rojo), ilustración 20.

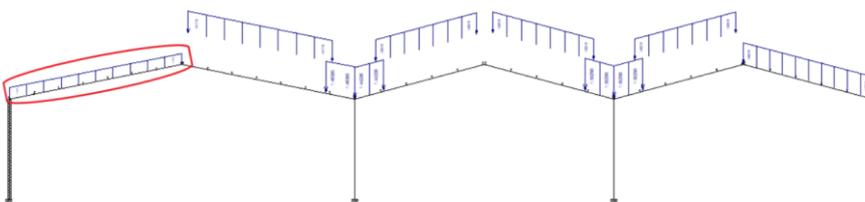


Ilustración 20.- Distribución de la nieve para la hipótesis de carga 2 (FUENTE: generador de pórticos)

-Hipótesis 3: se tiene en cuenta el efecto favorable del viento en otro de sus faldones (redondeado en rojo), ilustración 21.

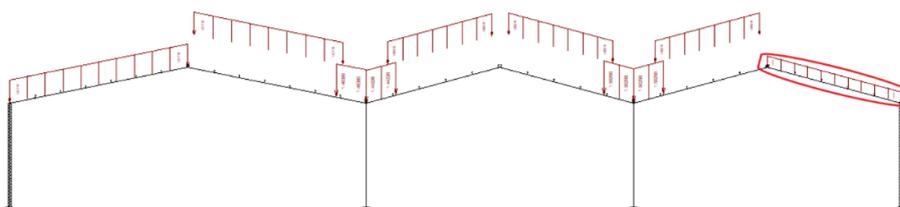


Ilustración 21.- Distribución de la nieve para la hipótesis de carga 3 (FUENTE: generador de pórticos)

3.2.4.- Acciones accidentales

La evaluación de la acción accidental del fuego se mostrará en el siguiente anexo de cálculo. Mientras, se debe atender a la evaluación de las acciones sísmicas, recogidas en la NCSE-02 [6].

La nave está situada en la localidad de Alcàsser, con una aceleración sísmica básica de 0,07g. Así pues, al tratarse de una construcción de importancia normal y poseer pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones, no se debe tener en cuenta esta acción accidental, ya que la aceleración sísmica básica es menor de 0,08g.

3.3.- Bases de cálculo

El DB-SE establece los principios y los requisitos relativos a la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio, así como la aptitud al servicio, incluyendo su durabilidad. Describe las bases y los principios para el cálculo de las estructuras. Esto es aplicable a todos los tipos de edificios, incluso a los de carácter provisional.

3.3.1.- Estados límite

Se definen, según el CTE DB-SE artículo 3.2 [7], los estados límite como:

“...aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguna de los requisitos estructurales para las que ha sido concebido.

Los estados límite últimos son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo.

Los estados límite de servicio son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento de del edificio o a la apariencia de la construcción.”

Por un lado, debe verificarse la capacidad portante de la estructura (Estado límite último de resistencia y de pandeo), tal y como se describe en el artículo 4.2.1 del CTE DB-SE.

Por otra parte, debe verificarse la aptitud al servicio (Estados límite de servicio de flecha y desplome), tal y como indica el artículo 4.3 del CTE DB-SE:

“Se considera que hay un comportamiento adecuado, en relación con las deformaciones, las vibraciones o el deterioro, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto.”

Así pues, con relación a las deformaciones, se tendrán en cuenta los valores expuestos en el apartado 4.3.3.1 del CTE DB-SE para las flechas y los valores expuestos en el apartado 4.3.3.2 para los desplazamientos horizontales. Dichos valores se muestran en el apartado correspondiente a ELS.

3.4.- Combinación de acciones

3.4.1.- Estados límite últimos (capacidad portante)

Según el artículo 4.2.2 del CTE DB-SE:

“El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3)$$

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, γ , se establecen en la tabla 4.1 del CTE DB-SE (véase tabla 8) 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, aun dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora), de la desfavorable (la desestabilizadora).

| Tipo de verificación ⁽¹⁾ | 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 |
| | | desestabilizadora | estabilizadora |
| Estabilidad | 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 |

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

Tabla 8.- Coeficientes parciales de seguridad para las acciones (FUENTE: tabla 4.1 CTE DB-SE)

Los valores de los coeficientes de simultaneidad, ψ , se establecen en la tabla 4.2 (tabla 9)

| | ψ_0 | ψ_1 | ψ_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) | | ⁽¹⁾ | |
| • Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G) | 0 | 0 | 0 |
| Nieve | | | |
| • para altitudes > 1000 m | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| • para altitudes ≤ 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 |

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

Tabla 9.- Coeficientes de simultaneidad (FUENTE: tabla 4.2 CTE DB-SE)

3.4.2.- Estados límite de servicio (aptitud al servicio)

Según el artículo 4.3.2 del CTE DB-SE:

“Para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se determinarán a partir de la correspondiente combinación de acciones e influencias simultáneas, de acuerdo con los criterios que se establecen a continuación.

1. Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4)$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- b) una acción variable cualquiera, en valor característico (Q_k), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor de combinación ($\psi_{0i} \cdot Q_k$).

2. Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar reversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado frecuente, a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (5)$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- b) una acción variable cualquiera, en valor frecuente ($\psi_{1i} \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_{2i} \cdot Q_k$).

3. Los efectos debidos a las acciones de larga duración, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado casi permanente, a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6)$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- b) todas las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_{2i} \cdot Q_k$).”

4.-CÁLCULO

4.1.- Estructura metálica

En este apartado se realizan las pertinentes comprobaciones de los elementos representativos de los diferentes subsistemas de la estructura.

4.1.1.- Predimensionado de la estructura metálica

Para que CYPE realice el cálculo, primero es necesario seleccionar el perfil, introducir sus coeficientes de pandeo en ambos planos y las limitaciones en cuanto a flecha, como se ha explicado en el apartado 1.2. Las limitaciones de flecha se exponen en la tabla 12.

Se realiza un predimensionado de los elementos fijando un valor de esbeltez reducida máxima para cada barra del modelo. De acuerdo con los artículos 6.3.1 y 6.3.2 (6.3.2.1) de CTE DB-SE Acero [8], se limita la esbeltez reducida de los elementos comprimidos a 2, los elementos traccionados de la estructura principal a 3 y pudiendo admitirse valores de hasta 4 en los elementos de arriostramiento.

Para recurrir a la expresión de predimensionado se debe conocer de antemano la β de pandeo de la barra en ambos planos, pudiendo optar por:

1. Casos canónicos que se describen en el DB-SE Acero (tabla 6.1), tal y como se ve en la tabla 10.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |
| Biempotrada $\eta_1 = \eta_2 = 0$ $\beta(0,0,0) = 0.5$ | Apoyada-empotrada $\eta_1 = 1 \quad \eta_2 = 0$ $\beta(1,0,0) = 0.7$ | Biapoyada $\eta_1 = \eta_2 = 1$ $\beta(1,1,0) = 1$ | Biempotrada $\eta_1 = \eta_2 = 0$ $\beta(0,0,1) = 1$ | Empotrada-Libre $\eta_1 = 1 \quad \eta_2 = 0$ $\beta(1,0,1) = 2$ |
| Sin posibilidad de desplazamiento de los apoyos GT=0 | | | Con posibilidad de desplazamiento de uno de los apoyos GT=1 | |

Tabla 10.- Coeficiente de pandeo para los casos canónicos (FUENTE: tabla 6.1 CTE DB-SE A)

De esta forma, conociendo las condiciones de contorno de la pieza, se obtiene fácilmente el coeficiente de pandeo y la longitud equivalente de la pieza. η_1 y η_2 son los coeficientes de distribución superior e inferior, si el extremo de la pieza puede girar, $\eta=1$ y si no puede girar, $\eta=0$. GT indica el grado de traslacionalidad de la barra en el plano de estudio.

2. Método de cálculo general en pilares de edificios, según el DB-SE Acero artículo 6.3.2. En el presente proyecto, este método es necesario para conocer los coeficientes de pandeo de los pilares en los pórticos interiores en su propio plano y los pilares del altillo en este mismo plano. Para esto, los coeficientes de distribución se calculan como se indica:

$$\eta_i = \frac{K_c + K_i}{K_c + K_i + K_{ii} + K_{ij}} \quad (7)$$

Donde los coeficientes de rigidez (K) son, de acuerdo con la ilustración 22:

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

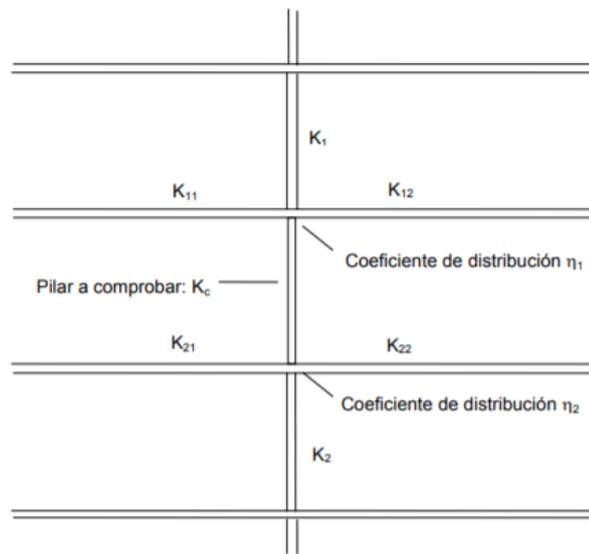


Ilustración 22.- Coeficientes de distribución (FUENTE: CTE DB-SE Aceros figura 6.5)

$\eta_2=0$, por estar la base del pilar empotrada. Para obtener el valor numérico de los coeficientes de rigidez se recurre a la tabla 11:

| Condiciones de coacción al giro en la viga en el extremo contrario al considerado. | Coeficiente de rigidez eficaz K de la viga | |
|--|--|---|
| | sin compresión relevante | con compresión ⁽¹⁾ |
| empotrado | 1,0 E/I/L | 1,0 E/I/L (1-0,4 N/N _{crit}) |
| articulado | 0,75 E/I/L | 0,75 E/I/L (1 - 1,0 N/N _{crit}) |
| giro igual y de igual signo | 1,5 E/I/L | 1,5 E/I/L (1-0,2 N/N _{crit}) |
| giro igual y de signo opuesto | 0,5 E/I/L | 0,5 E/I/L (1-1,0 N/N _{crit}) |
| giro θ_a en el nudo considerado y giro θ_b en el otro | $(1 + 0,5 \theta_b / \theta_a) E/I/L$ | |

⁽¹⁾ N_{crit} se refiere al valor crítico a compresión de la viga considerada. El caso general (-) no está contemplado

Tabla 11.- Coeficiente de rigidez eficaz para una viga en comportamiento elástico (FUENTE: CTE DB-SE Acero tabla 6.5)

Una vez conocemos todos los valores necesarios se recurre a la siguiente expresión para el cálculo del coeficiente de pandeo:

$$\beta = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}} \geq 1 \quad (8)$$

Con todo esto y sabiendo el elemento que se desea predimensionar, se recurre a la fórmula de la esbeltez reducida (se conoce el límite de $\bar{\lambda}$ según el elemento) para obtener el radio de giro mínimo que el perfil debe de poseer:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{lim}} = \frac{\frac{L_k}{i}}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{f_y}}} \rightarrow \text{Despejando} \rightarrow i \geq \frac{\beta \cdot L}{\bar{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{f_y}}} \quad (9)$$

Donde:

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

- L_k (longitud equivalente) = $\beta \cdot L$
- i = radio de giro

Con este método se obtiene una aproximación al perfil definitivo, ya que, para aquellos perfiles cuyo fallo sea el pandeo, el resultado del predimensionado se acercará a la solución final, sin embargo, para aquellos elementos cuyo fallo sea el agotamiento, el predimensionado proporcionará un perfil menor al necesario.

Las cartelas de rigidización no seguirán un predimensionado teórico específico. Se busca que el encuentro en cumbrera entre cartelas sea lo más horizontal posible y en el encuentro entre pilar y jácena se tomará un décimo de la longitud de la luz del pórtico en principio; longitud que aumentará o se reducirá dependiendo de la demanda de resistencia en este punto, que es el más desfavorable para la jácena.

4.1.2.- Comprobaciones a realizar

4.1.2.1.- ELS

Como se ha comentado anteriormente, para la comprobación de este estado límite deben verificarse las flechas y desplomes. Para cada subsistema se van a comprobar estas deformaciones para los elementos representativos escogidos (en cada apartado de resultados aparecerá una tabla referente a las flechas).

Para ello, según el elemento representativo se debe escoger un valor de flecha/ desplome u otro. Así pues, siguiendo lo expuesto en el apartado 4.3.3.1 y 4.3.3.2 del CTE DB-SE, los valores de las deformaciones máximas son los expuestos en la tabla 12:

| | Plano (según ejes locales) | Valor máximo |
|---|--|--------------|
| Pilares | Plano traslacional (plano sin arriostrar) | L/250 |
| | Plano intraslacional (plano arriostrado) | L/300 |
| Nivel altillo (vigas y elementos del perímetro) | Ambos | L/400 |
| Resto de elementos | Ambos | L/300 |

Tabla 12.- Valores máximo de flecha según el elemento representativo

4.1.2.2.-ELU

ELU RESISTENCIA

Mientras no se indique lo contrario, la normativa se corresponde con el CTE DB-SE Acero, siendo las comprobaciones las que siguen:

1. Resistencia de las secciones a tracción, de acuerdo con el artículo 6.2.3, el axil de cálculo (N_{ed} , según la combinación de acciones más desfavorable) debe ser menor que la resistencia de las secciones a tracción.

$$\eta = \frac{N_{t,Rd}}{N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (10)$$

2. Resistencia de las secciones a cortante, según el artículo 6.2.4, el esfuerzo cortante de cálculo V_{ed} será menor que la resistencia de las secciones a cortante. Esto se comprobará para ambos ejes de la sección.

$$\eta = \frac{V_{ed}}{V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}} \leq 1 \quad (11)$$

3. Resistencia de las secciones a flexión, de acuerdo con el artículo 6.2.6, el momento flector de cálculo pésimo M_{ed} no debe superar a la resistencia de las secciones a flexión. Ambos valores dependen del eje de estudio de la sección (Y o Z).

$$\eta = \frac{M_{ed}}{M_{c,Rd} = W \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (12)$$

4. Resistencia de las secciones a torsión, se comprobará, según el artículo 6.2.7, que el momento torsor pésimo de cálculo no supere el momento torsor máximo que pueda resistir la sección, según la expresión:

$$\eta = \frac{M_{Ted}}{M_{T,Rd} = W_T \cdot f_{yd} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} \leq 1 \quad (13)$$

5. Interacción de esfuerzos en secciones. Se evaluarán, según el artículo 6.2.8, las diferentes combinaciones de acciones que se puedan dar:
- Flexión compuesta sin cortante.
 - Flexión y cortante.
 - Flexión, axil y cortante.
 - Cortante y torsión.
 - Flexión y torsión.

ELU PANDEO

La limitación de la esbeltez reducida (según el tipo de elemento) ya se aborda en el predimensionado de los elementos (apartado 4.1.1).

Así pues, en los apartados sucesivos, además de la esbeltez reducida, para el cumplimiento de este estado último se comprueban las secciones bajo los esfuerzos de:

1. Compresión pura.

Para este caso, el esfuerzo axil de cálculo (N_{ed}) debe ser menor que la resistencia de cálculo a pandeo (N_b : b: buckling): $N_{ed} < N_{b,Rd}$. Donde la resistencia de cálculo a pandeo se calcula como:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot (A \cdot f_{yd}) \quad (14)$$

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

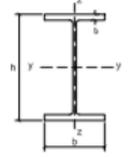
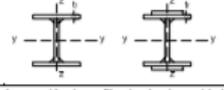
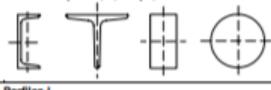
Donde χ es el coeficiente de reducción por pandeo y depende de la longitud de la pieza, de las condiciones de apoyo, del material, de la sección, etc. Para piezas reales, con imperfecciones geométricas, según el DB-SE Acero, artículo 6.3.2.1, se adopta la siguiente expresión corregida:

$$\chi = \begin{cases} \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_{\text{según eje}}^2}} \geq 1 & \bar{\lambda}_{\text{según eje}} \geq 0,2 \\ 1 & \bar{\lambda}_{\text{según eje}} < 0,2 \end{cases} \quad (15)$$

Donde:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_{\text{según eje}} - 0,2) + \bar{\lambda}_{\text{según eje}}^2] \quad (16)$$

α es el coeficiente de imperfección, el cual depende de la curva de pandeo. Las curvas de pandeo representan la diferente sensibilidad de una pieza al fenómeno de pandeo en función del tipo de sección, del plano de pandeo estudiado y del tipo de acero. Las curvas de pandeo se deducen de la tabla 6.2 del DB-SE Acero (tabla 13).

| Tipo de sección | Tipo de acero | | | | |
|---|------------------------------|---|----------------|----------------|-------------------------------|
| | S235 a S355 | | S450 | | |
| | Eje de pandeo ⁽¹⁾ | | | | |
| | y | z | y | z | |
| Perfiles laminados en I | | | | | |
|  | h/b > 1,2 | | t ≤ 40 mm | | |
| | 40 mm < t ≤ 100 mm | | a | b | a ₀ a ₀ |
| | h/b ≤ 1,2 | | t ≤ 100 mm | | b c a a |
| | t > 100 mm | | d | d c c | |
| Perfiles armados en I | | | | | |
|  | t ≤ 40 mm | | b | c b c | |
| | t > 40 mm | | c | d c d | |
| Agrupación de perfiles laminados soldados | | | | | |
|  | c | c | c | c | |
| Tubos de chapa simples o agrupados | | | | | |
|  | laminados en caliente | | | | |
| | conformados en frío | | | | |
| | a | a | a ₀ | a ₀ | |
| | c | c | c | c | |
| Tipo de sección | | | | | |
| Tipo de acero | | | | | |
| Eje de pandeo ⁽¹⁾ | | | | | |
| | y | z | y | z | |
| Perfiles simples U, T, chapa, redondo macizo | | | | | |
|  | c | c | c | c | |
| Perfiles L | | | | | |
|  | b | b | b | b | |

⁽¹⁾ Para el significado del eje de pandeo, y los términos h, b, t, L, véase anexo B

⁽²⁾ La variable a se refiere al ancho de garganta de la soldadura

Tabla 13.- Curvas de pandeo en función de la sección transversal (FUENTE: CTE DB-SE Acero tabla 6.2)

Una vez se conoce la curva de pandeo, se obtiene el valor del coeficiente de imperfección de la cabecera de la tabla 6.3 (recuadro azul) del DB-SE Acero (tabla 14):

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Esbeltez reducida | Curva de pandeo | | | | | α |
|---|-----------------|------|------|------|------|----------|
| | a_0 | a | b | c | d | |
| Coefficiente (α) de imperfección | 0,13 | 0,21 | 0,34 | 0,49 | 0,76 | |
| $\bar{\lambda}$ | | | | | | |
| ≤ 0,20 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | |
| 0,30 | 0,99 | 0,98 | 0,96 | 0,95 | 0,92 | |
| 0,40 | 0,97 | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,85 | |
| 0,50 | 0,95 | 0,92 | 0,88 | 0,84 | 0,78 | |
| 0,60 | 0,93 | 0,89 | 0,84 | 0,79 | 0,71 | |
| 0,70 | 0,90 | 0,85 | 0,78 | 0,72 | 0,64 | |
| 0,80 | 0,85 | 0,80 | 0,72 | 0,66 | 0,58 | |
| 0,90 | 0,80 | 0,73 | 0,66 | 0,60 | 0,52 | |
| 1,00 | 0,73 | 0,67 | 0,60 | 0,54 | 0,47 | |
| 1,10 | 0,65 | 0,60 | 0,54 | 0,48 | 0,42 | |
| 1,20 | 0,57 | 0,53 | 0,48 | 0,43 | 0,38 | |
| 1,30 | 0,51 | 0,47 | 0,43 | 0,39 | 0,34 | |
| 1,40 | 0,45 | 0,42 | 0,38 | 0,35 | 0,31 | |
| 1,50 | 0,40 | 0,37 | 0,34 | 0,31 | 0,28 | |
| 1,60 | 0,35 | 0,32 | 0,31 | 0,28 | 0,25 | |
| 1,80 | 0,28 | 0,27 | 0,25 | 0,23 | 0,21 | |
| 2,00 ⁽¹⁾ | 0,23 | 0,22 | 0,21 | 0,20 | 0,18 | |
| 2,20 ⁽¹⁾ | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,15 | |
| 2,40 ⁽¹⁾ | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | |
| 2,70 ⁽²⁾ | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | |
| 3,00 ⁽²⁾ | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | |
| | | | | | | χ |

⁽¹⁾ esbeltez intolerable en los elementos principales
⁽²⁾ esbeltez intolerable incluso en elementos de arriostamiento

Tabla 14.- Valores de los coeficientes de reducción por pandeo (FUENTE: CTE DB-SE Acero tabla 6.3)

Como se puede observar, de la tabla anterior se puede obtener directamente los valores de χ , puesto que es la aplicación de la fórmula (15) para unos valores concretos de $\bar{\lambda}$.

Con todo esto, se procede a calcular $N_{b,Rd}$ y se comprueba la sección a compresión pura.

2. Interacción de esfuerzos en piezas. Elementos comprimidos y flectados.

De acuerdo con el artículo 6.3.4.2, se debe comprobar la interacción de esfuerzos en las piezas. Esto se llevará a cabo con la siguiente fórmula de interacción:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (17)$$

Esta expresión puede simplificarse, en caso de piezas de clase 3 y no susceptibles de pandeo por torsión, en:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (18)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (19)$$

Donde:

- N_{Ed} , $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$ son los valores de cálculo de mayor valor absoluto de la pieza.

- f_{yd} es la resistencia de cálculo del material $f_{yd}=f_y/\gamma_{M1}$

- χ_y y χ_z son los coeficientes de reducción por pandeo en cada dirección.

- χ_{LT} es el coeficiente de reducción por pandeo lateral, que según el DB-SE Acero, artículo 6.3.3, se tomará un valor igual a 1 en piezas no susceptibles de pandeo por torsión.

-Los coeficientes de interacción (axil-momento) k_y , k_z , k_{LT} se indican en la tabla 6.9 del DB-SE Acero (tabla 15):

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Clase | Tipo de sección | k_y | k_z | k_{yLT} |
|-------|-----------------|--|--|---|
| 1 y 2 | I, H, abiertas | $1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{C,Rd}}$ | $1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$ | el menor de $1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{m,LT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$ |
| | Hueca delgada | | $1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$ | $0,6 + \bar{\lambda}_z$ |
| 3 y 4 | Todas | $1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{C,Rd}}$ | $1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$ | $1 - \frac{0,05 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{m,LT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$ |

siendo
 $\bar{\lambda}_y$ y $\bar{\lambda}_z$ valores de las esbelteces reducidas para los ejes y - y y z - z, no mayores que 1,00.
 $N_{C,Rd} = A^* \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$

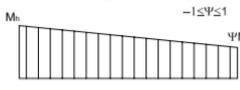
Tabla 15.- Coeficientes de interacción según peor clase de sección en la pieza (FUENTE: CTE DB-SE Acero tabla 6.9)

-Los coeficientes del momento equivalente $c_{m,y}, c_{m,z}$ se indican en la tabla 6.10 del DB-SE Acero (tabla 16):

| Factor de momento flector | Eje de flexión | Puntos arriostrados en dirección |
|---------------------------|----------------|----------------------------------|
| $c_{m,y}$ | y-y | z-z |
| $c_{m,z}$ | z-z | y-y |
| $c_{m,LT}$ | y-y | y-y |

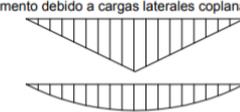
Diagrama de Fletores **Factor de momento uniforme equivalente**
 $c_{m,y} = c_{m,i} (i = y)$
 $c_{m,z} = c_{m,i} (i = z)$
 $c_{m,LT} = c_{m,i} (i = LT)$

Momentos de extremo $-1 \leq \psi \leq 1$



$c_{m,i} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4$

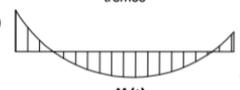
Momento debido a cargas laterales coplanarias



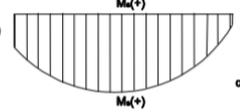
$c_{m,i} = 0,9$

$c_{m,i} = 0,95$

Momentos debidos a cargas laterales y momentos de extremos



$c_{m,i} = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha \geq 0,4$ si $-1 \leq \alpha \leq 0$
 $c_{m,i} = 0,2 + 0,8 \cdot \alpha \geq 0,4$ si $0 \leq \alpha \leq 1$



$c_{m,i} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h$ con $-1 \leq \alpha_h \leq 1$

Tabla 16.- Coeficientes del momento equivalente (FUENTE: CTE DB-SE Acero tabla 6.10)

-El resto de los valores se pueden obtener de la tabla 6.8 del CTE DB-SE Acero (tabla 17):

| Clase | A* | W_y | W_z | α_y | α_z | $e_{N,y}$ | $e_{N,z}$ |
|-------|-----------|-------------|-------------|------------|------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | A | $W_{pl,y}$ | $W_{pl,z}$ | 0,6 | 0,6 | 0 | 0 |
| 2 | A | $W_{pl,y}$ | $W_{pl,z}$ | 0,6 | 0,6 | 0 | 0 |
| 3 | A | $W_{el,y}$ | $W_{el,z}$ | 0,8 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | A_{eff} | $W_{eff,y}$ | $W_{eff,z}$ | 0,8 | 1 | Según pieza y tensiones | Según pieza y tensiones |

Tabla 17.- Términos de comprobación, según peor clase de sección en la pieza (FUENTE: CTE DB-SE Acero tabla 6.8)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

Con todo lo expuesto se comprueba el pandeo de las barras frente a compresión y flexión mediante las ecuaciones 18 y 19.

4.1.2.3.- REFERENCIAS Y OTRAS COMPROBACIONES

Como estado límite último, también va a comprobarse la abolladura del alma inducida por el ala comprimida, que es un criterio de CYPE, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8 [9].

Respecto a los resultados en las barras, a lo largo de las comprobaciones se hace referencia a:

N: Esfuerzo axial (kN)

V_y: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

V_z: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

M_t: Momento torsor (kN·m)

M_y: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

M_z: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

-**G:** Sólo gravitatorias

-**GV:** Gravitatorias + viento

-**GS:** Gravitatorias

-**GVS:** Gravitatorias + viento

η: Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que $\eta \leq 100\%$.

En el ámbito de los resultados correspondientes a las flechas, se utiliza:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

4.1.3.- Pórtico interior

Se escoge el pórtico interior de la nave con mayor luz para la comprobación de los elementos representativos (ilustración 23). Dichas comprobaciones son las mismas para el resto de los elementos del pórtico interior, así que se escoge el pilar izquierdo y la jácena del faldón izquierdo. Las bases de los pilares se han supuesto empotradas a efectos de modelado.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

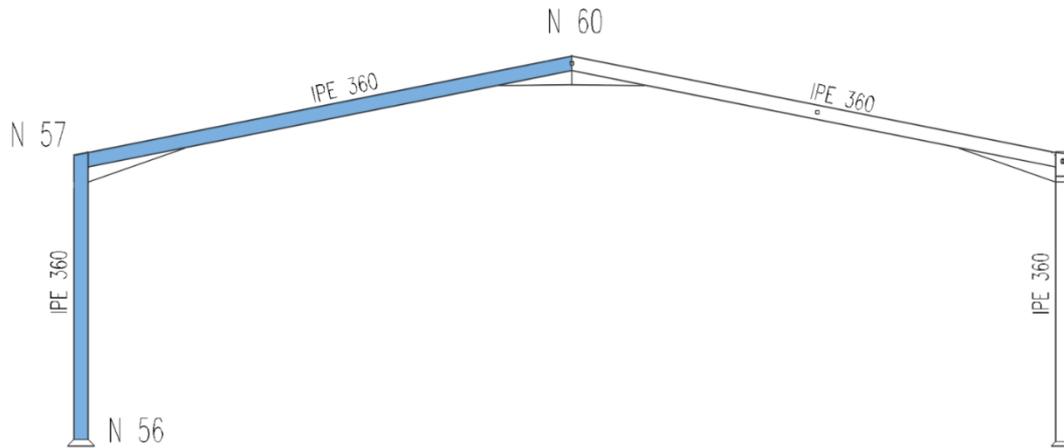


Ilustración 23.- Elementos representativos del pórtico interior

4.1.3.1.-GEOMETRÍA

BARRAS

La descripción de los perfiles empleados se detalla en la tabla 18 y las características mecánicas de las secciones en la tabla 19.

| Descripción | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------------|---------------|---------------|----------------|---------------------|------------|----------------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|
| Material | | Barra (Ni/Nf) | Pieza (Ni/Nf) | Perfil (Serie) | Longitud (m) | | | β_{xy} | β_{xz} | Lb _{Sup.} (m) | Lb _{Inf.} (m) |
| Tipo | Designación | | | | Indeformable origen | Deformable | Indeformable extremo | | | | |
| Acero laminado | S275 | N56/N57 | N56/N57 | IPE 360 (IPE) | - | 6.484 | 0.516 | 0.70 | 1.39 | - | - |
| | | N57/N60 | N57/N60 | IPE 360 (IPE) | 0.184 | 12.056 | - | 0.14 | 1.96 | - | - |

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
Lb_{Sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior
Lb_{Inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

Tabla 18.- Descripción de los elementos representativos del pórtico interior (FUENTE: listados de CYPE 3D)

| Características mecánicas | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------|---------|--|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Material | | Ref. | Descripción | A (cm ²) | Av _y (cm ²) | Av _z (cm ²) | I _{yy} (cm ⁴) | I _{zz} (cm ⁴) | I _t (cm ⁴) |
| Tipo | Designación | | | | | | | | |
| Acero laminado | S275 | N56/N57 | IPE 360, (IPE) | 72.70 | 32.38 | 24.09 | 16270.00 | 1043.00 | 37.44 |
| | | N57/N60 | IPE 360, Simple con cartelas, (IPE) Cartela inicial inferior: 2.40 m. Cartela final inferior: 1.80 m. | 72.70 | 32.38 | 24.09 | 16270.00 | 1043.00 | 37.44 |

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Av_y: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Av_z: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
I_{yy}: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
I_{zz}: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
I_t: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

Tabla 19.- Características mecánicas de los elementos representativos del pórtico interior (FUENTE: listados de CYPE 3D)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

4.1.3.2.- RESULTADOS

RESISTENCIA

En la tabla 20 se muestra la resistencia de los elementos representativos del pórtico interior.

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|--------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--------|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos | | | | | | Origen | Estado |
| | | | N (kN) | V _y (kN) | V _z (kN) | M _t (kN·m) | M _y (kN·m) | M _z (kN·m) | | |
| N56/N57 | 74.25 | 6.484 | -69.006 | -0.018 | -54.037 | 0.00 | 188.47 | 0.00 | G | Cumple |
| N57/N60 | 37.20 | 2.585 | -63.446 | 0.000 | -41.480 | 0.00 | -90.30 | 0.00 | G | Cumple |

Tabla 20.- Resultados de resistencia de los elementos representativos del pórtico interior (FUENTE: listados de CYPE 3D)

ESTADO LÍMITE DE SERVICIO. FLECHAS

En la tabla 21 se muestran las comprobaciones de flecha realizadas para los elementos representativos del pórtico interior.

| Flechas | | | | | | | | | |
|---------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|--------|
| Grupo | Flecha máxima absoluta xy | | Flecha máxima absoluta xz | | Flecha activa absoluta xy | | Flecha activa absoluta xz | | |
| | Flecha máxima relativa xy | | Flecha máxima relativa xz | | Flecha activa relativa xy | | Flecha activa relativa xz | | |
| | Pos. (m) | Flecha (mm) | |
| N56/N57 | 2.837 | 0.25 | 6.483 | 19.10 | 2.837 | 0.37 | 6.483 | 30.42 | Cumple |
| | 2.837 | L/(>1000) | 6.483 | L/339.4 | 2.837 | L/(>1000) | 6.483 | L/339.6 | |
| N57/N60 | 10.255 | 0.24 | 5.421 | 10.44 | 10.255 | 0.35 | 6.026 | 14.95 | Cumple |
| | 10.255 | L/(>1000) | 5.421 | L/(>1000) | 10.255 | L/(>1000) | 5.421 | L/(>1000) | |

Tabla 21.- Resultados de flecha para los elementos representativos del pórtico interior (FUENTE: listados de CYPE 3D)

COMPROBACIONES ELU (RESUMIDO)

En la tabla 22 se muestran las comprobaciones de los estados límites últimos realizadas para los elementos representativos del pórtico interior.

| Barras | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) | | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---------|---|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| | $\bar{\lambda}$ | λ_w | N _t | N _c | M _y | M _z | V _z | V _y | M _y V _z | M _z V _y | NM _y M _z | NM _y M _z V _y V _z | M _t | M _t V _z | M _t V _y | |
| N56/N57 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | x: 6.483 m $\eta = 1.1$ | x: 0 m $\eta = 11.2$ | x: 6.484 m $\eta = 70.6$ | x: 0 m $\eta = 0.5$ | $\eta = 10.2$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 6.484 m $\eta = 74.2$ | $\eta < 0.1$ | $\eta = 0.1$ | $\eta = 10.2$ | $\eta < 0.1$ | Cumple $\eta = 74.2$ |
| N57/N60 | x: 2.583 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | x: 11.791 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | x: 10.439 m $\eta = 1.6$ | x: 2.583 m $\eta = 13.3$ | x: 0.184 m $\eta = 35.7$ | x: 10.441 m $\eta < 0.1$ | x: 2.434 m $\eta = 8.2$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 0.184 m $\eta = 37.2$ | $\eta < 0.1$ | x: 2.585 m $\eta = 0.1$ | x: 2.434 m $\eta = 8.2$ | $\eta < 0.1$ | Cumple $\eta = 37.2$ |

Notación:
 $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
 λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión eje Y
M_z: Resistencia a flexión eje Z
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
 η : Coeficiente de aprovechamiento (%)

Tabla 22.- Comprobaciones ELU (resumido) de los elementos representativos del pórtico interior (FUENTE: listados de CYPE 3D)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

4.1.4.- Pórtico de fachada

Para el caso particular del pórtico de fachada, se va a escoger de nuevo la nave con mayor luz y los elementos representativos que se van a comprobar son: el pilar exterior izquierdo, pilar central, jácena izquierda, un montante y una diagonal de la cruz de San Andrés. Véase la ilustración 24 para localizar las barras y nudos de estudio. Los nudos de la base de los pilares se suponen empotrados.

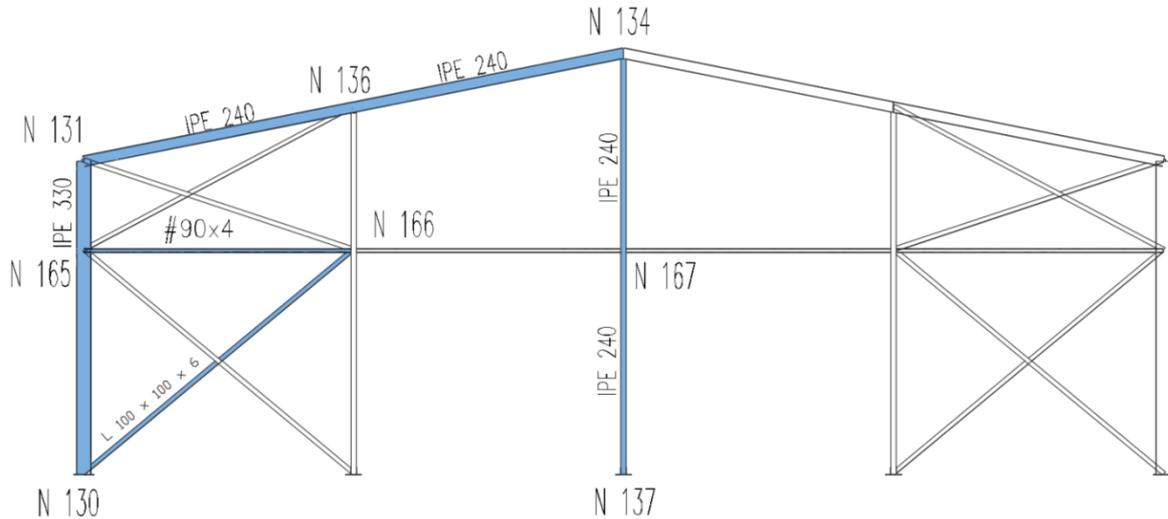


Ilustración 24.- Elementos representativos pórtico de fachada

4.1.4.1.-GEOMETRÍA

BARRAS

La descripción de los perfiles empleados se detalla en la tabla 23 y las características mecánicas de las secciones en la tabla 24.

| Descripción | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|------------|----------------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|---|
| Material | | Barra (Ni/Nf) | Pieza (Ni/Nf) | Perfil(Serie) | Longitud (m) | | | β_{xy} | β_{xz} | Lb _{sup.} (m) | Lb _{inf.} (m) | |
| Tipo | Designación | | | | Indeformable origen | Deformable | Indeformable extremo | | | | | |
| Acero laminado | S275 | N130/N165 | N130/N131 | IPE 330 (IPE) | - | 5.000 | - | 0.70 | 0.70 | - | - | |
| | | N165/N131 | N130/N131 | IPE 330 (IPE) | - | 1.877 | 0.123 | 1.00 | 1.00 | - | - | |
| | | N131/N136 | N131/N134 | IPE 240 (IPE) | 0.169 | 5.951 | - | 0.28 | 1.00 | - | - | |
| | | N136/N134 | N131/N134 | IPE 240 (IPE) | - | 6.120 | - | 0.28 | 1.00 | - | - | |
| | | N137/N167 | N137/N134 | IPE 240 (IPE) | - | 5.000 | - | 0.70 | 1.32 | - | - | |
| | | N167/N134 | N137/N134 | IPE 240 (IPE) | - | 4.287 | 0.123 | 1.00 | 1.49 | - | - | |
| | | N165/N166 | N165/N166 | #90x4 cuadrados) | (Huecos) | 0.165 | 5.835 | - | 1.00 | 1.00 | - | - |
| | | N130/N166 | N130/N166 | L 100 x 100 x 6 (L) | | 0.215 | 7.595 | - | 0.00 | 0.00 | - | - |

Notación:
 Ni: Nudo inicial
 Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
 Lb_{sup.}: Separación entre arriostros del ala superior
 Lb_{inf.}: Separación entre arriostros del ala inferior

Tabla 23.- Descripción de los elementos representativos del pórtico de fachada (FUENTE: listados de CYPE 3D)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Características mecánicas | | | | | | | | | |
|--|-------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Material | | Ref. | Descripción | A (cm ²) | Avy (cm ²) | Avz (cm ²) | Iyy (cm ⁴) | Izz (cm ⁴) | It (cm ⁴) |
| Tipo | Designación | | | | | | | | |
| Acero laminado | S275 | N130/N131 | IPE 330, (IPE) | 62.60 | 27.60 | 20.72 | 11770.00 | 788.00 | 28.06 |
| | | N131/N134 y N137/N134 | IPE 240, (IPE) | 39.10 | 17.64 | 12.30 | 3892.00 | 284.00 | 12.95 |
| | | N165/N166 | #90x4, (Huecos cuadrados) | 13.20 | 5.73 | 5.73 | 158.54 | 158.54 | 261.50 |
| | | N130/N166 | L 100 x 100 x 6, (L) | 11.80 | 5.64 | 5.64 | 111.10 | 111.10 | 1.40 |
| Notación: Ref.: Referencia A: Área de la sección transversal Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y' Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z' Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y' Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z' It: Inercia a torsión Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas. | | | | | | | | | |

Tabla 24.- Características mecánicas de los elementos representativos del pórtico de fachada (FUENTE: listados de CYPE 3D)

4.1.4.2.- RESULTADOS

RESISTENCIA

En la tabla 25 se muestran los resultados de resistencia obtenidos para los elementos representativos del pórtico de fachada.

