



**Universidad
Zaragoza**

Proyecto de Módulo 1

*–Construcciones e instalaciones industriales–
Anejo de Estructuras
Nave Metálica con Puente Grúa Doble de 80 t*

Grupo

1

Autor

Raúl Enrique Vásquez Aguedo

Titulación

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

2025

Índice

1. Objeto del anejo.....	5
2. Normativa de aplicación	5
3. Materiales y coeficientes de seguridad	6
4. Criterios de aceptación	6
5. Descripción del modelo estructural	9
6. Acciones y coeficientes de seguridad	11
6.1. Acciones permanentes	11
6.1.1. Peso propio	11
6.1.2. Cargas muertas	12
6.1.3. Acción del terreno	12
6.2. Acciones variables	12
6.2.1. Sobrecarga de uso / mantenimiento.....	12
6.2.2. Viento	13
6.2.2.1. Cargas de viento aplicadas (muros y cubierta).....	13
6.2.2.2. Parámetros de viento	14
6.2.2.3. Velocidad básica del viento	14
6.2.3. Nieve.....	14
6.2.3.1. Cubierta cargada.....	14
6.2.3.2. Resultados de la carga de nieve.....	15
6.2.4. Puente grúa	15
6.2.5. Acciones accidentales.....	16
6.2.5.1. Acción sísmica.....	16
6.3. Coeficientes de seguridad.....	16
7. Combinaciones de acciones	16
7.1. Estados Límite Últimos (ELU).....	17
7.1.1. Exclusiones/ no simultaneidad.	17
7.2. Estados Límite de Servicio (ELS)	18
7.3. Coeficientes de combinación (ψ) adoptados	18
8. Durabilidad y resistencia al fuego.....	19
9. Resultados.	19
9.1. Análisis de inestabilidad global e intraslacionalidad de la estructura	19
9.2. Longitudes eficaces	21
9.3. Verificación de elementos estructurales	21

9.3.1.	Aprovechamiento de perfiles.....	21
9.3.2.	Verificación de desplazamientos horizontales debidos al puente grúa (ELS) 24	
9.3.2.1.	Desplazamiento horizontal de los pilares (δh , pilar).....	24
9.3.2.2.	Diferencia horizontal entre pilares adyacentes ($\Delta \delta h$).....	25
9.3.3.	Diseño y verificación de la correa lateral	26
9.3.3.1.	Carga permanente del cerramiento (panel).....	26
9.3.3.2.	Carga de viento	27
9.3.3.3.	Casos de carga y combinaciones.	28
9.3.3.4.	Aprovechamiento de correa.....	28
10.	Conclusiones.....	29
ANEXO I.	Reacciones de cimentación.....	30
ANEXO II.	Estimación de cargas sobre el cerramiento de cubierta.....	37
ANEXO III.	Cálculo de las reacciones por rueda del puente grúa a la nave....	39
ANEXO IV.	Fichas técnicas de los paneles de cerramiento y cubierta	43
ANEXO V.	Plano de Reacciones	49
ANEXO VI.	Planos.....	51

Índice de figuras

Figura. 1	Nave metálica grupo 1.	5
Figura. 2	Desplazamiento horizontal máximo de pilar a nivel de viga carril.....	7
Figura. 3	Diferencia de desplazamiento entre apoyos.....	8
Figura. 4	Deformación horizontal de la viga carril.	8
Figura. 5	Planta cubierta Nave Metálica grupo 1.	9
Figura. 6	Elevación eje 1 Nave Metálica grupo 1.	10
Figura. 7	Elevación eje 7 Nave Metálica grupo 7.	10
Figura. 8	Elevación ejes 2- 3- 4- 5- 6 Nave Metálica grupo 1.	10
Figura. 9	Muros verticales con cubierta a dos aguas y zonas de carga de viento.....	13
Figura. 10	Tren de cargas aplicada a las vigas carrileras.	15
Figura. 11	Método empleado en RFEM 6.	20
Figura. 12	Nave metálica - utilización de perfiles.....	22
Figura. 13	Desplazamiento horizontal máximo de pilares a nivel de vigas carril.....	24
Figura. 14	Diferencia entre desplazamientos horizontales entre pilares adyacentes.....	25
Figura. 15	Perfil C 225/75/205/4/21/C CEBRAU-225X2.5	26
Figura. 16	Dimensiones, pesos y características térmicas, perfil PF1_80M	26
Figura. 17	Casos de carga y combinaciones, correa lateral.....	28
Figura. 18	Distancia entre correas de cubierta.	38
Figura. 19	Esquema de cargas sobre el puente grúa en la posición más desfavorable..	40
Figura. 20	Distribución de cargas del puente grúa sobre la estructura de la nave (por rueda).....	42

Índice de tablas

Tabla 1	Propiedades de aceros considerados en el cálculo.	6
Tabla 2	Coeficientes de seguridad aplicables a materiales.....	6
Tabla 3	Superficies consideradas en la acción del viento.	13
Tabla 4	Parámetros generales del viento	14
Tabla 5	Velocidad y presión del viento.....	14
Tabla 6	Cubiertas consideradas en la acción de nieve.....	14
Tabla 7	Parámetros generales de nieve.....	14
Tabla 8	Resultados de la carga de nieve en cubierta.	15
Tabla 9	Resumen de fuerzas de cálculo por rueda (kN).....	15
Tabla 10	Coeficientes de seguridad.....	16
Tabla 11	Coeficientes de combinación ψ	18
Tabla 12	Factores de carga crítica (análisis de estabilidad global).	20
Tabla 13	Utilización máxima en perfiles característicos.....	23
Tabla 14	Utilización máxima, correa lateral.	29
Tabla 15	Sobrecarga de panel biapoyados.	38
Tabla 16	Peso del carro de traslación.	39
Tabla 17	Peso de la estructura principal del puente.	39
Tabla 18	Valores de aceleración horizontal utilizados.....	41

1. Objeto del anejo

El presente Anejo de Estructuras tiene por objeto definir, justificar y dimensionar la solución estructural de la nave industrial correspondiente al **Grupo 1**, destinada a actividades de fabricación y manipulación de productos siderúrgicos. La instalación contempla la incorporación de un **punto grúa doble de 80 toneladas** en el interior de la nave, requerido para el proceso productivo y el movimiento de cargas pesadas.

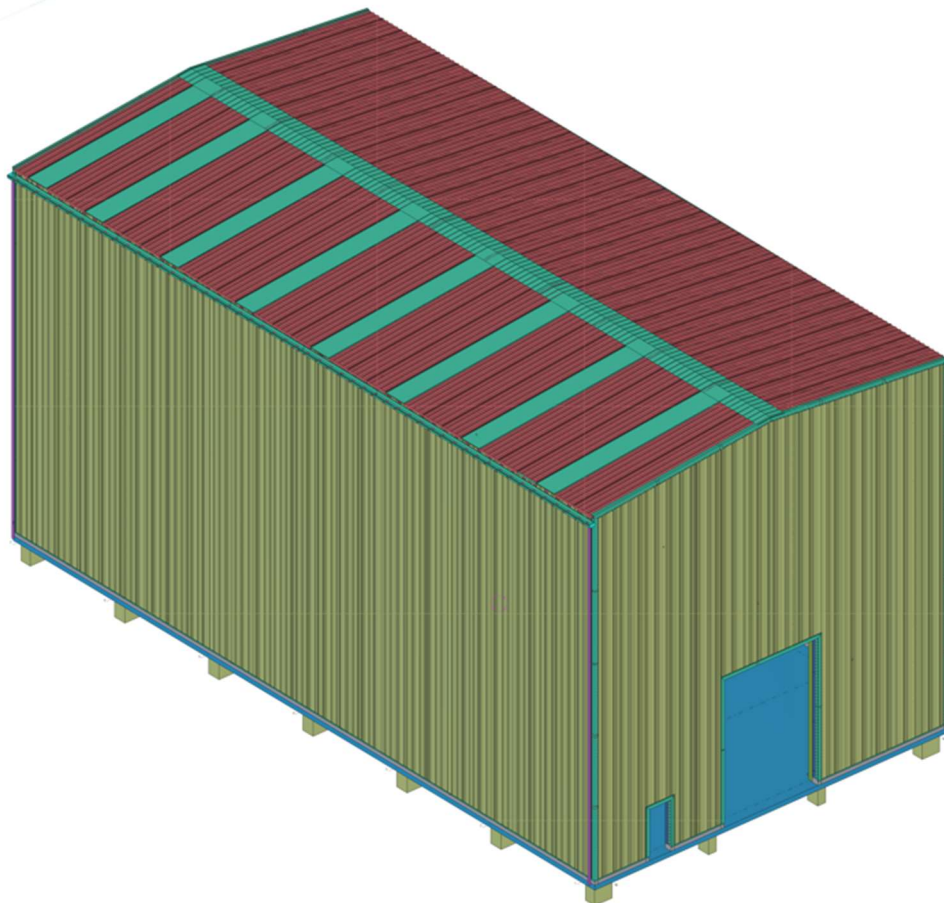


Figura. 1 Nave metálica grupo 1.

2. Normativa de aplicación

Código Técnico de la Edificación (CTE)

EN 1990: Bases de diseño estructural.

EN 1991: Acciones en estructuras.

EN 1993: Diseño de estructuras de acero.

EN 1993-6: Crane supporting structures. Utilizada para el dimensionamiento de las vigas carril y pilares afectados por la carga del puente grúa.

3. Materiales y coeficientes de seguridad

Para el diseño y cálculo de la estructura de la nave se ha empleado **acero estructural al carbono S275JR** en los elementos portantes, incluyendo pilares, vigas, correas de cubierta, cerchas y arriostramientos. Para las correas de fachada se han utilizado **perfiles conformados en frío tipo C de acero S235**.

En la **Tabla 1** se recogen las propiedades principales de los aceros estructurales considerados en el modelo de cálculo.

Propiedad	Símbolo	S275JR	S235
Módulo de elasticidad (MPa)	E	210 000	210 000
Coefficiente de Poisson	ν	0,30	0,30
Límite elástico ($t \leq 16$ mm) (MPa)	f_y	275	235
Resistencia última (MPa)	f_u	410	360

Tabla 1 Propiedades de aceros considerados en el cálculo.

En la **Tabla 2** se muestran los coeficientes de minoración de resistencia en los aceros estructurales considerados en el modelo de cálculo.

ELU	Símbolo	Valor
Coefficiente parcial para la resistencia de secciones	γ_{M0}	1.05
Coefficiente parcial para la resistencia frente al fallo de estabilidad	γ_{M1}	1.05
Coefficiente parcial para la resistencia a la fractura por tracción	γ_{M2}	1.25

Tabla 2 Coeficientes de seguridad aplicables a materiales.

4. Criterios de aceptación

Con carácter general, todos los elementos estructurales deberán cumplir los **estados límite últimos (ELU)** y los **estados límite de servicio (ELS)** definidos en los códigos y estándares aplicables.

Para los **elementos estructurales generales** (pórticos, vigas principales, cerchas, correas y arriostramientos no directamente relacionados con la rodadura del puente grúa), se adopta un **límite de flecha en servicio**:

$$\delta \leq \frac{L}{300}$$

donde L es la luz del elemento considerado.

Criterios específicos para elementos del puente grúa

Dado que el puente grúa impone **exigencias adicionales de servicio**, se aplican criterios más restrictivos en los elementos directamente implicados en su soporte y funcionamiento, de acuerdo con la **EN 1993-6**.

- **Pilares que soportan la viga carril**

El desplazamiento horizontal máximo admisible del pilar en dicho nivel se limita a:

$$\delta_y \leq \frac{h_c}{400}$$

donde h_c es la altura desde la base del pilar hasta el nivel de apoyo del carril.

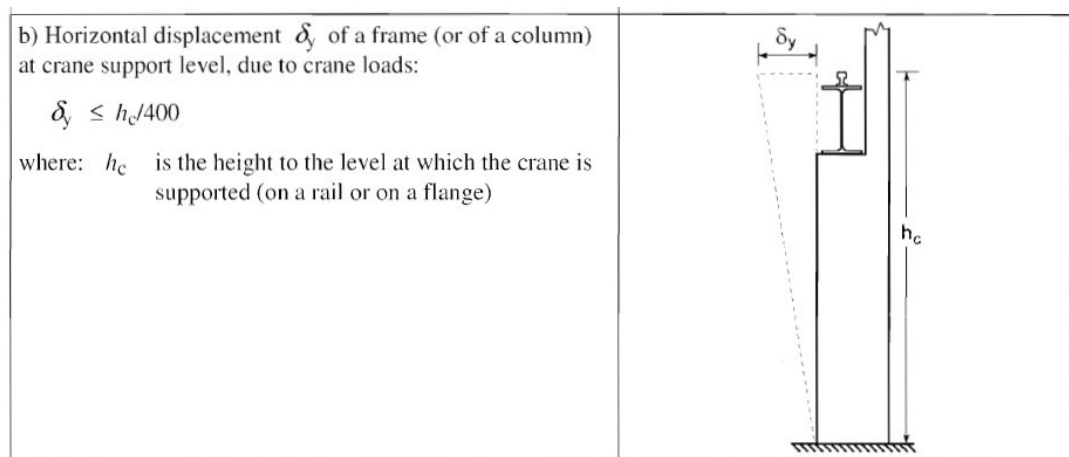


Figura. 2 Desplazamiento horizontal máximo de pilar a nivel de viga carril.

Este criterio garantiza que los desplazamientos laterales no comprometan la alineación de la vía de rodadura ni generen acciones adicionales no previstas en el sistema de traslación del puente grúa.

- **Vigas carrileras**

De acuerdo con la **EN 1993-6 (Crane supporting structures)**, la flecha admisible de la viga carril se limita, como criterio normativo, a:

$$\delta \leq \frac{L}{600}$$

No obstante, en el presente proyecto se adopta un **criterio más restrictivo**, estableciendo como límite de aceptación:

$$\delta \leq \frac{L}{1000}$$

Este criterio más exigente se justifica por tratarse de un **elemento de rodadura** sometido a **cargas elevadas y repetitivas**

- **Diferencias de desplazamiento entre apoyos**

Asimismo, se controla la **diferencia de desplazamientos horizontales** entre pilares o pórticos adyacentes que soportan las vigas carrileras:

$$\delta_y \leq \frac{L}{600}$$

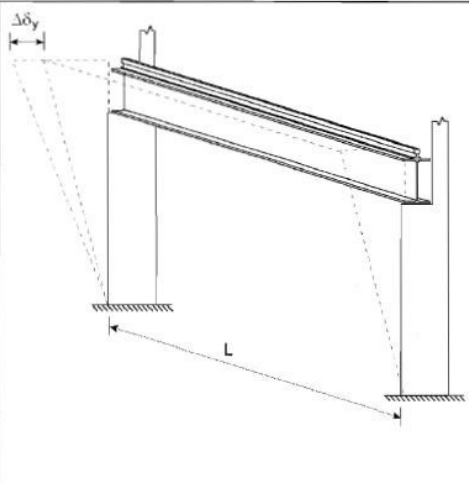
c) Difference $\Delta\delta_y$ between the horizontal displacements of adjacent frames (or columns) supporting the beams of an indoor crane runway: $\Delta\delta_y \leq L/600$	
d) Difference $\Delta\delta_y$ between the horizontal displacements of adjacent columns (or frames) supporting the beams of an outdoor crane runway: - due to the combination of lateral crane forces and the in-service wind load: $\Delta\delta_y \leq L/600$ - due to the out-of-service wind load $\Delta\delta_y \leq L/400$	

Figura. 3 Diferencia de desplazamiento entre apoyos.

- **Deformación horizontal de la viga carril (nivel de carril).**

El **límite normativo** establecido para dicha deformación horizontal es:

$$\delta_y \leq \frac{L}{600}$$

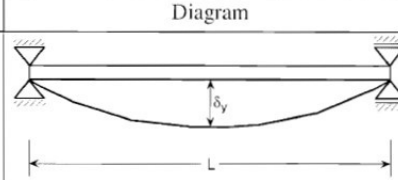
Description of deflection (deformation or displacement)	Diagram
a) Horizontal deformation δ_y of a runway beam, measured at the level of the top of the crane rail: $\delta_y \leq L/600$	

Figura. 4 Deformación horizontal de la viga carril.

5. Descripción del modelo estructural

La nave industrial correspondiente al **Grupo 1** se resuelve mediante una **estructura metálica de pórticos rígidos transversales**, cerchas en los ejes centrales, vigas en los ejes hastiales y correas laminadas de cubierta. La pendiente de 10%, garantiza la correcta evacuación de aguas y la adecuada instalación de los paneles sándwich.