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|--|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos | | | | | | Origen | Estado | |
| | | | N (kN) | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN·m) | My (kN·m) | Mz (kN·m) | | | |
| N130/N165 | 63.09 | 0.000 | -9.752 | 16.797 | 5.948 | -0.02 | 6.82 | 23.81 | GV | Cumple | |
| N165/N131 | 32.70 | 0.000 | 4.488 | -2.154 | 4.630 | -0.02 | 1.52 | -12.79 | GV | Cumple | |
| N131/N136 | 44.27 | 0.169 | 1.905 | -0.769 | 4.242 | -0.88 | 2.58 | 0.30 | GV | Cumple | |
| N136/N134 | 43.87 | 6.120 | 3.335 | -1.301 | -1.662 | 0.68 | 3.35 | 7.75 | GV | Cumple | |
| N137/N167 | 67.80 | 0.000 | -8.565 | 0.013 | -31.414 | 0.00 | -64.15 | 0.04 | GV | Cumple | |
| N167/N134 | 30.76 | 0.857 | -5.373 | -0.004 | -0.365 | 0.00 | 28.99 | -0.02 | GV | Cumple | |
| N165/N166 | 15.48 | 3.083 | -6.827 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.58 | 0.00 | GV | Cumple | |
| N130/N166 | 3.80 | 0.215 | 11.728 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | GV | Cumple | |

Tabla 25.- Resultados de resistencia de los elementos representativos del pórtico de fachada (FUENTE: listados de CYPE 3D)

ESTADO LÍMITE DE SERVICIO. FLECHA

Se muestran en la tabla 26 los resultados de flecha obtenidos para los elementos representativos del pórtico de fachada.

| Flechas | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|--------|
| Grupo | Flecha máxima absoluta xy | | Flecha máxima absoluta xz | | Flecha activa absoluta xy | | Flecha activa absoluta xz | | |
| | Flecha máxima relativa xy | | Flecha máxima relativa xz | | Flecha activa relativa xy | | Flecha activa relativa xz | | |
| | Pos. (m) | Flecha (mm) | |
| N130/N131 | 4.063 | 19.53 | 2.813 | 0.27 | 4.063 | 31.54 | 3.125 | 0.44 | Cumple |
| | 4.063 | L/352.1 | 2.813 | L/(>1000) | 4.063 | L/352.1 | 2.813 | L/(>1000) | |
| N131/N134 | 9.623 | 17.88 | 2.975 | 1.08 | 9.623 | 33.80 | 9.011 | 1.79 | Cumple |
| | 9.623 | L/351.8 | 9.623 | L/(>1000) | 9.623 | L/351.8 | 9.623 | L/(>1000) | |
| N137/N134 | 5.429 | 0.08 | 5.429 | 14.61 | 5.643 | 0.14 | 5.643 | 26.79 | Cumple |
| | 1.250 | L/(>1000) | 5.429 | L/587.1 | 1.250 | L/(>1000) | 5.429 | L/587.1 | |
| N165/N166 | 5.470 | 0.00 | 2.918 | 4.62 | 5.470 | 0.00 | 2.918 | 4.61 | Cumple |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Grupo | Flechas | | | | | | | | |
|-----------|--|-------------|--|-------------|--|-------------|--|-------------|--------|
| | Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy | | Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz | | Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy | | Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz | | |
| | Pos. (m) | Flecha (mm) | |
| | - | L/(>1000) | 2.918 | L/(>1000) | - | L/(>1000) | 2.918 | L/(>1000) | |
| N130/N166 | 6.171 | 0.00 | 5.696 | 0.00 | 6.171 | 0.00 | 4.272 | 0.00 | Cumple |
| | - | L/(>1000) | - | L/(>1000) | - | L/(>1000) | - | L/(>1000) | |

Tabla 26.- Resultados de flecha para los elementos representativos del pórtico de fachada (FUENTE: listados de CYPE 3D)

COMPROBACIONES ELU (RESUMIDO)

Se muestra en la tabla 27 el resumen de las comprobaciones referentes a los estados límites últimos de los elementos representativos del pórtico de fachada.

| Barras | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) | | | | | | | | | | | | | Estado | | |
|-----------|---------------------------------|---|----------------------------|--|--|--|--|--|---------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------|--|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | $\bar{\lambda}$ | λ_w | N_t | N_c | M_y | M_z | V_z | V_y | M_yV_z | M_zV_y | NM_yM_z | $NM_yM_zV_yV_z$ | M_t | | M_tV_z | M_tV_y |
| N130/N165 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple | x: 5 m $\eta = 0.2$ | x: 0 m $\eta = 1.8$ | x: 0 m $\eta = 4.4$ | x: 0 m $\eta = 59.1$ | x: 0 m $\eta = 2.0$ | x: 0 m $\eta = 2.8$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 0 m $\eta = 63.1$ | $\eta < 0.1$ | $\eta = 0.5$ | x: 0 m $\eta = 2.0$ | x: 0 m $\eta = 2.8$ | Cumple $\eta = 63.1$ |
| N165/N131 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple | x: 1.876 m $\eta = 0.4$ | x: 0 m $\eta = 0.8$ | x: 1.877 m $\eta = 3.6$ | x: 0 m $\eta = 31.7$ | x: 1.877 m $\eta = 1.1$ | x: 1.877 m $\eta = 1.5$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 0 m $\eta = 32.7$ | $\eta < 0.1$ | $\eta = 0.5$ | x: 1.877 m $\eta = 1.1$ | x: 1.877 m $\eta = 1.6$ | Cumple $\eta = 32.7$ |
| N131/N136 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple | x: 6.12 m $\eta = 0.5$ | x: 0.169 m $\eta = 0.6$ | x: 6.12 m $\eta = 8.6$ | x: 6.12 m $\eta = 16.3$ | x: 6.12 m $\eta = 2.8$ | x: 6.12 m $\eta = 0.3$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 6.12 m $\eta = 23.6$ | $\eta < 0.1$ | $\eta = 44.3$ | x: 6.12 m $\eta = 2.8$ | x: 6.12 m $\eta = 0.4$ | Cumple $\eta = 44.3$ |
| N136/N134 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple | x: 6.12 m $\eta = 1.1$ | x: 0 m $\eta = 0.5$ | x: 0 m $\eta = 8.8$ | x: 6.12 m $\eta = 40.1$ | x: 0 m $\eta = 2.8$ | x: 0 m $\eta = 0.8$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 6.12 m $\eta = 43.9$ | $\eta < 0.1$ | $\eta = 34.3$ | x: 0 m $\eta = 2.7$ | x: 0 m $\eta = 0.9$ | Cumple $\eta = 43.9$ |
| N137/N167 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple | x: 5 m $\eta = 0.7$ | x: 0 m $\eta = 5.9$ | x: 0 m $\eta = 66.8$ | x: 0 m $\eta = 0.2$ | x: 0 m $\eta = 10.9$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 0 m $\eta = 67.8$ | $\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | N.P. ⁽²⁾ | N.P. ⁽²⁾ | Cumple $\eta = 67.8$ |
| N167/N134 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple | x: 4.286 m $\eta = 0.9$ | x: 0 m $\eta = 7.5$ | x: 0.857 m $\eta = 30.2$ | x: 0 m $\eta = 0.1$ | x: 4.287 m $\eta = 5.3$ | $\eta < 0.1$ | x: 0 m $\eta < 0.1$ | x: 0 m $\eta < 0.1$ | x: 0.857 m $\eta = 30.8$ | x: 0 m $\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | N.P. ⁽²⁾ | N.P. ⁽²⁾ | Cumple $\eta = 30.8$ |
| N165/N136 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | x: 0.53 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple | $\eta = 0.9$ | $\eta = 10.9$ | x: 3.083 m $\eta = 5.3$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾ | x: 0.165 m $\eta = 0.4$ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | x: 0.53 m $\eta < 0.1$ | N.P. ⁽⁵⁾ | x: 3.083 m $\eta = 15.5$ | x: 0.53 m $\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | N.P. ⁽²⁾ | N.P. ⁽²⁾ | Cumple $\eta = 15.5$ |
| N130/N166 | $\bar{\lambda} < 4.0$ Cumple | | $\eta = 3.8$ | $N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁷⁾ | N.P. ⁽⁸⁾ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | N.P. ⁽²⁾ | N.P. ⁽²⁾ | Cumple $\eta = 3.8$ |

Notación:
 $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
 λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
 N_t : Resistencia a tracción
 N_c : Resistencia a compresión
 M_y : Resistencia a flexión eje Y
 M_z : Resistencia a flexión eje Z
 V_z : Resistencia a corte Z
 V_y : Resistencia a corte Y
 M_yV_z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 M_zV_y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 NM_yM_z : Resistencia a flexión y axil combinados
 $NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t : Resistencia a torsión
 M_tV_z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 M_tV_y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
 η : Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
⁽²⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽⁶⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Tabla 27.- Comprobaciones ELU (resumido) de los elementos representativos del pórtico de fachada (FUENTE: listados de CYPE 3D)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

4.1.5.- Cubierta (sistema contraviento)

Respecto a la cubierta de la estructura, se van a comprobar dos elementos representativos, una de las diagonales del sistema contraviento de cubierta y el conjunto de los tres montantes que se pueden observar en la ilustración 25.

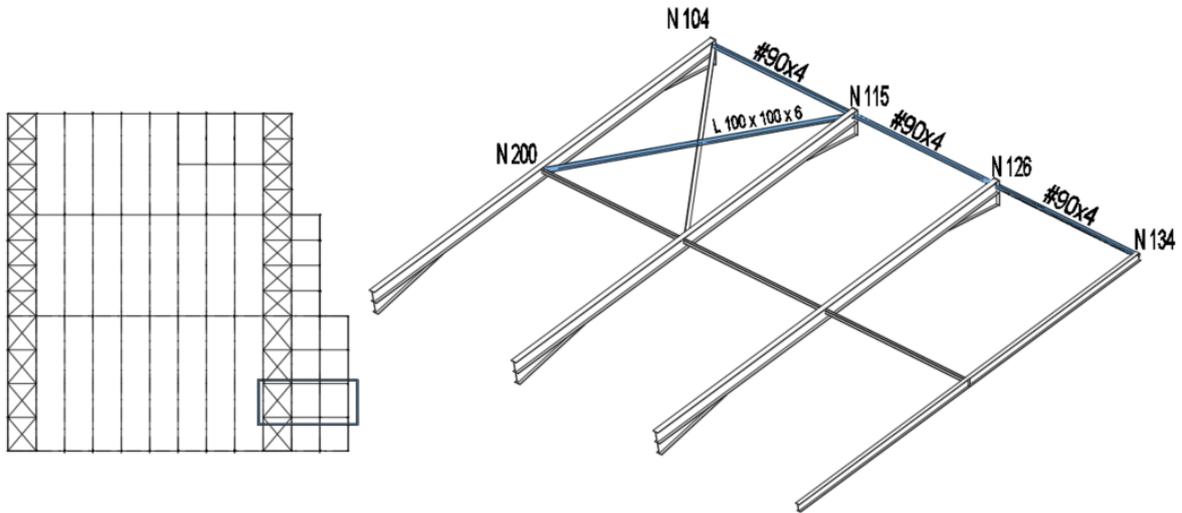


Ilustración 25.- Elementos representativos de la cubierta

4.1.5.1.- GEOMETRÍA

BARRAS

La descripción los perfiles se describen en la tabla 28 y las características mecánicas de los mismos en la tabla 29.

| Descripción | | | | | | | | | |
|--|-------------|---------------|---------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|
| Material | | Barra (Ni/Nf) | Pieza (Ni/Nf) | Perfil(Serie) | Longitud (m) | β_{xy} | β_{xz} | Lb _{Sup.} (m) | Lb _{Inf.} (m) |
| Tipo | Designación | | | | | | | | |
| Acero laminado | S275 | N126/N134 | N126/N134 | #90x4 (Huecos cuadrados) | 5.000 | 1.00 | 1.00 | - | - |
| | | N115/N126 | N115/N126 | #90x4 (Huecos cuadrados) | 5.000 | 1.00 | 1.00 | - | - |
| | | N104/N115 | N104/N115 | #90x4 (Huecos cuadrados) | 5.000 | 1.00 | 1.00 | - | - |
| | | N200/N115 | N200/N115 | L 100 x 100 x 6 (L) | 7.903 | 0.00 | 0.00 | - | - |
| <p>Notación:</p> <p>Ni: Nudo inicial</p> <p>Nf: Nudo final</p> <p>β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'</p> <p>β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'</p> <p>Lb_{Sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior</p> <p>Lb_{Inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior</p> | | | | | | | | | |

Tabla 28.- Descripción de los elementos representativos de la cubierta (FUENTE: listados de CYPE 3D)

| Características mecánicas | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Material | | Ref. | Descripción | A (cm ²) | Avy (cm ²) | Avz (cm ²) | I _{yy} (cm ⁴) | I _{zz} (cm ⁴) | I _t (cm ⁴) |
| Tipo | Designación | | | | | | | | |
| Acero laminado | S275 | N126/N134, N115/N126 y N104/N115 | #90x4, (Huecos cuadrados) | 13.20 | 5.73 | 5.73 | 158.54 | 158.54 | 261.50 |
| | | N200/N115 | L 100 x 100 x 6, (L) | 11.80 | 5.64 | 5.64 | 111.10 | 111.10 | 1.40 |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Características mecánicas | | | | | | | | | |
|--|-------------|------|-------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Material | | Ref. | Descripción | A (cm ²) | Avy (cm ²) | Avz (cm ²) | Iyy (cm ⁴) | Izz (cm ⁴) | It (cm ⁴) |
| Tipo | Designación | | | | | | | | |
| Notación: Ref.: Referencia A: Área de la sección transversal Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y' Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z' Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y' Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z' It: Inercia a torsión Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas. | | | | | | | | | |

Tabla 29.- Características mecánicas de los elementos representativos de la cubierta (FUENTE: listados de CYPE 3D)

4.1.5.2.- RESULTADOS

RESISTENCIA

En la tabla 30 se muestran los resultados obtenidos referentes a la resistencia de los elementos representativos de la cubierta.

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos | | | | | | Origen | Estado |
| | | | N (kN) | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN·m) | My (kN·m) | Mz (kN·m) | | |
| N126/N134 | 15.96 | 2.500 | -10.993 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.43 | 0.00 | GV | Cumple |
| N115/N126 | 16.02 | 2.500 | -11.048 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.43 | 0.00 | GV | Cumple |
| N104/N115 | 16.01 | 2.500 | -11.038 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.43 | 0.00 | GV | Cumple |
| N200/N115 | 1.94 | 0.000 | 6.008 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | GV | Cumple |

Tabla 30.- Resultados de resistencia de los elementos representativos de la cubierta (FUENTE: listados de CYPE 3D)

ESTADO LÍMITE DE SERVICIO. FLECHA

Se muestran en la tabla 31 las flechas obtenidas para los elementos representativos de cubierta.

| Grupo | Flechas | | | | | | | | Estado |
|-----------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|--------|
| | Flecha máxima absoluta xy | | Flecha máxima absoluta xz | | Flecha activa absoluta xy | | Flecha activa absoluta xz | | |
| | Flecha máxima relativa xy | | Flecha máxima relativa xz | | Flecha activa relativa xy | | Flecha activa relativa xz | | |
| | Pos. (m) | Flecha (mm) | Pos. (m) | Flecha (mm) | Pos. (m) | Flecha (mm) | Pos. (m) | Flecha (mm) | |
| N126/N134 | 4.688 | 0.00 | 2.500 | 2.49 | 4.375 | 0.00 | 2.500 | 2.49 | Cumple |
| | - | L/(>1000) | 2.500 | L/(>1000) | - | L/(>1000) | 2.500 | L/(>1000) | |
| N115/N126 | 4.688 | 0.00 | 2.500 | 2.49 | 4.688 | 0.00 | 2.500 | 2.49 | Cumple |
| | - | L/(>1000) | 2.500 | L/(>1000) | - | L/(>1000) | 2.500 | L/(>1000) | |
| N104/N115 | 3.125 | 0.00 | 2.500 | 2.49 | 4.688 | 0.00 | 2.500 | 2.49 | Cumple |
| | - | L/(>1000) | 2.500 | L/(>1000) | - | L/(>1000) | 2.500 | L/(>1000) | |
| N200/N115 | 7.409 | 0.00 | 6.915 | 0.00 | 6.421 | 0.00 | 6.915 | 0.00 | Cumple |
| | - | L/(>1000) | - | L/(>1000) | - | L/(>1000) | - | L/(>1000) | |

Tabla 31.- Resultados de flecha para los elementos representativos de la cubierta (FUENTE: listados de CYPE 3D)

COMPROBACIONES ELU (RESUMIDO)

En la tabla 32 se muestra el resumen de las comprobaciones para los estados límites últimos en los elementos representativos de cubierta.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Barras | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) | | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|-----------|---------------------------------|--|--------------|--|--|--|--|--|----------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|--|---------------------|---------------------|-------------------------|
| | $\bar{\lambda}$ | λ_w | N_t | N_c | M_Y | M_Z | V_Z | V_Y | $M_Y V_Z$ | $M_Z V_Y$ | $NM_Y M_Z$ | $NM_Y M_Z V_Y V_Z$ | M_t | $M_t V_Z$ | $M_t V_Y$ | |
| N126/N134 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | $\eta = 3.7$ | $\eta = 11.9$ | x: 2.5 m $\eta = 3.9$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | x: 0 m $\eta = 0.3$ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾ | x: 0.313 m $\eta < 0.1$ | N.P. ⁽³⁾ | x: 2.5 m $\eta = 16.0$ | x: 0.313 m $\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | Cumple $\eta = 16.0$ |
| N115/N126 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | $\eta = 3.7$ | $\eta = 12.0$ | x: 2.5 m $\eta = 3.9$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | x: 0 m $\eta = 0.3$ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾ | x: 0.313 m $\eta < 0.1$ | N.P. ⁽³⁾ | x: 2.5 m $\eta = 16.0$ | x: 0.313 m $\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | Cumple $\eta = 16.0$ |
| N104/N115 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | $\eta = 0.2$ | $\eta = 12.5$ | x: 2.5 m $\eta = 3.9$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | x: 0 m $\eta = 0.3$ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾ | x: 0.313 m $\eta < 0.1$ | N.P. ⁽³⁾ | x: 2.5 m $\eta = 16.0$ | x: 0.313 m $\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | Cumple $\eta = 16.0$ |
| N200/N115 | $\bar{\lambda} < 4.0$ Cumple | | $\eta = 1.9$ | $N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾ | N.P. ⁽³⁾ | N.P. ⁽³⁾ | N.P. ⁽⁷⁾ | N.P. ⁽⁸⁾ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | Cumple $\eta = 1.9$ |

Notación:
 $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
 λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
 N_t : Resistencia a tracción
 N_c : Resistencia a compresión
 M_Y : Resistencia a flexión eje Y
 M_Z : Resistencia a flexión eje Z
 V_Z : Resistencia a corte Z
 V_Y : Resistencia a corte Y
 $M_Y V_Z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 $M_Z V_Y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 $NM_Y M_Z$: Resistencia a flexión y axil combinados
 $NM_Y M_Z V_Y V_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t : Resistencia a torsión
 $M_t V_Z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 $M_t V_Y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
 η : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽⁶⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Tabla 32.-Comprobaciones ELU (resumido) de los elementos representativos de la cubierta (FUENTE: listados de CYPE 3D)

4.1.6.- Alineación longitudinal

Los elementos representativos que van a comprobarse son: viga perimetral, montante de la cruz de San Andrés lateral y una de las diagonales de dicha cruz. En este caso, se escoge el pórtico longitudinal derecho, el correspondiente al de la nave pequeña derecha (alineación M: ver plano 16 para más información), tal y como podemos ver en la ilustración 26. Las bases de los pilares del pórtico se suponen empotradas.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

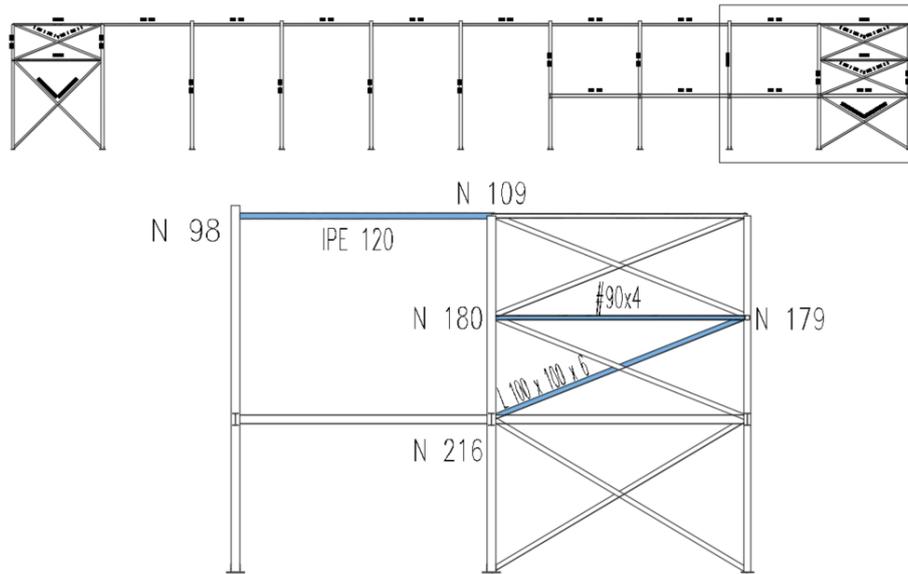


Ilustración 26.- Elementos representativos de la alineación longitudinal

4.1.6.1.- GEOMETRÍA

BARRAS

La descripción de los elementos representativos aparece en la tabla 33 y las características mecánicas de los mismos en la tabla 34.

| Descripción | | | | | | | | | | |
|--|-------------|---------------|---------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|--|
| Material | | Barra (Ni/Nf) | Pieza (Ni/Nf) | Perfil(Serie) | Longitud (m) | β_{xy} | β_{xz} | Lb _{sup.} (m) | Lb _{inf.} (m) | |
| Tipo | Designación | | | | | | | | | |
| Acero laminado | S275 | N98/N109 | N98/N109 | IPE 120 (IPE) | 5.000 | 0.00 | 0.00 | - | - | |
| | | N180/N179 | N180/N179 | #90x4 (Huecos cuadrados) | 5.000 | 1.00 | 1.00 | - | - | |
| | | N216/N179 | N216/N179 | L 100 x 100 x 6 (L) | 5.385 | 0.00 | 0.00 | - | - | |
| <p>Notación:</p> <p>Ni: Nudo inicial</p> <p>Nf: Nudo final</p> <p>β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'</p> <p>β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'</p> <p>Lb_{sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior</p> <p>Lb_{inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior</p> | | | | | | | | | | |

Tabla 33.- Descripción de los elementos representativos de la alineación longitudinal (FUENTE: listados de CYPE 3D)

| Características mecánicas | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-----------|---------------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Material | | Ref. | Descripción | A (cm ²) | Av _y (cm ²) | Av _z (cm ²) | I _{yy} (cm ⁴) | I _{zz} (cm ⁴) | I _t (cm ⁴) | |
| Tipo | Designación | | | | | | | | | |
| Acero laminado | S275 | N98/N109 | IPE 120, (IPE) | 13.20 | 6.05 | 4.25 | 318.00 | 27.70 | 1.69 | |
| | | N180/N179 | #90x4, (Huecos cuadrados) | 13.20 | 5.73 | 5.73 | 158.54 | 158.54 | 261.50 | |
| | | N216/N179 | L 100 x 100 x 6, (L) | 11.80 | 5.64 | 5.64 | 111.10 | 111.10 | 1.40 | |
| <p>Notación:</p> <p>Ref.: Referencia</p> <p>A: Área de la sección transversal</p> <p>Av_y: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'</p> <p>Av_z: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'</p> <p>I_{yy}: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'</p> <p>I_{zz}: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'</p> <p>I_t: Inercia a torsión</p> <p>Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.</p> | | | | | | | | | | |

Tabla 34.- Características mecánicas de los elementos representativos de la alineación longitudinal (FUENTE: listados de CYPE 3D)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

4.1.6.2.-RESULTADOS

RESISTENCIA

En la tabla 35 se muestran los resultados obtenidos referentes a la resistencia de los elementos representativos de la fachada longitudinal.

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|--------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--------|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos | | | | | | Origen | Estado |
| | | | N (kN) | V _y (kN) | V _z (kN) | M _t (kN·m) | M _y (kN·m) | M _z (kN·m) | | |
| N98/N109 | 5.57 | 2.500 | 9.946 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.43 | 0.00 | GV | Cumple |
| N180/N179 | 21.28 | 2.500 | -15.770 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.43 | 0.00 | GV | Cumple |
| N216/N179 | 3.33 | 0.000 | 10.304 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | GV | Cumple |

Tabla 35.- Resultados de resistencia de los elementos representativos de la alineación longitudinal (FUENTE: listados de CYPE 3D)

ESTADO LÍMITE DE SERVICIO. FLECHA

Se muestran en la tabla 36 las flechas obtenidas para los elementos representativos de la fachada longitudinal.

| Flechas | | | | | | | | | |
|-----------|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|--------|
| Grupo | Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy | | Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz | | Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy | | Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz | | Estado |
| | Pos. (m) | Flecha (mm) | |
| | N98/N109 | 2.813 - | 0.00 L/(>1000) | 2.500 2.500 | 1.25 L/(>1000) | 3.750 - | 0.00 L/(>1000) | 2.500 2.500 | |
| N180/N179 | 3.125 - | 0.00 L/(>1000) | 2.500 2.500 | 2.49 L/(>1000) | 3.438 - | 0.00 L/(>1000) | 2.500 2.500 | 2.49 L/(>1000) | Cumple |
| N216/N179 | 5.049 - | 0.00 L/(>1000) | 4.039 - | 0.00 L/(>1000) | 4.712 - | 0.00 L/(>1000) | 4.039 - | 0.00 L/(>1000) | Cumple |

Tabla 36.- Resultados de flecha para los elementos representativos de la alineación longitudinal (FUENTE: listados de CYPE 3D)

COMPROBACIONES ELU (RESUMIDO)

En la tabla 37 se muestra el resumen de las comprobaciones para los estados límites últimos en los elementos representativos de la fachada longitudinal.

| Barras | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) | | | | | | | | | | | | | | Estado | |
|-----------|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--|--|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| | $\bar{\lambda}$ | λ_w | N _t | N _c | M _y | M _z | V _z | V _y | M _y V _z | M _z V _y | NM _y M _z | NM _y M _z V _y V _z | M _t | M _t V _z | | M _t V _y |
| N98/N109 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $x: 0.313 \text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | $\eta = 2.9$ | $\eta = 1.9$ | $x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 2.7$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.4$ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾ | $x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$ | N.P. ⁽³⁾ | $x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 5.6$ | $x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | Cumple $\eta = 5.6$ |
| N180/N179 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $x: 0.313 \text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | $N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾ | $\eta = 17.3$ | $x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 3.9$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.3$ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾ | $x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$ | N.P. ⁽³⁾ | $x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 21.3$ | $x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | Cumple $\eta = 21.3$ |
| N216/N179 | $\bar{\lambda} < 4.0$ Cumple | | $\eta = 3.3$ | $N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁷⁾ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾ | N.P. ⁽³⁾ | N.P. ⁽³⁾ | N.P. ⁽⁶⁾ | N.P. ⁽⁹⁾ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | Cumple $\eta = 3.3$ |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Barras | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|------------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|--------|
| | $\bar{\lambda}$ | λ_w | N _t | N _c | M _y | M _z | V _z | V _y | M _y V _z | M _z V _y | NM _y M _z | NM _y M _z V _y V _z | M _t | M _t V _z | |
| <p>Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁶⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁹⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 37.- Comprobaciones ELU (resumido) de los elementos representativos de la alineación longitudinal (FUENTE: listados de CYPE 3D)

4.1.7.- Altillo

Del subsistema altillo se van a comprobar los siguientes elementos representativos: una de las vigas sobre la cual se apoya el forjado, dos de los pilares que son exclusivos para el altillo y dos de las barras que conforman el perímetro del altillo, tal y como se observa en la ilustración 27.

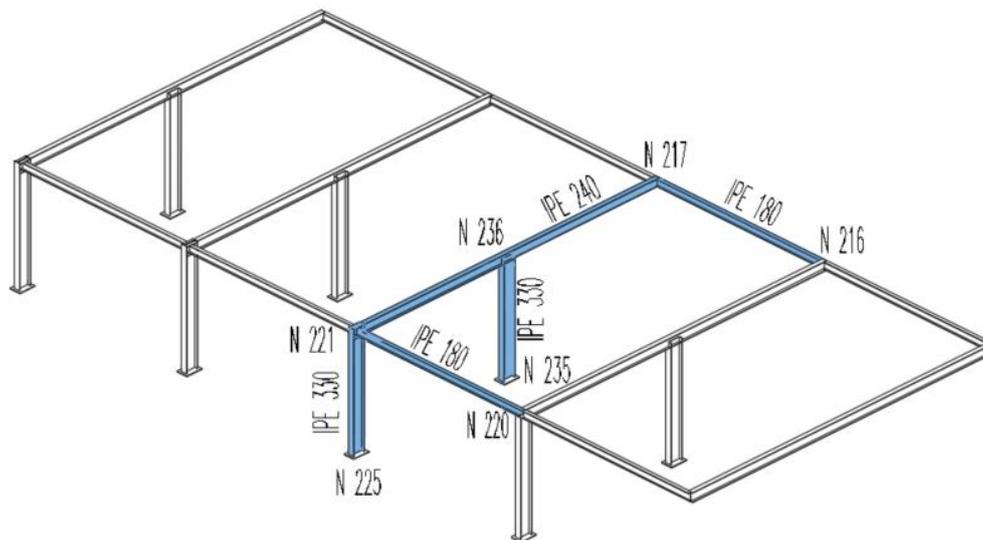


Ilustración 27.- Elementos representativos del altillo

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

4.1.7.1.- GEOMETRÍA

BARRAS

Se muestra en la tabla 38 la descripción de los elementos representativos del altillo y las características mecánicas en la tabla 39.

| Descripción | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|------------|----------------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|
| Material | | Barra (Ni/Nf) | Pieza (Ni/Nf) | Perfil(Serie) | Longitud (m) | | | β_{xy} | β_{xz} | Lb _{sup.} (m) | Lb _{inf.} (m) |
| Tipo | Designación | | | | Indeformable origen | Deformable | Indeformable extremo | | | | |
| Acero laminado | S275 | N221/N220 | N221/N220 | IPE 180 (IPE) | - | 5.000 | - | 0.00 | 0.00 | - | - |
| | | N221/N236 | N221/N217 | IPE 240 (IPE) | 0.165 | 4.170 | 0.165 | 0.00 | 0.00 | - | - |
| | | N236/N217 | N221/N217 | IPE 240 (IPE) | 0.165 | 4.155 | 0.180 | 0.00 | 0.00 | - | - |
| | | N225/N221 | N225/N221 | IPE 330 (IPE) | - | 2.880 | 0.120 | 2.00 | 1.36 | - | - |
| | | N235/N236 | N235/N236 | IPE 330 (IPE) | - | 2.880 | 0.120 | 2.00 | 1.13 | - | - |
| | | N217/N216 | N217/N216 | IPE 180 (IPE) | - | 5.000 | - | 0.00 | 0.00 | - | - |

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
Lb_{sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior
Lb_{inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

Tabla 38.- Descripción de los elementos representativos del altillo (FUENTE: listados de CYPE 3D)

| Características mecánicas | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------|------|----------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Material | | Ref. | Descripción | A (cm ²) | Avy (cm ²) | Avz (cm ²) | Iyy (cm ⁴) | Izz (cm ⁴) | It (cm ⁴) |
| Tipo | Designación | | | | | | | | |
| Acero laminado | S275 | 1 | IPE 180, (IPE) | 23.90 | 10.92 | 7.82 | 1317.00 | 101.00 | 4.73 |
| | | 2 | IPE 240, (IPE) | 39.10 | 17.64 | 12.30 | 3892.00 | 284.00 | 12.95 |
| | | 3 | IPE 330, (IPE) | 62.60 | 27.60 | 20.72 | 11770.00 | 788.00 | 28.06 |

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
 Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

Tabla 39.- Características mecánicas de los elementos representativos del altillo (FUENTE: listados de CYPE 3D)

4.1.7.2.- RESULTADOS

RESISTENCIA

Los resultados referidos a la resistencia se muestran en la tabla 40.

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|--|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos | | | | | | Origen | Estado | |
| | | | N (kN) | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) | | | |
| N221/N220 | 34.78 | 2.500 | -4.038 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 14.84 | 0.00 | GV | Cumple | |
| N221/N236 | 81.91 | 4.335 | -17.219 | 0.032 | 97.771 | 0.00 | -76.46 | -0.13 | GV | Cumple | |
| N236/N217 | 82.58 | 0.165 | -56.395 | -0.094 | -89.470 | 0.00 | -72.06 | -0.41 | GV | Cumple | |
| N225/N221 | 59.68 | 0.000 | -104.389 | 1.718 | -38.420 | 0.02 | -49.19 | 5.14 | GV | Cumple | |
| N235/N236 | 66.28 | 0.000 | -199.254 | 0.063 | 15.010 | 0.00 | 25.21 | 0.19 | GV | Cumple | |
| N217/N216 | 34.24 | 2.500 | -0.677 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 14.84 | 0.00 | GV | Cumple | |

Tabla 40.- Resultados de resistencia para los elementos representativos del altillo (FUENTE: listados de CYPE 3D)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcásser (Valencia).

ESTADO LÍMITE DE SERVICIO. FLECHA

Los resultados correspondientes a la flecha de los elementos representativos del altillo se muestran en la tabla 41.

| Grupo | Flechas | | | | | | | | |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--------|
| | Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy | | Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz | | Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy | | Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz | | |
| | Pos. (m) | Flecha (mm) | Pos. (m) | Flecha (mm) | Pos. (m) | Flecha (mm) | Pos. (m) | Flecha (mm) | |
| N221/N220 | 2.188 | 0.00 | 2.500 | 8.98 | 2.188 | 0.00 | 2.500 | 8.98 | Cumple |
| | - | L/(>1000) | 2.500 | L/557.0 | - | L/(>1000) | 2.500 | L/557.1 | |
| N221/N217 | 4.169 | 2.78 | 1.824 | 2.98 | 4.169 | 5.26 | 1.824 | 3.27 | Cumple |
| | 4.169 | L/(>1000) | 1.824 | L/(>1000) | 4.169 | L/(>1000) | 1.824 | L/(>1000) | |
| N225/N221 | 2.880 | 6.77 | 2.880 | 2.85 | 2.880 | 12.63 | 2.880 | 4.36 | Cumple |
| | 2.880 | L/425.1 | 2.880 | L/(>1000) | 2.880 | L/425.1 | 2.880 | L/(>1000) | |
| N235/N236 | 2.880 | 0.71 | 2.880 | 2.96 | 2.880 | 1.35 | 2.880 | 4.54 | Cumple |
| | 2.880 | L/(>1000) | 2.880 | L/971.4 | 2.880 | L/(>1000) | 2.880 | L/971.6 | |
| N217/N216 | 2.813 | 0.00 | 2.500 | 8.98 | 2.813 | 0.00 | 2.500 | 8.98 | Cumple |
| | - | L/(>1000) | 2.500 | L/557.0 | - | L/(>1000) | 2.500 | L/557.1 | |

Tabla 41.- Resultados de flecha para los elementos representativos del altillo (FUENTE: listados de CYPE 3D)

COMPROBACIONES ELU (RESUMIDO)

El resumen de las comprobaciones para los estados límites últimos se visualizan en la tabla 42.

| Barras | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) | | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|-----------|---------------------------------|--|--|-----------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|---------------------|-------------------------|
| | $\bar{\lambda}$ | λ_w | N_t | N_c | M_y | M_z | V_z | V_y | $M_y V_z$ | $M_z V_y$ | $N M_y M_z$ | $N M_y M_z V_y V_z$ | M_t | $M_t V_z$ | $M_t V_y$ | |
| N221/N220 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $x: 0.313 \text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | $\eta = 1.0$ | $\eta = 0.9$ | $x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 34.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 7.0$ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾ | $x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$ | N.P. ⁽³⁾ | $x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 34.8$ | $x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | Cumple $\eta = 34.8$ |
| N221/N236 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | $\eta = 0.4$ | $\eta = 3.8$ | $x: 4.335 \text{ m}$ $\eta = 79.6$ | $x: 4.335 \text{ m}$ $\eta = 2.2$ | $x: 4.335 \text{ m}$ $\eta = 33.8$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $x: 4.335 \text{ m}$ $\eta = 81.9$ | $\eta < 0.1$ | $\eta = 0.6$ | $x: 4.335 \text{ m}$ $\eta = 33.8$ | $\eta < 0.1$ | Cumple $\eta = 81.9$ |
| N236/N217 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | $\eta = 2.7$ | $\eta = 5.5$ | $x: 0.165 \text{ m}$ $\eta = 75.1$ | $x: 0.165 \text{ m}$ $\eta = 2.1$ | $x: 0.165 \text{ m}$ $\eta = 32.6$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $x: 0.165 \text{ m}$ $\eta = 82.6$ | $\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | Cumple $\eta = 82.6$ |
| N225/N221 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | $N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾ | $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 30.8$ | $x: 2.88 \text{ m}$ $\eta = 29.2$ | $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 14.4$ | $\eta = 8.3$ | $\eta = 0.3$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 59.7$ | $\eta < 0.1$ | $\eta = 0.6$ | $\eta = 8.3$ | $\eta = 0.3$ | Cumple $\eta = 59.7$ |
| N235/N236 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | $N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾ | $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 56.2$ | $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 22.7$ | $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.5$ | $\eta = 6.0$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 66.3$ | $\eta < 0.1$ | $\eta = 0.2$ | $\eta = 5.0$ | $\eta < 0.1$ | Cumple $\eta = 66.3$ |
| N217/N216 | $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple | $x: 0.313 \text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple | $\eta = 0.2$ | $\eta = 0.2$ | $x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 34.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾ | $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 7.0$ | $V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾ | $x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$ | N.P. ⁽³⁾ | $x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 34.2$ | $x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | Cumple $\eta = 34.2$ |

Notación:
 $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
 λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
 N_t : Resistencia a tracción
 N_c : Resistencia a compresión
 M_y : Resistencia a flexión eje Y
 M_z : Resistencia a flexión eje Z
 V_z : Resistencia a corte Z
 V_y : Resistencia a corte Y
 $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 $N M_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinados
 $N M_y M_z V_y V_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t : Resistencia a torsión
 $M_t V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 $M_t V_y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x : Distancia al origen de la barra
 η : Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽⁶⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Tabla 42.- Comprobaciones ELU (resumido) de los elementos representativos del altillo (FUENTE: listados de CYPE 3D)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

4.1.8.-Correas

A continuación, se realiza la comprobación de las correas de cubierta.

Los datos de las correas escogidas para la cubierta son los siguientes (tabla 43):

| Datos de correas de cubierta | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Descripción de correas | Parámetros de cálculo |
| Tipo de perfil: ZF-160x2.5 | Límite flecha: L / 300 |
| Separación: 1.70 m | Número de vanos: Tres vanos |
| Tipo de Acero: S235 | Tipo de fijación: Fijación rígida |

Tabla 43.- Datos de las correas de cubierta (FUENTE: listados de CYPE 3D)

4.1.8.1.- COMPROBACIÓN DE FLECHA

El perfil de la correa pésima cumple con las comprobaciones de flecha, con un aprovechamiento del 66,24%. El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*Q + 1.00*N(EI) + 1.00*V(180°) H2 a una distancia 2.500 m del origen en el tercer vano de la correa.

4.1.8.2.- COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA

El perfil seleccionado cumple con todas las comprobaciones y el coeficiente de aprovechamiento es del 82,18%. Se puede observar en la tabla 44 el tipo de correa que se va a emplear y sus características. En la tabla 45 se muestra el resumen de las comprobaciones llevadas a cabo en la correa más desfavorable.

La primera de las comprobaciones es exclusiva para las correas y se corresponde con los "límites de esbeltez para elementos planos en secciones de perfiles conformados en frío o de chapa plegada" tal y como se indica en la tabla 5.5 del CTE DB SE-Acero.

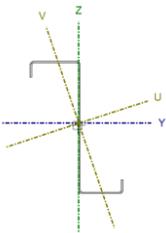
| Perfil: ZF-160x2.5 Material: S235 | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|--|--|---|--|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|------|
|  | Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | | | | | | |
| | Inicial | Final | | Área (cm ²) | I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴) | I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴) | I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴) | I _u ⁽²⁾ (cm ⁴) | y _g ⁽³⁾ (mm) | z _g ⁽³⁾ (mm) | α ⁽⁵⁾ (grados) | |
| | | 50.179, 60.000, 9.190 | 50.179, 55.000, 9.190 | 5.000 | 7.34 | 280.54 | 49.28 | -86.50 | 0.15 | 1.29 | 2.51 | 18.4 |
| Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario. | | | | | | | | | | | | |
| | Pandeo | | Pandeo lateral | | | | | | | | | |
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. | | | | | | | | |
| b | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | |
| L _k | 0.000 | 5.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | |
| C ₁ | - | | 1.000 | | | | | | | | | |
| Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico | | | | | | | | | | | | |

Tabla 44.- Detalles de las correas de cubierta (FUENTE: listados de CYPE 3D)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Barra | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|--|---|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|--|--|--|---|---------------------------|--------|
| | b / t | $\bar{\lambda}$ | N _t | N _c | M _y | M _z | M _y M _z | V _y | V _z | N _t M _y M _z | N _c M _y M _z | NM _y M _z V _y V _z | M _t NM _y M _z V _y V _z | | |
| pésima en cubierta | b / t ≤ (b / t) _{Máx.} Cumple | N.P. ⁽¹⁾ | N.P. ⁽²⁾ | N.P. ⁽³⁾ | x: 5 m η = 82.2 | N.P. ⁽⁴⁾ | N.P. ⁽⁵⁾ | N.P. ⁽⁶⁾ | x: 5 m η = 14.9 | N.P. ⁽⁷⁾ | N.P. ⁽⁸⁾ | N.P. ⁽⁹⁾ | N.P. ⁽¹⁰⁾ | Cumple η = 82.2 | |
| <p>Notación:</p> <p>b / t: Relación anchura / espesor $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión. Eje Y M_z: Resistencia a flexión. Eje Z M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial V_y: Resistencia a corte Y V_z: Resistencia a corte Z N_tM_yM_z: Resistencia a tracción y flexión N_cM_yM_z: Resistencia a compresión y flexión NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a cortante, axil y flexión M_tNM_yM_zV_yV_z: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación. ⁽⁶⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁹⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽¹⁰⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 45.- Resumen comprobaciones realizadas de la correa de cubierta (FUENTE: listados de CYPE 3D)

4.2.- Placas de anclaje

Se realiza la comprobación de una de las placas de anclaje, en este caso se corresponde con la indicada en la ilustración 28. Se ha diseñado la misma placa de anclaje para todos los pilares del pórtico interior de esta alineación. Para más detalles, véase el plano 16: Estructura longitudinal alineaciones I y M.

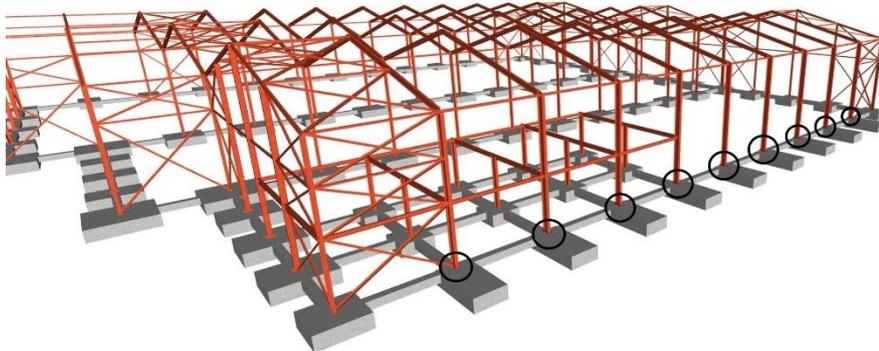


Ilustración 28.- Placas de anclaje objeto de comprobación

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

4.2.1.- Comprobaciones a realizar

Para calcular correctamente las placas de anclaje se deben verificar los siguientes estados límites:

- ELU de Agotamiento del apoyo.
- ELU de Agotamiento de la placa a flexión.
- ELU de Agotamiento de los pernos.
- ELU de Anclaje de los pernos en el hormigón.