La nave presenta las siguientes dimensiones características:

- **Longitud total:** 30 m
- **Luz de pórtico:** 15 m
- **Separación entre pórticos:** 5 m (6 inter ejes más pórticos hastiales)
- **Altura libre requerida:** 10 m bajo gancho del puente grúa
- **Altura a cumbre:** 15,777 m (según pendiente de cubierta y geometría de la cercha)

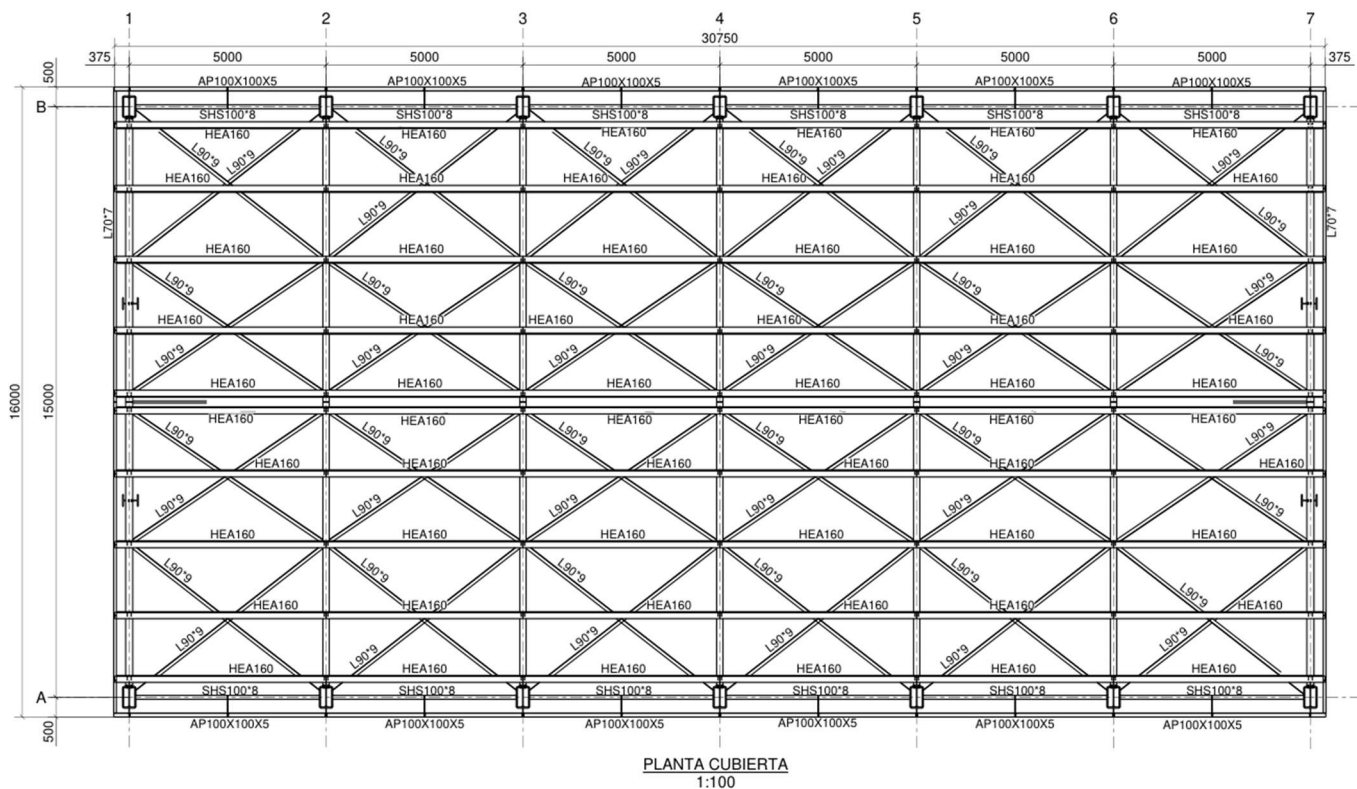


Figura. 5 Planta cubierta Nave Metálica grupo 1.

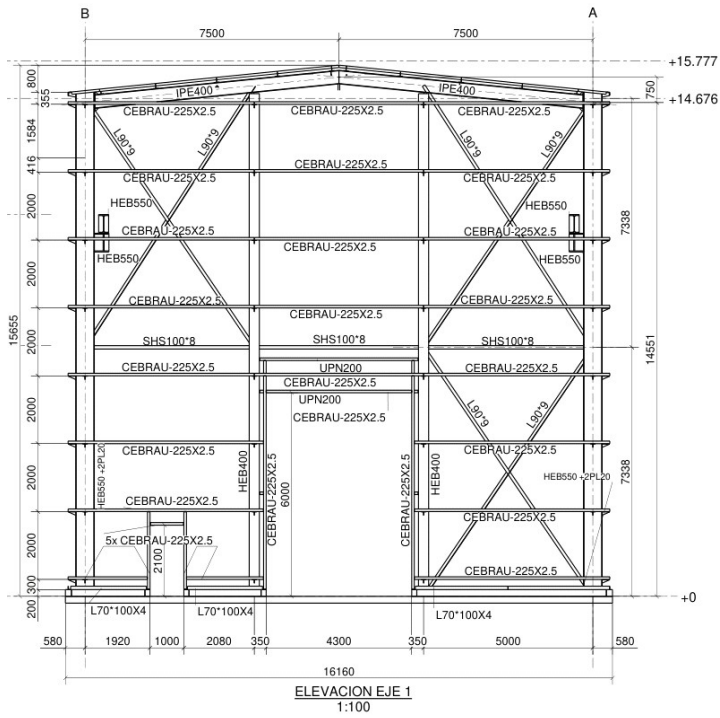


Figura. 6 Elevación eje 1 Nave Metálica grupo 1.

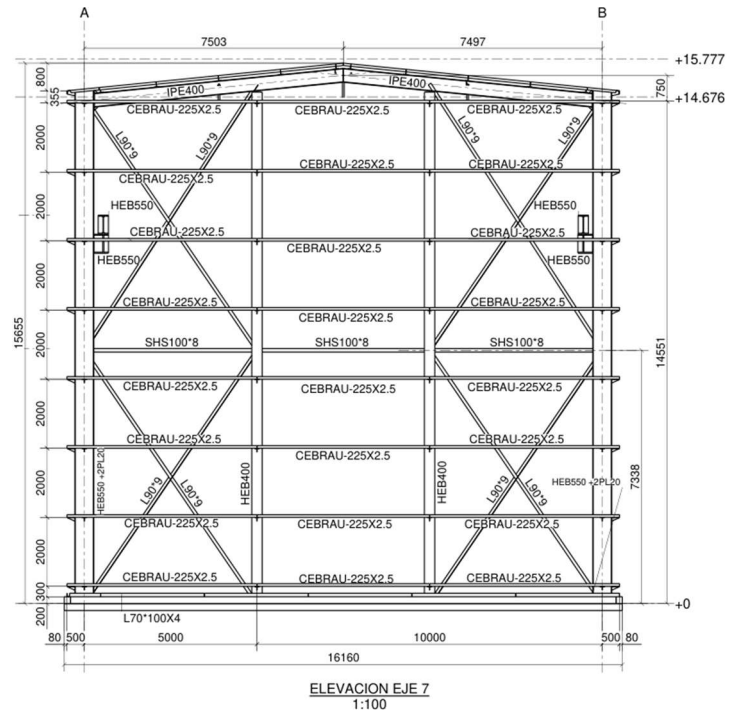


Figura. 7 Elevación eje 7 Nave Metálica grupo 7.

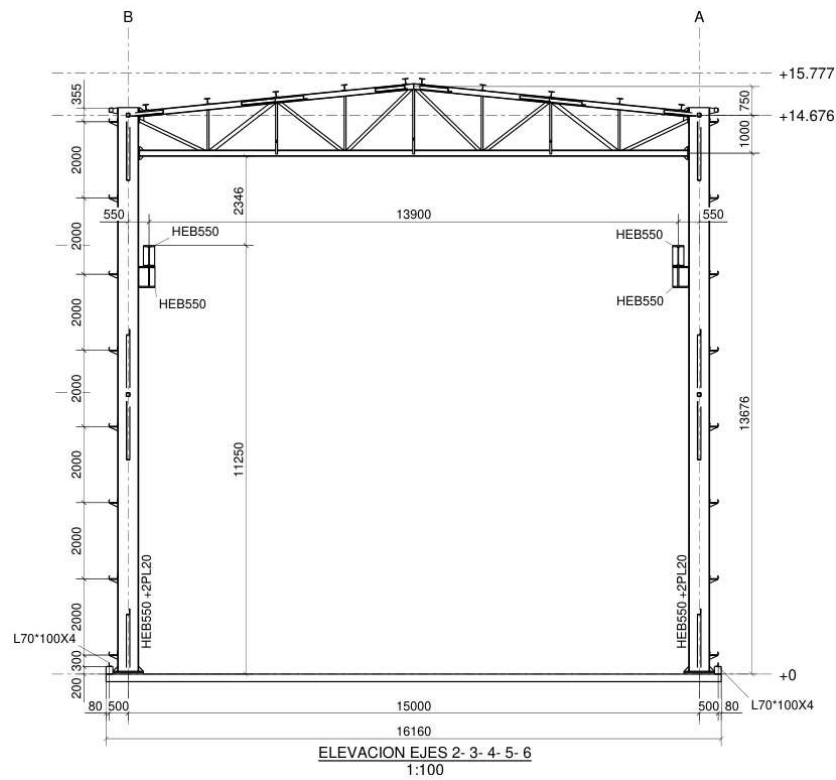


Figura. 8 Elevación ejes 2- 3- 4- 5- 6 Nave Metálica grupo 1.

6. Acciones y coeficientes de seguridad

Las acciones consideradas en el dimensionamiento de la estructura metálica de la nave del **Grupo 1** se indican a continuación, siguiendo la clasificación del **CTE DB-SE, DB-SE-AE y EN 1993-6**.

Clasificación de acciones

Acciones permanentes:

- Peso propio.
- Cargas muertas.
- Acción del terreno (no aplicable en este proyecto).

Acciones variables:

- Sobrecarga de uso / mantenimiento.
- Viento.
- Nieve.
- Puente grúa.

Acciones accidentales:

- Acción sísmica.

6.1. Acciones permanentes

6.1.1. Peso propio

Se considera el peso propio de todos los elementos estructurales metálicos (pilares, cerchas, correas, vigas carril y arriostramientos), calculado a partir de la densidad del acero estructural:

$$\gamma_{\{acero\}} = 78,5 \frac{kN}{m^3}$$

En el modelo de cálculo realizado con **RFEM 6**, se activa la opción de **peso propio automático** para las barras de acero **S275JR**.

6.1.2. Cargas muertas

Incluyen el peso de los elementos de cerramiento y otros elementos no estructurales permanentes:

- **Panel sándwich de 80mm en cubierta: 0,20 kN/m²**
- Panel sándwich de espesor 80 mm en paredes laterales más peso de correas de fachada y chapa perfile de 0.6mm para remates y canaleta pluvial.
- **Panel sándwich de 80mm en fachada: 0,30 kN/m²**

Carga permanente aproximada: **0,30 kN/m²**, aplicada sobre la proyección horizontal correspondiente.

A efectos de cálculo se considera que **toda la superficie de cubierta** está cargada con panel sándwich de 80 mm, lo cual resulta **ligeramente conservador** en las zonas donde se dispone policarbonato (de peso inferior).

6.1.3. Acción del terreno

En este proyecto no se contemplan fosos ni muros de contención asociados a la nave, por lo que:

- No se consideran empujes de tierras ni peso de rellenos sobre elementos estructurales.

6.2. Acciones variables

6.2.1. Sobrecarga de uso / mantenimiento

La estructura metálica de la nave se ha dimensionado considerando una **sobrecarga de mantenimiento en cubierta**. Según CTE DB-SE-AE se adopta:

- **Sobrecarga de mantenimiento: 0,40 kN/m²**

Esta carga se aplica sobre la **proyección horizontal de la cubierta** y **no se combina simultáneamente** con las acciones de nieve ni viento ni puente grúa, dado que no se permite el acceso a la cubierta cuando el puente grúa está en funcionamiento.

6.2.2. Viento

La nave industrial objeto del presente proyecto se ubica en **Teruel**, dentro de la **Plataforma Logística PLATEA**. El emplazamiento presenta una **altitud de 880 m sobre el nivel del mar** y se sitúa en las coordenadas geográficas **40,373° de latitud norte** y **-1,165° de longitud oeste**, valores que se han utilizado para la determinación de las **acciones climáticas de viento y nieve** conforme al **CTE DB-SE-AE**.

Las cargas se han generado mediante el asistente de viento del programa **RFEM 6**, aplicándose sobre muros y cubierta según las zonas definidas.

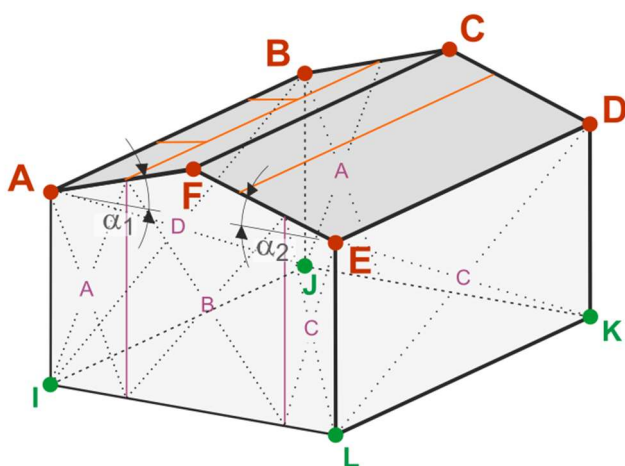


Figura. 9 Muros verticales con cubierta a dos aguas y zonas de carga de viento.

6.2.2.1. Cargas de viento aplicadas (muros y cubierta)

- Las cargas de viento se han aplicado sobre muros y cubierta conforme a la geometría real de la nave.
- Se ha considerado la acción del viento perpendicular a las fachadas principales y laterales.

Elemento	Nudos	Área [m²]	Inclinación [°]	Flecha [m]
Muro 1	124, 125, 214, 215	440,010	—	—
Muro 2	214, 215, 217, 218, 393	225,630	—	—
Muro 3	127, 217, 392, 393	440,010	—	—
Muro 4	124, 125, 127, 128, 392	225,630	—	—
Cubierta 1	125, 128, 215, 218	226,122	5,71	0,750
Cubierta 2	127, 128, 217, 218	226,122	5,71	0,750

Tabla 3 Superficies consideradas en la acción del viento.

6.2.2.2. Parámetros de viento

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Zona de carga	–	A	–
Categoría del terreno	–	II	–
Altitud del emplazamiento	A	880,00	m
Altura de la estructura	h	15,417	m
Densidad del aire	δ	1,25	kg/m ³

Tabla 4 Parámetros generales del viento

6.2.2.3. Velocidad básica del viento

Magnitud	Símbolo	Valor	Unidad
Velocidad básica del viento	$v(b)$	26,00	m/s
Factor de exposición	$c_e(h)$	3,04	–
Presión básica del viento	$q(b)$	0,42	kN/m ²
Tipo de distribución de la carga	–	Trapezoidal	–

Tabla 5 Velocidad y presión del viento.

6.2.3. Nieve

Las acciones de nieve sobre la cubierta de la nave se han evaluado conforme al **CTE DB-SE-AE**, considerando una **cubierta a dos aguas**. Las cargas se han generado mediante el asistente de nieve del programa **RFEM 6**, aplicándose sobre ambas vertientes de la cubierta.

6.2.3.1. Cubierta cargada

El factor de forma adoptado es $\mu = 1,00$ para ambas vertientes.

La carga de nieve característica se ha determinado automáticamente en función de la **zona climática y la altitud del emplazamiento**.

La distribución de la carga se ha realizado de forma **trapezoidal**, conforme al asistente normativo del programa.

Elemento	Nudos	Área [m ²]	Inclinación [°]	Flecha [m]
Cubierta 1	125, 128, 215, 218	226,122	5,71	0,750
Cubierta 2	127, 128, 217, 218	226,122	5,71	0,750

Tabla 6 Cubiertas consideradas en la acción de nieve.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Zona de carga	–	5	–
Altitud del emplazamiento	A	880,00	m
Carga de nieve característica	s_k	0,78	kN/m ²
Tipo de distribución	–	Trapezoidal	–

Tabla 7 Parámetros generales de nieve

6.2.3.2. Resultados de la carga de nieve.

Elemento	Factor de forma	Símbolo	Carga de nieve	Unidad
Cubierta 1	1,00	$\mu(\alpha_1)$	0,78	kN/m ²
Cubierta 2	1,00	$\mu(\alpha_2)$	0,78	kN/m ²

Tabla 8 Resultados de la carga de nieve en cubierta.

6.2.4. Puente grúa

Se considera las reacciones transmitidas por el puente grúa en la posición más desfavorable. Ver anexo III: Cálculo de las reacciones por rueda del puente grúa a la nave.

La siguiente tabla muestra un resumen de las cargas, Estas cargas se aplican en las ménsulas de los pilares en múltiples posiciones (ML1: 1/A...12 posiciones) y un caso de carga “Viga carril” donde se aplican las cargas del lado A en los puntos medios de las vigas carrileras.

Efecto	Lado A (kN)	Lado B (kN)
Reacción vertical V	422,55	78,13
Reacción longitudinal H_l	2,76	0,51
Reacción transversal H_t	3,56	0,00

Tabla 9 Resumen de fuerzas de cálculo por rueda (kN).

Las ruedas del puente grúa están separadas 5m.