4.2.2.- Comprobación de una placa de anclaje

Se puede observar en la ilustración 29 el detalle de la placa de anclaje, en la tabla 46 los elementos que la forman y a continuación, en la tabla 47 las comprobaciones realizadas.

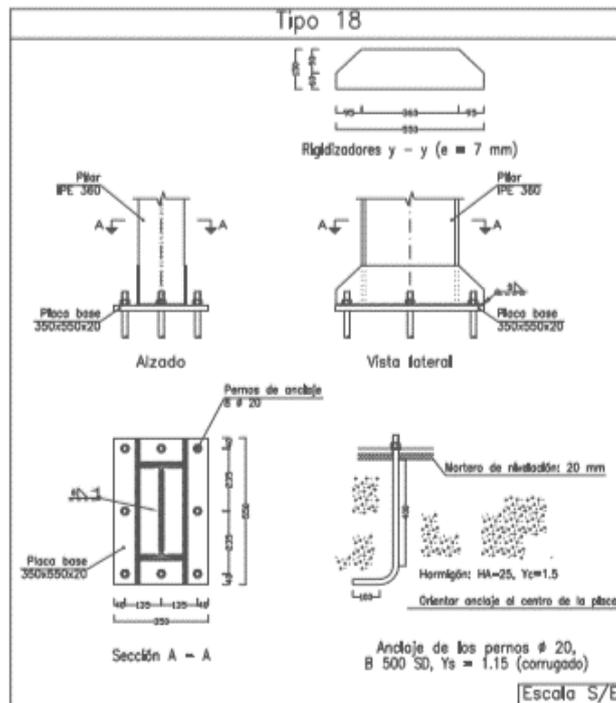


Ilustración 29.- Detalle de la placa de anclaje tipo 18 (FUENTE: listados de CYPE 3D)

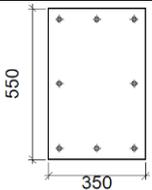
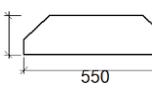
| Elementos complementarios | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza | Geometría | | | | Taladros | | Acero | | |
| | Esquema | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo | f _y (MPa) | f _u (MPa) |
| Placa base |  | 350 | 550 | 20 | 8 | 20 | S275 | 275.0 | 410.0 |
| Rigidizador |  | 550 | 150 | 7 | - | - | S275 | 275.0 | 410.0 |

Tabla 46.- Descripción de los elementos de la placa de anclaje TIPO 18 (FUENTE: listados de CYPE 3D)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Referencia: | | |
|---|--|--------------------------------------|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i> | Mínimo: 60 mm Calculado: 135 mm | Cumple |
| Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i> | Mínimo: 30 mm Calculado: 43 mm | Cumple |
| Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i> | Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm | Cumple |
| Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y: | Máximo: 50 Calculado: 43.9 | Cumple |
| Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i> | Mínimo: 22 cm Calculado: 40 cm | Cumple |
| Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante: | Máximo: 88.9 kN Calculado: 73.79 kN Máximo: 62.23 kN Calculado: 4.81 kN Máximo: 88.9 kN Calculado: 80.65 kN | Cumple Cumple Cumple |
| Tracción en vástago de pernos: | Máximo: 99.86 kN Calculado: 78.69 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos: | Máximo: 476.19 MPa Calculado: 252.357 MPa | Cumple |
| Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i> | Máximo: 209.52 kN Calculado: 4.84 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo: | Máximo: 261.905 MPa Calculado: 77.0031 MPa Calculado: 76.9321 MPa Calculado: 115.569 MPa Calculado: 125.761 MPa | Cumple Cumple Cumple Cumple |
| Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo: | Mínimo: 250 Calculado: 4371.96 Calculado: 4926.68 Calculado: 12128.2 Calculado: 11115.7 | Cumple Cumple Cumple Cumple |
| Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i> | Máximo: 261.905 MPa Calculado: 169.542 MPa | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Tabla 47.- Comprobaciones para la placa de anclaje TIPO 18 (FUENTE: listados de CYPE 3D)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

4.3.- Cimentaciones

4.3.1.- Comprobaciones a realizar

Para el caso de las cimentaciones, se van a comprobar los siguientes estados límites últimos:

- ELU de equilibrio, seguridad al vuelco.
- ELU de agotamiento del terreno.
- ELU de agotamiento de la estructura de cimentación.

En el caso de este proyecto, se van a comprobar dos de las zapatas y las vigas de unión entre estas. Las zapatas correspondientes aparecen en la ilustración 30 (una rectangular excéntrica y la otra cuadrada). Para más detalles véanse los planos 8,9 y 10: cimentaciones.

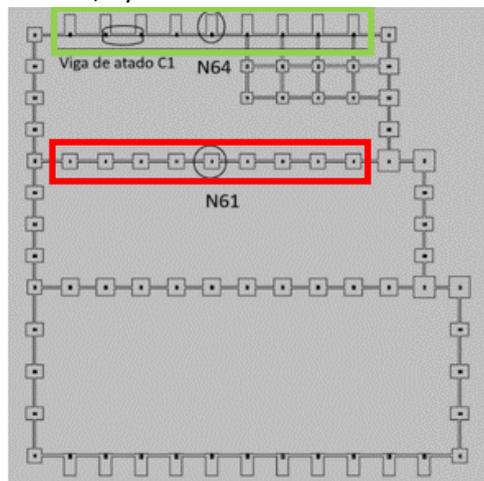


Ilustración 30.- Elementos representativos de la cimentación

4.3.2.- Comprobación de una zapata rectangular excéntrica

En la ilustración 31 se muestran las dimensiones de la zapata:

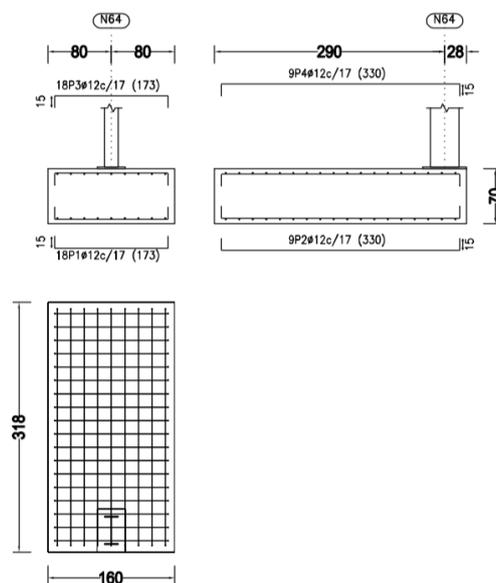


Ilustración 31.- Dimensiones de la zapata N64

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcásser (Valencia).

Y las comprobaciones de dicha zapata se muestran en la tabla 48:

| Referencia: N64 Dimensiones: 160 x 318 x 70 Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17 | | |
|--|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| <p>Tensiones sobre el terreno:</p> <p><i>Criterio de CYPE</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p> | <p>Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0280566 MPa</p> <p>Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0505215 MPa</p> <p>Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0562113 MPa</p> | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Vuelco de la zapata:</p> <p><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p> | <p>Reserva seguridad: 33653.1 %</p> <p>Reserva seguridad: 1.6 %</p> | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Flexión en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p> | <p>Momento: 7.28 kN·m</p> <p>Momento: 124.60 kN·m</p> | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Cortante en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p> | <p>Cortante: 1.08 kN</p> <p>Cortante: 64.16 kN</p> | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Compresión oblicua en la zapata:</p> <p>- Situaciones persistentes:</p> <p><i>Criterio de CYPE</i></p> | <p>Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 78.2 kN/m²</p> | <p>Cumple</p> |
| <p>Canto mínimo:</p> <p><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i></p> | <p>Mínimo: 25 cm Calculado: 70 cm</p> | <p>Cumple</p> |
| <p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <p>- N64:</p> | <p>Mínimo: 40 cm Calculado: 63 cm</p> | <p>Cumple</p> |
| <p>Cuantía geométrica mínima:</p> <p><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p> | <p>Mínimo: 0.0009</p> <p>Calculado: 0.001</p> <p>Calculado: 0.001</p> <p>Calculado: 0.001</p> <p>Calculado: 0.001</p> | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Cuantía mínima necesaria por flexión:</p> <p><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p> | <p>Calculado: 0.001</p> <p>Mínimo: 0.0001</p> <p>Mínimo: 0.0007</p> <p>Mínimo: 0.0001</p> <p>Mínimo: 0.0006</p> | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcásser (Valencia).

| Referencia: N64 | | |
|---|---|---|
| Dimensiones: 160 x 318 x 70 | | |
| Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17 | | |
| Comprobación | Valores | Estado |
| <p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i></p> <p>- Parrilla inferior:</p> <p>- Parrilla superior:</p> | <p>Mínimo: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p> | <p></p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p> | <p>Máximo: 30 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> | <p></p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p> | <p>Mínimo: 10 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> | <p></p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <p>- Armado inf. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado inf. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia abajo:</p> | <p>Mínimo: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Mínimo: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Mínimo: 15 cm</p> <p>Calculado: 217 cm</p> <p>Mínimo: 0 cm</p> <p>Calculado: 0 cm</p> <p>Mínimo: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Mínimo: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Mínimo: 19 cm</p> <p>Calculado: 217 cm</p> <p>Mínimo: 0 cm</p> <p>Calculado: 0 cm</p> | <p></p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Longitud mínima de las patillas:</p> <p>- Armado inf. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado inf. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia izq:</p> | <p>Mínimo: 12 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> | <p></p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Referencia: N64 | | |
|--|------------------|--------|
| Dimensiones: 160 x 318 x 70 | | |
| Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17 | | |
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Tabla 48.- Listado de comprobaciones para la zapata N64 (FUENTE: listados de CYPE 3D)

4.3.3.- Comprobación de una zapata cuadrada centrada

En la ilustración 32 se muestran las dimensiones de la zapata:

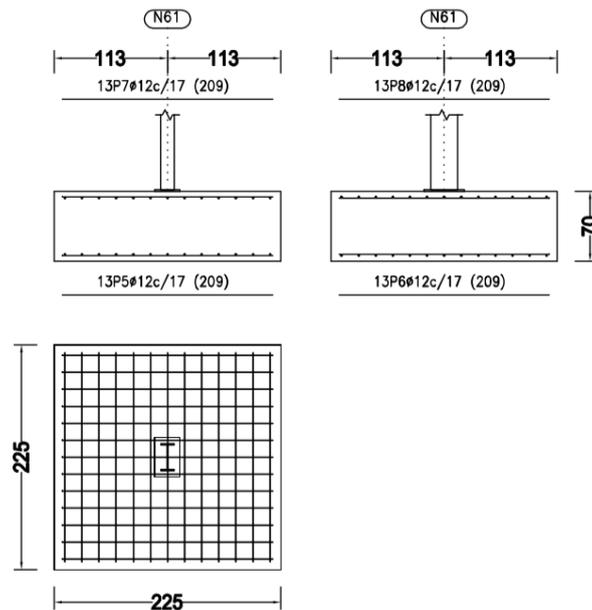


Ilustración 32.- Dimensiones de la zapata N61 (FUENTE: planos de CYPE 3D)

Y las comprobaciones de dicha zapata se muestran en la tabla 49:

| Referencia: N61 | | |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 225 x 225 x 70 | | |
| Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17 | | |
| Comprobación | Valores | Estado |
| Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i> | | |
| - Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0337464 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0410058 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0339426 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> | | |
| - En dirección X: | Reserva seguridad: 8438.2 % | Cumple |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcásser (Valencia).

| Referencia: N61 | | |
|---|------------------------------------|--------|
| Dimensiones: 225 x 225 x 70 | | |
| Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17 | | |
| Comprobación | Valores | Estado |
| - En dirección Y: | Reserva seguridad: 105.1 % | Cumple |
| Flexión en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Momento: 21.52 kN·m | Cumple |
| - En dirección Y: | Momento: 23.38 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Cortante: 15.99 kN | Cumple |
| - En dirección Y: | Cortante: 16.97 kN | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata: | | |
| - Situaciones persistentes: | Máximo: 5000 kN/m ² | |
| <i>Criterio de CYPE</i> | Calculado: 126.8 kN/m ² | Cumple |
| Canto mínimo: | Mínimo: 25 cm | |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i> | Calculado: 70 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación: | | |
| - N61: | Mínimo: 35 cm | |
| | Calculado: 63 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima: | | |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> | Mínimo: 0.0009 | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 0.001 | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 0.001 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 0.001 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 0.001 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión: | | |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> | Mínimo: 0.0001 | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 0.001 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 0.001 | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 0.001 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 0.001 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras: | | |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> | Mínimo: 12 mm | |
| - Parrilla inferior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| - Parrilla superior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras: | | |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> | Máximo: 30 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 17 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 17 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 17 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 17 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras: | | |
| <i>Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm | |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcásser (Valencia).

| Referencia: N61 | | |
|---|------------------|--------|
| Dimensiones: 225 x 225 x 70 | | |
| Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17 | | |
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 17 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 17 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 17 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 17 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> | Mínimo: 15 cm | |
| - Armado inf. dirección X hacia der: | Calculado: 38 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq: | Calculado: 38 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Calculado: 31 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Calculado: 31 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der: | Calculado: 38 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq: | Calculado: 38 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Calculado: 31 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Calculado: 31 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Tabla 49.- Listado de comprobaciones para la zapata N61 (FUENTE: listados de CYPE 3D)

4.3.4.- Comprobación de una viga de atado

En la ilustración 33 se muestran las dimensiones de la viga de atado:

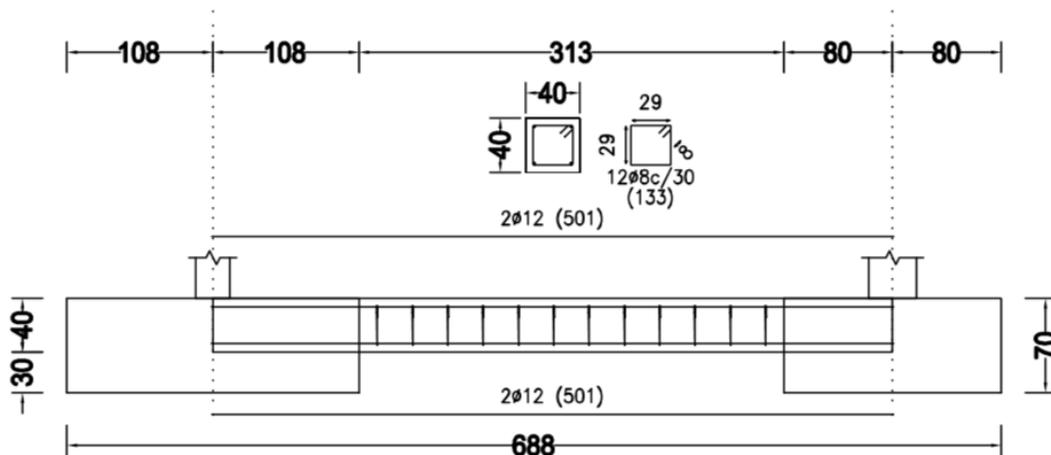


Ilustración 33.- Dimensiones de la viga de atado (FUENTE: planos de CYPE 3D)

Y las comprobaciones de dicha viga de atado se muestran en la tabla 50:

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Referencia: C.1 [N31-N42] (Viga de atado) | | |
|--|--------------------------------------|--------|
| -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm | | |
| -Armadura superior: 2Ø12 | | |
| -Armadura inferior: 2Ø12 | | |
| -Estribos: 1xØ8c/30 | | |
| Comprobación | Valores | Estado |
| Diámetro mínimo estribos: | Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm | Cumple |
| Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i> | Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i> | Mínimo: 3.7 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i> | Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i> | Máximo: 30 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Tabla 50.- Listado de comprobaciones para una viga de atado (FUENTE: listados de CYPE 3D)

5.- PREDIMENSIONADO DEL CANTO DEL FORJADO

Para la estructura del altillo, se va a recurrir a un forjado de placa alveolar pretensada.

De acuerdo con el artículo 50.2.2.1 del EHE-08:

“En el caso particular de forjados de viguetas con luces menores que 7 m y de forjados de losas alveolares pretensadas con luces menores que 12 m, y sobrecargas no mayores que 4 kN/m², no es preciso comprobar si la flecha cumple con las limitaciones de 50.1, si el canto total h es mayor que el mínimo h_{min} dado por:

$$h_{\min} = \delta_1 \delta_2 \cdot \frac{L}{C} \quad (20)$$

Donde:

- δ_1 es el factor que depende de la carga total y que tiene el valor de $\sqrt{q/7}$ siendo q la carga total en kN/m².

- δ_2 es el factor que tiene el valor de $(L/6)^{1/4}$.

-L es la luz de cálculo del forjado.

-C es un coeficiente cuyo valor se toma de la tabla 50.2.2.1 b del EHE-08. (Tabla 51)”

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Tipo de forjado | Tipo de carga | Tipo de tramo | | |
|----------------------------------|----------------------|---------------|---------|----------|
| | | Aislado | Extremo | Interior |
| Viguetas armadas | Con tabiques o muros | 17 | 21 | 24 |
| | Cubiertas | 20 | 24 | 27 |
| Viguetas pretensadas | Con tabiques o muros | 19 | 23 | 26 |
| | Cubiertas | 22 | 26 | 29 |
| Losas alveolares pretensadas (*) | Con tabiques o muros | 36 | — | — |
| | Cubiertas | 45 | — | — |

(*) Piezas pretensadas proyectadas de forma que, para la combinación poco frecuente no llegue a superarse el momento de fisuración.

Tabla 51.- Valores del coeficiente C para el cálculo del canto mínimo (FUENTE: EHE-08 tabla 50.2.2.1 b)

Para una primera iteración se toman los valores que siguen para obtener el canto y el peso del forjado.

$$-\delta_1 = 1$$

$$-\delta_2 = 1$$

$$-L = 5 \text{ metros}$$

$$-C = 36.$$

$$h_{\min} = 1 \cdot 1 \cdot \frac{5}{36} \geq 0,138 \text{ m}$$

De esta forma, la primera iteración indica que el canto mínimo del forjado debe ser de 13,8 centímetros, por lo que se recurrirá a un canto de 16+5 (capa de compresión de 5 cm), con un peso propio de forjado de 3,49 kN/m².

Conocido el peso propio del forjado, se debe aplicar de nuevo la fórmula anterior y conocer si las dimensiones del canto mínimo son correctas:

$$\text{Carga total sobre forjado} = \text{peso propio} + S. \text{ uso B} = 3,49 + 2 = 5,49 \text{ kN/m}^2.$$

$$\delta_1 = \sqrt{q/7} = \sqrt{\frac{5,49}{7}} = 0,885$$

$$\delta_2 = (L/6)^{\frac{1}{4}} = (5/6)^{\frac{1}{4}} = 0,95$$

$$h_{\min} = 0,885 \cdot 0,95 \cdot \frac{5}{36} \geq 0,116 \text{ m}$$

Por lo tanto, la elección del canto mínimo de forjado de 16+5 cm es correcta.

Gracias al programa de cálculo online de forjados de placas alveolares creado por la U.D. Construcción y Arquitectura Industrial, disponible online en la página <http://www.prgcalculo-aidepla.org/> [10], se puede comprobar los estados límite últimos y dimensionar las armaduras de negativos y el mallazo.

Para el cálculo se suponen 4 vanos separados 5 metros (véase distribución del altillo en la estructura en la ilustración 27), se introduce un peso propio para placas alveolares proporcionado por la propia aplicación y una sobrecarga de uso tipo B (zonas administrativas), suponiendo unas condiciones

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

isostáticas de apoyo. Se obtienen los siguientes diagramas para la flexión (ilustración 34) y para los esfuerzos cortantes (ilustración 35).

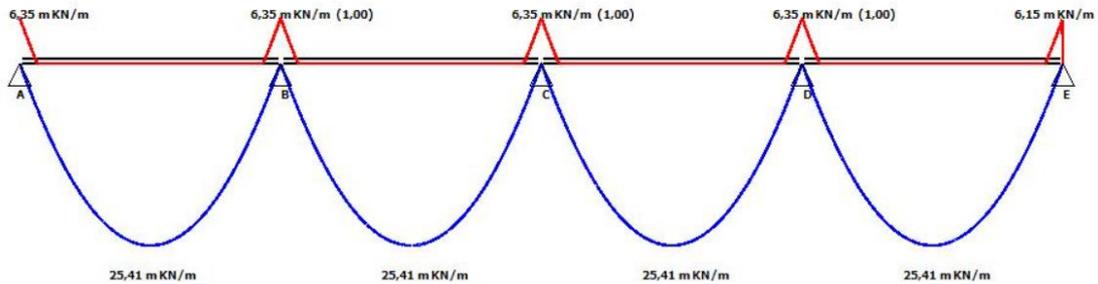


Ilustración 34.- Envoltura - Solicitaciones Normales (Flexión) (FUENTE: aplicación de cálculo para placas alveolares de AIDEPLA)

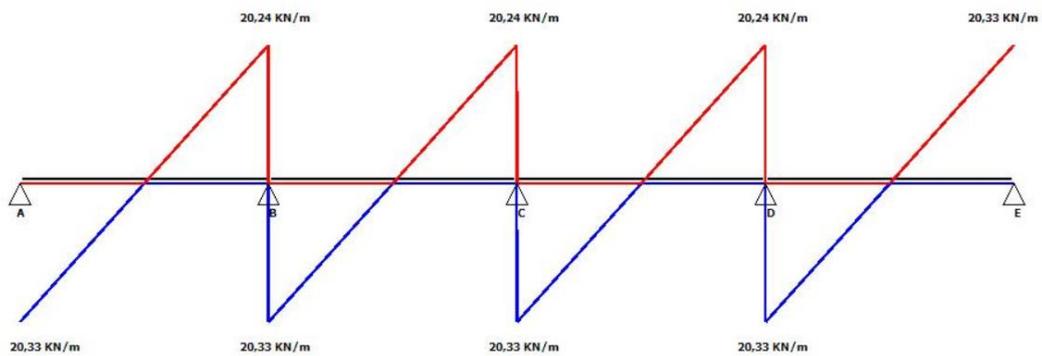


Ilustración 35.- Envoltura - Cortantes (FUENTE: aplicación de cálculo para placas alveolares de AIDEPLA)

Las solicitaciones por vano se muestran en la tabla 52:

| Vano | Ejecución | ELU Flexión | ELU Rasante | ELU Cortante | Incendio | | ELS Fisuración [M0.2] |
|------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | Momento (M) (en m-kN) | Momento (M) (en m-kN/m) | Cortante (V) (en kN/m) | Cortante (V) (en kN/m) | Momento (M) (en m-kN/m) | Cortante (V) (en kN/m) | Momento (M) (en m-kN/m) |
| A-B | 18,00 | 25,41 | 20,33 | 19,47 | 15,00 | 12,00 | 15,00 |
| B-C | 18,00 | 25,41 | 20,33 | 19,47 | 15,00 | 12,00 | 15,00 |
| C-D | 18,00 | 25,41 | 20,33 | 19,47 | 15,00 | 12,00 | 15,00 |
| D-E | 18,00 | 25,41 | 20,33 | 19,47 | 15,00 | 12,00 | 15,00 |

Tabla 52.- Solicitaciones por vano del forjado (FUENTE: aplicación de cálculo para placas alveolares de AIDEPLA)

Se comprueban los estados límite últimos, contrastando los valores de los resultados y los valores últimos que no deben ser superados (del catálogo ofrecido por el fabricante en la tabla 53):

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| TIPO DE FORJADO (h+c) * s | TIPO DE LOSA | MOMENTO ULTIMO Mu m·kN/m (3) | ESFUERZO CORTANTE ULTIMO Vu MC-78 1+Mo/Md=2 kN/m (4) | | | ESFUERZO RASANTE Sección tipo Vu kN/m (5) | MOMENTO DE FISURACION (hormigón in situ) Mf m·kN/m (6) | RIGIDEZ TOTAL FISURADA E·Ib E·If m ² ·MN/m (6) | | MOMENTOS LIMITE FISUR. D.Ap1 DESCOMP. DE SERVICIO / CLASE III I m·kN/m (7) | | |
|---------------------------------|---------------|---------------------------------------|--|-------|------|--|---|--|------|---|-------|------|
| | | | Md<Mo | Md>Mo | | | | | | | | |
| (16+ 5) *120. | P.16-1 | 57.7 | 68.5 | 99.8 | 62.7 | 113.1 | 26.8 | 21.1 | 20.9 | 55.8 | 40.0 | 28.9 |
| | -2 | 68.2 | 71.3 | 104.4 | 65.8 | 113.1 | 26.9 | 21.2 | 21.0 | 61.6 | 47.8 | 34.6 |
| | -3 | 78.3 | 74.1 | 108.7 | 68.9 | 113.1 | 27.0 | 21.2 | 21.1 | 68.1 | 56.5 | 40.7 |
| | -4 | 83.4 | 76.9 | 112.8 | 71.8 | 113.1 | 27.0 | 21.2 | 21.1 | 70.2 | 59.4 | 42.8 |
| | -5 | 89.8 | 79.7 | 116.6 | 74.7 | 113.1 | 27.0 | 21.3 | 21.1 | 74.0 | 64.6 | 46.6 |
| | -6 | 103.5 | 85.3 | 123.8 | 80.4 | 113.1 | 27.2 | 21.4 | 21.2 | 83.3 | 77.3 | 55.7 |
| | -7 | 115.0 | 86.8 | 125.7 | 82.0 | 113.1 | 27.5 | 21.6 | 21.4 | 94.1 | 89.8 | 66.0 |
| | -8 | 118.6 | 90.9 | 130.3 | 85.9 | 113.1 | 27.4 | 21.6 | 21.4 | 94.8 | 93.0 | 66.8 |
| | -9 | 129.1 | 96.5 | 136.1 | 91.0 | 113.1 | 27.5 | 21.6 | 21.4 | 101.6 | 102.3 | 73.5 |
| | -10 | 129.2 | 92.2 | 131.8 | 87.2 | 113.1 | 27.7 | 21.8 | 21.6 | 104.2 | 103.2 | 75.9 |
| | -11 | 142.7 | 97.6 | 138.0 | 92.8 | 113.1 | 27.9 | 21.9 | 21.7 | 115.7 | 115.7 | 87.4 |
| | -12 | 154.1 | 103.0 | 139.5 | 94.1 | 113.1 | 28.1 | 22.1 | 21.9 | 116.4 | 116.4 | 90.1 |

Tabla 53.- Ficha de características técnicas de un forjado tipo de losas pretensadas modelo P.16 (o similar)

- ELU Flexión. Se busca que $M_u > M$: **$M_u=57,7 > 25,41$ Cumple**
- ELU Rasante. Se busca que $V_u > V$ (por rasante): **$V_u=113,1 > 20,33$ Cumple**
- ELU Cortante. Se busca que $V_u > V$ (por cortante): **$V_u=68,5 > 19,47$ Cumple**
- ELS Fisuración. Se busca que $M_{0.2} > M$ (por fisuración): **$M_{0.2}=26,8 > 15$ Cumple**

Por lo tanto, se escoge:

- Tipo de forjado: canto de 16 cm y capa de compresión de 5 cm (16+5)x120 (las losas se comercializan de un tamaño de 1,2 metros de ancho).
- Modelo P.16-1 o similar
- Peso de la losa de 3,49 kN/m².

En la ilustración 36 se observa la armadura de negativos por ancho de placa a disponer en la zona de apoyos (el acero para negativos se trata de B500SD). En la ilustración, las longitudes se encuentran entre paréntesis. Véase el plano 22 para conocer la distribución de negativos con más detalle.

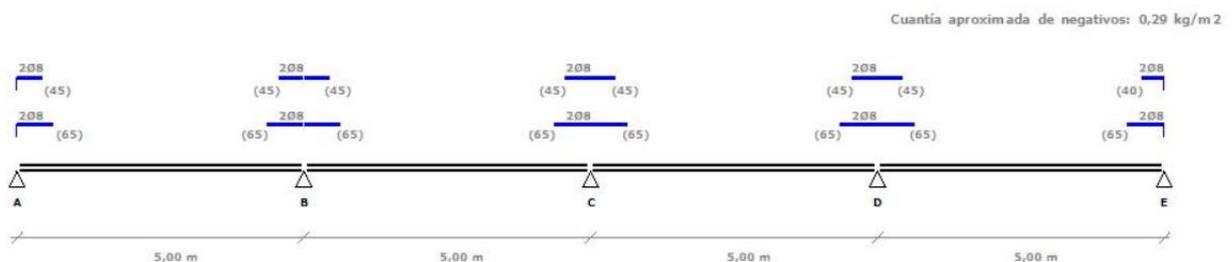


Ilustración 36.- Armadura de negativos por ancho de placa (1,2 m) (FUENTE: aplicación de cálculo para placas alveolares de AIDEPLA)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

3. ANEXO DE VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA FRENTE AL FUEGO

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

1.- EVALUACIÓN DE LA CARGA DE FUEGO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL

1.1.- Caracterización del establecimiento industrial en relación con la seguridad contra incendios

1.1.1.- Características del establecimiento industrial por su configuración y ubicación con relación a su entorno

De acuerdo con el apartado 2.1 del anexo I del RSCIEI [11], el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio y está adosado a otro establecimiento industrial a una distancia inferior a 3 metros, por lo que se corresponde con un tipo B. La estructura de ambos establecimientos no es compartida y sendas cubiertas son independientes. Observamos en la ilustración 37 la configuración del establecimiento.

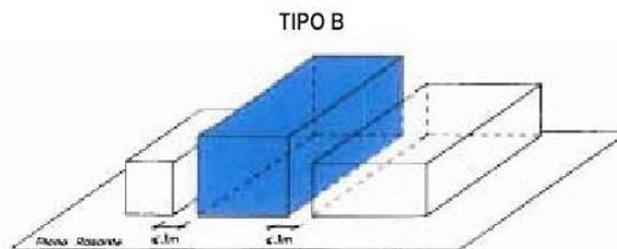


Ilustración 37.- Configuración del establecimiento industrial (FUENTE: RSCIEI anexo I apartado 2.1)

1.1.2.- Caracterización del establecimiento industrial por su nivel de riesgo intrínseco

Se considera sector de incendio al espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

Para evaluar el nivel de riesgo intrínseco del sector de incendio o sectores de incendio del establecimiento industrial, en el cual conviven actividades de almacenamiento y producción, de acuerdo con el apartado 3.2 del anexo I del RSCIEI, debe recurrirse a la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} s_i h_i C_i + \sum_1^i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{)} \quad (21)$$

Donde:

Q_s = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m².

q_{si} = densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se lleven a cabo en el sector de incendio (i), en MJ/m².

q_{vi} = carga de fuego, aportada por cada m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en MJ/m³.

s_i = superficie ocupada en planta por cada zona con distinto tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendios en m².

S_i = superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m².

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

h_i = altura de almacenamiento de cada uno de los combustibles (i), en m.

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. Estos valores se obtendrán del catálogo CEA sobre la clasificación de materias y mercancías. [12]

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, almacenamiento...,etc. Estos valores pueden deducirse de la tabla 1.2 del RSCIEI.

A =superficie construida del sector de incendio o área ocupada del área de incendio, en m².

Con el fin de prever futuras ampliaciones en la actividad llevada a cabo, la superficie no ocupada por actividades de producción o almacenamiento se reparte entre los distintos sectores, de tal forma que la superficie libre tomará un valor de carga de fuego no nulo y se designará en la tabla 54 como "zona con carga futura".

Se ilustran a continuación los diferentes espacios (de almacenamiento y producción) considerados para la evaluación de la carga de fuego.



Ilustración 38.- Zonas de almacenamiento de productos, cables, expedición de cartón y garaje en la zona de carga



Ilustración 39.- Garaje de automóviles, zona de expedición de producto y pequeño taller dentro de esta zona (no visible en la imagen)

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

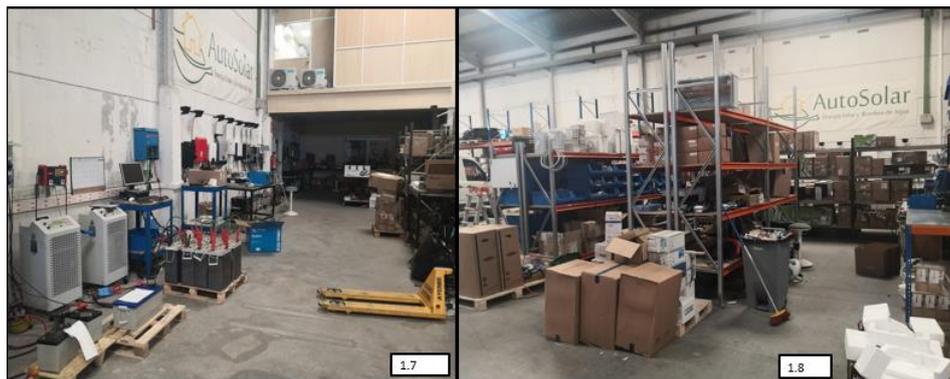


Ilustración 40.- Taller eléctrico (zona de asistencia técnica) y almacén de taller

1.1.- Almacenamiento de material fotovoltaico. Se corresponde con todas las estructuras de almacenamiento de material fotovoltaico. La superficie que se observa en la tabla 54 se corresponde con la superficie en planta del apartado 4 de la memoria.

1.2.- Almacenamiento de cables. Se dedica exclusivamente una estructura de almacenamiento para las bobinas de cables. La superficie vista en la tabla 54 es la ocupada por la estructura de cables en la distribución en planta.

1.3.- Expedición de cartón. Debido a la presencia de un contenedor de cartón, de vaciado frecuente, se ha considerado relevante incluirlo en la evaluación. En la distribución en planta se corresponde con la zona de expedición de cartón.

1.4.- Garaje de automóviles. En la distribución en planta una zona está destinada específicamente al aparcamiento de furgonetas, sin embargo, en la evaluación se considera que en el muelle de carga y descarga también se puede estacionar. La superficie en la distribución en planta se corresponde con la zona del muelle interior y la zona específica de aparcamiento/ carga.

1.5.- Expedición de aparatos eléctricos. Comprende el final del almacenamiento de los productos, donde estos son empaquetados en una máquina especial y se etiquetan y preparan para salir del almacén y repartirse. La superficie empleada se corresponde con la zona de embalaje de la distribución en planta.

1.6.- Taller de instaladores. Zona reservada exclusivamente para las reparaciones o ensamblajes últimos, se inserta en la zona de embalaje y tiene una superficie correspondiente a lo que ocupa en planta (zona de acabados y ensamblaje).

1.7 y 1.8.- Taller eléctrico y almacén de taller. Ambas se describen en la distribución en planta como taller de reparación/ mantenimiento. Sin embargo, para la evaluación de la carga de fuego se ha decidido separar dichas actividades en el propio taller y su almacén.

En base a las densidades de carga de fuego de las diferentes actividades contempladas en la tabla 1.2 del anexo I del RSCIEI y la actividad llevada a cabo en el establecimiento industrial, la evaluación del nivel de riesgo intrínseco del sector se muestra en la tabla 54:

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| ZONA | Actividad | S (m ²) | %S _t | Altura (m) | q _s (MJ/m ² o MJ/m ³) | R _s | C _i | Q _s (MJ) |
|--------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------|------------|---|----------------|-------------------------------------|---------------------|
| Alm. material fotovoltaico | Almacenamiento | 349.47 | 10.40 | 5.46 | 400 | 1 | 1.3 | 992202.73 |
| Almacenamiento cables | Almacenamiento | 7.35 | 0.22 | 5.46 | 600 | 1.5 | 1.3 | 31302.18 |
| Expedición cartonaje | Producción | 13.94 | 0.42 | - | 600 | 1.5 | 1.3 | 10876.32 |
| Garaje de automóviles | Producción | 168.00 | 5.00 | - | 200 | 1 | 1.6 | 53760 |
| Expedición aparatos eléctricos | Producción | 42.17 | 1.26 | - | 700 | 2 | 1.3 | 38372.88 |
| Taller de instaladores | Producción | 16.00 | 0.48 | - | 100 | 1 | 1 | 1600 |
| Taller eléctrico | Producción | 87.37 | 2.60 | - | 600 | 1.5 | 1 | 52422.24 |
| Almacén de taller | Producción | 42.93 | 1.28 | - | 1200 | 2 | 1.3 | 66963 |
| Zona con carga futura | Futura actividad | 2632.78 | 78.36 | - | 400 | 1 | 1 | 1053110.8 |
| | S. con carga de fuego | 3360.00 | | | | | Q _s Total (MJ) | 2300610.15 |
| | S. nave | 3360.00 | | | | | R _s | 1.00 |
| | | | | | | | Q _t (MJ/m ²) | 684.71 |

Tabla 54.- Evaluación de la carga de fuego del establecimiento industrial

A la vista de los resultados, la densidad de la carga de fuego del establecimiento industrial es de: Q_t=684,71 MJ/m². Atendiendo a la tabla 55, se clasifica el nivel de riesgo intrínseco del establecimiento industrial como BAJO 2.

| Nivel de riesgo intrínseco | Densidad de carga de fuego ponderada y corregida | |
|----------------------------|--|------------------------------|
| | Mcal/m ² | MJ/m ² |
| BAJO | 1 | Q _S ≤ 100 |
| | 2 | 100 < Q _S ≤ 200 |
| MEDIO | 3 | 200 < Q _S ≤ 300 |
| | 4 | 300 < Q _S ≤ 400 |
| | 5 | 400 < Q _S ≤ 800 |
| ALTO | 6 | 800 < Q _S ≤ 1600 |
| | 7 | 1600 < Q _S ≤ 3200 |
| | 8 | 3200 < Q _S |

Tabla 55.- Nivel de riesgo intrínseco del sector de incendio (FUENTE: tabla 1.3 del RSCIEI)

2.- REQUISITOS NORMATIVOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

2.1.- Sectorización del establecimiento industrial

El establecimiento industrial en su conjunto conforma un único sector de incendio, tal y como se justifica en la tabla 56, dado que la superficie máxima permitida para un sector de incendio con riesgo intrínseco bajo 2 dentro de un establecimiento en configuración tipo B es de 4000 m². Cabe destacar que la superficie total de las oficinas (planta baja más altillo) supera los 250 m², por lo que entraría dentro del marco normativo del CTE DB-SI [13] y configuraría otro sector de incendio independiente. Sin embargo, dado el alcance del presente Trabajo Fin de Grado se considera que el establecimiento industrial en su totalidad atiende al RSCIEI, con el fin de sintetizar la aplicación de los requisitos de resistencia al fuego y determinar las medidas de protección pasiva necesarias.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

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

Tabla 56.- Máxima superficie construida en un sector de incendio (FUENTE: tabla 2.1 del RSCIEI)

2.2.- Estabilidad al fuego de los elementos estructurales

Las exigencias referidas a este apartado, es decir, al comportamiento frente al fuego de un elemento estructural se definen por el tiempo en minutos, durante el que dicho elemento debe mantener la estabilidad mecánica, también llamada capacidad portante.

La cubierta de la nave industrial es de tipo ligera, pues su peso propio no excede de 100kg/m². Por este motivo, es de aplicación la tabla 2.3 del RSCIEI, en base a la cual se determina que la estructura principal de cubierta y sus soportes deben ofrecer una resistencia al fuego R-15 (estructura sobre rasante en configuración tipo B con riesgo intrínseco bajo), tal y como se puede comprobar en la tabla 57.

| 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) |

Tabla 57.- Estabilidad al fuego de la estructura principal de cubierta ligera (FUENTE: tabla 2.3 del RSCIEI)

3.- VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA ESTRUCTURA EN SITUACIÓN DE INCENDIO

Con el fin de verificar la capacidad portante de la estructura en situación de incendio, se presenta en los apartados siguientes el procedimiento general llevado a cabo en los elementos más representativos, procedimiento extrapolable al resto de elementos de la estructura. Además, se presentará el resumen de las comprobaciones que realiza CYPE para verificar el cumplimiento frente a esta acción.

3.1.- Evolución de la temperatura del acero

Las estructuras metálicas poseen una conductividad térmica elevada y, debido a ello, las características mecánicas de los elementos metálicos expuestos al fuego se degradan rápidamente. Conforme avanza el tiempo, la temperatura aumenta gradualmente y debe conocerse la relación entre ambos parámetros para verificar si la estructura es segura durante el tiempo requerido, calculado en el apartado 2.2 de este mismo anexo.

Frente a la situación de incendio se plantea el siguiente balance de energía en forma incremental:

$$\Delta T = \frac{1}{\rho_a \cdot c_a} \cdot \frac{A_m}{V} \cdot q \cdot \Delta t \quad (22)$$

Donde:

q= flujo neto de calor en la superficie del elemento, debido a los fenómenos de transmisión de calor por convección y radiación, cuyas expresiones se indican en el apartado D.2.3 del anexo D del CTE DB-SI.

Desarrollando este término, la expresión (22) quedaría de la siguiente forma:

$$\Delta T = \frac{1}{\rho_a \cdot c_a} \cdot \frac{A_m}{V} \cdot \left(\alpha_c \cdot (T_g - T_a) + \Phi \cdot \epsilon_f \cdot \epsilon_m \cdot \sigma \cdot \left((T_g + 273)^4 - (T_a + 273)^4 \right) \right) \cdot \Delta t \quad (23)$$

Donde:

α_c: coeficiente de convección (α_c=25 W/m²·K para la curva de fuego normalizada ISO 834).

Φ: factor de configuración, a falta de datos este parámetro se considerará igual a la unidad.

ε_f: emisividad del fuego (normalmente se considera igual a la unidad).

ε_m: emisividad superficial del material (0,5 según el CTE DB-SI apartado D.2.3).

σ: constante de Stefan-Boltzmann (σ = 5.67·10⁻⁸ W/m²·K⁴)

T_g: temperatura del gas, siendo para la curva de fuego normalizada ISO 834:

$$T_g = 20 + 345 \cdot \log_{10}(8t + 1) \quad (24)$$

donde t es el tiempo en minutos, obteniéndose la temperatura en grados.

ρ: densidad en kg/m³, para el acero toma el valor de 7850 kg/m³.

C: calor específico en J/kg·K (para el acero 600 J/kg·K).

A_m/V: factor de sección (masividad), el cual se puede obtener de la tabla 48.1 de la EAE [14].

Si se expresan las temperaturas en grados Kelvin y se reagrupan los términos, se obtiene la expresión:

$$\Delta T_a = \frac{A_m/V}{4.71 \cdot 10^6} \cdot \left(25 + 2.835 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{T_g^4 - T_a^4}{T_g - T_a} \right) \cdot (T_g - T_a) \cdot \Delta t \quad (25)$$

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

A partir de esta expresión, es posible obtener la evolución de la temperatura de un perfil de acero no protegido a lo largo del tiempo, mediante un procedimiento incremental. Es importante emplear intervalos de tiempo reducidos (aproximadamente 5 segundos).

Para el establecimiento industrial en estudio, se van a escoger los elementos representativos que se observan en la ilustración 41 e ilustración 42: un pilar intermedio, las dos jácenas que se encuentran con este pilar y un tirante de la cruz de San Andrés del pórtico de fachada:

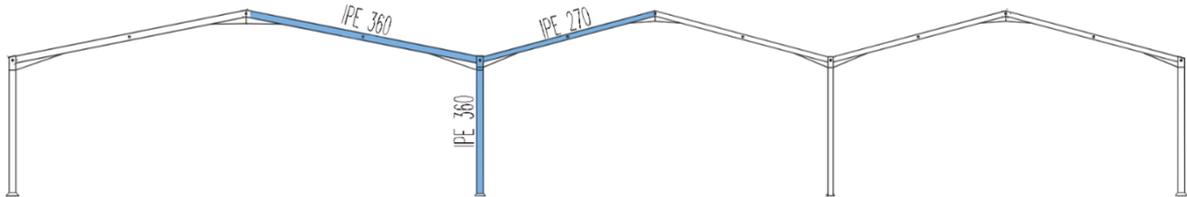


Ilustración 41.- Elementos representativos para la verificación de la resistencia al fuego (pórtico interior alineación 9)

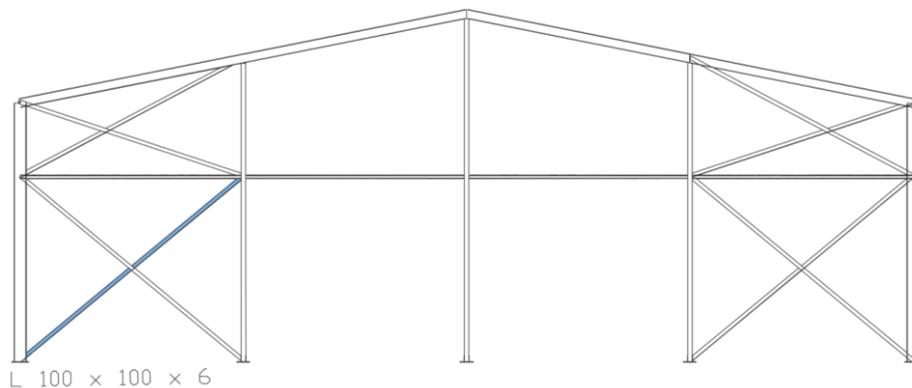


Ilustración 42.- Elementos representativos para la verificación de la resistencia al fuego (pórtico de fachada alineación 1)

A la hora de realizar la verificación, es muy importante definir el tipo de sección según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección solicitada, ya que el análisis en situación de incendio acusa la clasificación de la sección, haciendo ésta más restrictiva y limitando a una temperatura máxima de 350 °C las secciones de clase 4 (esbeltas), donde los elementos total o parcialmente comprimidos de las secciones se abollan antes de alcanzar el límite elástico.

En el cálculo a temperatura ambiente, los tipos de sección se recogen en el apartado 5.2.4 del CTE DB-SE Acero. Para clasificar la sección, se debe atender a la tabla 5.3, donde según la esbeltez de la pieza y el factor de reducción ε , se tiene una clase u otra.

En situación de incendio, estos límites se reducen un 15% de acuerdo con la siguiente expresión (apartado 46.1 del capítulo XII de la EAE):

$$\varepsilon = 0,85 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (26)$$

Por lo que aquellas secciones que presentaban un comportamiento de clase 3 (elástico) pueden comportarse en situación de incendio como secciones de clase 4 (esbeltas) y quedar muy penalizadas.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

3.1.1.- Curva de calentamiento del pilar IPE 360

La masividad de esta sección se corresponde con la ilustración 43:

Sección abierta expuesta al fuego en todas sus caras:

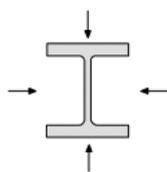
$$\frac{A_m}{V} = \frac{\text{perímetro}}{\text{área de la sección transversal}}$$


Ilustración 43.- Masividad perfil IPE (FUENTE: tabla 48.1 de la EAE)

Para el caso del perfil IPE 360, se obtiene un valor de 187,5 m⁻¹. Aplicando la ecuación 25 de manera iterativa, tomando pequeños intervalos de tiempo de 5 en 5 segundos, se obtiene la curva de calentamiento del perfil, gráfico 1. La curva azul representa la evolución de la temperatura del gas en el sector de incendio y la curva magenta, la evolución de la temperatura del acero a lo largo del tiempo. La línea roja hace referencia al tiempo que la estructura debe mantener su capacidad portante (en el caso de este establecimiento industrial, 15 minutos como se ha justificado en el apartado anterior).

Tras el proceso incremental, a los 15 minutos se obtiene que el perfil se encuentra a una temperatura de 655,37 °C, que es aproximadamente el valor que se obtiene para la curva magenta al intersectar con la vertical que marca los 15 minutos de incendio.

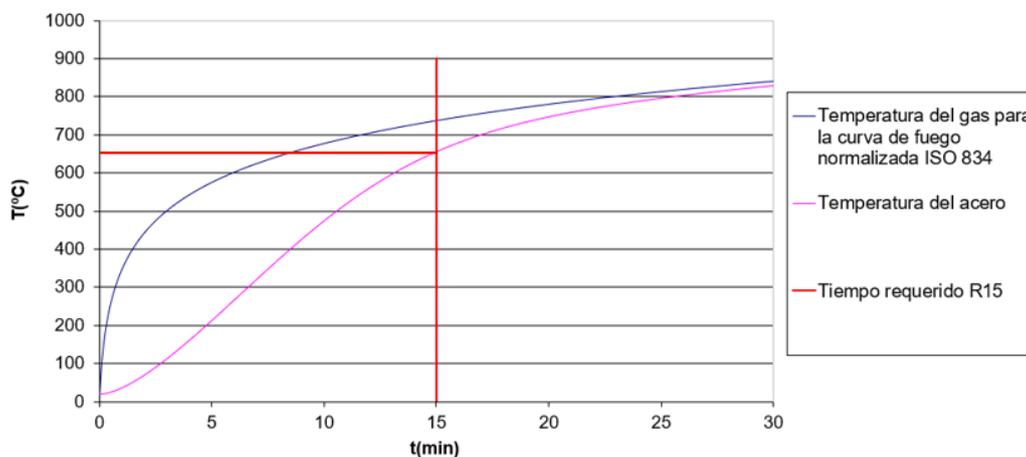


Gráfico 1.- Curva de calentamiento del acero (IPE 360) e ISO 834

La clase de la sección (más desfavorable) para esta barra es tipo 3, según el esfuerzo de compresión al que se ve sometido el pilar en situación de incendio.

3.1.2.- Curva de calentamiento de la jácena IPE 270

Para el caso del perfil IPE 270, se obtiene una masividad de 226.6 m⁻¹. Aplicando la ecuación 25 se obtiene su curva de calentamiento, gráfico 2.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

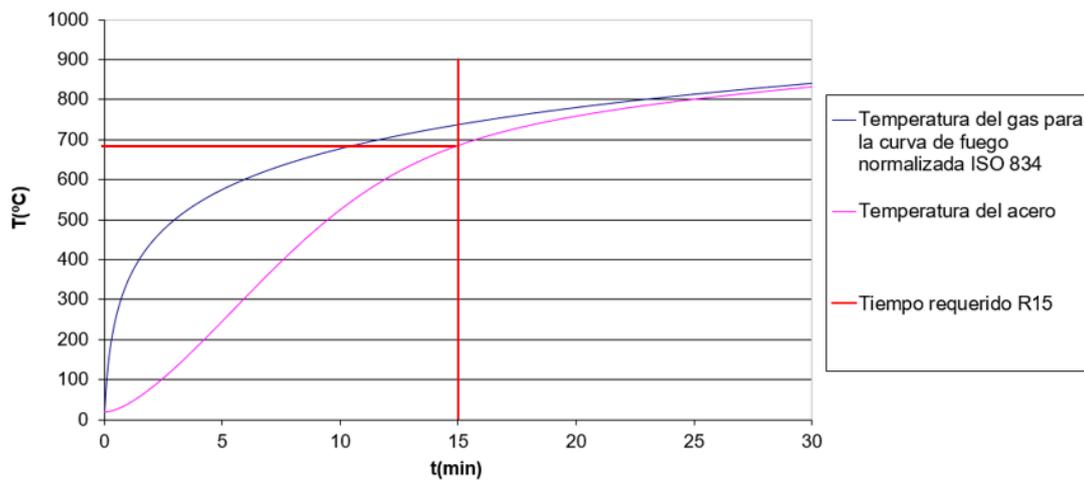


Gráfico 2.- Curva de calentamiento del acero (IPE 270) e ISO 834

A los 15 minutos se obtiene que el perfil se encuentra a una temperatura de 684.9 °C, que es aproximadamente el valor resultante de intersectar la curva magenta con la vertical que marca los 15 minutos de incendio.

La clase de la sección (más desfavorable) para esta barra es tipo 2, según el esfuerzo de compresión al que se ve sometido la jácena en situación de incendio.

3.1.3.- Curva de calentamiento de la jácena IPE 360

Para este perfil y bajo los esfuerzos que solicitan a la jácena en situación de incendio, se obtiene una clasificación de tipo 4, por lo que de acuerdo con el apartado 46.8.2 de la EAE, se limita la temperatura crítica de la sección a 350 °C, es decir, antes de los 15 minutos la temperatura de la sección no debe superar los 350 °C.

Sin embargo, según puede observarse en la gráfica 1, se alcanzan 655.37 °C en dicho instante. Visto de otra forma, los 350 °C se alcanzan mucho antes de llegar a los 15 minutos requeridos, más concretamente a los 7,5 minutos aproximadamente, como puede apreciarse en el gráfico 3. Por tanto, la jácena del pórtico interior deberá protegerse para cumplir con la R15 exigida, tal y como se verá en el apartado 3.2.3.

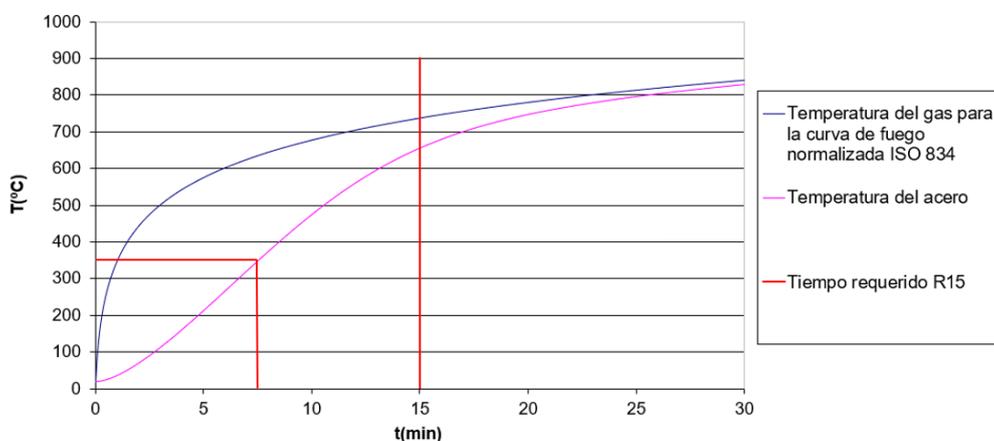


Gráfico 3.- Curva de calentamiento del acero (IPE 360) e ISO 834

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

3.1.4.- Curva de calentamiento de la diagonal del arriostramiento de fachada L100x100x6

La masividad de un perfil angular se calcula tal y como se indica en la ilustración 44:

Perfil angular expuesto al fuego en todas sus caras:

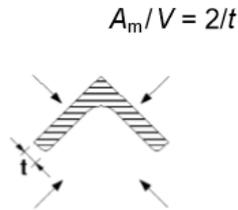


Ilustración 44.- Masividad perfil angular (FUENTE: tabla 48.1 de la EAE)

Para el caso en particular de la diagonal de la cruz de San Andrés se obtiene una masividad de 333,33 m⁻¹. La curva del calentamiento del perfil se describe en el gráfico 4:

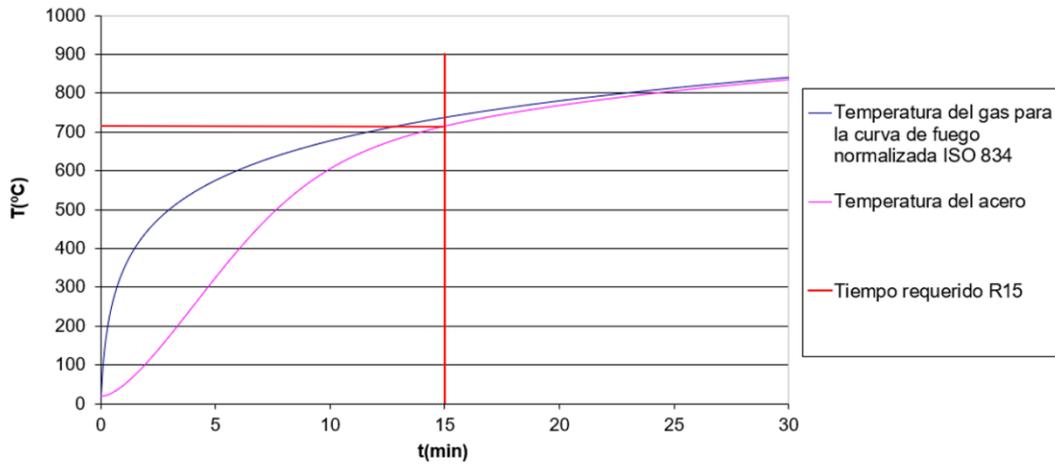


Gráfico 4.- Curva de calentamiento del acero (L 100x100x6) e ISO 834

Puede observarse que a los 15 minutos el perfil se encuentra a una temperatura de 715,33 °C. Al no tratarse de un elemento comprimido, no atiende a la clasificación de secciones descrita anteriormente.

3.2.- Verificación de los elementos

Para la verificación de los elementos estructurales en situación de incendio puede recurrirse a dos enfoques distintos:

- Dominio de la temperatura. De acuerdo con el apartado 46.8.1 del capítulo XII de la EAE, para los elementos estructurales de clase 1, 2 o 3 no susceptibles de experimentar fenómenos de inestabilidad, se recurre a la siguiente expresión para obtener la temperatura crítica del perfil.

$$T_c = 39,19 \cdot \ln \left[\frac{1}{0,9674 \cdot \mu_0^{3.833}} - 1 \right] + 482 \quad (27)$$

Donde:

μ_0 es el grado de utilización, que se calcula como:

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

$$\mu_0 = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}} \quad (28)$$

$E_{fi,d}$ = la carga de diseño en fuego

$R_{fi,d}$ = la resistencia a temperatura ambiente (instante t=0), donde se incluyen los factores de seguridad parciales en situación de incendio.

Para las secciones de clase 4, la temperatura crítica se limita a 350 °C, independientemente de cuál sea el grado de utilización.

En caso de no superarse la temperatura crítica para el tiempo de resistencia al fuego establecido, el perfil cumpliría. De lo contrario, el perfil no satisface el tiempo requerido de resistencia al fuego.

Como prueba, este método se empleará para verificar la diagonal del arriostramiento de fachada.

-Dominio de la resistencia. Según el artículo 46 del capítulo XII de la EAE, esta comprobación consiste en verificar que:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad (29)$$

Siendo

- $E_{fi,d}$ los efectos de la acción de incendio definida en el artículo 43.2 del capítulo XII de la EAE, conjuntamente con las acciones concomitantes especificadas en el artículo 44 de este capítulo, con los coeficientes parciales de seguridad indicados en el mismo.

- $R_{fi,d,t}$ resistencias respectivas, suponiendo el elemento sometido a la distribución de temperaturas (θ) en el instante (t) del proceso de incendio.

El coeficiente parcial para la resistencia del acero será de $\gamma_{M,fi}=1$ para las comprobaciones resistentes en situación de incendio. En esta situación, se deben aplicar unos coeficientes correctores de las características mecánicas del acero estructural en función de la temperatura alcanzada en el tiempo requerido de resistencia al fuego, de acuerdo con el apartado 45.1 del capítulo XII de la EAE y el apartado D.2.2.1 del CTE DB-SI:

- Cociente entre el límite elástico efectivo para la temperatura del acero en situación de incendio y el límite elástico a 20 °C:

$$k_{y,\theta} = \frac{f_{y,\theta}}{f_y} \quad (30)$$

- Valor de la esbeltez reducida en situación de incendio

$$k_{\lambda,\theta} = \frac{\bar{\lambda}_\theta}{\lambda} \quad (31)$$

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcásser (Valencia).

Los valores de los coeficientes de reducción (30) y (31) necesarios para aplicar las comprobaciones en situación de incendio, pueden obtenerse de la tabla 58:

| Temperatura (°C) | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1200 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,78 | 0,47 | 0,23 | 0,11 | 0,06 | 0,04 | 0,00 |
| $k_{\lambda,\theta} = \bar{\lambda}_{\theta} / \bar{\lambda}$ | 1,00 | 1,05 | 1,11 | 1,19 | 1,14 | 1,23 | 1,33 | - | - | - | - |

Tabla 58.- Valores de los parámetros mecánicos del acero en función de la temperatura (FUENTE: tabla D.2 del CTE DB-SI)

Las comprobaciones desde este enfoque resistente son las mismas que las expuestas en el apartado 4.1.2 del ANEXO de cálculo estructural a temperatura ambiente, pero teniendo en cuenta estos coeficientes correctores en función de la temperatura.

3.2.1.- Comprobación del pilar IPE 360

Para el caso del pilar se debe recurrir al enfoque resistente, por tratarse de un elemento susceptible de experimentar fenómenos de inestabilidad (pandeo).

Para una temperatura de 655,37 °C, tal y como se observa en el gráfico 1, se obtienen los siguientes valores entrando en la tabla 58 (interpolación lineal).

- $k_{y,\theta}=0.337$, por lo que $f_{yd,\theta} = \frac{f_y}{\gamma_{M,\theta}} \cdot k_{y,\theta} = \frac{275}{1} \cdot 0.337 = 92.70 \text{ MPa}$, para las comprobaciones en situación de incendio.
- $k_{\lambda,\theta}=1.285$, por lo que las esbelteces reducidas en condiciones normales deben multiplicarse por este coeficiente para realizar las comprobaciones de pandeo en situación de incendio.

Se muestra en la tabla 59 el resumen de las comprobaciones de los estados límite últimos en situación de incendio:

| Barra | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|--|--------------------|------------------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| | N _t | N _c | M _y | M _z | V _z | V _y | M _y V _z | M _z V _y | NM _y M _z | NM _y M _z V _y V _z | M _t | M _t V _z | M _t V _y | |
| N47/N48 | N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾ | x: 0 m η = 34.5 | x: 6.484 m η = 40.9 | x: 0 m η = 3.8 | η = 5.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 6.484 m η = 55.4 | η < 0.1 | η < 0.1 | η = 4.3 | η < 0.1 | Cumple η = 55.4 |
| <p>Notación:</p> <p>N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p> | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 59.- Comprobaciones ELU resumido pilar IPE 360 del pórtico interior en situación de incendio(FUENTE: listados de CYPE 3D)

3.2.2.- Comprobación de la jácena IPE 270

Para el caso de la jácena se debe recurrir al enfoque resistente, por tratarse de un elemento susceptible de experimentar fenómenos de inestabilidad (pandeo).

Para una temperatura de 684.9 °C, tal y como se puede observar en el gráfico 2, se obtienen los siguientes valores entrando en la tabla 58 (interpolación lineal).

- $k_{y,\theta}=0.266$, por lo que $f_{y d,\theta} = \frac{f_y}{\gamma_{M,\theta}} \cdot k_{y,\theta} = \frac{275}{1} \cdot 0.266 = 73.21 \text{ MPa}$, para las comprobaciones en situación de incendio.
- $k_{\lambda,\theta}=1.314$, por lo que las esbelteces reducidas en condiciones normales deben multiplicarse por este coeficiente para realizar las comprobaciones de pandeo en situación de incendio.

Se muestra en la tabla 60 el resumen de las comprobaciones de los estados límite últimos en situación de incendio:

| Barra | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|--|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| | N _t | N _c | M _y | M _z | V _z | V _y | M _y V _z | M _z V _y | NM _y M _z | NM _y M _z V _y V _z | M _t | M _t V _z | M _t V _y | |
| N48/N5 2 | x: 7.968 m η = 0.8 | x: 1.986 m η = 33.4 | x: 1.988 m η = 51.8 | x: 1.986 m η = 0.2 | x: 1.874 m η = 10.0 | x: 1.986 m η < 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 1.986 m η = 74.8 | η < 0.1 | x: 1.986 m η = 0.2 | x: 1.988 m η = 2.2 | x: 1.988 m η < 0.1 | Cumple η = 74.8 |
| <p>Notación:</p> <p>N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 60.- Comprobaciones ELU resumido jácena IPE 270 del pórtico interior en situación de incendio (FUENTE: listados de CYPE 3D)

3.2.3.- Comprobación de la jácena IPE 360

Tal y como se ha comentado en el apartado 3.1.3, en este caso la sección obtiene una clasificación en situación de incendio de clase 4, por lo que la temperatura máxima que podrá alcanzar el perfil a los 15 minutos se limita a 350 °C. A priori, el perfil metálico desprotegido no verifica el tiempo de resistencia al fuego exigido como se ha visto anteriormente, por ello se debe aplicar algún tipo de revestimiento de protección pasiva. La protección escogida en este caso es mortero de vermiculita-perlita con cemento de baja densidad.

Para el caso de elementos con revestimiento protector, de acuerdo con el artículo 48.2 del capítulo XII de la EAE, la curva de calentamiento incremental se construye a partir de la ecuación siguiente:

$$\Delta T_a = \frac{\lambda_p \cdot A_p / V}{d_p c_a \rho_a} \cdot \frac{T_g - T_a}{1 + \phi / 3} \cdot \Delta t - (e^{\phi / 10} - 1) \cdot \Delta T_g \quad (32)$$

Con:

$$\phi = \frac{c_p \cdot \rho_p}{c_a \cdot \rho_a} \cdot d_p \cdot A_p / V \quad (33)$$

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

Es decir, la curva de calentamiento del perfil pasa a depender de la densidad del material de protección pasiva (ρ_p en kg/m³), de la conductividad de éste (λ_p en W/m·K), de su calor específico (c_p en J/kg·K) y del espesor de la protección (d_p en m). Respecto a la masividad, para el caso de revestimiento de contorno, como se observa en la ilustración 45, ésta se mantiene:

| Diseño | Descripción | Factor de sección (A_p / V) |
|---|--|--|
|  | Revestimiento de contorno con espesor uniforme | $\frac{\text{perímetro de acero}}{\text{superficie de la sección transversal de acero}}$ |

Ilustración 45.- Masividad del elemento con revestimiento protector

Las características de la protección, atendiendo a la tabla 45.2 del capítulo XII de la EAE, son: $\rho_p = 350$ kg/m³, $\lambda_p = 0.120$ W/m·K y $c_p = 1100$ J/kg·K y la masividad es de 187,5 m⁻¹. Con todo esto, se plantea la nueva curva de calentamiento del perfil con una protección de vermiculita de baja densidad con un espesor de 10mm, obteniendo la gráfico 5:

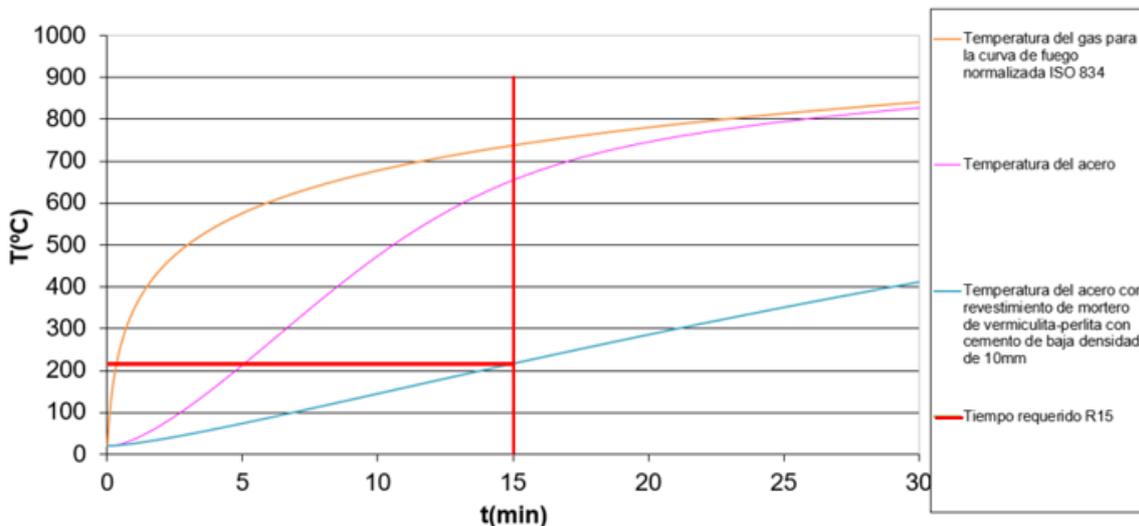


Gráfico 5.- Curva de calentamiento del acero protegido (IPE 360) e ISO 834

Con la protección escogida, a los 15 minutos del comienzo del incendio, el perfil se encuentra a una temperatura de 216,48 °C, es decir, no se superan los 350 °C de temperatura crítica para las secciones de clase 4, por lo que el perfil cumple la comprobación en el dominio de la temperatura.

Por otro lado, con este valor de temperatura, se puede recurrir también al enfoque resistente, obteniendo:

- $k_{y,\theta} = 1$, por lo que $f_{y d, \theta} = \frac{f_y}{\gamma_{M, \theta}} \cdot k_{y, \theta} = \frac{275}{1} \cdot 1 = 275 \text{ MPa}$, para las comprobaciones en situación de incendio.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

- $k_{\lambda,\theta}=1.06$, así que las esbelteces reducidas en condiciones normales deben multiplicarse por este coeficiente para realizar las comprobaciones de pandeo en situación de incendio.

Se muestra en la tabla 61 el resumen de las comprobaciones de los estados límite últimos en situación de incendio:

| Barra | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO | | | | | | | | | | | | | Estado |
|--|--|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| | N _t | N _c | M _y | M _z | V _z | V _y | M _y V _z | M _z V _y | NM _y M _z | NM _y M _z V _y V _z | M _t | M _t V _z | M _t V _y | |
| N48/N49 | N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾ | x: 2.583 m η = 5.9 | x: 0.184 m η = 13.7 | x: 2.585 m η < 0.1 | x: 2.434 m η = 2.8 | η < 0.1 | η < 0.1 | N.P. ⁽²⁾ | x: 2.585 m η = 13.0 | η < 0.1 | x: 2.583 m η < 0.1 | x: 2.434 m η = 2.8 | x: 0.184 m η < 0.1 | Cumple η = 13.7 |
| <p><i>Notación:</i></p> <p>N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p> <p><i>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</i></p> <p>⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽²⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 61.- Comprobaciones ELU resumido jácena IPE 360 del pórtico interior en situación de incendio (FUENTE: listados de CYPE 3D)

3.2.4.- Comprobación de la diagonal del arriostramiento de fachada L100x100x6

Puesto que se trata en este caso de un elemento traccionado (no susceptible por tanto de experimentar fenómenos de inestabilidad), se recurre al procedimiento explicado anteriormente para realizar la comprobación en el dominio de la temperatura.

En situación de incendio, puede obtenerse el grado de utilización mediante la ecuación 28.

$$\mu_0 = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}} = \frac{11.73 \text{ kN}}{\frac{275}{1000} \left(\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right) \cdot 11.8 \cdot 100 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0.036$$

Por lo que, aplicando la ecuación 27, se obtiene la temperatura crítica del perfil:

$$T_c = 39,19 \cdot \ln \left[\frac{1}{0,9674 \cdot 0.036^{3.833}} - 1 \right] + 482 = 982 \text{ }^\circ\text{C}$$

Como se ha visto en el gráfico 3, la temperatura de este elemento a los 15 minutos de exposición al fuego es de 715,33 °C, quedando muy por debajo de la temperatura crítica, por lo que puede afirmarse que el perfil cumple en situación de incendio.

3.3.- Conclusiones

A la vista de los resultados, con el fin de verificar la capacidad portante de la estructura frente a fuego, la primera opción es proteger con proyección de mortero de vermiculita-perlita con cemento de baja densidad:

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

-Jácenas de los pórticos interiores de la nave con mayor luz y pilares hastiales de esta misma nave. Espesor de la protección de 10 mm.

-Vigas y pilares de la estructura del altillo. Espesor de la protección de 10 mm.

-Jácenas de los pórticos de fachada de las naves con menor luz. Espesor de la protección de 10 mm.

El acabado característico de este tipo de protección se puede observar en la ilustración 46:



Ilustración 46.- Acabado superficial con capa de mortero de vermiculita (FUENTE: confort home)

Por motivos estéticos, este tipo de protección se suele aplicar en elementos que queden ocultos bajo falsos techos o no a la vista (parkings, etc), mientras que para elementos visibles se suele optar por emplear otro tipo de revestimiento protector, como puede ser la pintura intumescente. Además, la proyección de mortero requiere un mantenimiento periódico.

La pintura intumescente es una buena alternativa a la proyección de mortero por su acabado más estético y, dado que la exigencia para la estructura objeto de este proyecto es únicamente de R-15, puede resultar más conveniente proteger los elementos estructurales con este tipo de revestimiento. Las pinturas intumescentes son productos que en contacto con el calor sufren una transformación debido a reacciones químicas, hinchándose al calentarse, lo cual crea una barrera al paso del calor que retrasa el calentamiento del elemento a proteger.

Para este tipo de protección pasiva no es posible construir la curva de calentamiento del perfil metálico protegido, ya que la pintura intumescente al someterse a la acción del fuego (al calentarse), se expande y por tanto sus propiedades físicas (densidad) cambian. Para solventar este aspecto, los fabricantes ofrecen tablas de espesores mínimos dependiendo del tiempo de resistencia al fuego requerido y de los factores de forma del perfil, obtenidos tras la realización de ensayos, tal y como se puede observar en la tabla 62:

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| Factores de forma en m ⁻¹ | Espesor en micras perfiles H e IPE | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| | R15 | | R30 | | R45 | | R60 | | R90 | |
| | Vigas | Pilares | Vigas | Pilares | Vigas | Pilares | Vigas | Pilares | Vigas | Pilares |
| 67 | 188 | 104 | 188 | 104 | 188 | 104 | 412 | 427 | 1155 | 1184 |
| 70 | 188 | 104 | 188 | 104 | 188 | 104 | 457 | 472 | 1197 | 1226 |
| 75 | 188 | 104 | 188 | 104 | 188 | 156 | 516 | 531 | 1252 | 1281 |
| 80 | 188 | 104 | 188 | 104 | 200 | 208 | 566 | 582 | 1299 | 1329 |
| 85 | 188 | 104 | 188 | 104 | 245 | 255 | 611 | 627 | 1341 | 1370 |
| 175 | 188 | 104 | 254 | 260 | 609 | 620 | 963 | 981 | 1671 | 1701 |
| 180 | 188 | 104 | 264 | 270 | 618 | 630 | 972 | 990 | 1679 | 1709 |
| 185 | 188 | 104 | 273 | 279 | 626 | 638 | 980 | 998 | 1687 | 1717 |
| 190 | 188 | 104 | 281 | 287 | 635 | 647 | 988 | 1006 | 1695 | 1725 |
| 195 | 188 | 104 | 290 | 296 | 643 | 655 | 996 | 1014 | 1702 | 1732 |
| 200 | 188 | 104 | 297 | 303 | 650 | 662 | 1003 | 1021 | 1708 | 1738 |
| 205 | 188 | 104 | 304 | 311 | 657 | 669 | 1010 | 1028 | 1715 | 1745 |
| 210 | 188 | 104 | 311 | 317 | 664 | 676 | 1016 | 1034 | 1721 | 1751 |
| 215 | 188 | 104 | 318 | 324 | 670 | 682 | 1022 | 1040 | 1727 | 1757 |
| 220 | 188 | 104 | 324 | 330 | 676 | 688 | 1028 | 1046 | 1732 | 1762 |
| 225 | 188 | 104 | 330 | 336 | 682 | 694 | 1034 | 1052 | 1737 | 1768 |
| 230 | 188 | 104 | 336 | 342 | 688 | 700 | 1039 | 1057 | 1743 | 1763 |
| 235 | 188 | 104 | 341 | 348 | 693 | 705 | 1044 | 1063 | 1747 | 1777 |
| 240 | 188 | 104 | 347 | 353 | 698 | 710 | 1049 | 1068 | 1752 | 1782 |

Tabla 62.- Espesor de la pintura intumescente en micras según la masividad y tiempo de resistencia al fuego (FUENTE: catálogo PROMAT)

Para el caso de los perfiles que es necesario proteger en esta estructura (para lograr una R-15), el espesor en micras de la pintura intumescente a aplicar se indica en la tabla 63:

| Elemento | Tipo de perfil | Masividad (m ⁻¹) | Espesor en micras |
|---|----------------|------------------------------|-------------------|
| Jácenas pórticos interiores de mayor luz | IPE 360 | 185.7 | 188 |
| Pilares hastiales de la nave grande | IPE 240 | 235.5 | 104 |
| Vigas del altillo | IPE 240 | 235.5 | 188 |
| Vigas del altillo | IPE 180 | 292.1 | 188 |
| Pilares del altillo | IPE 330 | 199.7 | 104 |
| Jácenas de los pórticos de fachada de menor luz | IPE 180 | 292.1 | 188 |

Tabla 63.- Espesor necesario de pintura intumescente según el tipo de perfil y masividad

Es necesario mencionar que los fabricantes de pinturas intumescentes establecen una temperatura crítica de 500 °C en la elaboración de tablas, quedando del lado de la seguridad, si bien este criterio resulta excesivamente restrictivo, pues para los grados de utilización habituales en estructuras metálicas la temperatura crítica dada por la ecuación 27 resulta normalmente superior a 500 °C (es decir, los perfiles alcanzarían en realidad un tiempo mayor de resistencia al fuego con el espesor de pintura aplicado).

En conclusión, para la protección pasiva contra incendios se optará por la aplicación de pintura intumescente en los elementos que así lo requieran (tabla 63), ya que, además de quedar aún más si cabe del lado de la seguridad, todos los elementos a proteger son vistos.

Como alternativa al uso de revestimientos de protección pasiva, podrían aumentarse los perfiles seleccionados, se evitaría una clasificación de la sección tipo 4 y estos cumplirían sin proteger. Esta solución afectaría al cálculo estructural a temperatura ambiente, por lo que sería necesario analizar ambas soluciones en costes respecto a los cambios que se introducirían en la estructura al aumentar el perfil de los elementos a proteger.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

4. Mediciones y presupuesto

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

1.- MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1.- Acondicionamiento del terreno

| 1.1: Movimiento de tierras | | Medición | Precio | Importe (€) |
|--|----------------|---|---------------|--------------------|
| 1.1.1 | m ² | Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión. | | |
| | | Total m ² : | 4.000,000 | 1,14 € |
| | | | | 4.560,00 € |
| 1.1.2 | m ³ | Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, y carga a camión. | | |
| | | Total m ³ : | 374,220 | 26,24 € |
| | | | | 9.819,53 € |
| Total 1.1.- Movimiento de tierras: | | | | 14.379,53 € |
| Total capítulo 1.- Acondicionamiento del terreno: | | | | 14.379,53 € |

CAPÍTULO 2.- Cimentaciones

| 2.1: Hormigón de limpieza | | Medición | Precio | Importe (€) |
|--|----------------|--|---------------|--------------------|
| 2.1.1 | m ² | Capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, en el fondo de la excavación previamente realizada. | | |
| | | Total m ² : | 505,500 | 7,52 € |
| | | | | 3.801,36 € |
| Total 2.1.- Hormigón de limpieza: | | | | 3.801,36 € |
| 2.2: Zapatas | | Medición | Precio | Importe (€) |
| 2.2.1 | m ³ | Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/30/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 SD, con una cuantía aproximada de 40 kg/m ³ . Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar, y separadores. | | |
| | | Total m ³ : | 283,380 | 131,96 € |
| | | | | 37.394,82 € |
| Total 2.2.- Zapatas: | | | | 37.394,82 € |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| 2.3: Vigas de atado | | Medición | Precio | Importe (€) |
|--|----------------------|---|---------------|--------------------|
| 2.3.1 | m³ | Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/30/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 SD, con una cuantía aproximada de 60 kg/m ³ . Incluso alambre de atar, y separadores. | | |
| | | Total m ³ : | 40,290 | 149,60 € |
| | | | | 6.027,38 € |
| | | Total 2.3.- Vigas de atado: | | 6.027,38 € |
| Total capítulo 2.- Cimentaciones: | | | | 47.223,56 € |

CAPÍTULO 3.- Estructura

| 3.1: Barras de la estructura | | Medición | Precio | Importe (€) |
|-------------------------------------|-----------|--|---------------|---------------------|
| 3.1.1 | Kg | Acero UNE-EN 10025 S275JR, para pilares, jácenas (incluso cartelas de rigidez), vigas perimetrales y vigas del altillo, formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie IPE acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m. | | |
| | | Total kg: | 62.846,590 | 1,80 € |
| | | | | 113.123.86 € |
| 3.1.2 | Kg | Acero UNE-EN 10025 S275JR, en arriostramientos laterales y de cubierta, formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie L, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m. | | |
| | | Total kg: | 7.561,530 | 1,80 € |
| | | | | 13.610,75 € |
| 3.1.3 | Kg | Acero UNE-EN 10025 S275JR, en bastidores y montantes, formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie cuadrada hueca, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m. | | |
| | | Total kg: | 3.626,070 | 1,80 € |
| | | | | 6.526,93 € |
| | | Total 3.1.- Barras de la estructura: | | 133.261.54 € |

| 3.2: Placas de anclaje | | Medición | Precio | Importe (€) |
|-------------------------------|-----------|--|---------------|--------------------|
| 3.2.1 | Ud | Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central biselado, de 250x400 mm y espesor 14 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 SD de 16 mm de diámetro y 43 cm de longitud total, incluida P.P de rigidizadores para las placas de anclaje | | |
| | | Total Ud: | 4 | 41,87 € |
| | | | | 167,48 € |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| | | | | |
|---------------------------------------|-----------|--|---------------|---------------------|
| 3.2.2 | Ud | Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central biselado, de 250x400 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 SD de 16 mm de diámetro y 38 cm de longitud total, incluida P.P de rigidizadores para las placas de anclaje | | |
| | | Total Ud: | 9 | 41,53 € 373,77 € |
| 3.2.3 | Ud | Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central biselado, de 300x450 mm y espesor 18 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 SD de 16 mm de diámetro y 58 cm de longitud total, incluida P.P de rigidizadores para las placas de anclaje | | |
| | | Total Ud: | 11 | 62,23 € 684,53 € |
| 3.2.4 | Ud | Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central biselado, de 300x500 mm y espesor 18 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 SD de 16 mm de diámetro y 43 cm de longitud total, incluida P.P de rigidizadores para las placas de anclaje | | |
| | | Total Ud: | 3 | 66,04 € 198,12 € |
| 3.2.5 | Ud | Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central biselado, de 350x500 mm y espesor 18 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 SD de 20 mm de diámetro y 45 cm de longitud total, incluida P.P de rigidizadores para las placas de anclaje | | |
| | | Total Ud: | 18 | 78,36 € 1.410,48 € |
| 3.2.6 | Ud | Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central biselado, de 350x550 mm y espesor 20 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 SD de 20 mm de diámetro y 45 cm de longitud total, incluida P.P de rigidizadores para las placas de anclaje | | |
| | | Total Ud: | 19 | 81,59 € 1.550,21 € |
| 3.2.7 | Ud | Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central biselado, de 450x650 mm y espesor 22 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 SD de 20 mm de diámetro y 58 cm de longitud total, incluida P.P de rigidizadores para las placas de anclaje | | |
| | | Total Ud: | 11 | 136,87 € 1.505,57 € |
| | | Total 3.2.- Placas de anclaje: | | 5.890,16 € |
| 3.3: Correas | | Medición | Precio | Importe (€) |
| 3.3.1 | Kg | Acero UNE-EN 10162 S235JRC, en correas metálicas formadas por piezas simples de perfiles conformados en frío de la serie ZF, acabado galvanizado, fijadas a las jácenas con uniones soldadas en obra. | | |
| | | Total kg: | 12.787,200 | 2,63 € 33.630,34 € |
| | | Total 3.3.- Correas: | | 33.630,34 € |
| Total capítulo 3.- Estructura: | | | | 172.782,04 € |

CAPÍTULO 4.- Forjado para el altillo

| Capítulo 4: Forjado para el altillo | | Medición | Precio | Importe (€) |
|--|----------------|---|---------------|--------------------|
| 4.1 | m ² | Losa de 15 + 5 cm de canto, realizada con placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado, de 16 cm de canto y 120 cm de anchura, con momento flector último de 57.7 kN-m/m, con altura libre de planta de hasta 3 m, apoyada directamente sobre vigas de canto o muros de carga; relleno de juntas entre placas alveolares, zonas de enlace con apoyos y capa de compresión, realizados con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido con cubilote, acero B 500 SD en zona de negativos, con una cuantía aproximada de 4 kg/m ² , y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 8-8 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080. Incluso piezas de acero UNE-EN 10025 S275JR tipo Omega, en posición invertida, laminado en caliente, con recubrimiento galvanizado, 1 kg/m ² , para el apoyo de las placas en los huecos del forjado, alambre de atar y separadores. | | |
| | | Total m ² : | 180,000 | 68,00 € |
| | | Total capítulo 4.- Forjado para el altillo: | | 12.240,00 € |

CAPÍTULO 5.- Elementos constructivos

| 5.1: Cerramientos de fachada | | Medición | Precio | Importe (€) |
|--------------------------------------|----------------|---|---------------|---------------------|
| 5.1.1 | m ² | Cerramiento de fachada formado por paneles prefabricados, lisos, de hormigón armado de 14 cm de espesor, 3 m de anchura y 14 m de longitud máxima, acabado liso de color blanco a una cara, dispuestos en posición horizontal. | | |
| | | Total m ² : | 1.824,600 | 78,81 € |
| | | Total 5.1.- Cerramientos de fachada: | | 143.796,73 € |
| 5.2: Cerramientos de cubierta | | Medición | Precio | Importe (€) |
| 5.2.1 | m ² | Cobertura de paneles sándwich aislantes de acero, con la superficie exterior grecada y la superficie interior lisa, de 30 mm de espesor y 1000 mm de anchura, formados por doble cara metálica de chapa estándar de acero, acabado prelacado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de poliuretano de densidad media 40 kg/m ³ , y accesorios, colocados con un solape del panel superior de 200 mm y fijados mecánicamente sobre entramado ligero metálico, en cubierta inclinada, con una pendiente mayor del 10%. Incluso accesorios de fijación de los paneles sándwich, cinta flexible de butilo, adhesiva por ambas caras, para el sellado de estanqueidad de los solapes entre paneles sándwich y pintura antioxidante de secado rápido, para la protección de los solapes entre paneles sándwich. | | |
| | | Total m ² : | 3.426,000 | 36,29 € |
| | | Total 5.2.- Cerramientos de cubierta: | | 124.329,54 € |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

| 5.3: Solera del interior de la nave | | Medición | Precio | Importe (€) |
|--|----------------|---|---------------|---------------------|
| 5.3.1 | m ² | Solera de hormigón armado de 20 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/40/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 8-8 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 como armadura de reparto, colocada sobre separadores homologados, extendido y vibrado manual mediante regla vibrante, sin tratamiento de su superficie con juntas de retracción de 5 mm de espesor, mediante corte con disco de diamante. Incluso panel de poliestireno expandido de 3 cm de espesor, para la ejecución de juntas de dilatación. | | |
| | | Total m ² : | 3.360,000 | 31,17 € |
| | | Total 5.3.- Solera del interior de la nave: | | 104.731,20 € |
| | | Total capítulo 5.- Elementos constructivos: | | 372.857,47 € |

CAPÍTULO 6.- Gestión de residuos

| Capítulo 6: Gestión de residuos | | Medición | Precio | Importe (€) |
|--|----------------|--|---------------|--------------------|
| 6.1 | m ³ | Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km. | | |
| | | Total m ³ : | 400,000 | 4,41 € |
| | | Total capítulo 6.- Gestión de residuos: | | 1.764,00 € |

CAPÍTULO 7.- Protección pasiva contra incendios

| Capítulo 7: Protección pasiva contra incendios | | Medición | Precio | Importe (€) |
|---|----------------|--|---------------|----------------------------|
| 7.1 | m ² | Protección pasiva contra incendios de estructura metálica, mediante la aplicación de pintura intumescente, en emulsión acuosa monocomponente, color blanco, acabado mate liso, hasta formar un espesor mínimo de película seca de 299 micras y conseguir una resistencia al fuego de 15 minutos. | | |
| | | Total m ² : | 672,030 | 14,31 € |
| | | Total capítulo 7.- Protección pasiva contra incendios: | | 9.616,75 € |
| PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM) | | | | Total: 630.863,35 € |

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

2.- PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

| | |
|--|---------------------|
| PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM) | 630.863,35 € |
| 13% de gastos generales (GG) | 82.012,24 |
| 6% de beneficio industrial (BI) | 37.851,80 |
| PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA | 750.727,39 |
| 21% IVA | 157.652,75 |
| PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN | 908.380,14 |

3.- ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO

Porcentaje de coste de partida sobre el total

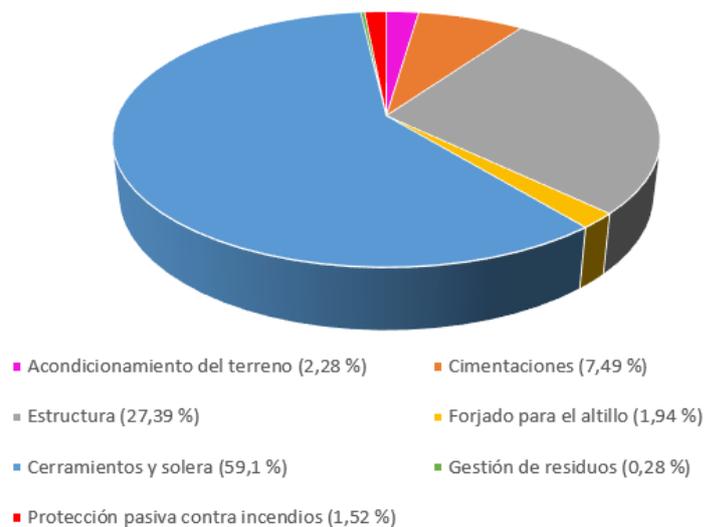


Gráfico 6.- Análisis del presupuesto

Como se puede apreciar en el gráfico 6, los cerramientos de fachada, cubierta y la solera del interior de la nave constituyen más de la mitad del presupuesto, seguido de todo el material necesario para la estructura metálica (barras, de la estructura, correas de cubierta y placas de anclaje). El resto de las partidas no superan el 10% del presupuesto total.