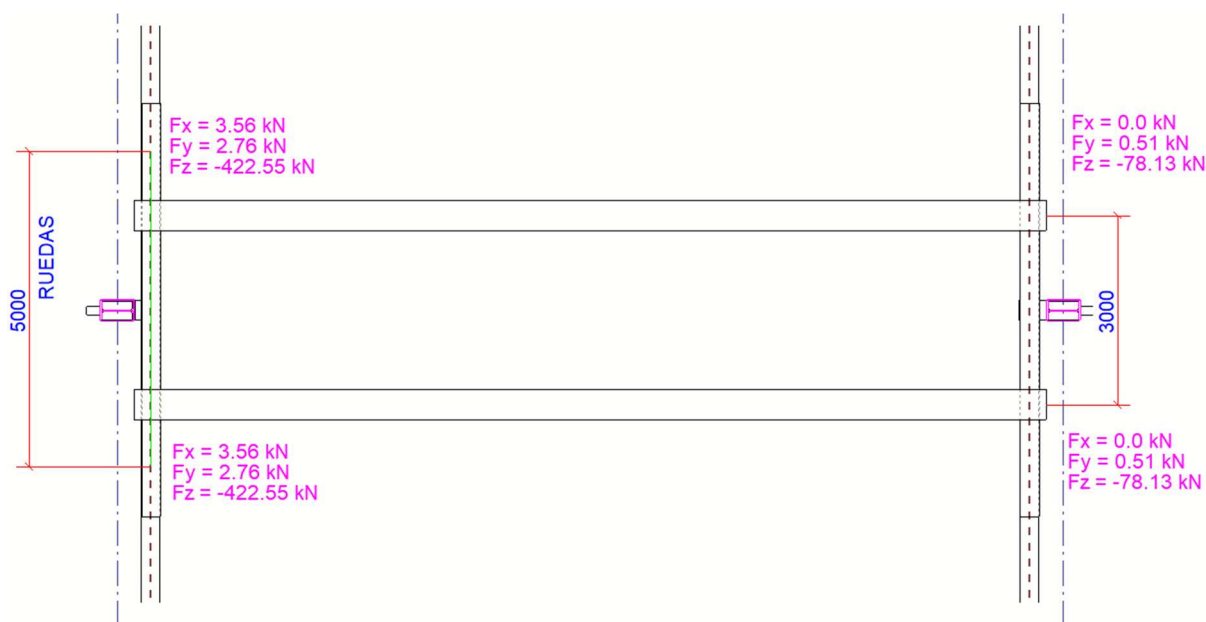


Figura. 10 Tren de cargas aplicada a las vigas carrileras.

6.2.5. Acciones accidentales

6.2.5.1. Acción sísmica

Siguiendo la **NCSE-02** y considerando la localización de la nave, la aceleración sísmica básica en la zona es inferior a **0,04 g**.

De acuerdo con los criterios de la norma, para este tipo de nave industrial y para el alcance del presente trabajo:

- No se considera necesario incluir la acción sísmica en el dimensionamiento de la estructura metálica.

6.3. Coeficientes de seguridad

Tipo de acción	Situación de proyecto	Condición	Símbolo	Valor
Acciones permanentes (G)	ELU – Persistente / Transitoria	Desfavorable	$\gamma_{G,sup}$	1,35
	ELU – Persistente / Transitoria	Favorable	$\gamma_{G,inf}$	0,80
	Situación accidental	—	γ_G	1,00
	Situación sísmica	—	γ_G	1,00
Acciones variables (Q)	ELU – Persistente / Transitoria	Dominante	γ_Q	1,50
	Situación accidental	—	γ_Q	1,00
Acciones accidentales (A)	Situación accidental	—	γ_A	1,00
Acciones sísmicas	Situación sísmica	—	γ_I	1,00

Tabla 10 Coeficientes de seguridad.

7. Combinaciones de acciones

En el modelo estructural se han definido las siguientes **acciones** coherentes con el CTE DB-SE y con la configuración del asistente de combinaciones:

- **A1 – Permanente (G):** peso propio de la estructura y cargas permanentes asociadas a la cubierta.
- **A2 – Sobrecarga de uso (Q):** cubierta categoría **G1** (pendiente $< 20^\circ$).
- **A3 – Viento (Q):** acciones de viento en diferentes direcciones/casos.
- **A4 – Nieve (Q):** nieve/hielo para **H $\leq$ 1000 m**.
- **A5 – Puente grúa (Q):** acción variable asociada al puente grúa, clasificada en el asistente como **categoría 3.E**.

En el modelo, la acción “Punto grúa” se ha discretizado mediante múltiples posiciones (ML1: 1/13 ...), de forma que el cálculo capture los efectos más desfavorables en vigas carrileras y pilares.

7.1. Estados Límite Últimos (ELU)

Para ELU (situaciones persistentes/transitorias), el criterio general de combinación adoptado es:

$$E_d = \sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

donde:

- $G_{k,j}$ son las **acciones permanentes** (A1), aplicándose el coeficiente parcial $\gamma_{G,j} = \gamma_{G,sup}$ o $\gamma_{G,inf}$ según el efecto de la acción resulte **desfavorable** o **favorable**, respectivamente.
- $Q_{k,1}$ es el **valor característico de la acción variable dominante**, que puede corresponder, según la combinación analizada, a la sobrecarga de uso, el viento, la nieve o el punto grúa (A2–A5).
- $Q_{k,i}$ son las **acciones variables concomitantes**, que se introducen mediante los coeficientes de combinación $\psi_{0,i}$.
- $\gamma_{Q,1}$ $\gamma_{Q,i}$ son los **coeficientes parciales de las acciones variables**, adoptándose en ELU el valor $\gamma_Q = 1,50$.

7.1.1. Exclusiones/ no simultaneidad.

Se han definido reglas de exclusión entre determinados casos para evitar simultaneidades que no se darán:

- La sobrecarga de uso en cubierta (CC2) no se combina ni con la acción de nieve (CC9) ni con las acciones de viento (CC3–CC8).
- Las distintas posiciones del punto grúa (CC10–CC20) se consideran mutuamente excluyentes y no se combinan con la sobrecarga de uso (CC2), al representar situaciones de carga alternativas e incompatibles entre sí.

7.2. Estados Límite de Servicio (ELS)

Para ELS se han considerado combinaciones orientadas a verificación de **deformaciones y servicio**. El criterio general es:

Combinación característica:

$$E_{d,car} = \sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Combinación frecuente:

$$E_{d,freq} = \sum G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Donde:

- $G_{k,j}$ son las **acciones permanentes**, adoptadas con su valor característico.
- $Q_{k,1}$ es el **valor característico de la acción variable dominante**, que actúa de forma independiente en cada combinación.
- $Q_{k,i}$ son las **acciones variables concomitantes**, introducidas mediante los coeficientes de combinación $\psi_{0,i}$, cuando procede según su clasificación normativa.
- $\psi_{1,1}$ es el **coeficiente de combinación asociado a la acción variable dominante**, aplicado sobre su valor característico.
- $\psi_{2,i}$ son los **coeficientes cuasi-permanentes** correspondientes a las acciones variables concomitantes.

7.3. Coeficientes de combinación (ψ) adoptados

Los coeficientes ψ utilizados en el asistente (según la clasificación elegida) son:

Acción variable	Categoría	$\psi_{0,i}$	$\psi_{1,i}$	$\psi_{2,i}$
Sobrecarga de uso (cubierta)	3.G1	0.00	0.00	0.00
Nieve ($H \leq 1000$ m)	—	0.50	0.20	0.00
Viento	—	0.60	0.20	0.00
Puente grúa	3.E	1.00	0.90	0.00

Tabla 11 Coeficientes de combinación ψ .

8. Durabilidad y resistencia al fuego

De acuerdo con el **CTE DB-SE**, la estructura de la nave se ha proyectado considerando una **vida útil de proyecto de 50 años**, correspondiente a estructuras de edificación de carácter permanente. Atendiendo a las condiciones ambientales previstas, se adopta una **clase de exposición C2**, propia de ambientes de **corrosividad baja**, lo que resulta compatible con el uso industrial previsto de la nave.

En cumplimiento de las exigencias del **CTE DB-SI**, se establece una **resistencia al fuego R 30** para los elementos estructurales portantes. Dicha resistencia se conseguirá mediante la protección pasiva contra incendios de la estructura metálica, a realizar mediante la aplicación de pintura intumescente, con espesor de película seca adaptado a la masividad de cada perfil de acero laminado recubierto, de forma que se garantice una resistencia al fuego de 30 minutos (R 30).

9. Resultados.

9.1. Análisis de inestabilidad global e intraslacionalidad de la estructura

De acuerdo con el **CTE DB-SE** y la **EN 1993-1-1 (Eurocódigo 3)**, se ha verificado la **inestabilidad global** de la estructura con el fin de determinar la necesidad de considerar efectos de segundo orden en el análisis.

Para ello, se han identificado previamente las **combinaciones ELU** que generan las **mayores solicitaciones de compresión en los pilares**, al ser estas las situaciones potencialmente más desfavorables desde el punto de vista de la estabilidad global. Sobre dichas combinaciones se ha activado el **análisis de estabilidad** del modelo estructural, obteniéndose el **factor crítico de carga α_{cr}** .

Según establece el **CTE DB-SE**, en coherencia con el Eurocódigo 3, cuando el valor del factor crítico cumple:

$$\alpha_{cr} > 10$$

la estructura puede considerarse **suficientemente rígida**, no siendo necesario tener en cuenta los efectos globales de segundo orden en el análisis estructural.

A partir de los resultados obtenidos, se ha procedido a **ajustar la rigidez global del modelo**, mediante la disposición adecuada de arriostramientos y modificación de secciones, hasta alcanzar valores del **factor crítico superiores a 10** en las combinaciones analizadas. En consecuencia, la estructura puede clasificarse como **intraslacional**, permitiendo la **omisión del análisis de segundo orden** en el cálculo global.