En caso de querer optimizar el resultado económico, sería conveniente estudiar otro tipo de cerramientos para las fachadas laterales y frontales, puesto que los muros prefabricados de hormigón implican un sobrecoste importante al presupuesto del proyecto.

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

5. Planos

Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto:
 Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

Plano: Localización

Autor:
 Alejandro Torres Castells

Fecha:
 Julio 2020

Escala:
 1:5000

Nº Plano:
1



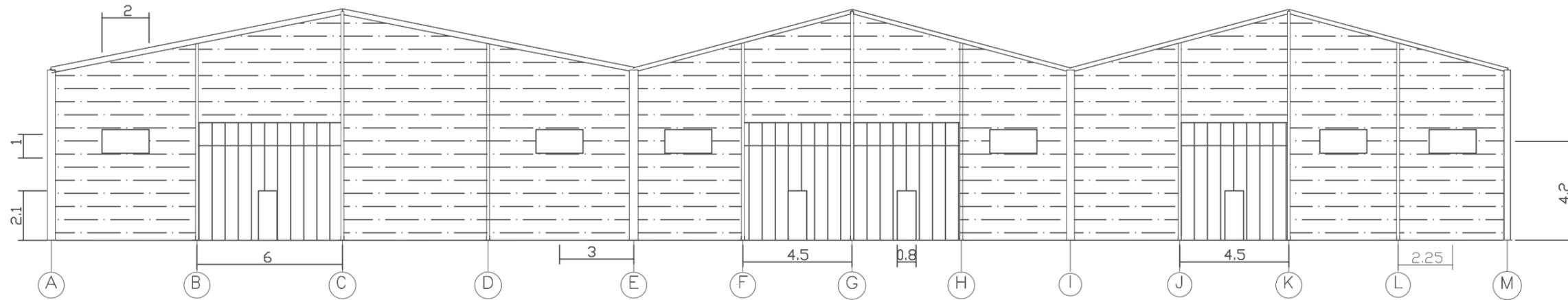
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

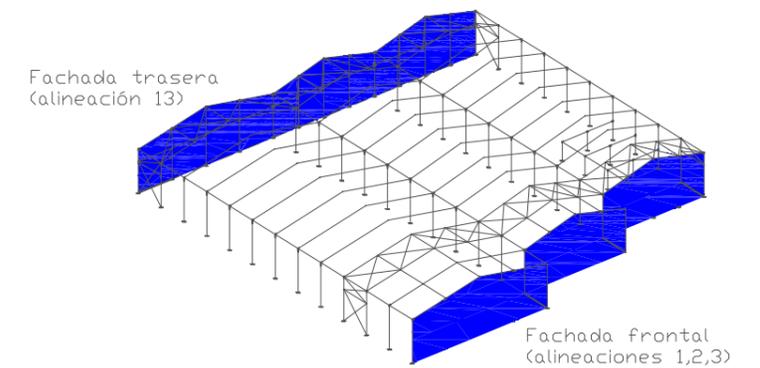
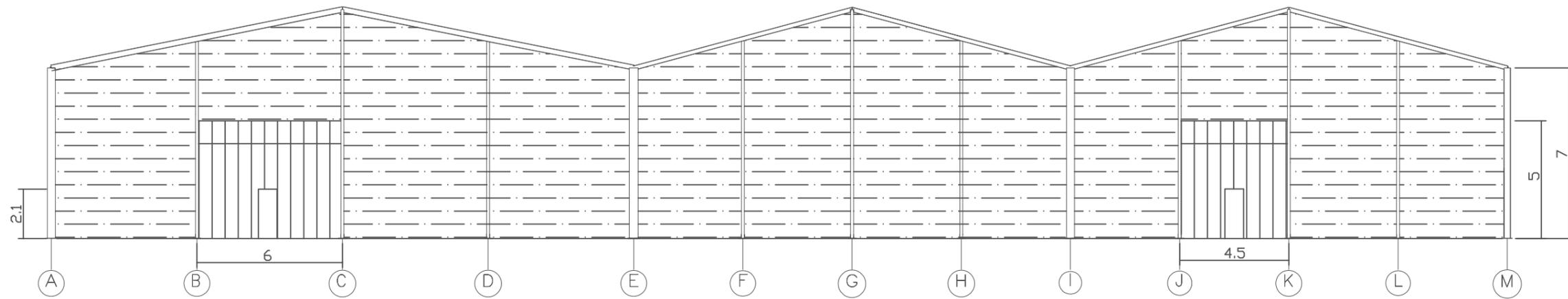
| | | | | | |
|--|--|---|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
|  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA |  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA | Proyecto: Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m2, situado en Alcàsser (Valencia). | Plano: Emplazamiento | Fecha: Julio 2020 | Nº Plano: 2 |
| | | Autor: Alejandro Torres Castells | Escala: 1:500 | | |

Nota: las cotas están en metros

Fachada frontal (alineaciones 1,2 Y 3)

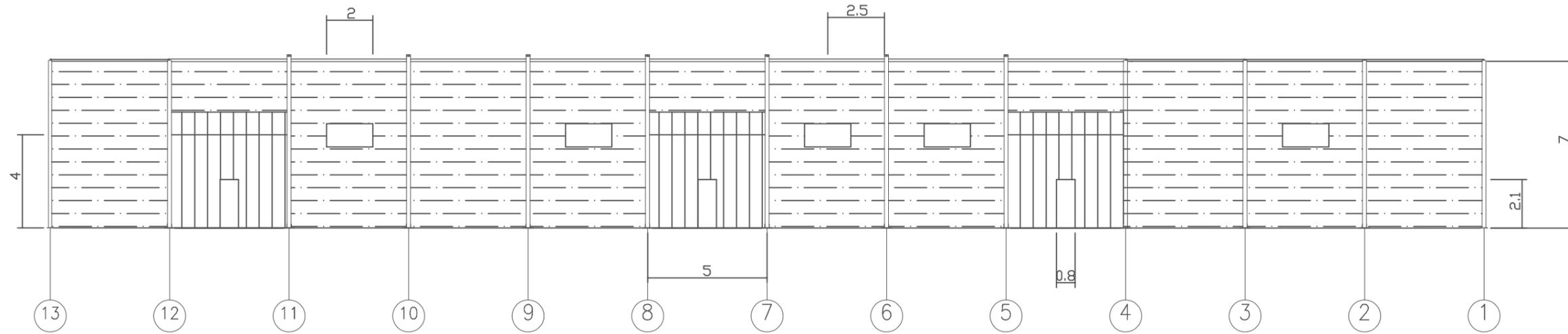


Fachada trasera (alineación 13)

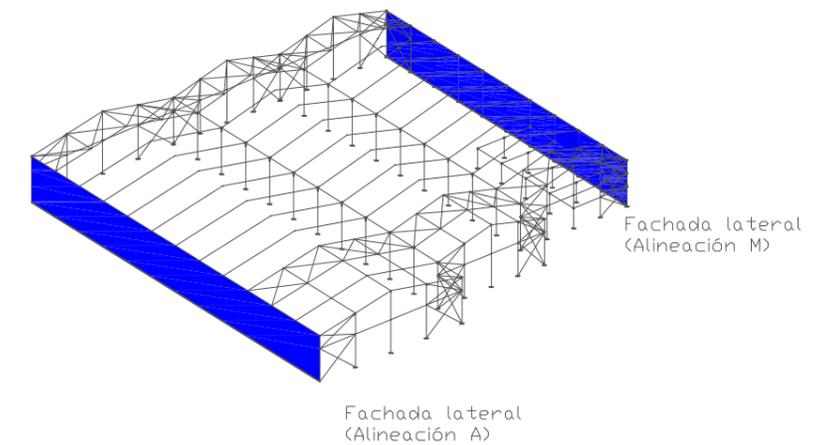
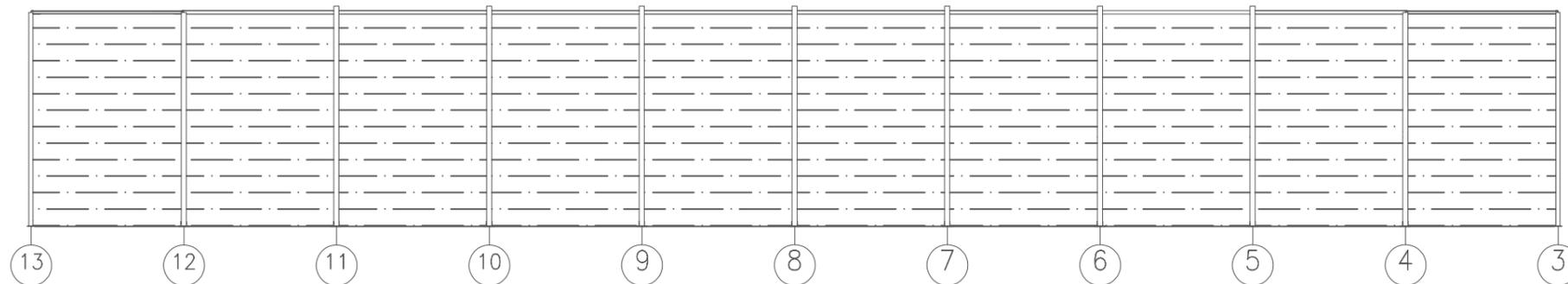


Nota: las cotas están en metros

Fachada lateral (alineación A)



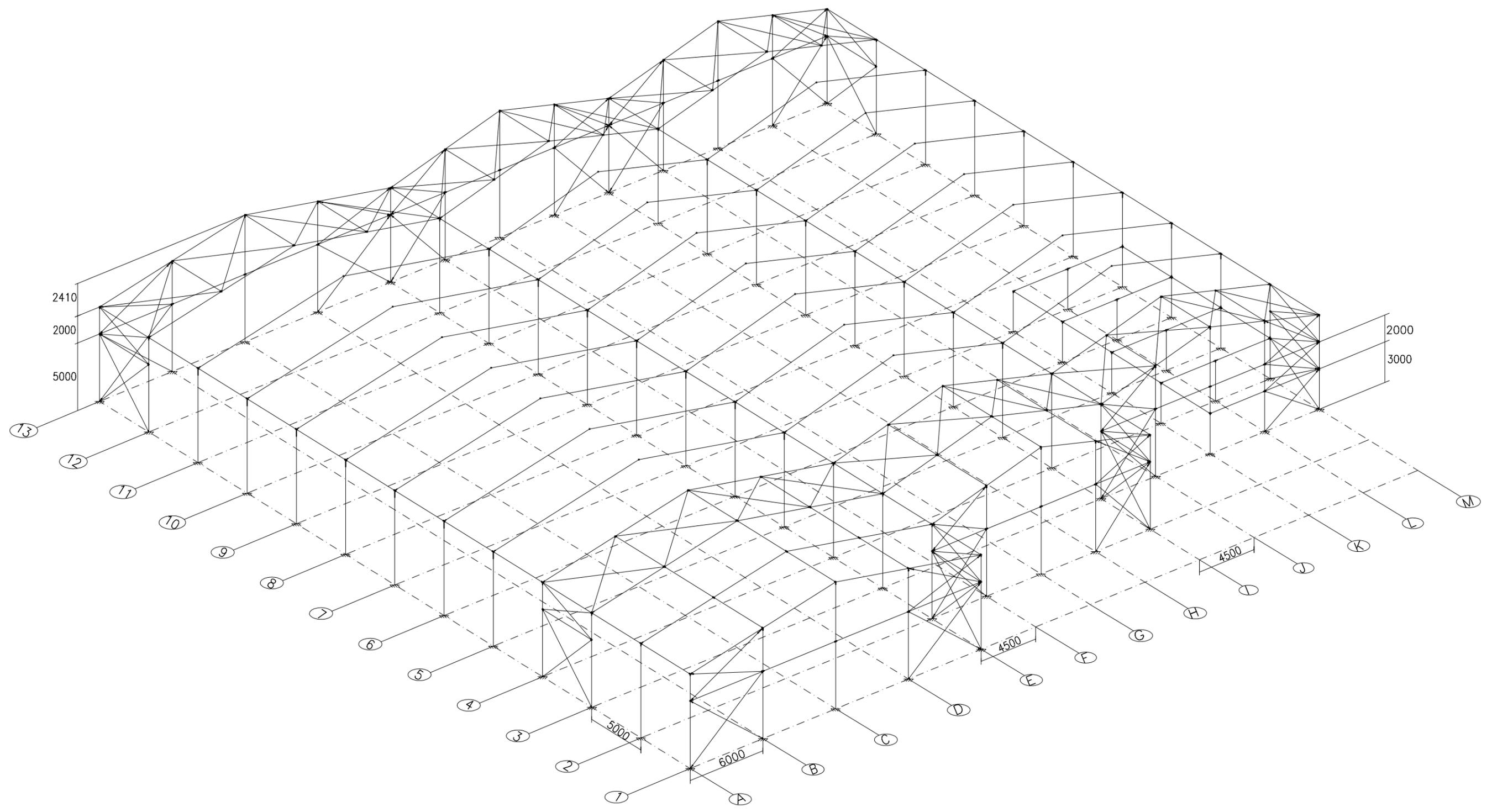
Fachada lateral (alineación M)



Fachada lateral (Alineación M)

Fachada lateral (Alineación A)

Nota: las cotas están en milímetros



| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|---|----------------------|----------------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γ_{M0} | γ_{M1} |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto:
Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

Plano: Vista 3D de la estructura
Autor: Alejandro Torres Castells

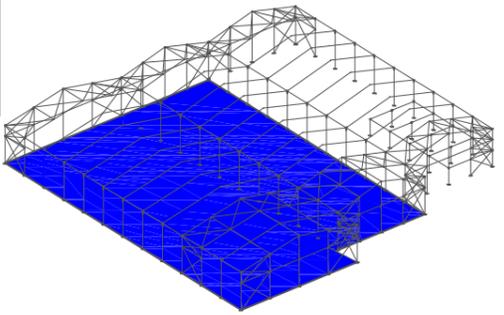
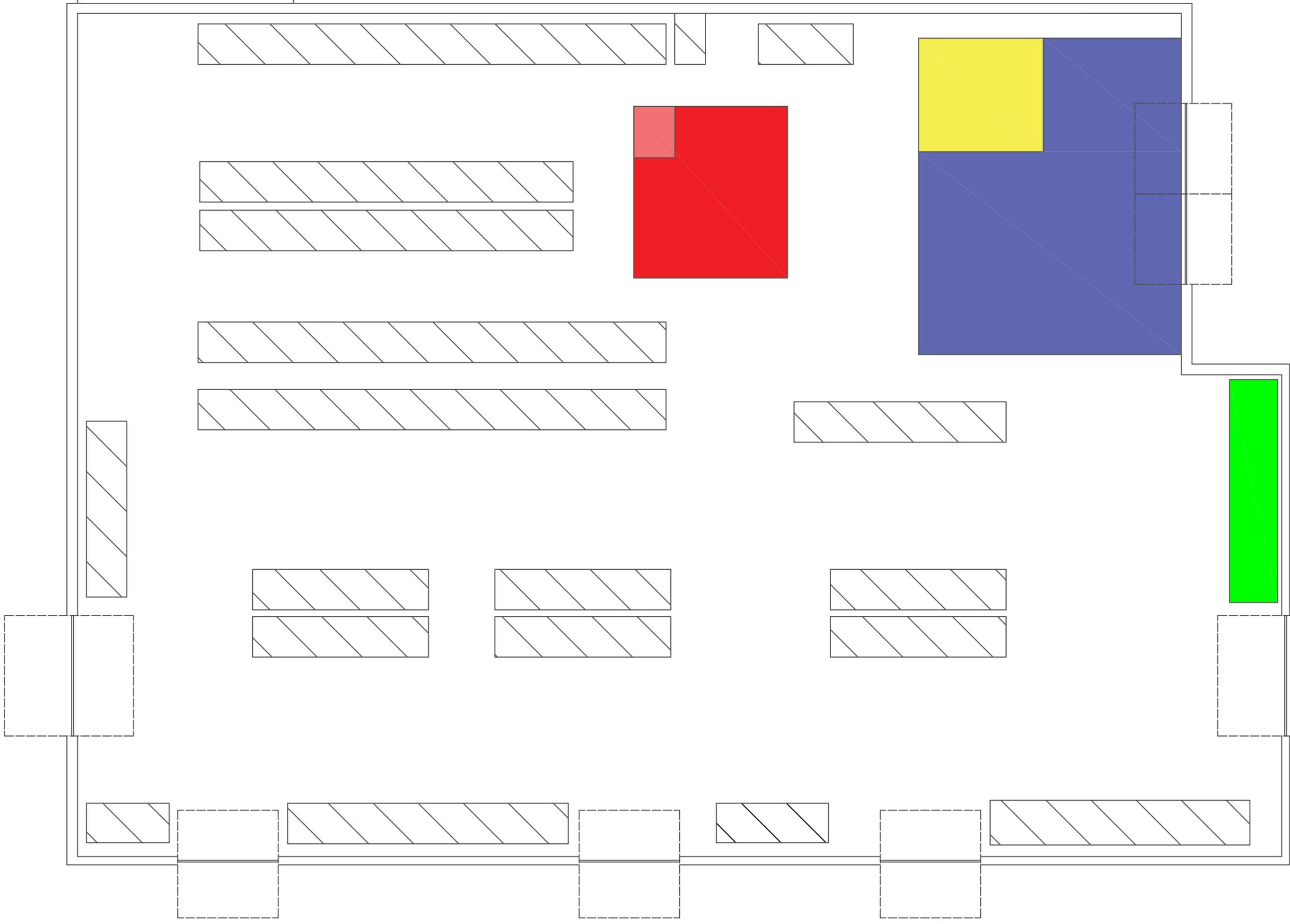
Fecha: Julio 2020
Escala: S/E

Nº Plano: 5

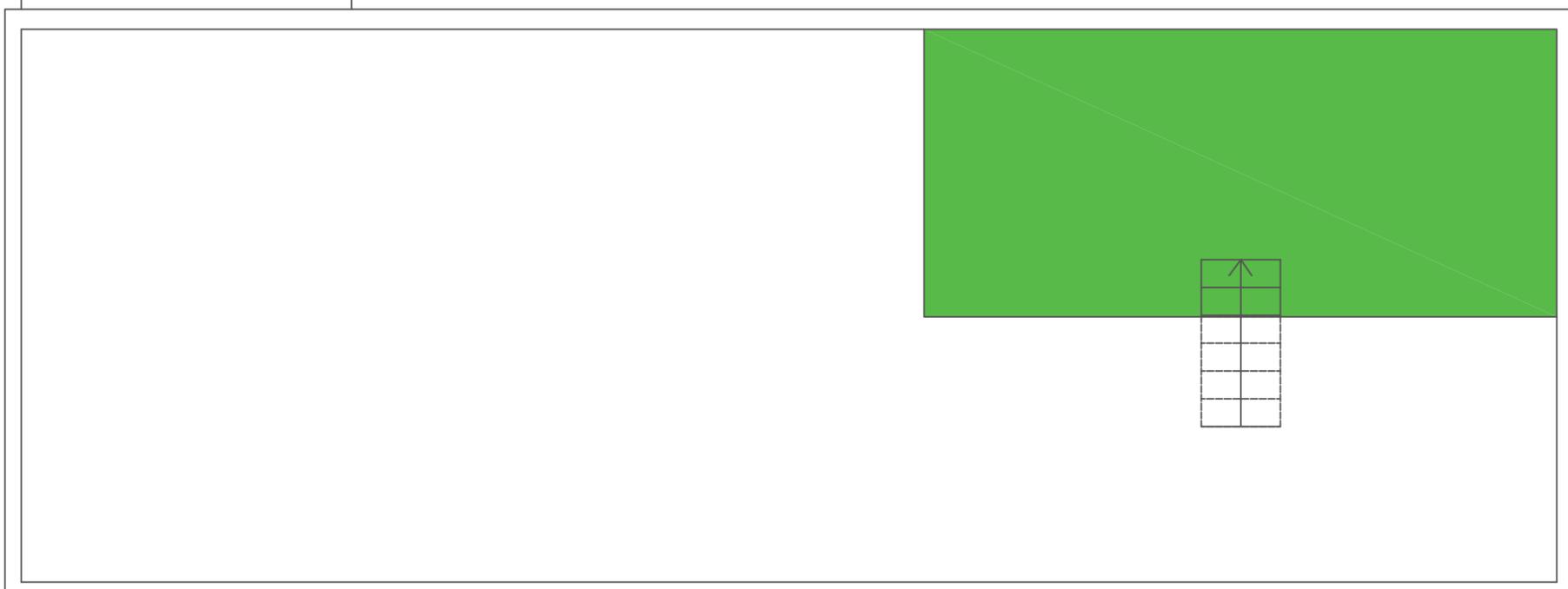
NIVEL RASANTE

Leyenda

-  Almacenamiento de material fotovoltaico
-  Almacenamiento de cables
-  Muelle de carga y descarga
-  Zona de expedición de cartonaje
-  Zona de embalaje
-  Zona de acabados/ensamblaje



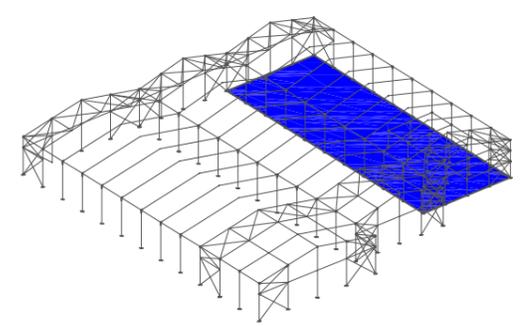
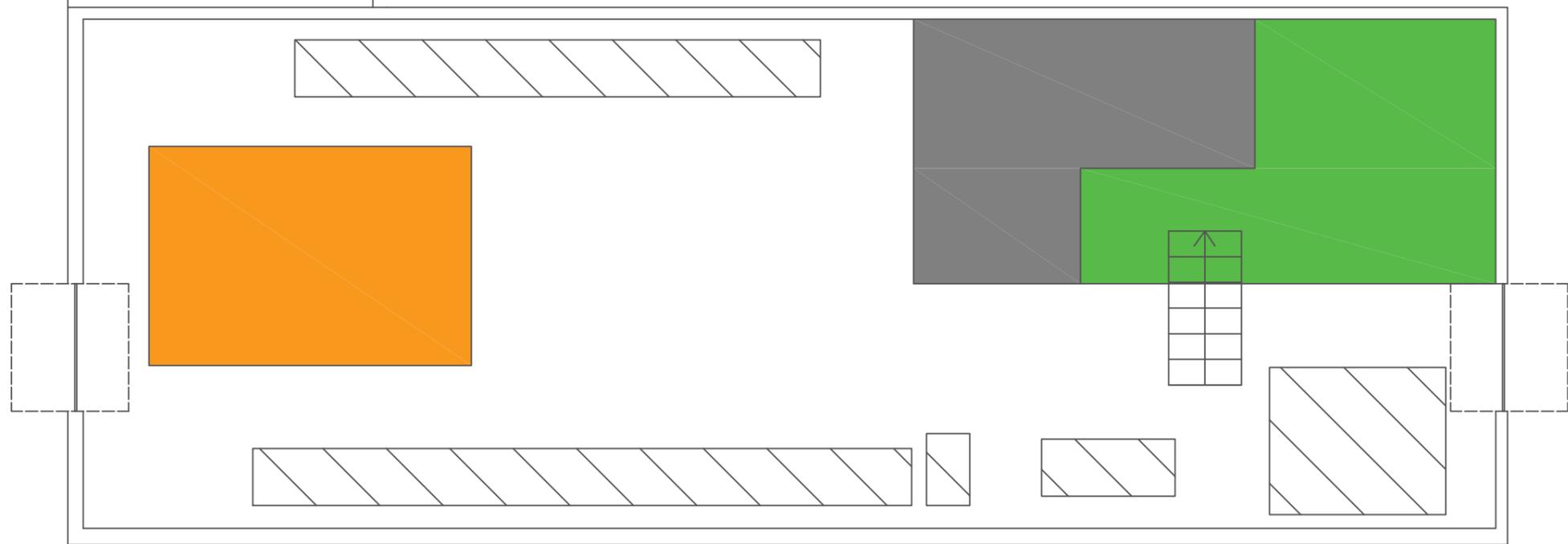
NIVEL ALTILLO

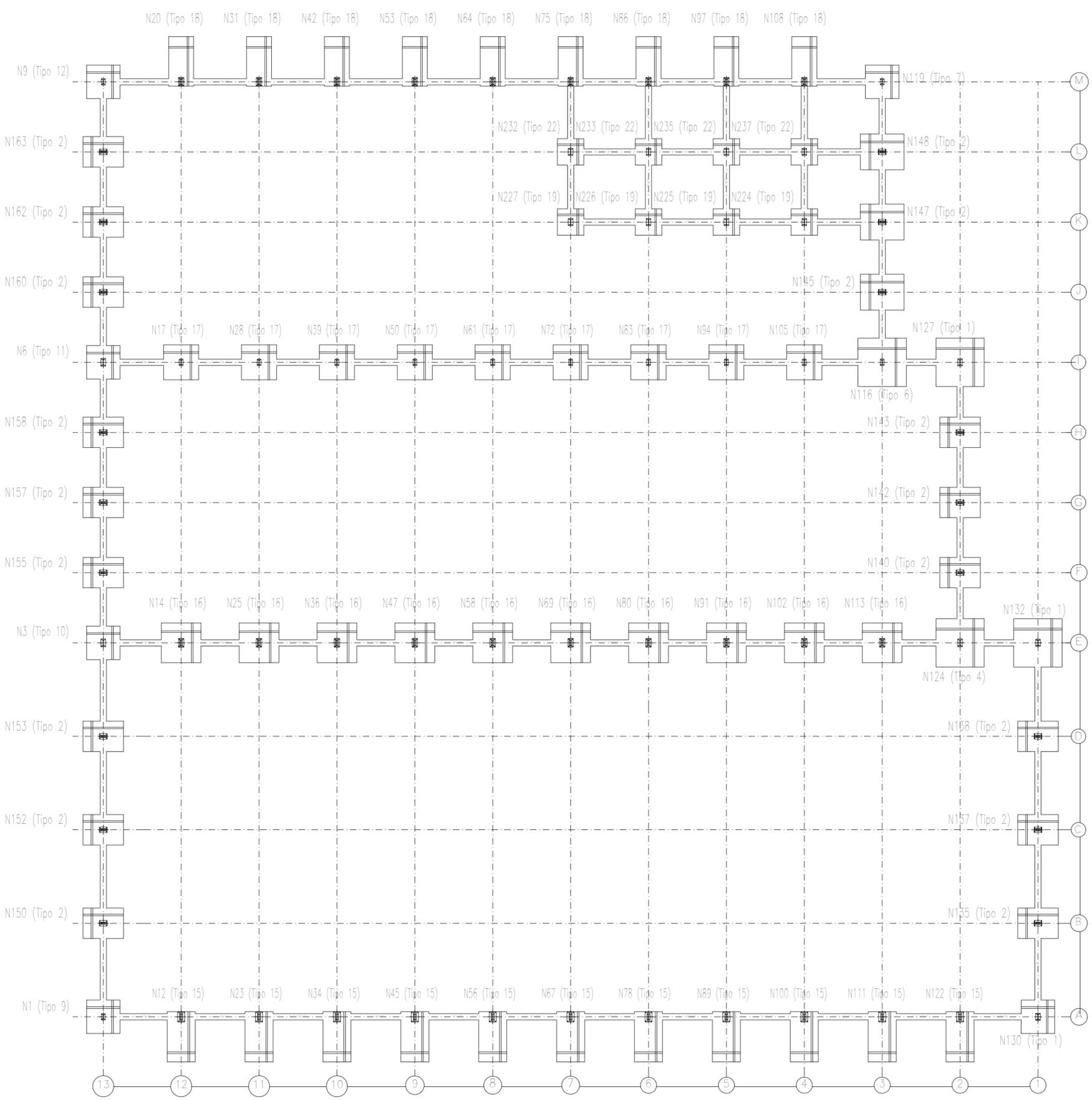


Leyenda

-  Almacenamiento de material fotovoltaico
-  Oficinas
-  Taller de reparación/mantenimiento
-  Zona de aparcamiento/ carga

NIVEL RASANTE





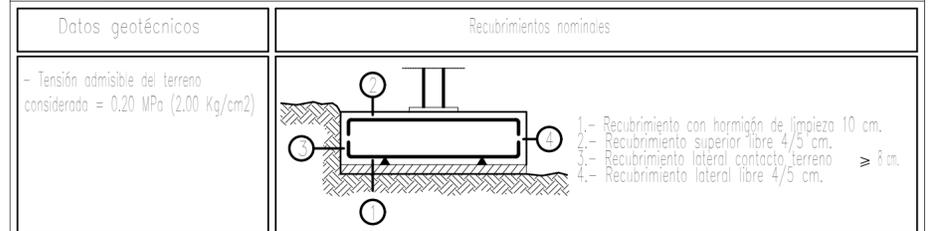
| Cuadro de arranques | | |
|---|-----------------------------|--------------------------------|
| Referencias | Pernos de Placas de Anclaje | Dimensión de Placas de Anclaje |
| N20, N31, N42, N53, N64, N75, N86, N97 y N108 | 8 Pernos ø 20 | Placa base (350x550x20) |
| N148, N147, N145, N143, N142, N140, N138, N137, N135, N150, N152, N153, N155, N157, N158, N160, N162 y N163 | 6 Pernos ø 20 | Placa base (350x500x18) |
| N6, N3 y N124 | 4 Pernos ø 16 | Placa base (300x500x18) |
| N9, N119, N1 y N116 | 4 Pernos ø 16 | Placa base (250x400x14) |
| N127, N132, N130, N232, N233, N235, N237, N227, N226, N225 y N224 | 4 Pernos ø 16 | Placa base (300x450x18) |
| N12, N23, N34, N45, N56, N67, N78, N89, N100, N111 y N122 | 6 Pernos ø 25 | Placa base (450x650x22) |
| N17, N28, N39, N50, N61, N72, N83, N94 y N105 | 4 Pernos ø 16 | Placa base (250x400x15) |
| N14, N25, N36, N47, N58, N69, N80, N91, N102 y N113 | 4 Pernos ø 20 | Placa base (350x550x20) |

| CUADRO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN | | | | | | |
|---|------------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Referencias | Dimensiones (cm) | Canto (cm) | Armado inf. X | Armado inf. Y | Armado sup. X | Armado sup. Y |
| N1, N3, N6, N9, N119 y N130 | 215x215 | 70 | 12ø12c/17 | 12ø12c/17 | 12ø12c/17 | 12ø12c/17 |
| N12, N23, N34, N45, N56, N67, N78, N89, N100, N111 y N122 | 180x323 | 70 | 18ø12c/17 | 10ø12c/17 | 18ø12c/17 | 10ø12c/17 |
| N14, N25, N36, N47, N58, N69, N80, N91, N102 y N113 | 255x255 | 70 | 14ø12c/17 | 14ø12c/17 | 14ø12c/17 | 14ø12c/17 |
| N17, N28, N39, N50, N61, N72, N83, N94 y N105 | 225x225 | 70 | 13ø12c/17 | 13ø12c/17 | 13ø12c/17 | 13ø12c/17 |
| N20, N31, N42, N53, N64, N75, N86, N97 y N108 | 160x318 | 70 | 18ø12c/17 | 9ø12c/17 | 18ø12c/17 | 9ø12c/17 |
| N116, N124, N127 y N132 | 310x310 | 70 | 18ø12c/17 | 18ø12c/17 | 18ø12c/17 | 18ø12c/17 |
| N135, N137, N138, N140, N142, N143, N150, N152, N153, N155, N157, N158, N160, N162 y N163 | 195x260 | 70 | 15ø12c/17 | 11ø12c/17 | 15ø12c/17 | 11ø12c/17 |
| N145, N147 y N148 | 230x280 | 70 | 16ø12c/17 | 13ø12c/17 | 16ø12c/17 | 13ø12c/17 |
| N224, N225, N226, N227, N232, N233, N235 y N237 | 170x170 | 70 | 9ø12c/17 | 9ø12c/17 | 9ø12c/17 | 9ø12c/17 |

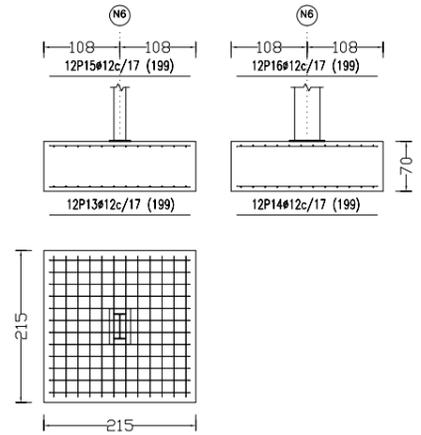
| Características de los materiales – Zapatas de cimentación | | | | | | | | |
|--|---------------|--|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Materiales | Hormigón | | | | | Acero | | |
| | Control | | Características | | | Control | | Características |
| Elemento Zona/Planta | Nivel Control | Coef. Ponde. | Tipo | Consistencia | Tamaño máx. árido | Nivel Control | Coef. Ponde. | Tipo |
| Zapatas | Estadístico | $\gamma_c = 1.50$ | HA-25/B/30/I/a | Plástica o blanda (9-15 cm) | 20/30 mm | Normal | $\gamma_s = 1.15$ | B500SD |
| Vigas de atado | Estadístico | $\gamma_c = 1.50$ | HA-25/B/30/I/a | Plástica o blanda (9-15 cm) | 20/30 mm | Normal | $\gamma_s = 1.15$ | B500SD |
| Ejecución (Acciones) | Normal | $\gamma_G = 1.35$ $\gamma_Q = 1.50$ | Adaptado a la Instrucción EHE-08 | | | | | |
| Exposición/ambiente | Terreno | terreno protegido u hormigón de limpieza | | | I | IIa | IIb | IIc |
| Recubrimientos nominales (mm) | 80 | Ver Exposición/Ambiente | | | 30 | 35 | 40 | 45 |

Notas

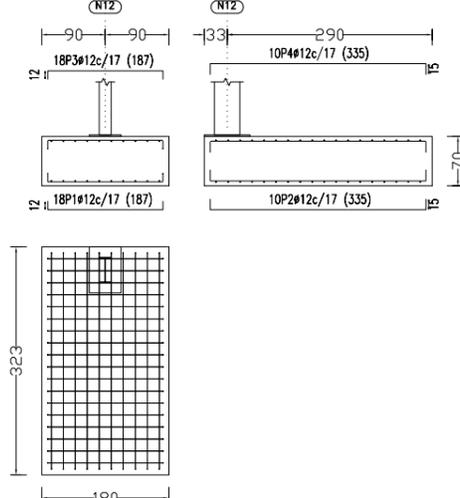
- Control Estadístico en EHE-08
- Solapes según EHE-08
- El acero utilizado deberá estar garantizado con un distintivo reconocido: Sello CIETSD, CC-EHE, ...