Los valores del factor crítico obtenidos para las combinaciones ELU consideradas se recogen en la siguiente tabla.

Combinación ELU	Expresión de combinación	α_{cr} min	Coef. amp. máx.
ELU C054	$1.35 \cdot CC1 + 1.50 \cdot CC6 + 0.75 \cdot CC9 + 1.50 \cdot CC10$	16,474	1,065
ELU C059	$1.35 \cdot CC1 + 1.50 \cdot CC6 + 0.75 \cdot CC9 + 1.50 \cdot CC15$	16,971	1,063
ELU C060	$1.35 \cdot CC1 + 1.50 \cdot CC6 + 0.75 \cdot CC9 + 1.50 \cdot CC16$	16,242	1,066
ELU C065	$1.35 \cdot CC1 + 1.50 \cdot CC6 + 0.75 \cdot CC9 + 1.50 \cdot CC21$	16,192	1,066
ELU C070	$1.35 \cdot CC1 + 1.50 \cdot CC7 + 0.75 \cdot CC9 + 1.50 \cdot CC13$	15,626	1,068
ELU C072	$1.35 \cdot CC1 + 1.50 \cdot CC7 + 0.75 \cdot CC9 + 1.50 \cdot CC15$	17,205	1,062
ELU C075	$1.35 \cdot CC1 + 1.50 \cdot CC7 + 0.75 \cdot CC9 + 1.50 \cdot CC18$	16,101	1,066
ELU C079	$1.35 \cdot CC1 + 1.50 \cdot CC7 + 0.75 \cdot CC9 + 1.50 \cdot CC22$	13,837	1,078
ELU C0190	$1.35 \cdot CC1 + 0.90 \cdot CC3 + 1.50 \cdot CC9 + 1.50 \cdot CC22$	11,188	1,098
ELU C0258	$1.35 \cdot CC1 + 1.50 \cdot CC9 + 1.50 \cdot CC12$	15,542	1,069
ELU C0263	$1.35 \cdot CC1 + 1.50 \cdot CC9 + 1.50 \cdot CC17$	15,748	1,068
ELU C0268	$1.35 \cdot CC1 + 1.50 \cdot CC9 + 1.50 \cdot CC22$	12,787	1,085

Tabla 12 Factores de carga crítica (análisis de estabilidad global).

En consecuencia, se han despreciado los efectos globales de segundo orden y se ha adoptado un análisis de primer orden, conforme al **CTE DB-SE** y a la **EN 1993-1-1**.

➔ Method C

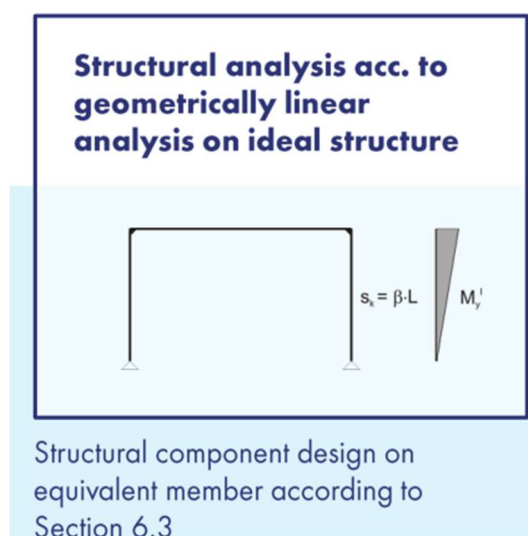


Figura. 11 Método empleado en RFEM 6.

9.2. Longitudes eficaces

Para los **pilares de los pórticos interiores**, se ha considerado un **empotramiento en la base** y una **conexión rígida en cabeza** con las cerchas y vigas hastiales. En estas condiciones, y atendiendo a la continuidad y rigidez del sistema, se ha adoptado un **coeficiente de longitud eficaz** $\beta = 0,8$.

En el caso de los **pilares hastiales**, se ha considerado un **empotramiento en la base** y una **articulación en cabeza** en la conexión con la viga hastial, adoptándose un **coeficiente** $\beta = 1,0$.

Con objeto de **reducir la longitud eficaz en el eje débil de los pilares**, se han dispuesto **vigas intermedias a media altura** en toda la nave, impidiendo el desplazamiento lateral en dicho plano y reduciendo la longitud eficaz correspondiente.

De forma análoga, se ha asegurado el arriostramiento de las **cerchas**, vinculando el **cordón superior** en los puntos de intersección con las vigas de la cubierta y disponiendo **vigas de atado en el cordón inferior** que conectan los nudos inferiores, dividiéndolo en **cuatro tramos**. Para los **cordones de las cerchas** y las **vigas hastiales** se ha adoptado un **coeficiente de longitud eficaz** $\beta = 1,0$.

9.3. Verificación de elementos estructurales

9.3.1. Aprovechamiento de perfiles

A continuación, se muestra el grado de aprovechamiento de los perfiles. Para mayor clarificación solo se incluyen elementos con ratios de utilización mayores a 0.4.

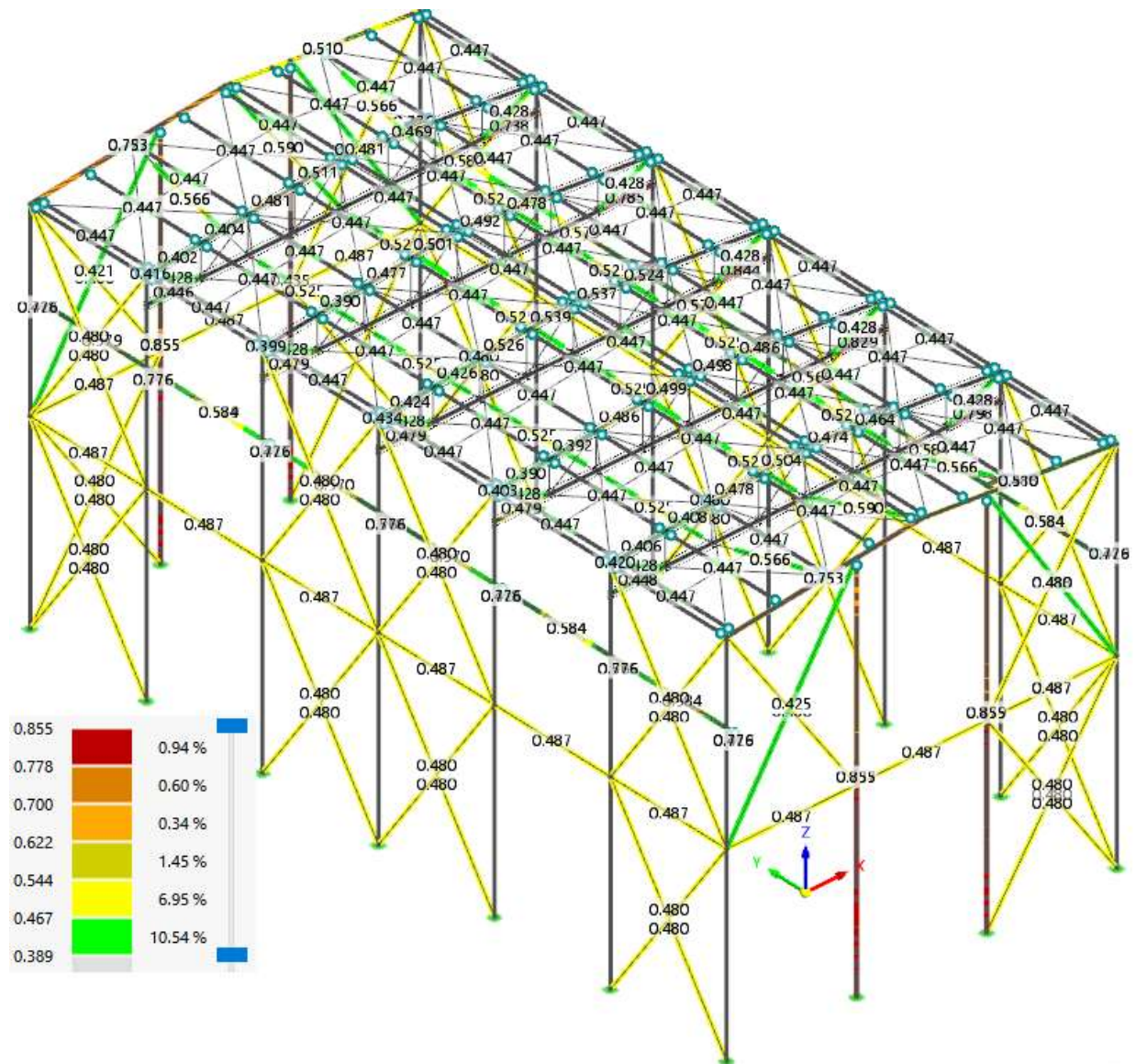


Figura. 12 Nave metálica - utilización de perfiles.