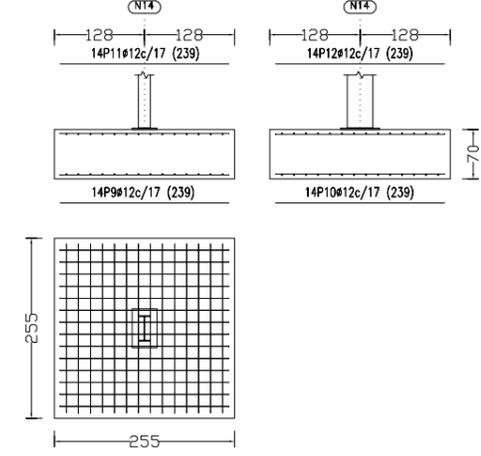
TIPO A
N6, N9, N119, N3, N130 y N1



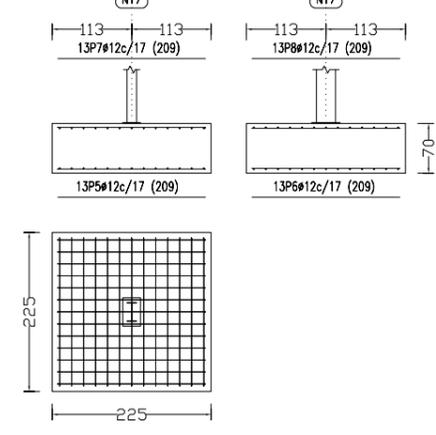
TIPO B
N12, N23, N34, N45, N56, N67, N78, N89, N100, N111 y N122



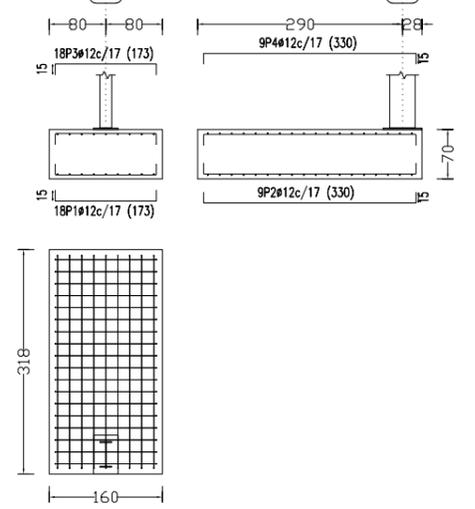
TIPO C
N14, N25, N36, N47, N58, N69, N80, N91, N102 y N113



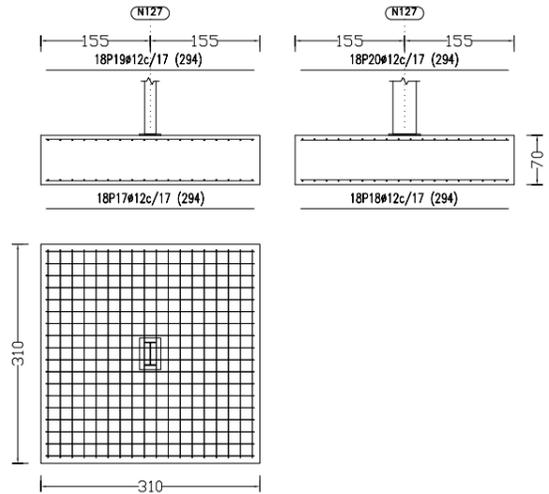
TIPO D
N17, N28, N39, N50, N61, N72, N83, N94 y N105



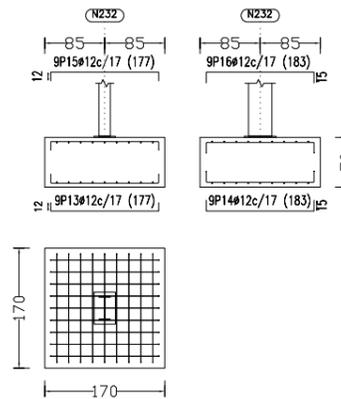
TIPO E
N20, N31, N42, N53, N64, N75, N86, N97 y N108



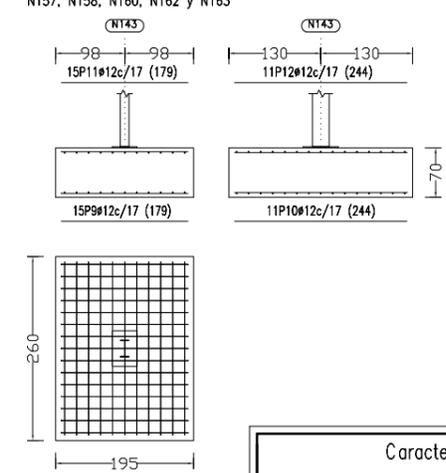
TIPO F
N127, N132, N116 y N124



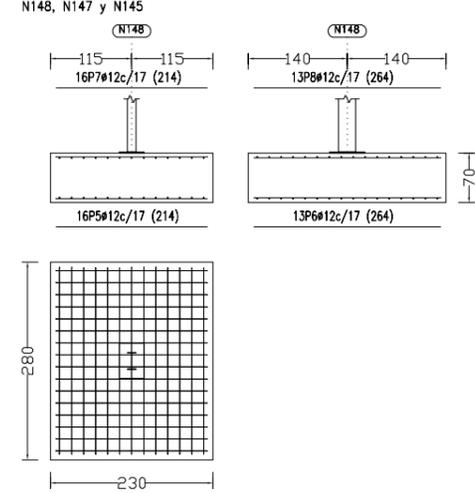
TIPO G
N232, N233, N235, N237, N227, N226, N225 y N224



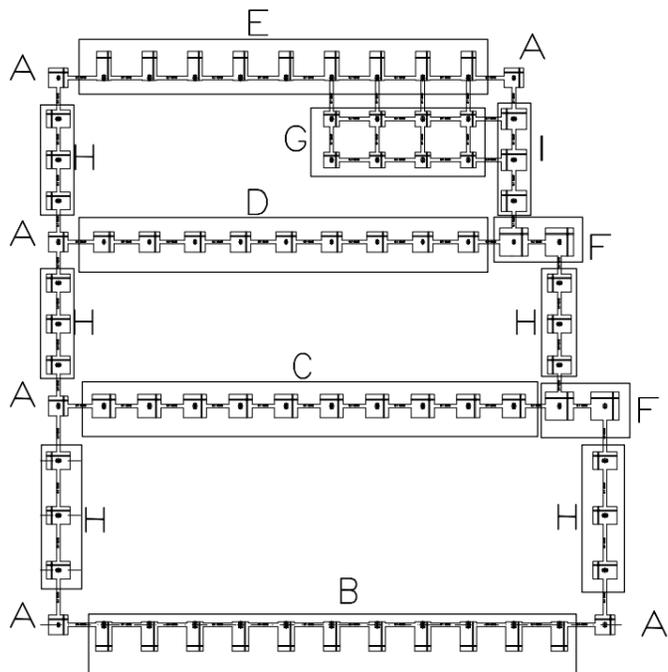
TIPO H
N143, N142, N140, N138, N137, N135, N150, N152, N153, N155, N157, N158, N160, N162 y N163



TIPO I
N148, N147 y N145



Escala S/E



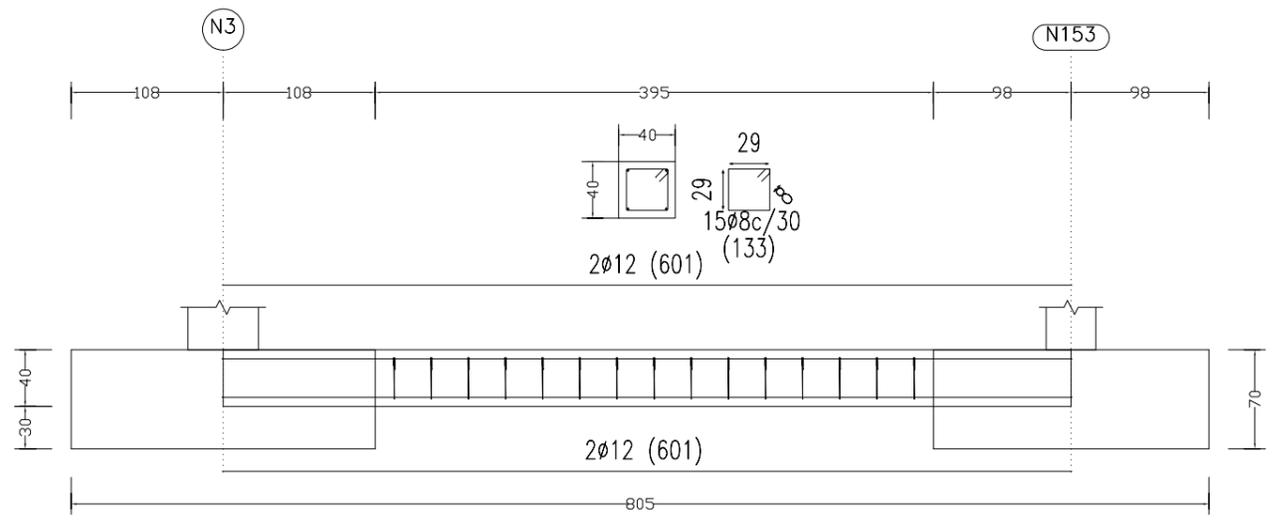
Nota: las cotas están en centímetros

| Características de los materiales - Zapatas de cimentación | | | | | | | | |
|--|---------------|--|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------|-----------------|--------|
| Materiales | Hormigón | | | | Acero | | | |
| | Control | | Características | | Control | | Características | |
| Elemento Zona/Planta | Nivel Control | Coef. Ponde. | Tipo | Consistencia | Tamaño máx. árido | Nivel Control | Coef. Ponde. | Tipo |
| Zapatas | Estadístico | $\gamma c=1.50$ | HA-25/B/30/Ila | Plástica a blanda (9-15 cm) | 20/30 mm | Normal | $\gamma s=1.15$ | B500SD |
| Vigas de atado | Estadístico | $\gamma c=1.50$ | HA-25/B/30/Ila | Plástica a blanda (9-15 cm) | 20/30 mm | Normal | $\gamma s=1.15$ | B500SD |
| Ejecución (Acciones) | Normal | $\gamma G=1.35$ $\gamma Q=1.50$ | Adaptado a la Instrucción EHE-08 | | | | | |
| Exposición/ambiente | Terreno | Terreno protegido u hormigón de limpieza | | I | IIa | IIb | IIIa | |
| Recubrimientos nominales (mm) | 80 | Ver Exposición/Ambiente | | 30 | 35 | 40 | 45 | |
| Notas | | | | | | | | |
| -Control Estadístico en EHE-08 -Solapes según EHE-08 -El acero utilizado deberá estar garantizado con un distintivo reconocido: Sello CIETSID, CC-EHE, ... | | | | | | | | |
| Datos geotécnicos | | | | Recubrimientos nominales | | | | |
| - Tensión admisible del terreno considerada = 0.20 MPa (2.00 Kg/cm2) | | | | | | | | |

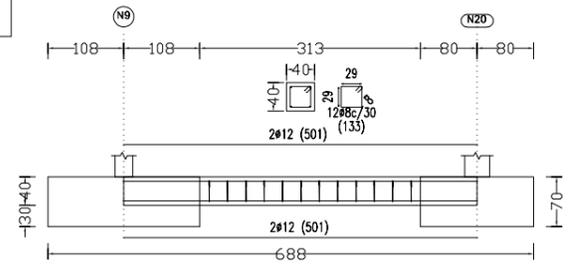
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

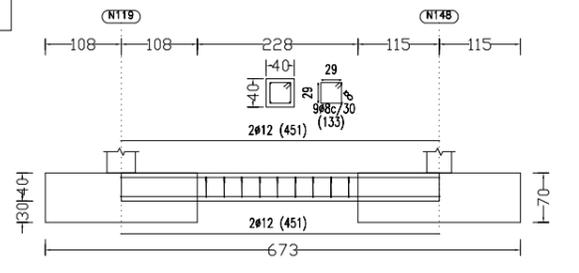
Escala 1:50



Escala 1:100

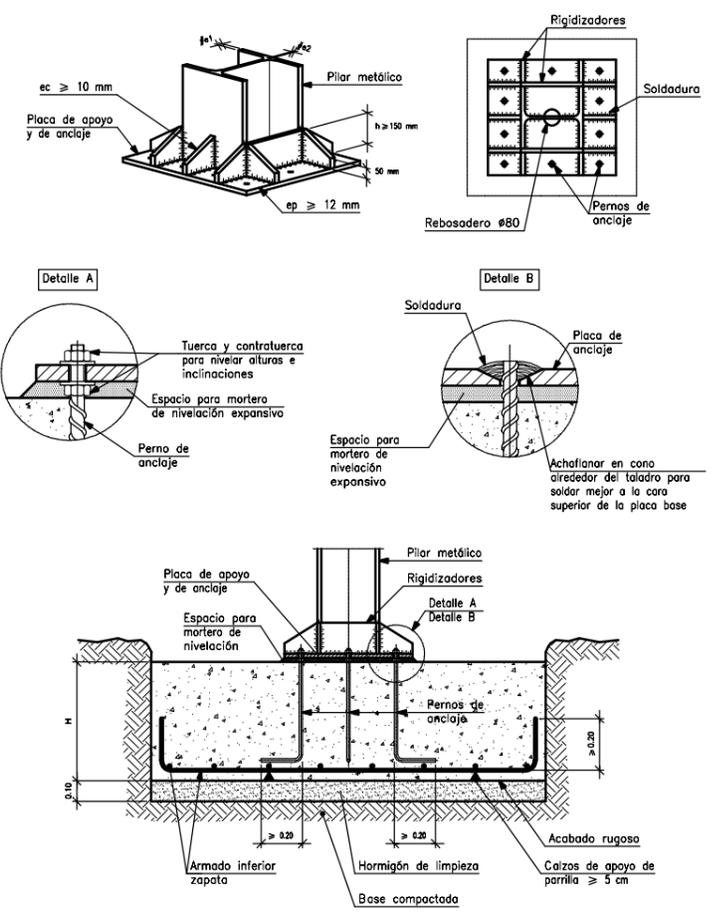


Escala 1:100



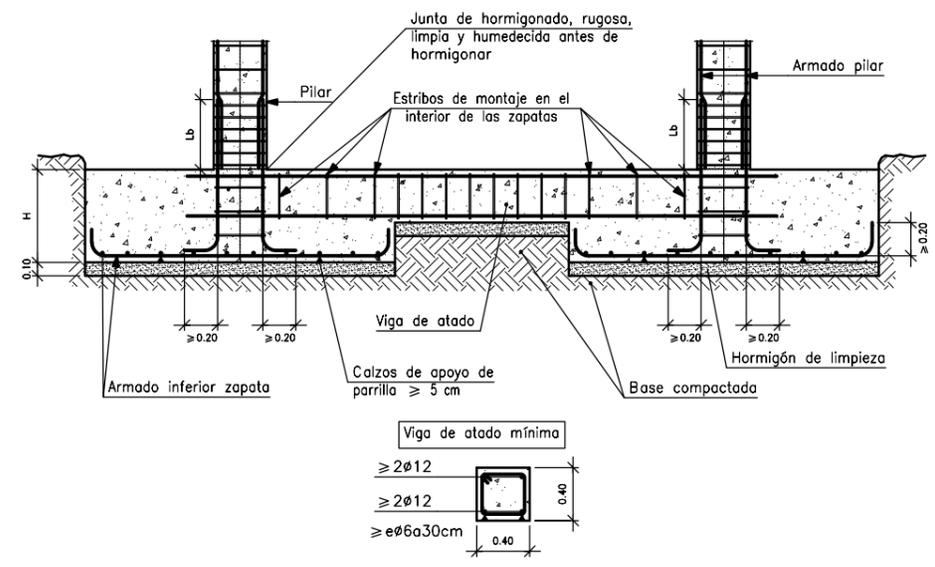
Escala S/E

Arranque de pilar en cimentación.
Unión rígida.



Escala S/E

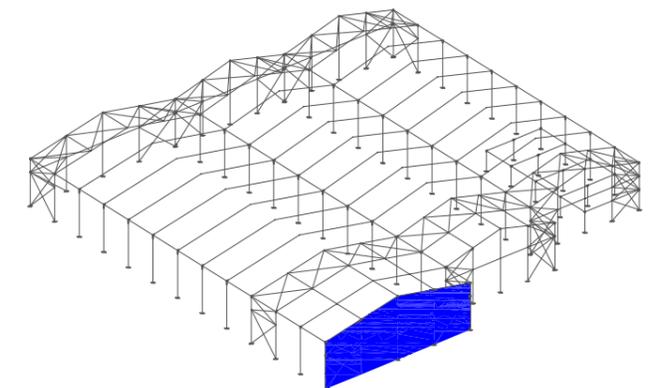
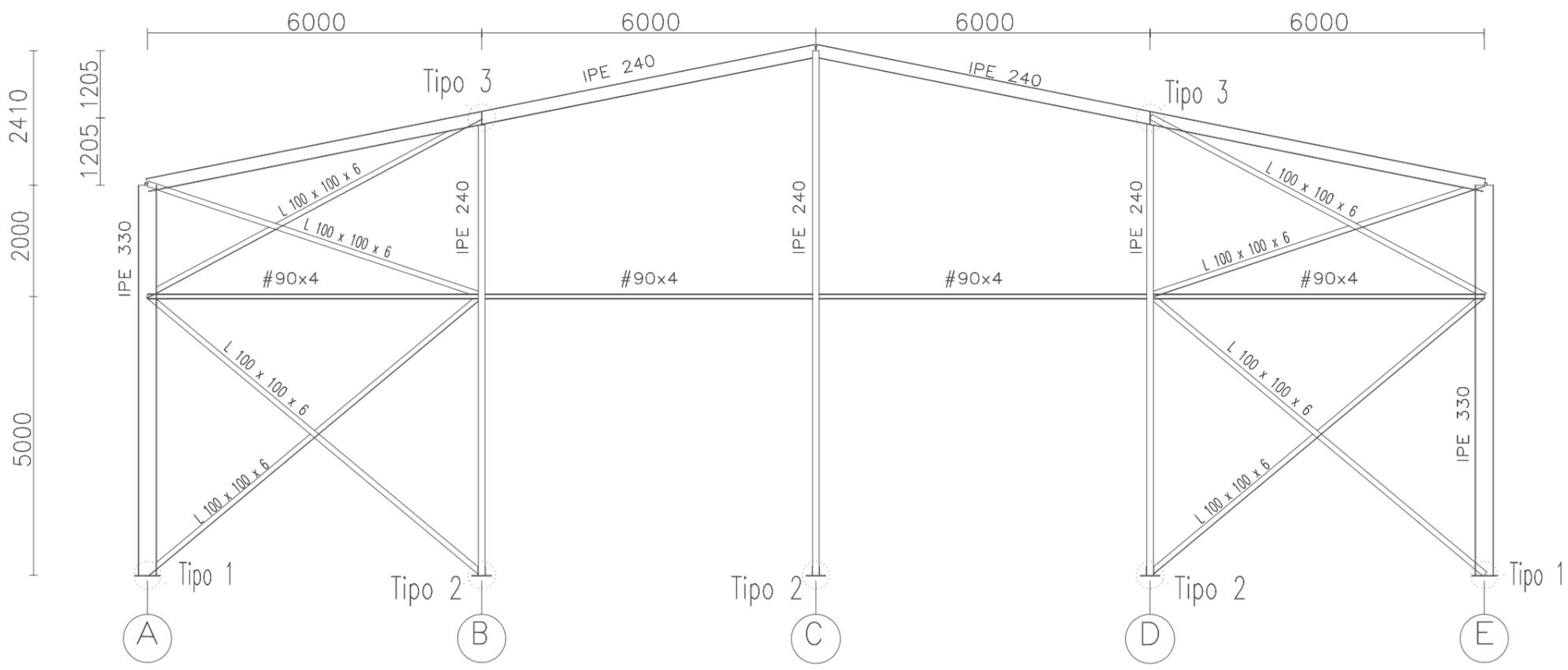
Viga de atado entre zapatas.



Nota: las cotas están en centímetros

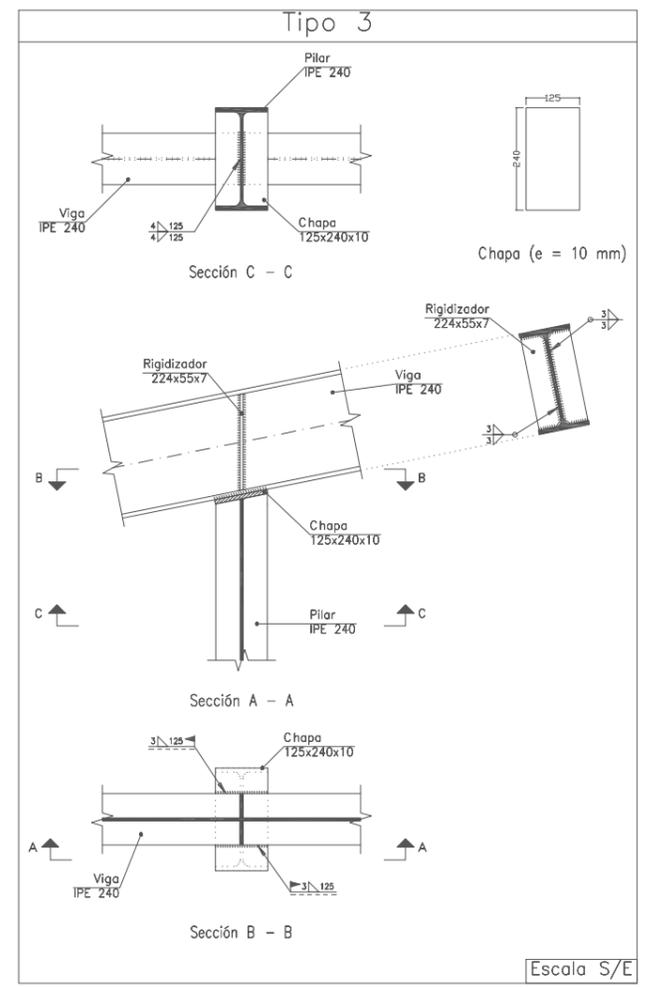
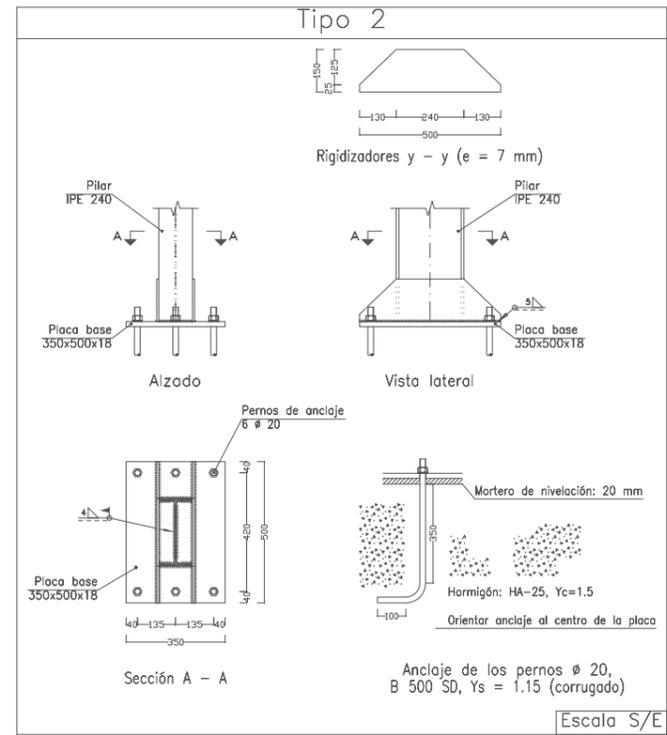
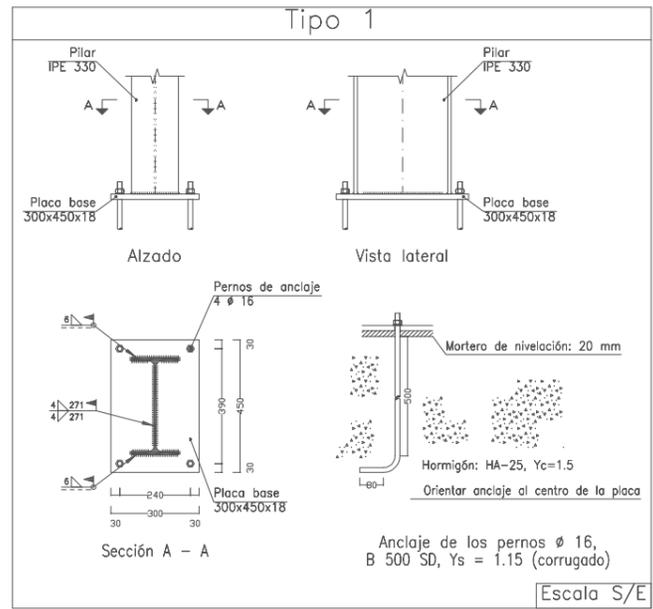
| Características de los materiales - Zapatas de cimentación | | | | | | | | |
|--|---------------|--|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------|-------------------|--------|
| Materiales | Hormigón | | | | | Acero | | |
| | Nivel Control | Coef. Ponde. | Tipo | Consistencia | Tamaño máx. árido | Nivel Control | Coef. Ponde. | Tipo |
| Zapatas | Estadístico | $\gamma_c = 1.50$ | HA-25/B/30/Ila | Plástica a blanda (9-15 cm) | 20/30 mm | Normal | $\gamma_s = 1.15$ | B500SD |
| Vigas de atado | Estadístico | $\gamma_c = 1.50$ | HA-25/B/30/Ila | Plástica a blanda (9-15 cm) | 20/30 mm | Normal | $\gamma_s = 1.15$ | B500SD |
| Ejecución (Acciones) | Normal | $\gamma_G = 1.35$ $\gamma_Q = 1.50$ | Adaptado a la Instrucción EHE-08 | | | | | |
| Exposición/ambiente | Terreno | Terreno protegido u hormigón de limpieza | | | I | IIa | IIb | IIIa |
| Recubrimientos nominales (mm) | 80 | Ver Exposición/Ambiente | | | 30 | 35 | 40 | 45 |
| Notas | | | | | | | | |
| -Control Estadístico en EHE-08 -Solapes según EHE-08 -El acero utilizado deberá estar garantizado con un distintivo reconocido: Sello CIETSID, CC-EHE, ... | | | | | | | | |
| Datos geotécnicos | | | | Recubrimientos nominales | | | | |
| - Tensión admisible del terreno considerada = 0.20 MPa (2.00 Kg/cm2) | | | | | | | | |

Escala 1:100



Alineación 1

Nota: las cotas están en milímetros



| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|---|----------------------|----------------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γ_{M0} | γ_{M1} |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Proyecto: Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

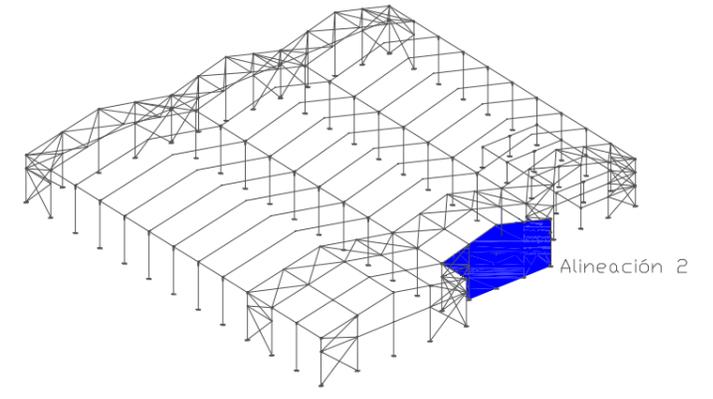
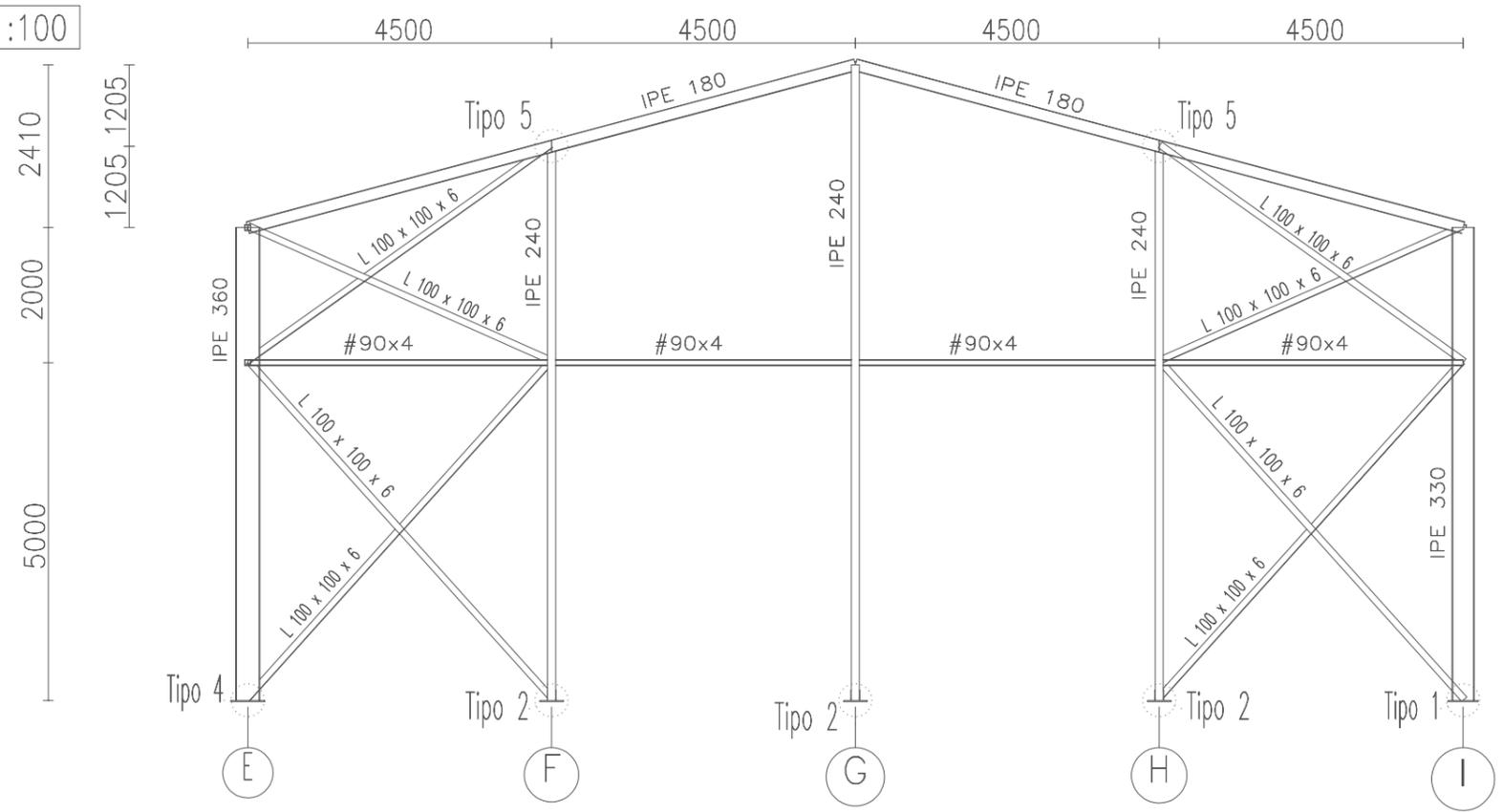
Plano: Pórtico de fachada alineación 1
 Autor: Alejandro Torres Castells

Fecha: Julio 2020
 Escala: Varias
 Nº Plano: 11

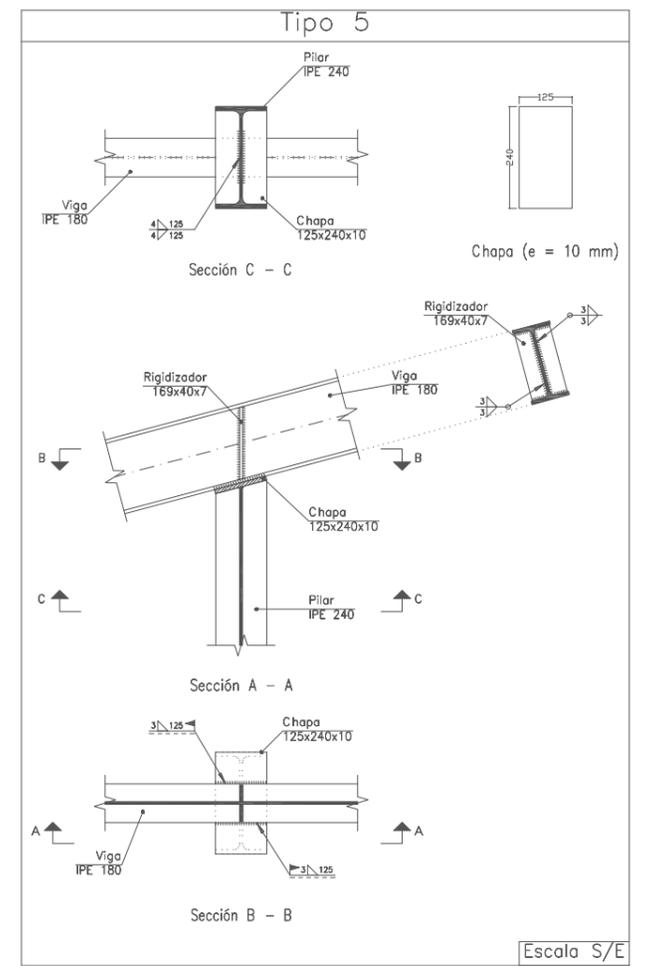
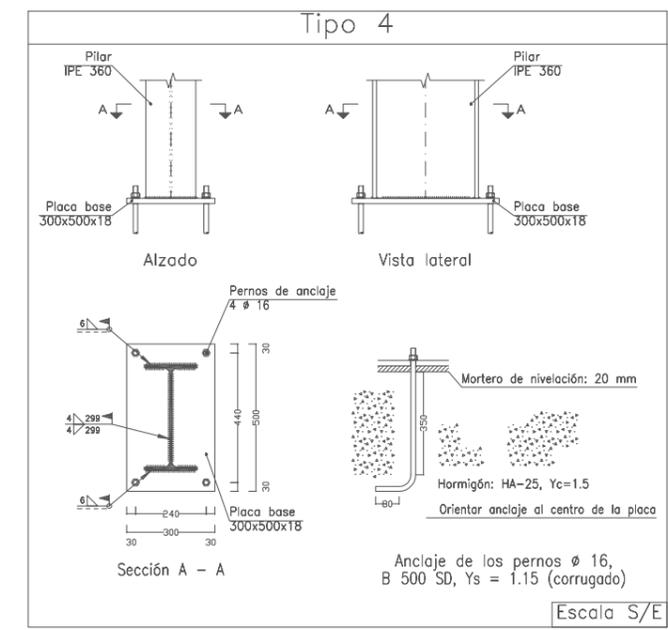
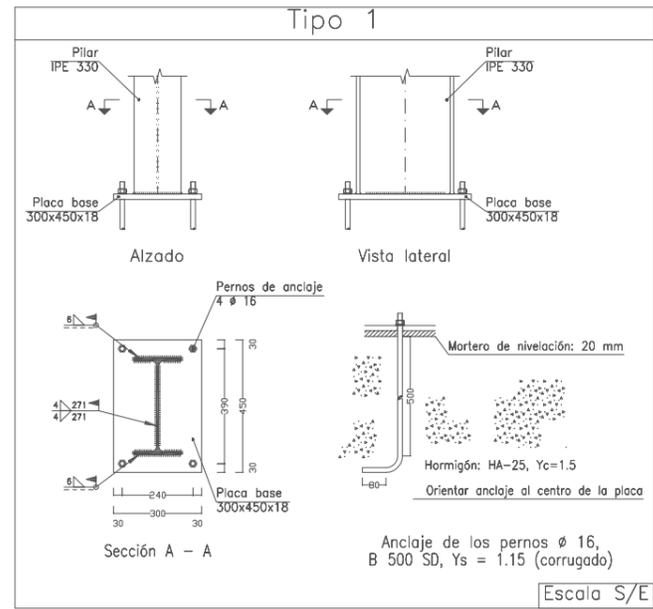
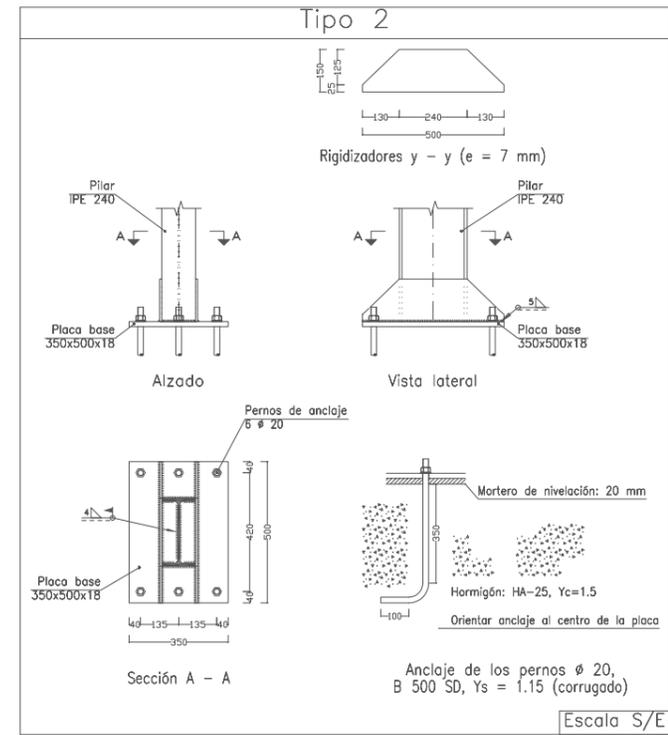
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

Escala 1:100



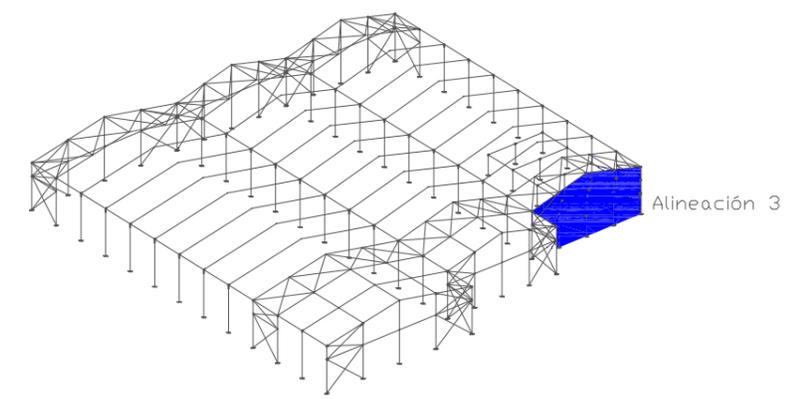
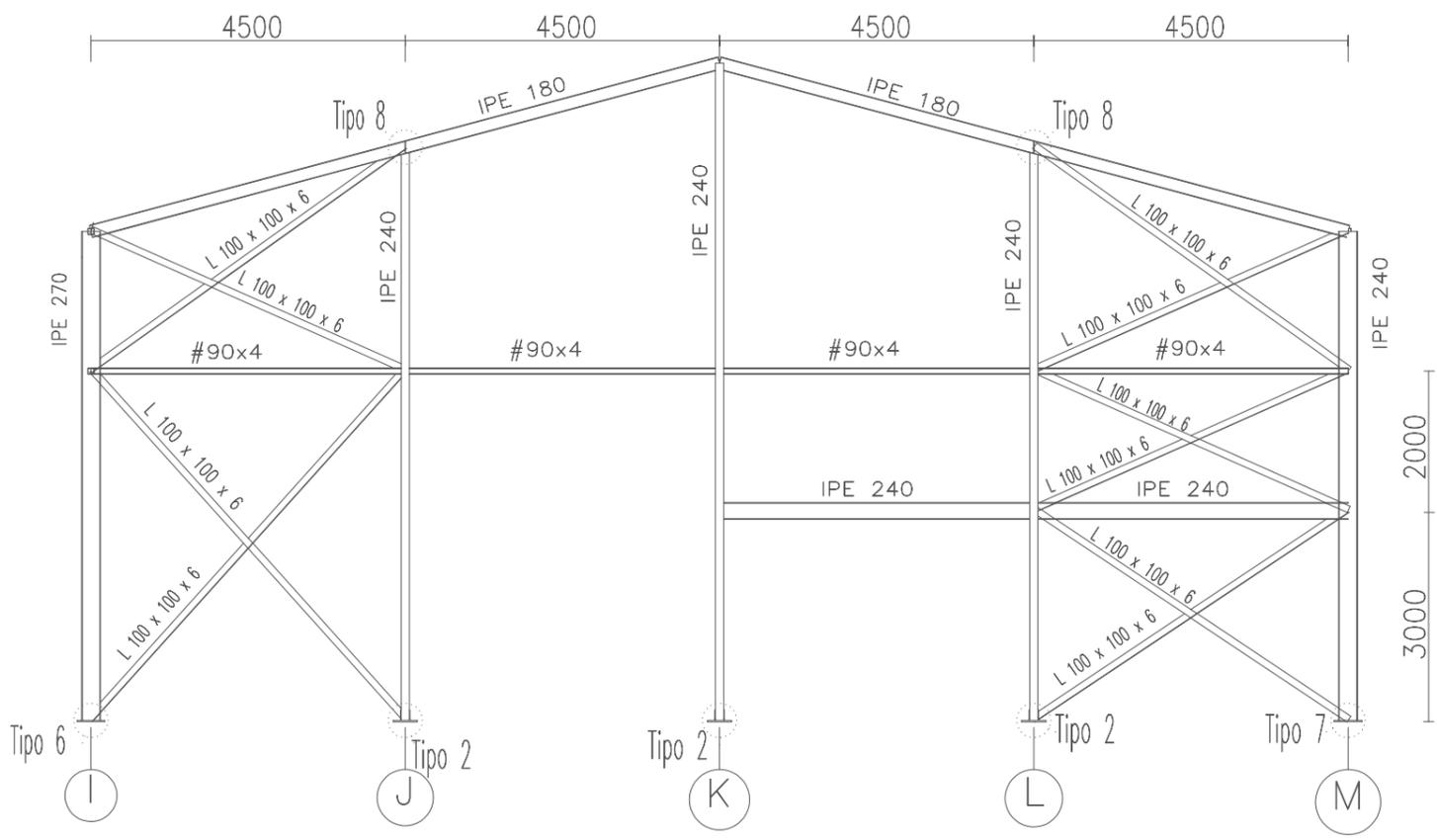
Nota: las cotas están en milímetros