A continuación, se listan los perfiles más solicitados por su función en la nave metálica.

Barra/Conj.	Sección	Comprobación gobernante	SP	COMB.	Posición	Utilización máxima
PILAREA HASTIALES HEB400						
583	HEB400	Estabilidad Flexión y pandeo respecto a los ejes principales según EN 1993-1-1, 6.3.3	SP1	CO59	0,00	0,855
VIGAS DE LOS PÓRTICOS HASTIALES IPE400						
221	IPE 400	Estabilidad Flexión y pandeo respecto a los ejes principales según EN 1993-1-1, 6.3.3	SP1	CO15	3,919	0,753
PILARES PÓRTICOS HEB550 +2PL20						
596	I2F HEB550 B/20	Estabilidad Flexión y pandeo respecto a los ejes principales según EN 1993-1-1, 6.3.3	SP1	CO65	0,00	0,372
CORREAS DE CUBIERTA HEA160						
236	HEA160	Estado límite de servicio Flechas en dirección z	SP2	CO563	2,50	0,447
VIGAS DE AMARRE ENTRE PILARES SHS100X8						
660	SHS 100x8	Estabilidad Pandeo por flexión respecto al eje y principal según EN 1993-1-1, 6.3.1	SP1	CO133	0,00	0,487

ARRIOSTRES EN CRUZ L90X90X9						
666	L 90X90X9	Comprobación de la sección Tracción según EN 1993-1-1, 6.2.3	SP1	CO133	8,876	0,480
VIGAS DE AMARRE CORDON INFERIOR CERCHA SHS50X4						
758	SHS 50x4	Estado límite de servicio Flechas en dirección z	SP2	CO581	2,649	0,59
CORDON SUPERIOR CERCHA HEA160						
439/29	HEA160	Estabilidad Flexión y pandeo respecto a los ejes principales según EN 1993-1-1, 6.3.3	SP1	CO242	5,728	0,584
CORDON INFERIOR CERCHA HEB160						
482/23	HEB160	Estabilidad Flexión y pandeo respecto a los ejes principales según EN 1993-1-1, 6.3.3	SP1	CO18	12,90	0,844
DIAGONAL SHS80X4						
451	SHS 80X4	Comprobación de la sección Bending about y-axis, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastic design	SP1	CO181	1,163	0,428
DIAGONAL SHS100X6.3						
449	SHS100x6.3	Estabilidad Flexión y pandeo respecto a los ejes principales según EN 1993-1-1, 6.3.3	SP1	CO181	0,00	0,204
DIGAONAL SHS80X6.3						
480	SHS 80x6.3	Estabilidad Flexión y pandeo respecto a los ejes principales según EN 1993-1-1, 6.3.3	SP1	CO56	0,00	0,112
MONTANTE SHS50X4						
400	SHS 50x4	Comprobación de la sección Compresión según EN 1993-1-1, 6.2.3	SP1	CO212	0,00	0,080
VIGAS CARRILERAS HEB550						
644	HEB550	Estado límite de servicio Flechas en dirección z	SP2	CO529	2,50	0,584
Para una longitud de referencia: $L = 5,000 \text{ m} \Rightarrow w_{\text{lim},z} = \frac{5,000}{1000} = 5,0 \text{ mm}$ El modelo de cálculo proporciona una flecha total: $w_{\text{tot},z} = 2,9 \text{ mm}$ Por tanto, la verificación se expresa mediante el coeficiente de utilización: $\eta = \frac{ w_{\text{tot},z} }{w_{\text{lim},z}} = \frac{2,9}{5,0} = 0,584 \leq 1,0$						
627	HEB550	Estado límite de servicio Flechas en dirección y	SP2	CO477	2,50	0,090
Para una longitud de referencia: $L = 5,000 \text{ m} \Rightarrow w_{\text{lim},y} = \frac{5,000}{600} = 8,3 \text{ mm}$ El modelo de cálculo proporciona una flecha total: $w_{\text{tot},y} = -0,8 \text{ mm}$ Por tanto, la verificación se expresa mediante el coeficiente de utilización: $\eta = \frac{ w_{\text{tot},y} }{w_{\text{lim},y}} = \frac{0,8}{8,3} = 0,09 \leq 1,0$						

Tabla 13 Utilización máxima en perfiles característicos.

9.3.2. Verificación de desplazamientos horizontales debidos al puente grúa (ELS)

9.3.2.1. Desplazamiento horizontal de los pilares ($\delta_{h,pilar}$)

La viga carrilera está a una altura de $H = 11,25$ m. Debemos verificar que:

$$\delta_{h,pilar} \leq \frac{H}{400}$$

lo que da un desplazamiento máximo de: $\delta_{h,pilar} \leq 28,125$ mm.

Analizando el modelo con la envolvente ELS, el máximo desplazamiento es:

$$15,4 \text{ mm} \leq 28,125 \text{ mm}.$$

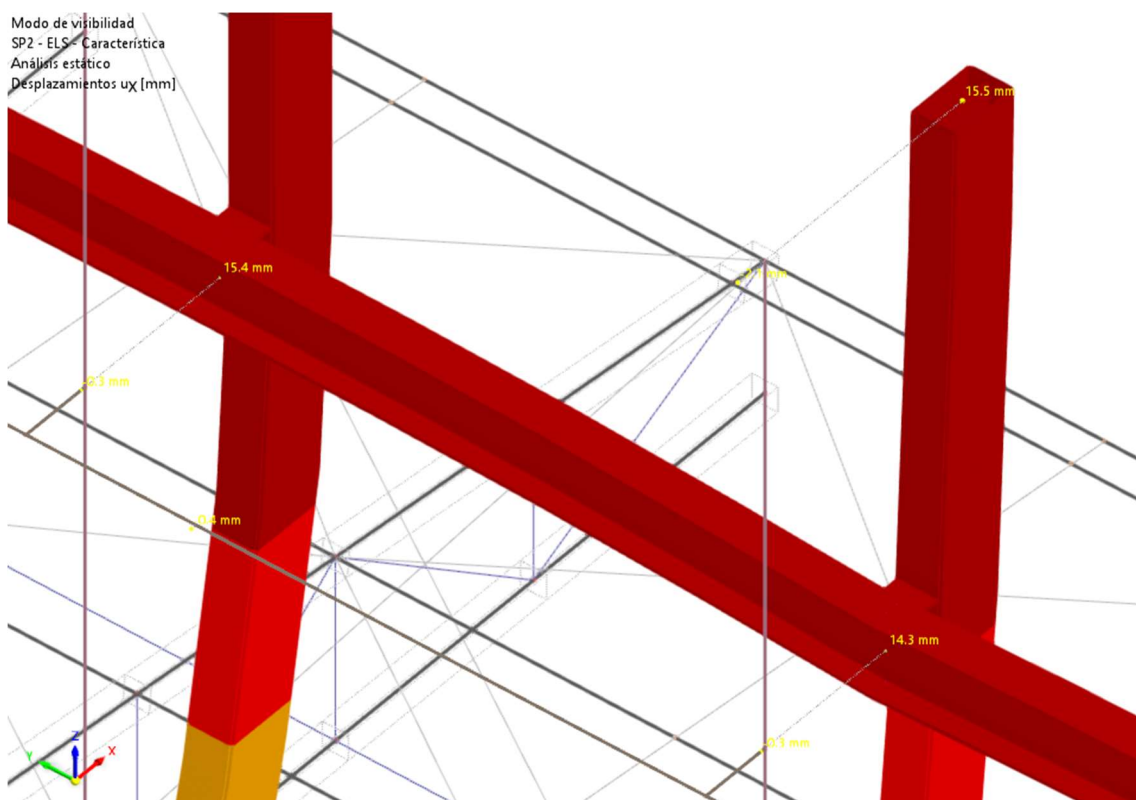


Figura. 13 Desplazamiento horizontal máximo de pilares a nivel de vigas carril.

Lo cual cumple con los criterios de aceptación.

9.3.2.2. Diferencia horizontal entre pilares adyacentes ($\Delta\delta_h$)

Adicionalmente, se comprueba la **diferencia de desplazamiento horizontal entre pilares adyacentes**:

$$\Delta\delta_h = |\delta_{h,i} - \delta_{h,i+1}|$$

Este valor debe ser menor o igual que $5000/600 = 8,33 \text{ mm}$

La mayor diferencia siempre ocurre entre los pilares externos y sus adyacentes y se da en la combinación C0516.