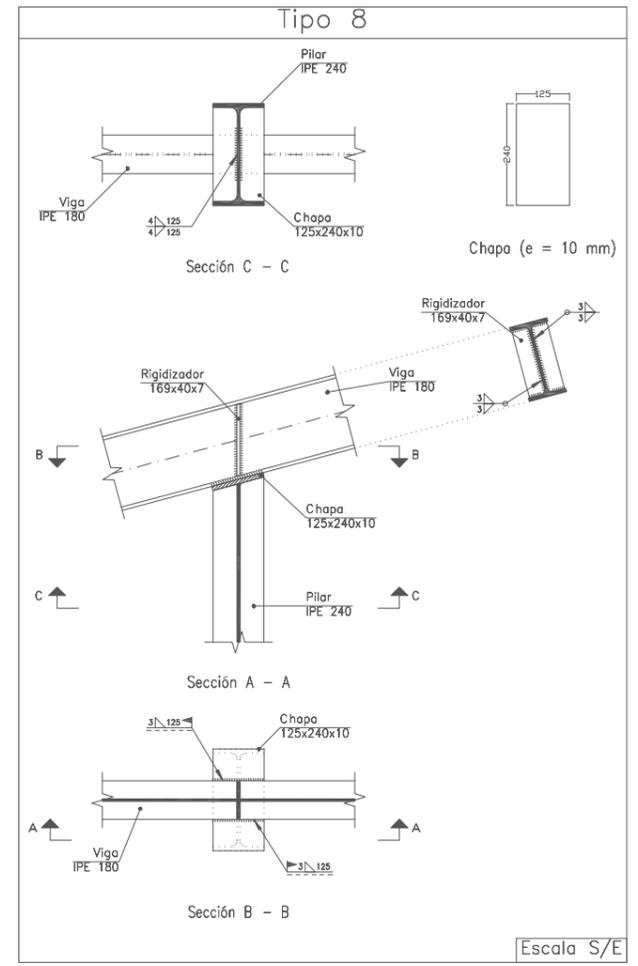
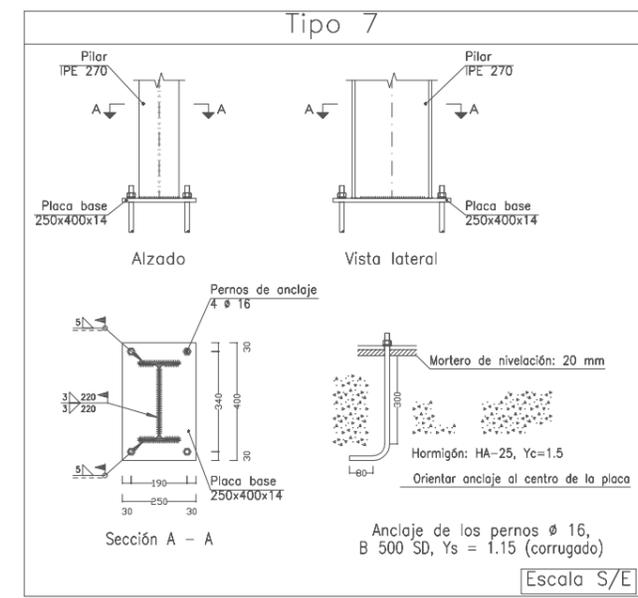
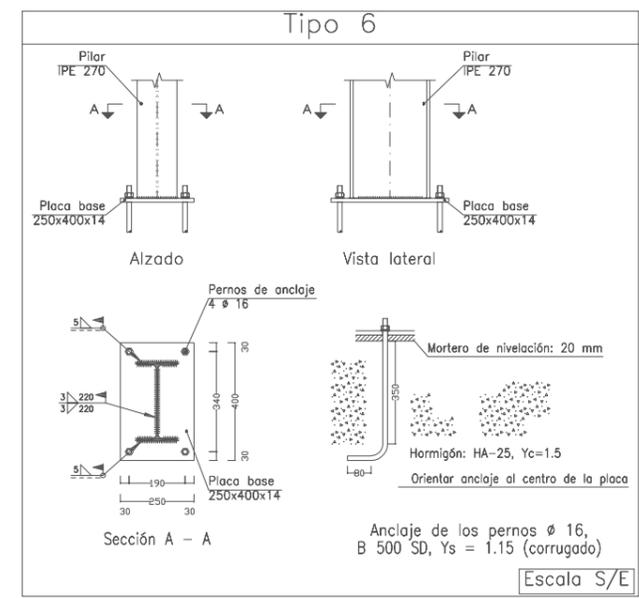
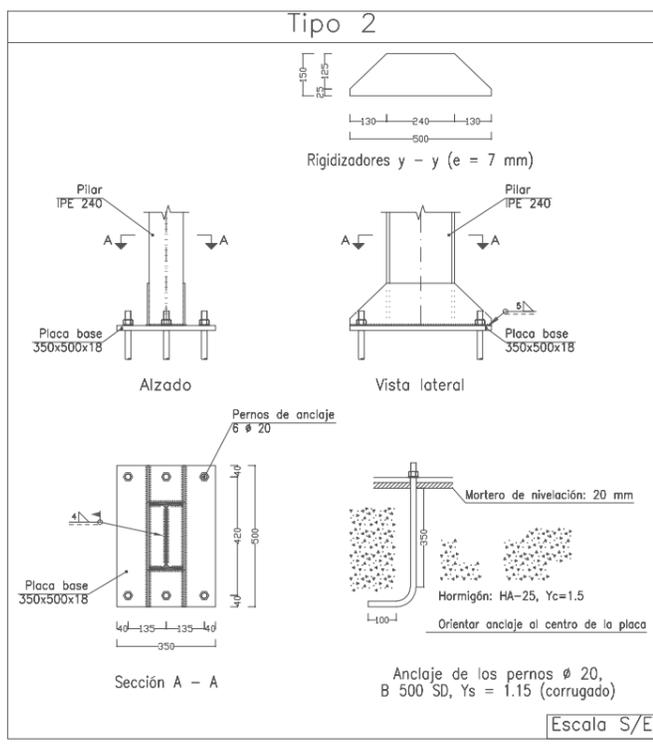
| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|---|------------|------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γM0 | γM1 |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ² | γM0 = 1,05 | γM1 = 1,05 |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm ² | γM0 = 1,05 | γM1 = 1,05 |

Escala 1:100

2410
1205, 1205
2000
5000



Nota: las cotas están en milímetros



| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|---|------------|------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γM0 | γM1 |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ² | γM0 = 1,05 | γM1 = 1,05 |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm ² | γM0 = 1,05 | γM1 = 1,05 |

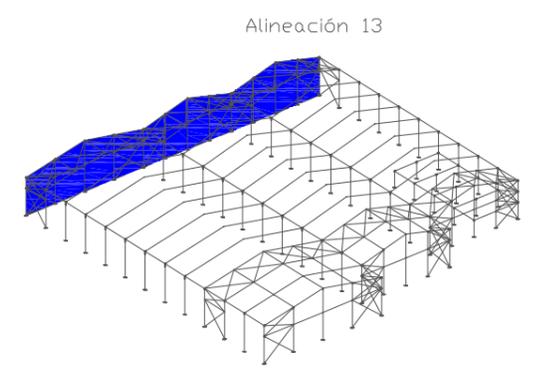
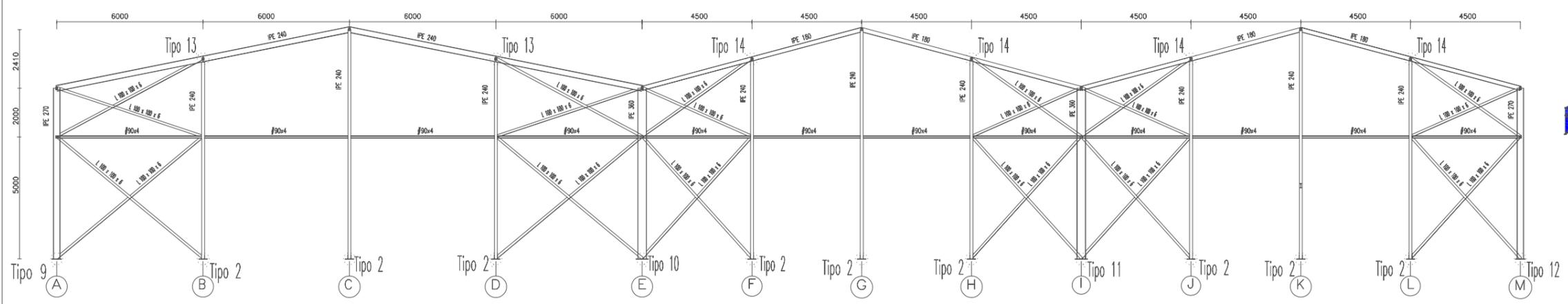
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Proyecto:
Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

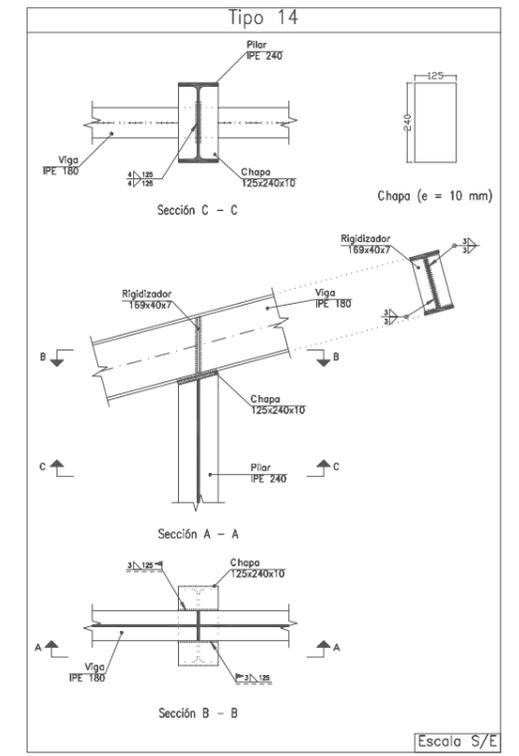
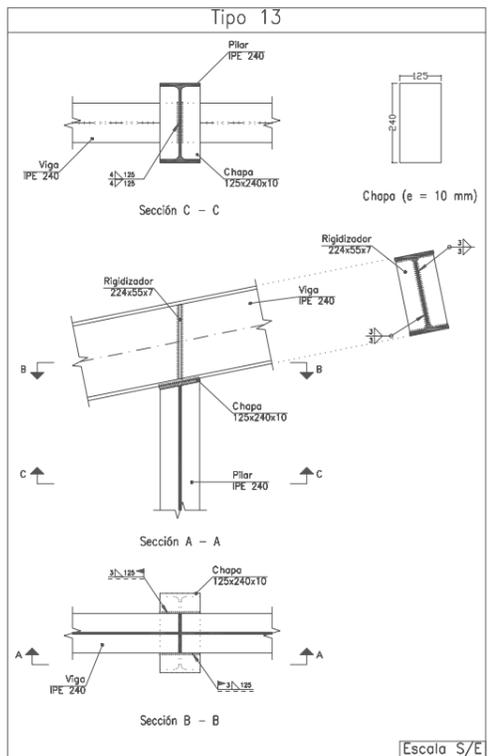
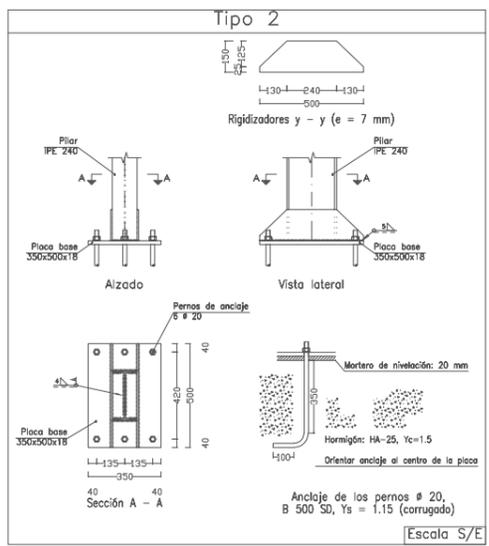
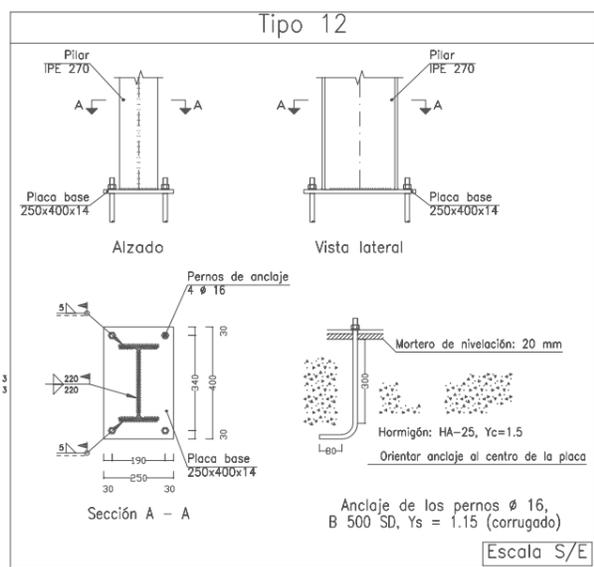
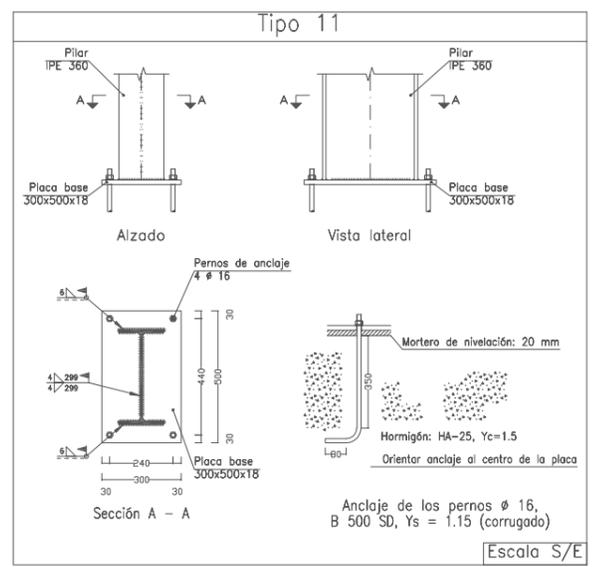
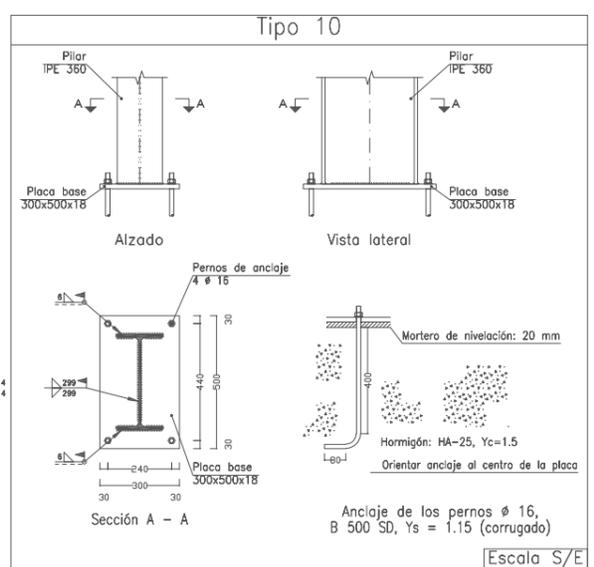
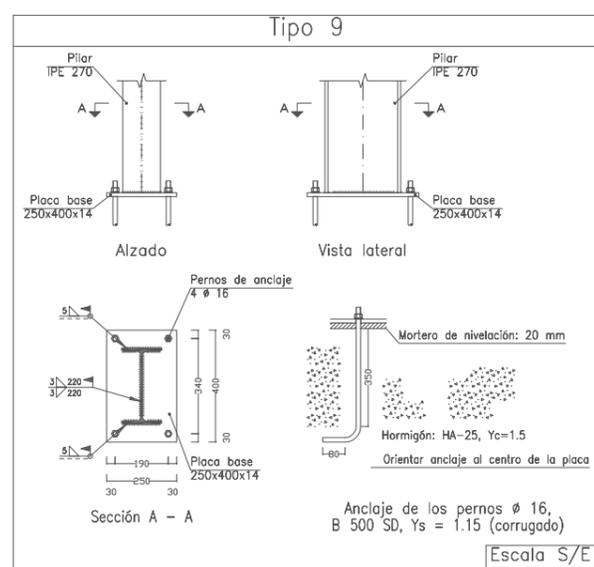
Plano: Pórtico de fachada alineación 3
Autor: Alejandro Torres Castells

Fecha: Julio 2020
Escala: Varias
Nº Plano: 13

Escala 1:200



Nota: las cotas están en milímetros



| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|---|----------------------|----------------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γ_{M0} | γ_{M1} |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Proyecto:
Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

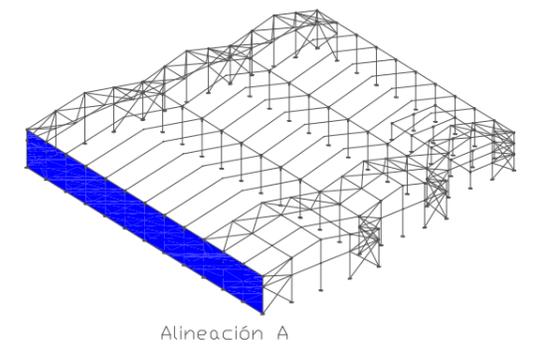
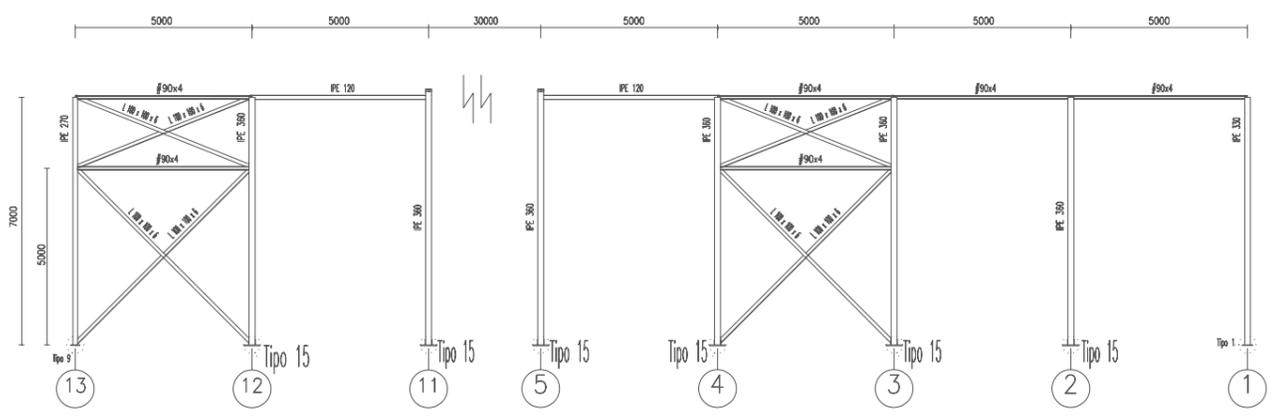
Plano: Pórtico de fachada alineación 13
Autor: Alejandro Torres Castells

Fecha: Julio 2020
Escala: Varias
Nº Plano: 14

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

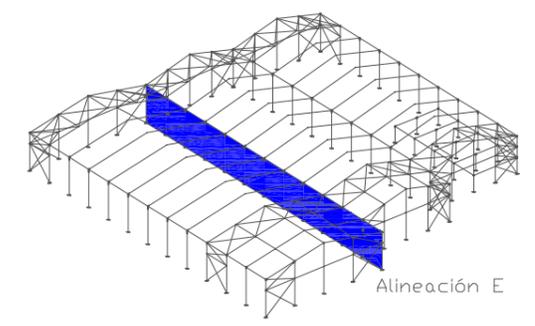
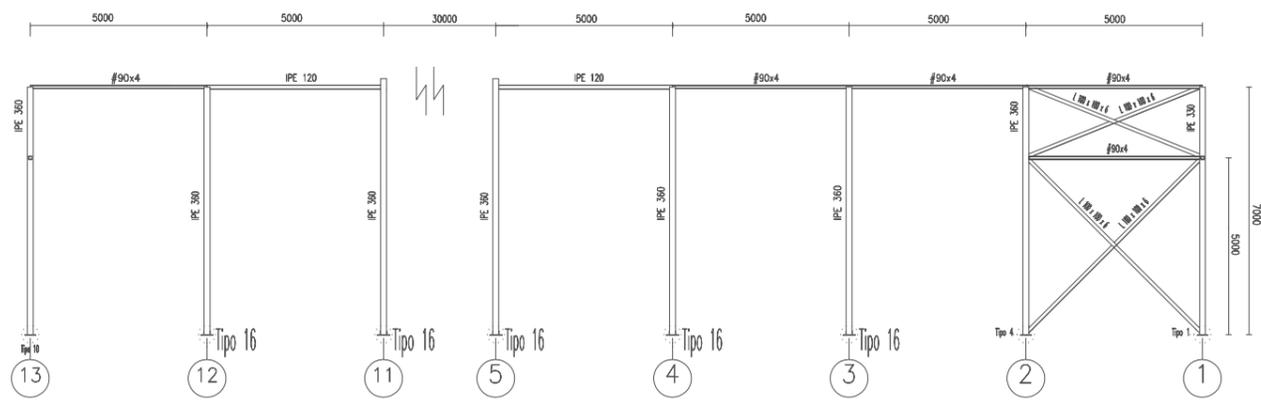
Escala 1:200



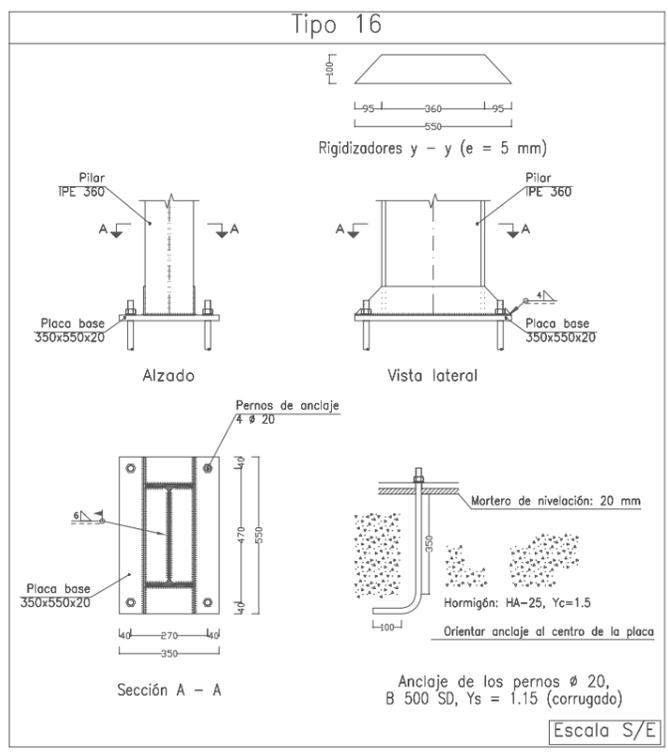
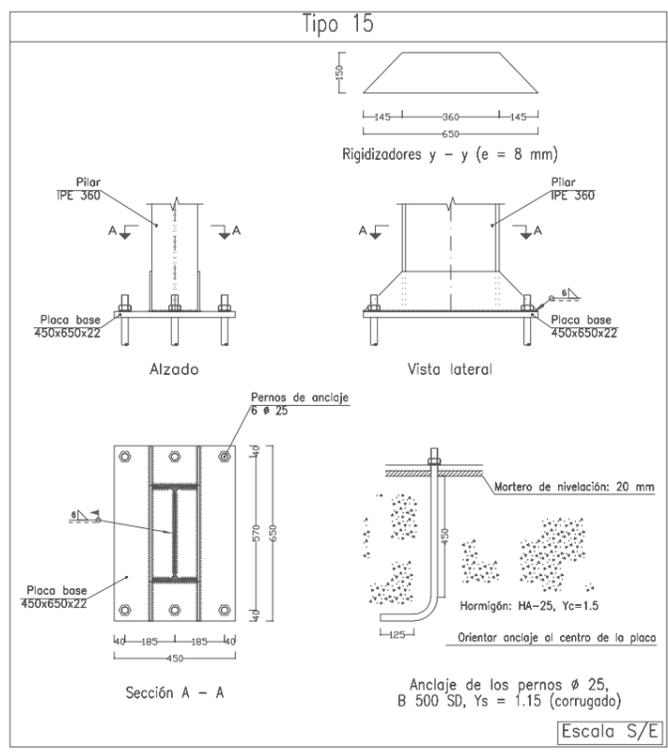
Alineación A

Nota: las cotas están en milímetros

Escala 1:200



Alineación E



| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|--|------------|------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γMO | γM1 |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm 2 | γMO = 1,05 | γM1 = 1,05 |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm 2 | γMO = 1,05 | γM1 = 1,05 |

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m2, situado en Alcàsser (Valencia).

Plano: Estructura longitudinal alineaciones A y E

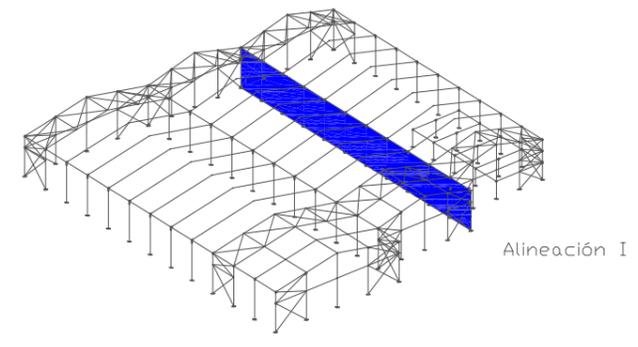
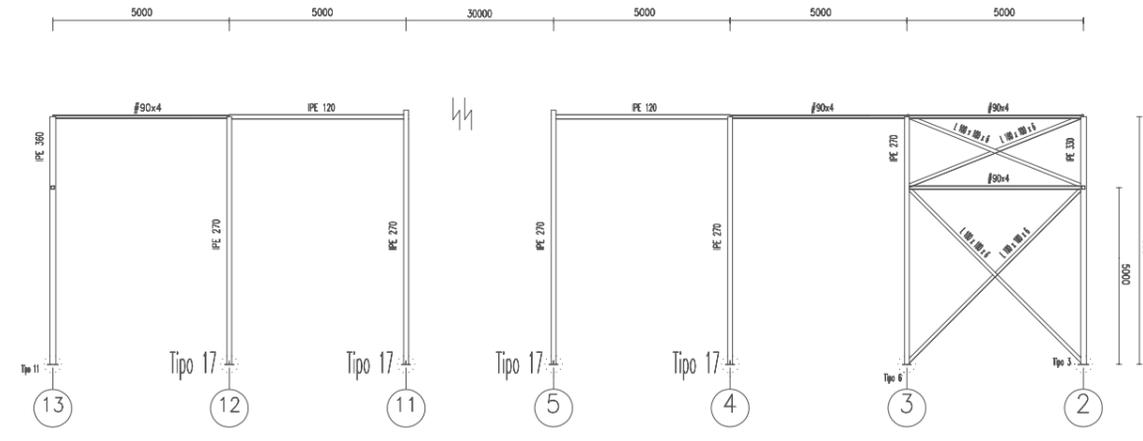
Autor: Alejandro Torres Castells

Fecha: Julio 2020

Escala: Varias

Nº Plano: 15

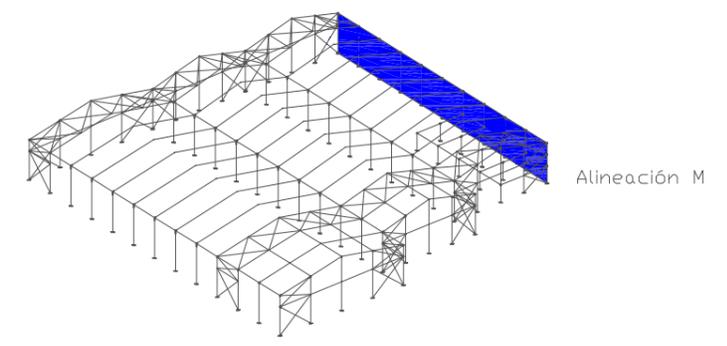
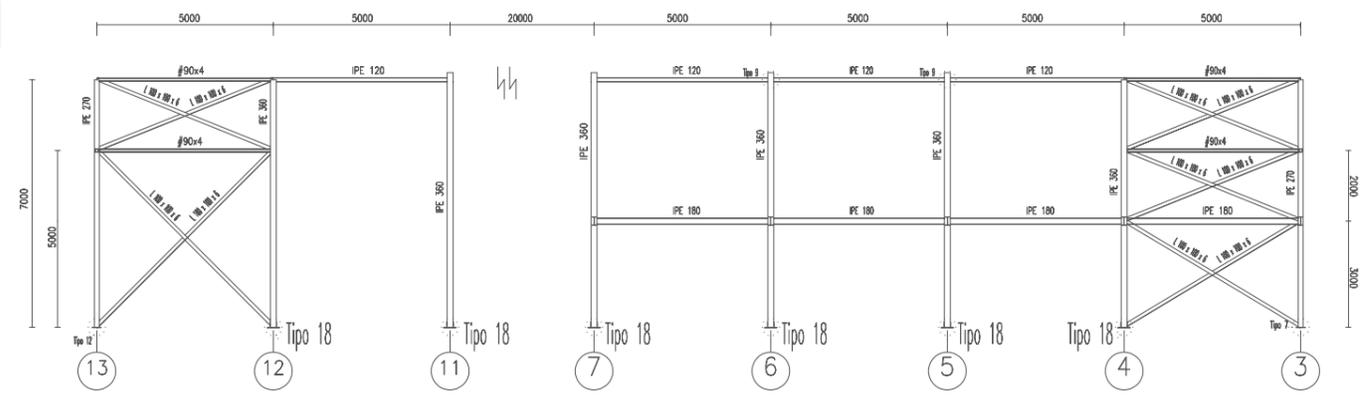
Escala 1:200



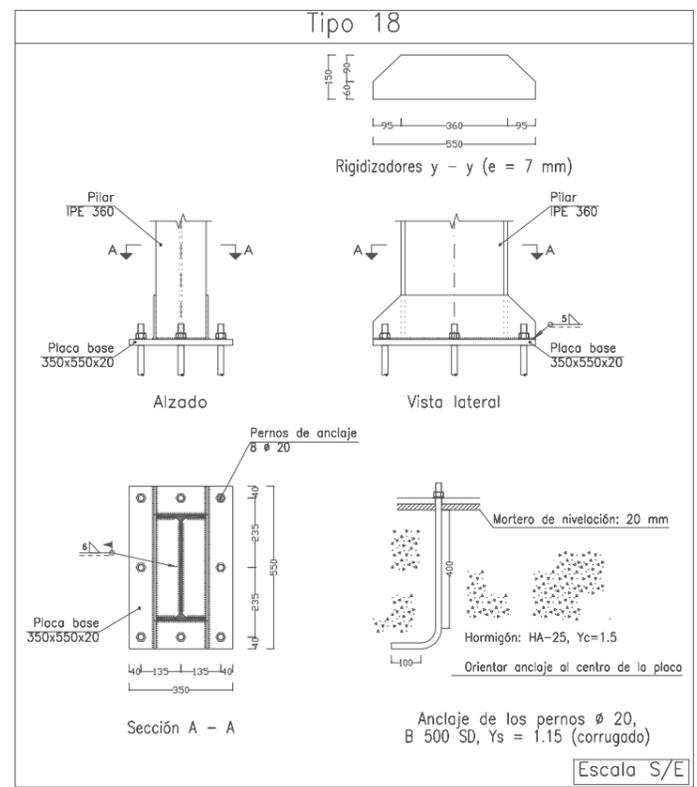
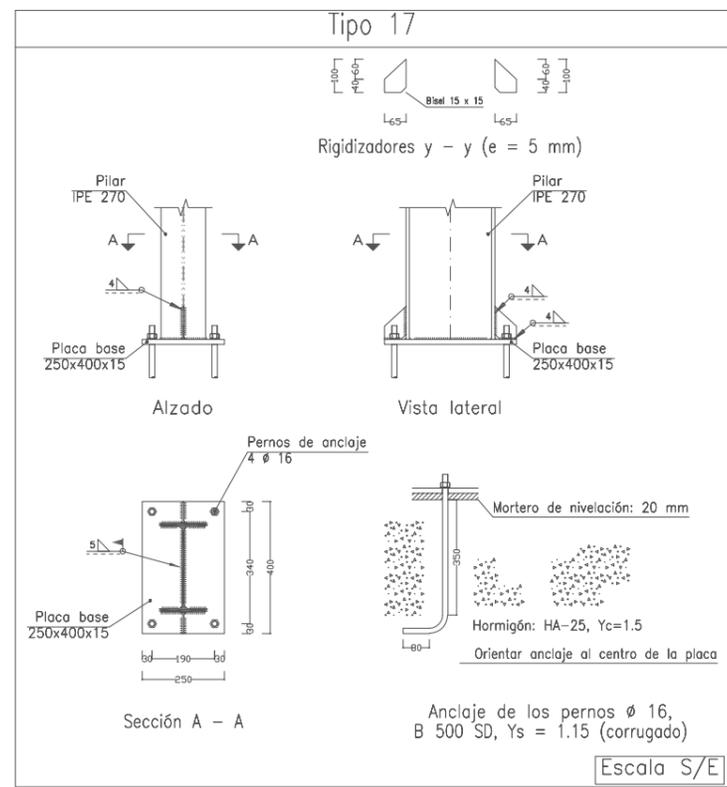
Alineación I

Nota: las cotas están en milímetros

Escala 1:200

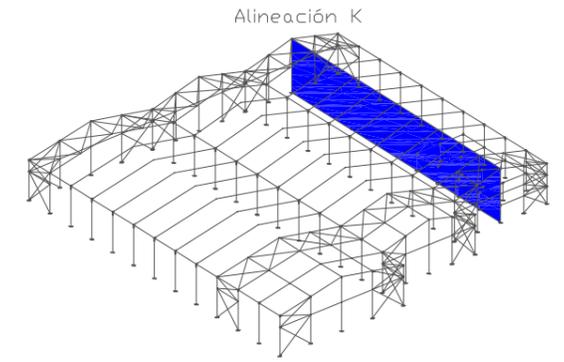
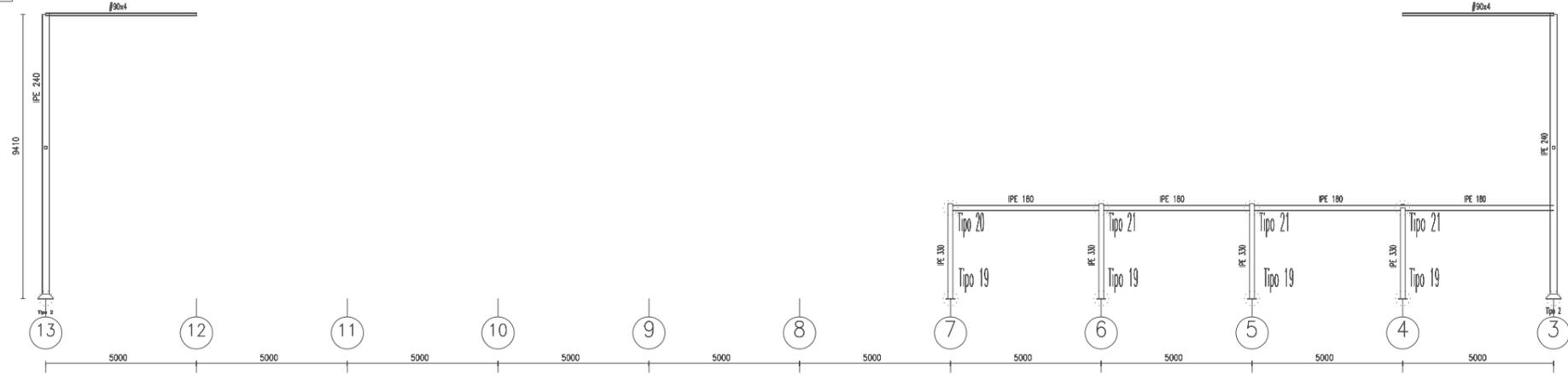


Alineación M



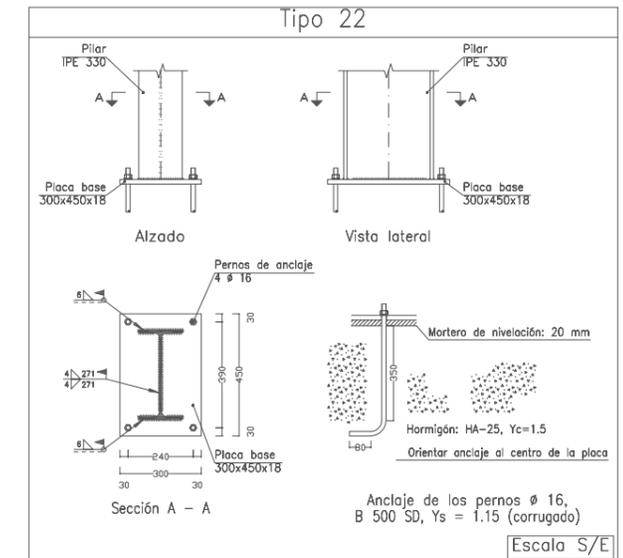
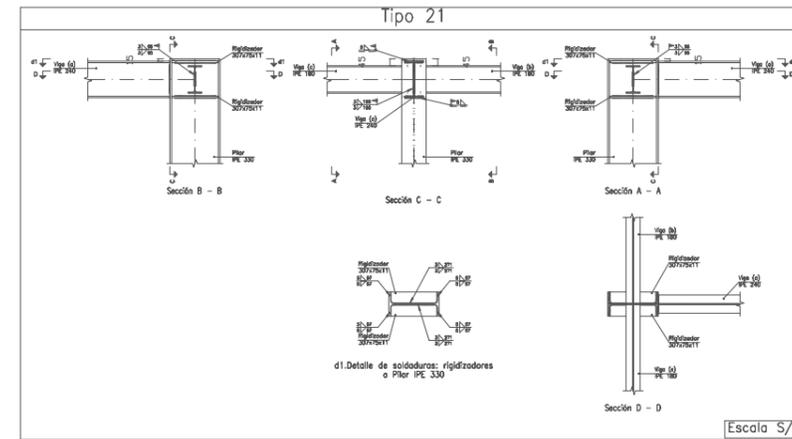
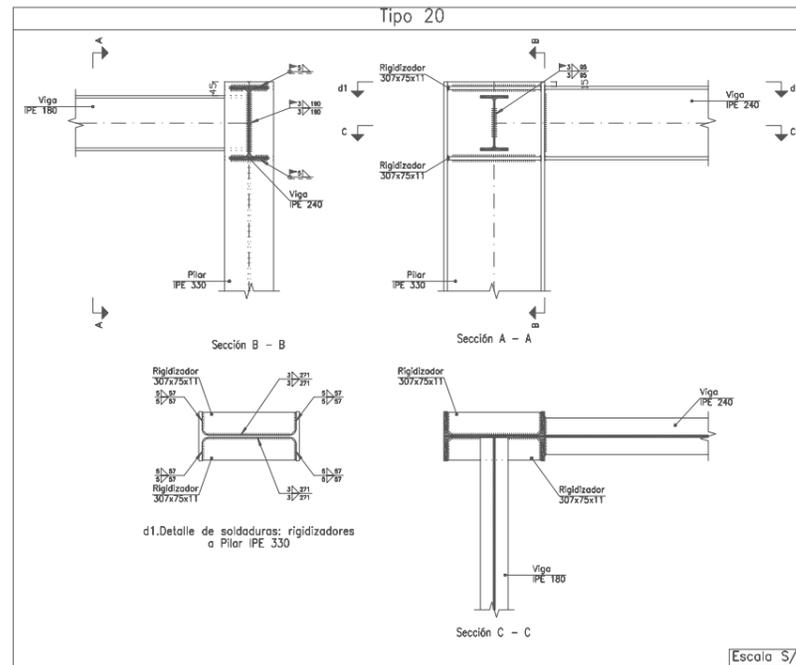
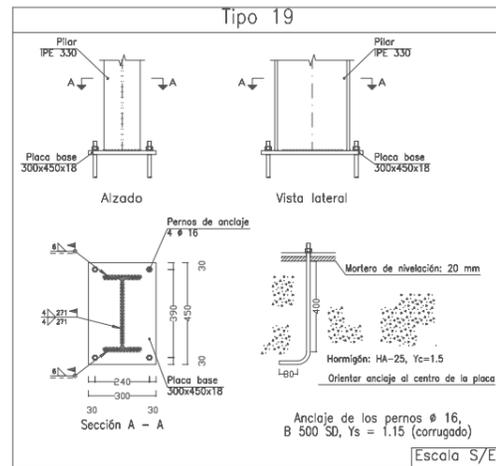
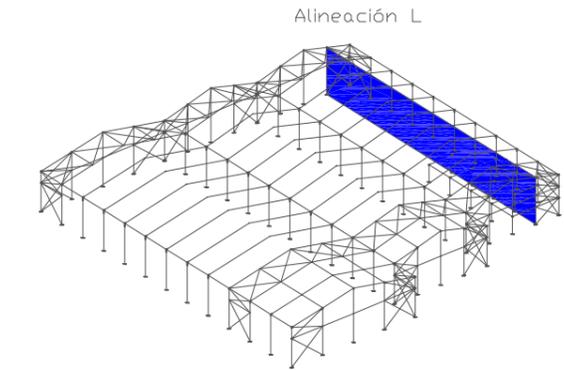
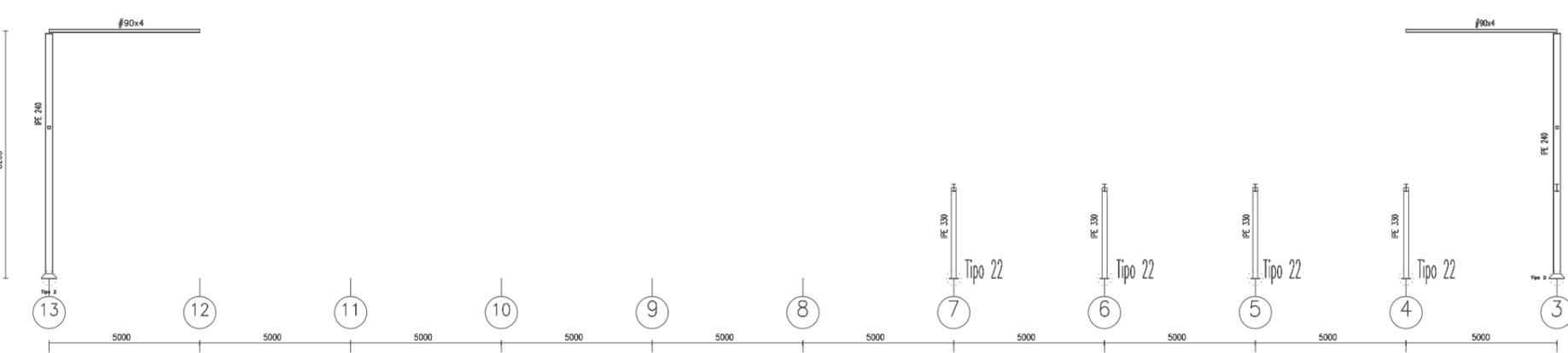
| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|---|----------------------|----------------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γ_{M0} | γ_{M1} |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |

Escala 1:200



Nota: las cotas están en milímetros

Escala 1:200



| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|---|----------------------|----------------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γ_{M0} | γ_{M1} |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto:
Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

Plano: Estructura longitudinal alineaciones K y L

Autor:
Alejandro Torres Castells

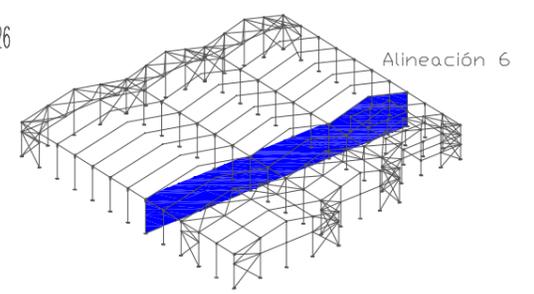
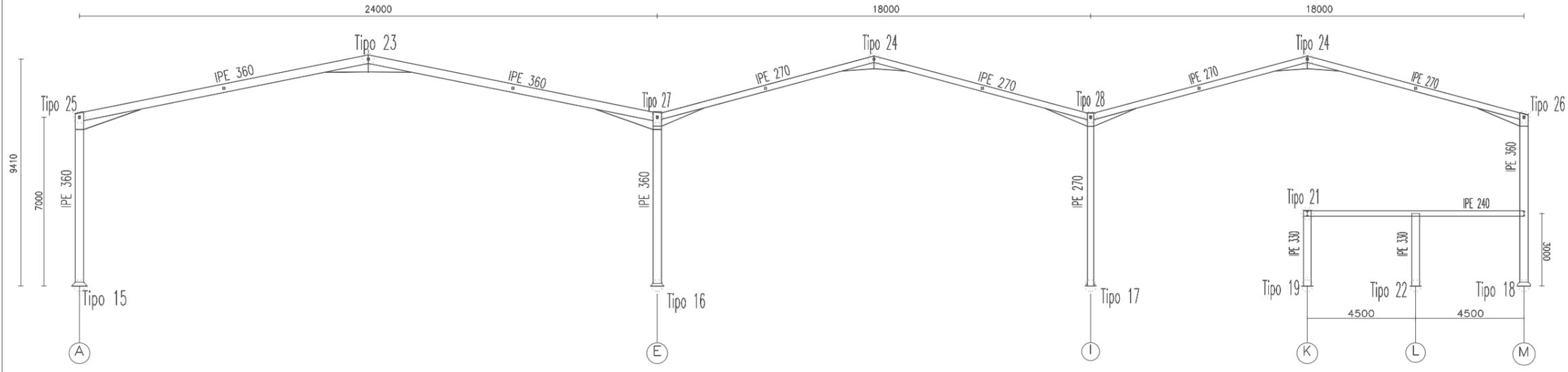
Fecha: Julio 2020

Escala: Varias

Nº Plano:

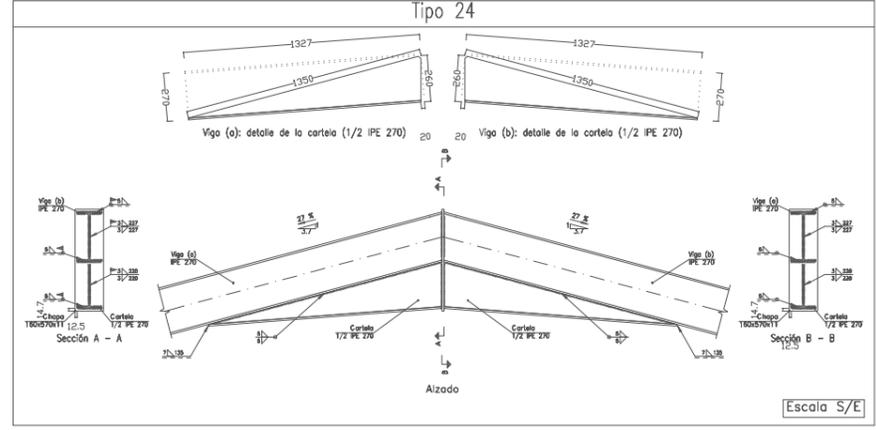
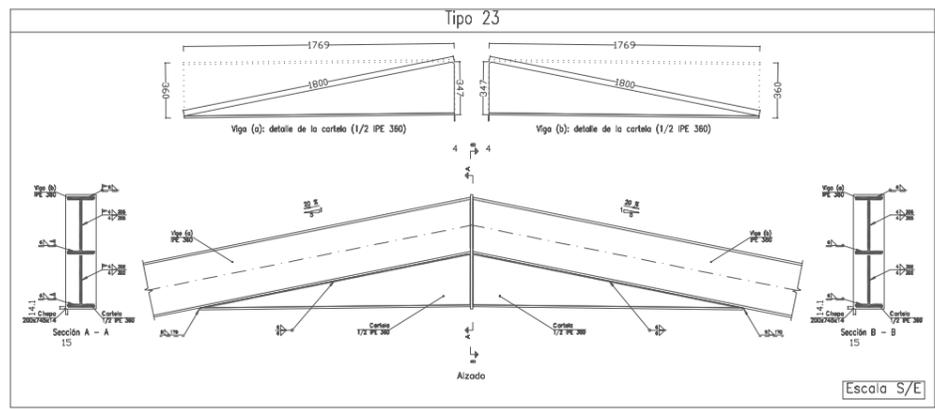
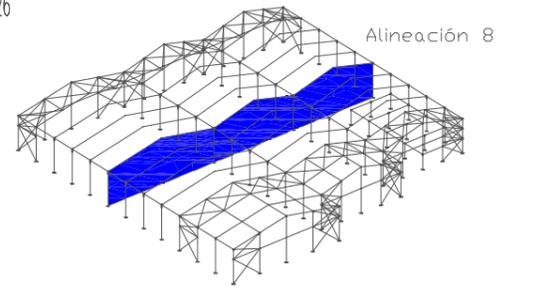
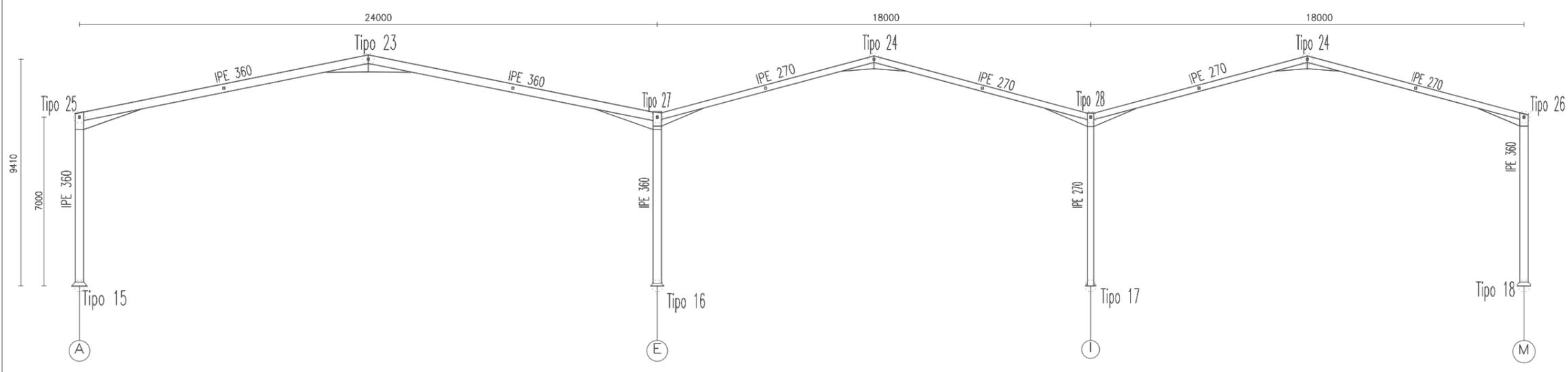
17

Escala 1:200



Nota: las cotas están en milímetros

Escala 1:200



| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|---|----------------------|----------------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γ_{M0} | γ_{M1} |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

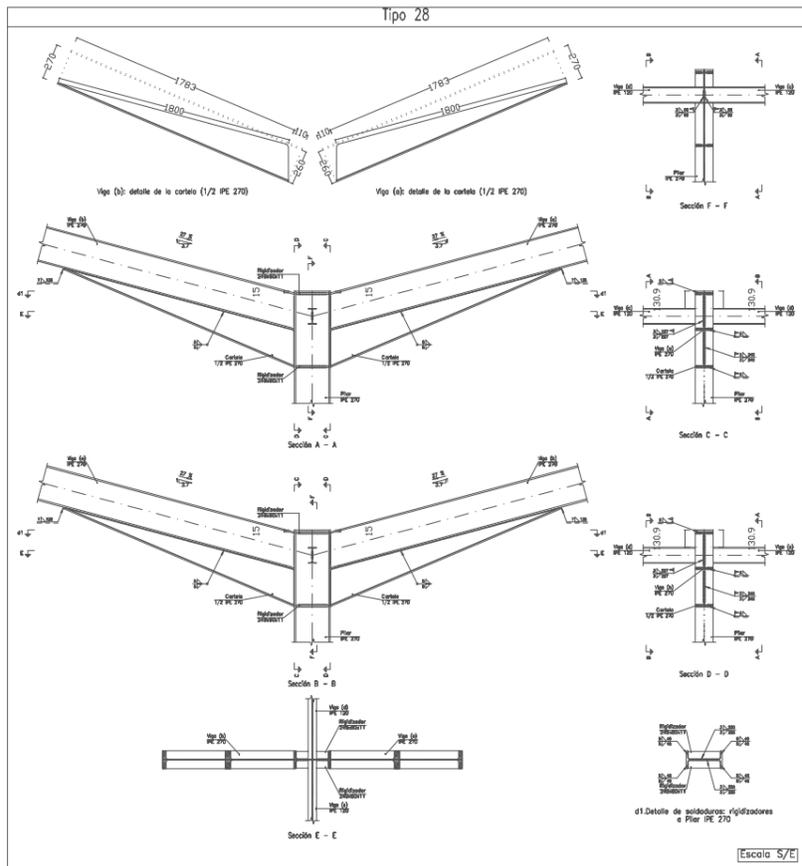
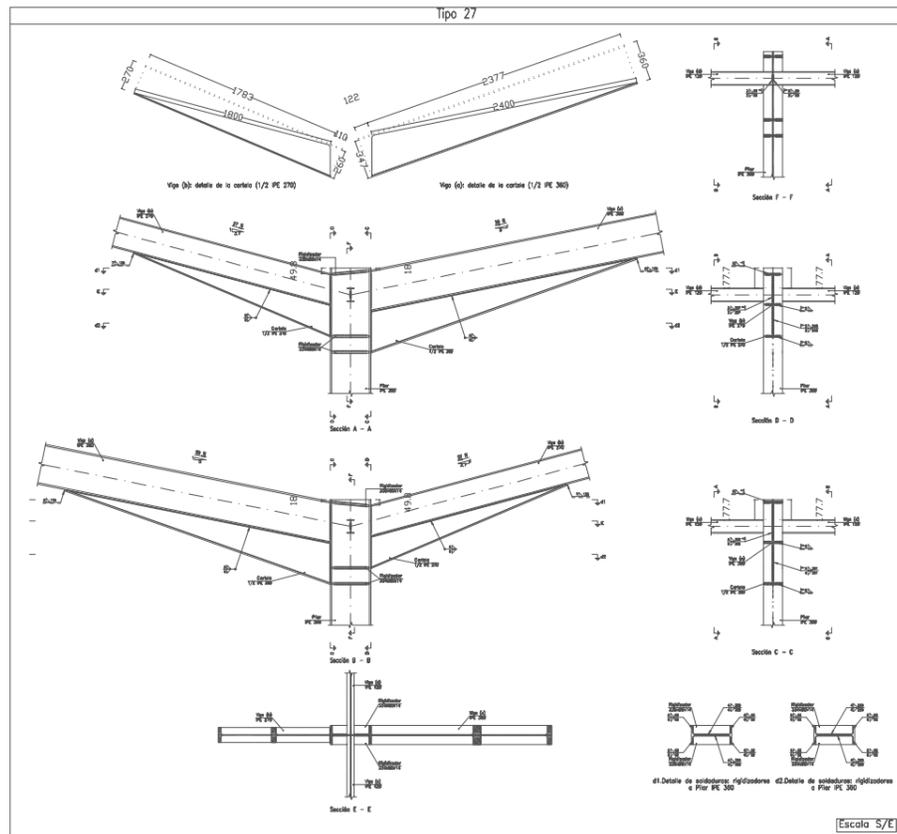
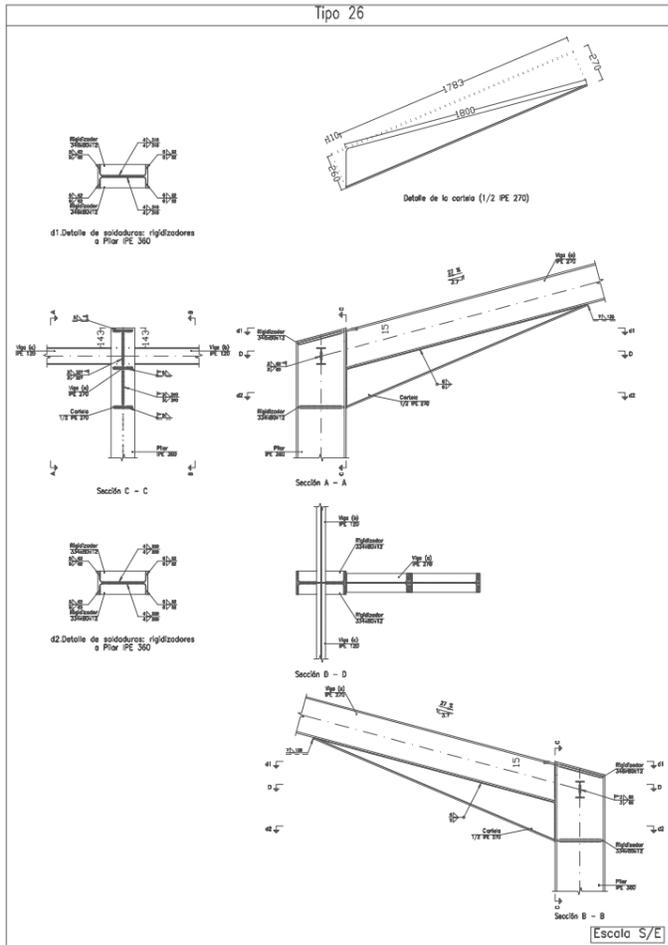
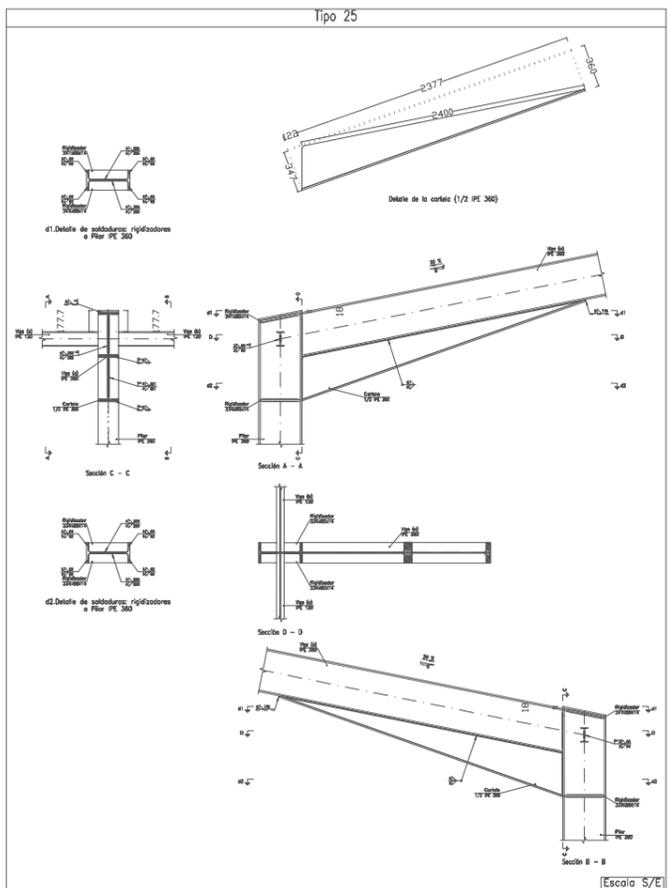
Proyecto:
Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

Plano: Pórtico interior alineaciones 6 y 8 I
Autor: Alejandro Torres Castells

Fecha: Julio 2020
Escala: Varias
Nº Plano: 18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|---|------------|------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γMO | γM1 |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ² | γMO = 1,05 | γM1 = 1,05 |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm ² | γMO = 1,05 | γM1 = 1,05 |

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto:
 Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

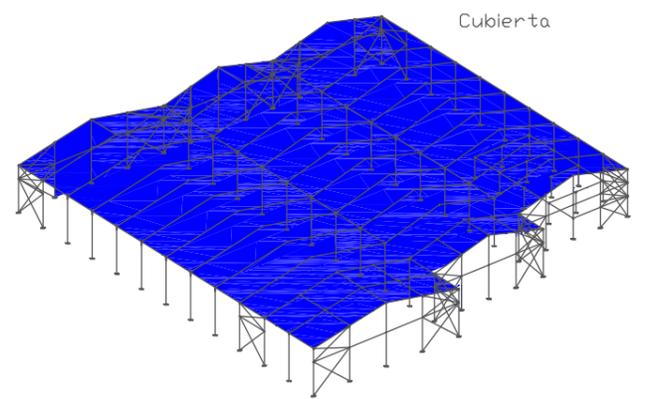
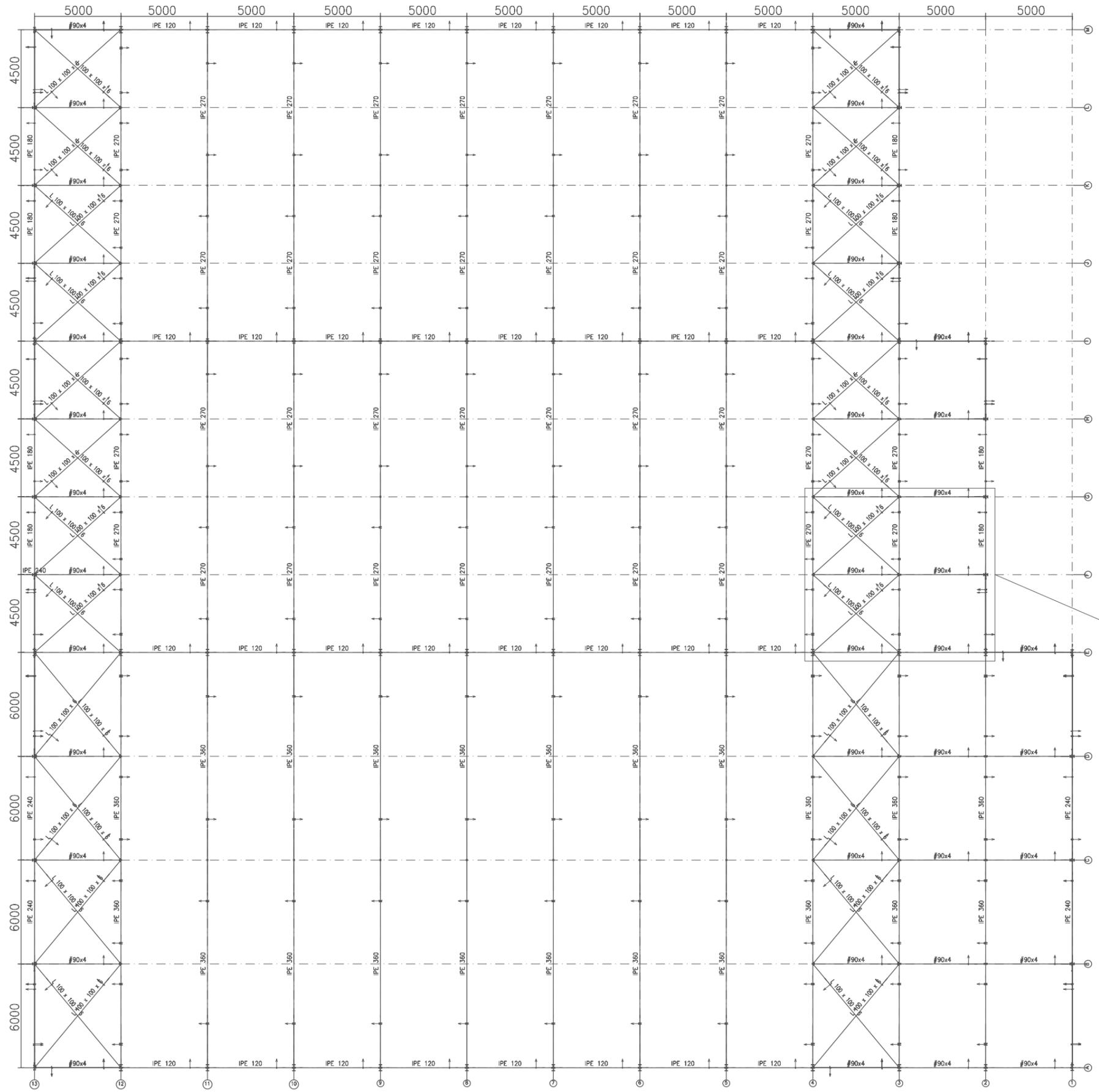
Plano: Pórtico interior alineaciones 6 y 8 II

Autor:
 Alejandro Torres Castells

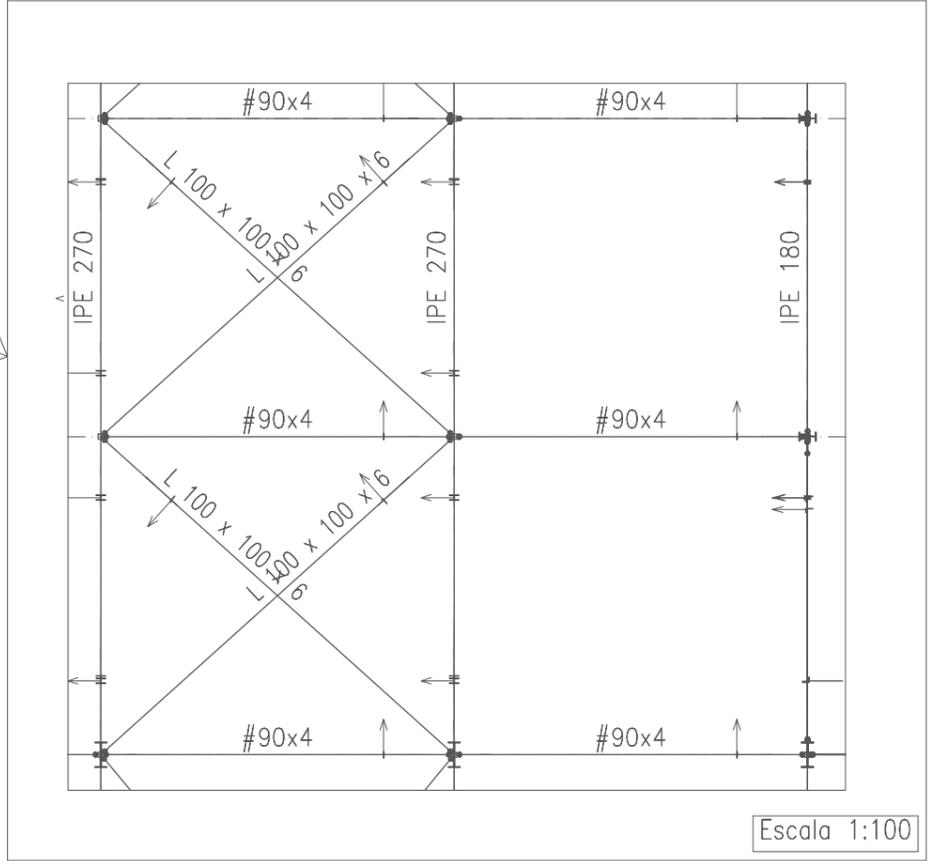
Fecha:
 Julio 2020

Escala:
 S/E

Nº Plano:
 19



Nota: las cotas están en milímetros



| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|---|----------------------|----------------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γ_{M0} | γ_{M1} |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

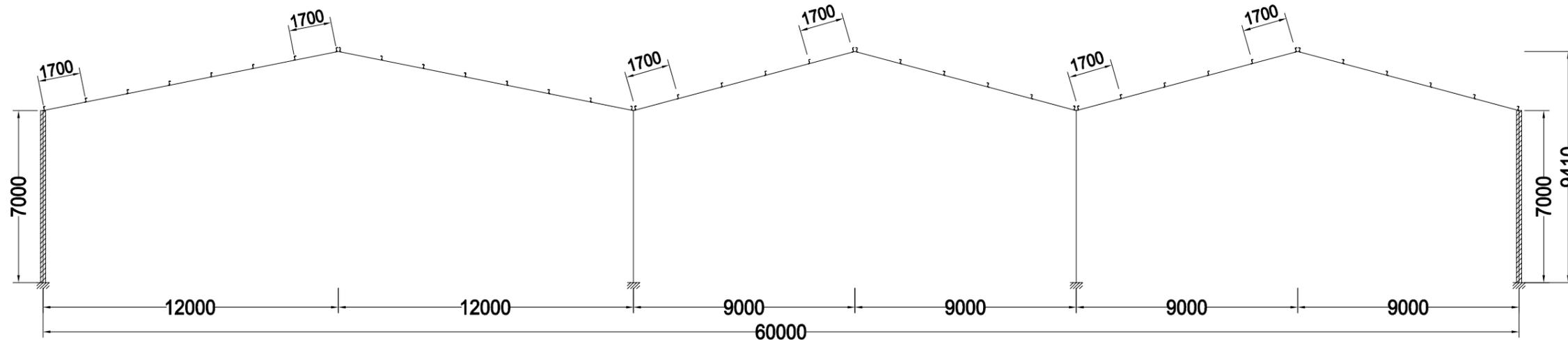
Proyecto:
 Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

Plano: **Cubierta**
 Autor: **Alejandro Torres Castells**

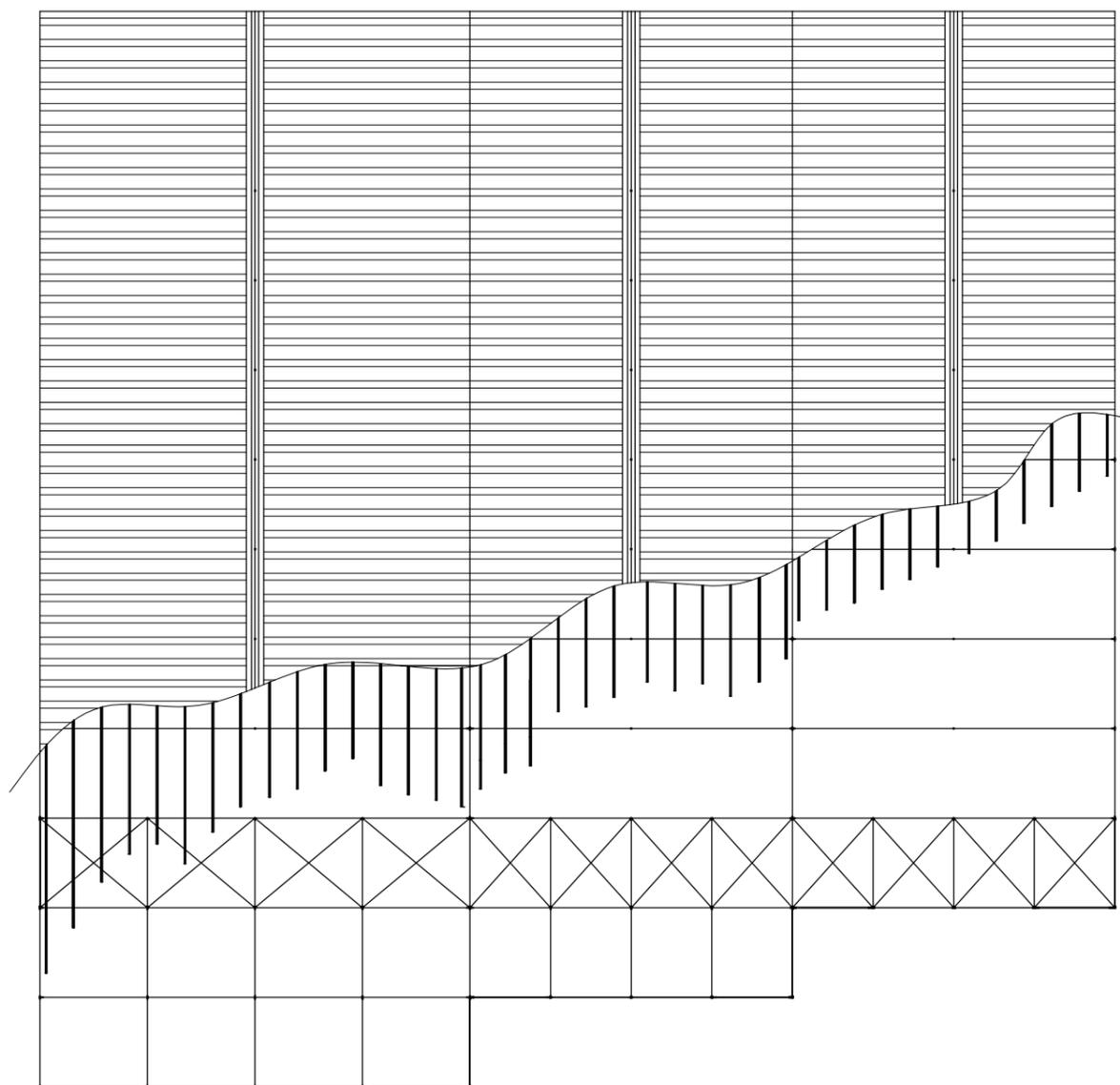
Fecha: **Julio 2020**
 Escala: **Varias**
 Nº Plano: **20**

Escala 1:200

Nota: las cotas están en milímetros

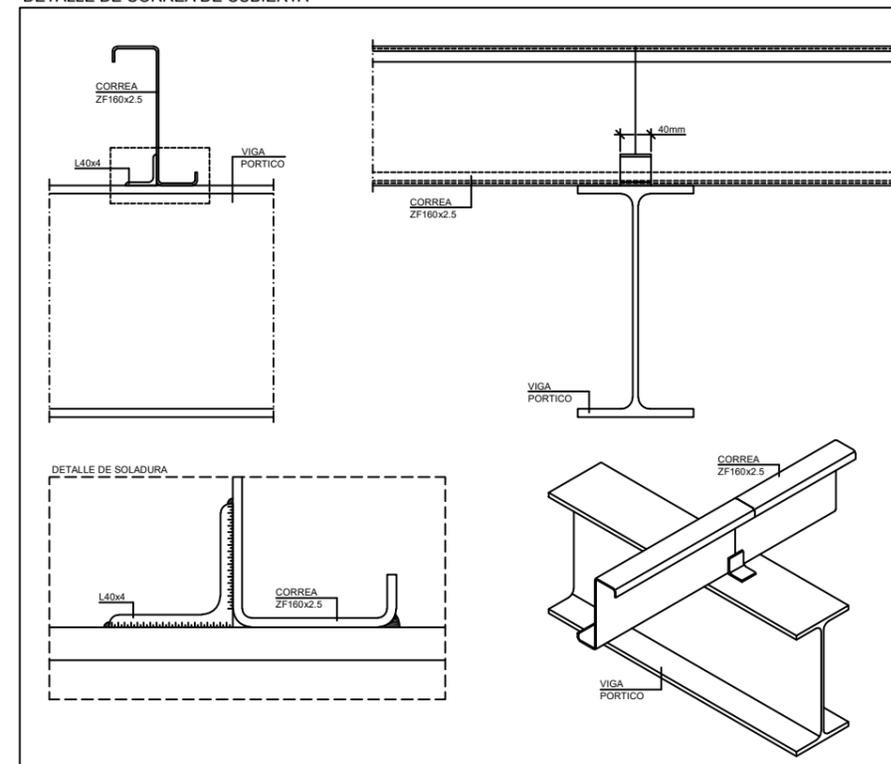


Escala S/E



Separación entre pórticos (m): 5.00
 Correas en cubiertas
 Tipo de Acero: S235
 Tipo de perfil: ZF-160x2.5
 Separación: 1.70 m.
 Número de correas: 40
 Peso lineal: 230.33 kg/m

DETALLE DE CORREA DE CUBIERTA



| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|---|----------------------|----------------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γ_{M0} | γ_{M1} |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto:
 Diseño y cálculo de la estructura portante y verificación de la resistencia frente al fuego de un edificio industrial destinado al almacenamiento de material eléctrico para instalaciones fotovoltaicas, con una superficie de 3360 m², situado en Alcàsser (Valencia).

Plano: **Correas de cubierta**

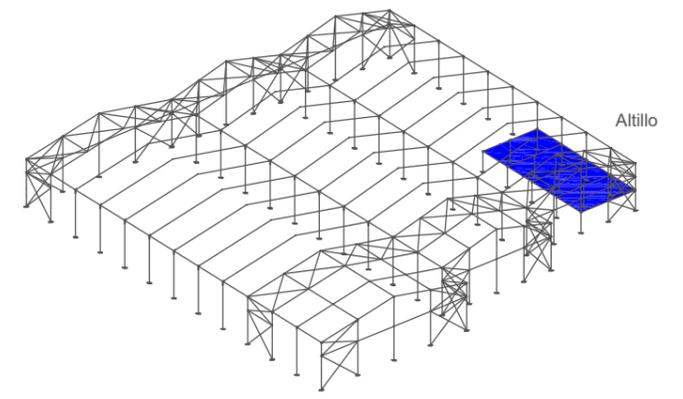
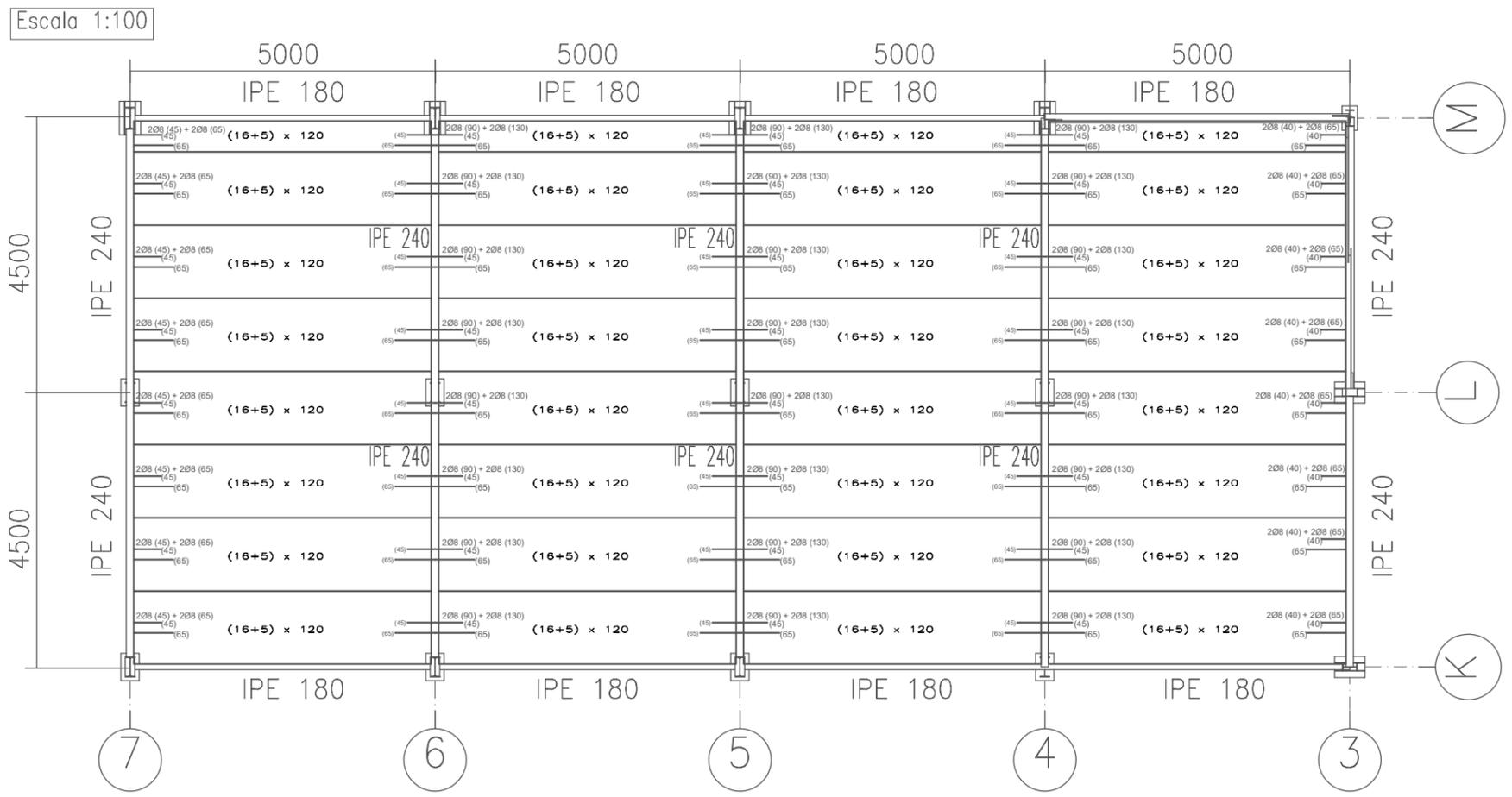
Autor:
Alejandro Torres Castells

Fecha:
Julio 2020

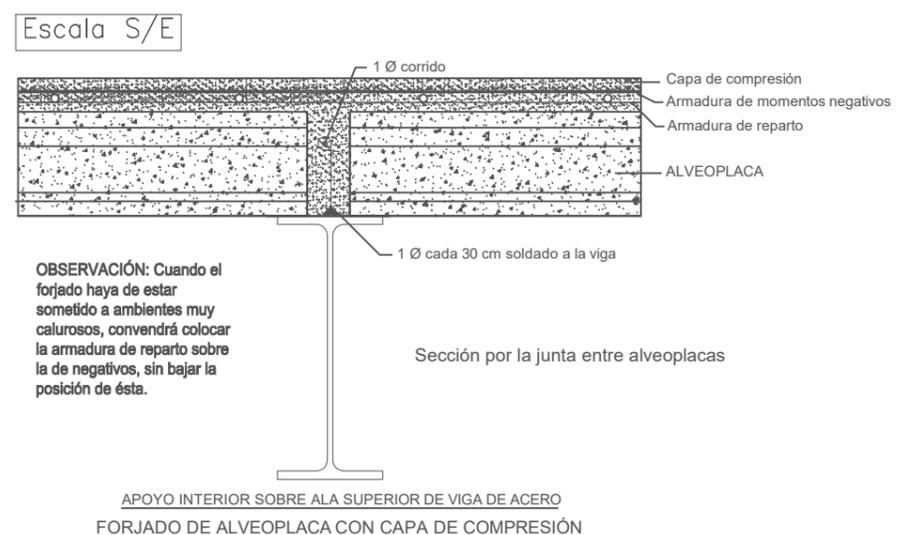
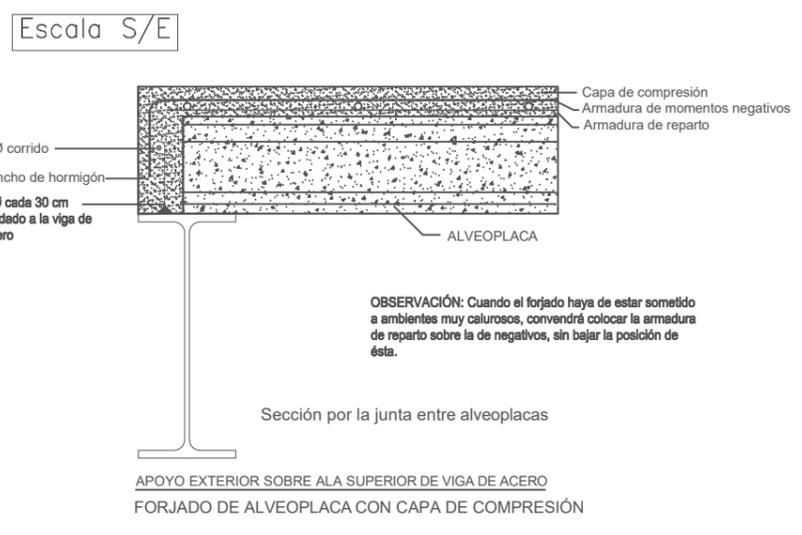
Escala:
Varias

Nº Plano:

21



Nota: las cotas del alttillo están en milímetros. En el armado de negativos se expresan en centímetros las longitudes de las barras y diámetros



Canto total del forjado: 21 cm
 Espesor de la capa de compresión: 5 cm
 Ancho de la placa: 1200 mm
 Hormigón de la placa: HP-45 $\gamma_c=1.4$
 Hormigón de la capa y juntas: HA-25/B/30/IIa $\gamma_c=1.5$
 Mallazo de reparto ME 200x200 Ø8-8 6000 x 2200 B500SD EN 10080
 Acero de negativos: B500SD $\gamma_s=1.15$
 Peso propio: 3,49 kN/m²

| CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA | | |
|---|----------------------|----------------------|
| ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo IV) | γ_{M0} | γ_{M1} |
| Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |
| Perfiles conformados en frío S 235 - L.E. 235 N/mm ² | $\gamma_{M0} = 1,05$ | $\gamma_{M1} = 1,05$ |