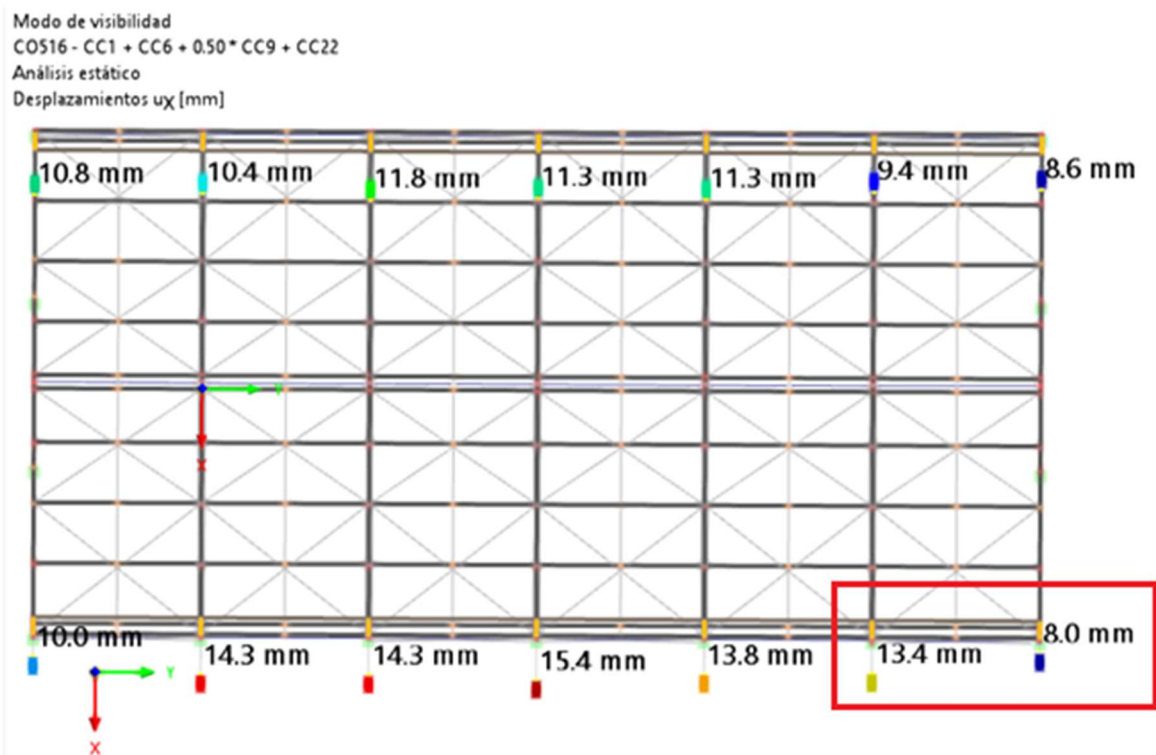


Figura. 14 Diferencia entre desplazamientos horizontales entre pilares adyacentes.

$$\Delta\delta_h = |13,4 - 8,0| = 5,4 \text{ mm.}$$

$$5,4 \text{ mm} \leq 8,33 \text{ mm.}$$

Lo cual cumple el criterio de aceptación.

9.3.3. Diseño y verificación de la correa lateral

La correa de las paredes laterales se ha diseñado en otro modelo como una viga simplemente apoyada.

Se ha empleado el perfil CEBRAU-225X2.5. Con una distancia entre correas de 2m.

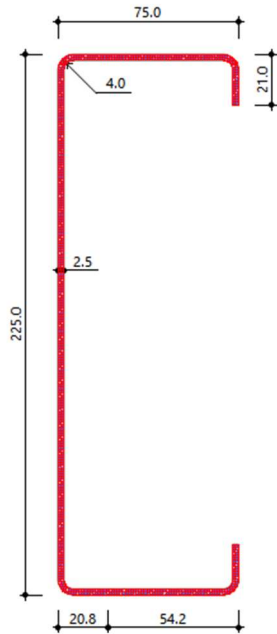


Figura. 15 Perfil C 225/75/205/4/21/C CEBRAU-225X2.5

La cobertura lateral será de panel PF1_80M de ACH el cual tiene las siguientes características:

Dimensiones, pesos y características térmicas

Espesor mm	Ancho mm	Long. máx. recomendada m	Tipo de núcleo	Peso kg/m ²	Coef. Trans. Térmica W/m ² K
80	1.150	10,00	M	17,8	0,491

Figura. 16 Dimensiones, pesos y características térmicas, perfil PF1_80M

9.3.3.1. Carga permanente del cerramiento (panel)

El panel de fachada tiene un peso de 17.8 kg/m² y las correas están separadas 2m, con lo que la carga lineal será:

$$g_k = 17,8 \cdot 9.81 = 174,6 \text{ N/m}^2$$

y la carga lineal equivalente en la correa:

$$w_G = 0,1746 \cdot 2,0 = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

9.3.3.2. Carga de viento

Los coeficientes de exposición del viento han sido calculados automáticamente por el programa de cálculo, de acuerdo con el **CTE DB-SE-AE**, a partir de la geometría efectiva del modelo estructural. Ver tabla 5.

$$q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

$$c_e = 3,04$$

La presión (o succión) de viento se obtiene mediante:

$$q_e = q_b \cdot c_e(h) \cdot c$$

donde c es el coeficiente aerodinámico adoptado para muros (signo positivo para presión y negativo para succión).

Para las correas de fachada se consideran, de forma simplificada, dos situaciones:

- **Viento “+” (presión):** $c = +0,80$
- **Viento “-” (succión):** $c = -0,50$

Con ello:

Presión (viento +):

$$q_{e,+} = 0,42 \cdot 3,04 \cdot 0,80 = 1,022 \text{ kN/m}^2$$

Succión (viento -):

$$q_{e,-} = 0,42 \cdot 3,04 \cdot (-0,50) = -0,638 \text{ kN/m}^2$$

Conversión a cargas lineales en la correa

La carga lineal sobre cada correa se obtiene multiplicando por el ancho tributario (separación vertical entre correas):

$$w = q_e \cdot s_{\text{cons}} = 2,0 \text{ m}$$

Carga lineal por viento + (presión):

$$w_+ = 1,022 \cdot 2,0 = 2,05 \text{ kN/m}$$

Carga lineal por viento – (succión):

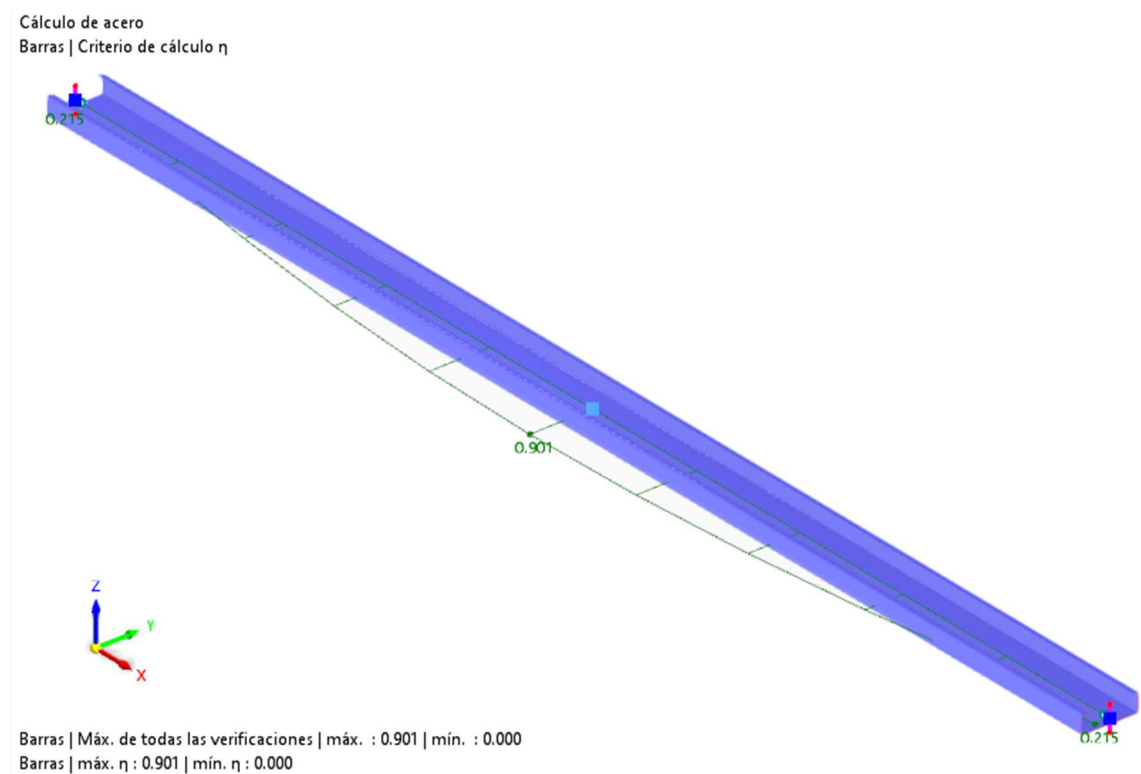
$$w_- = -0,638 \cdot 2,0 = -1,28 \text{ kN/m}$$

En el modelo de la correa lateral estas acciones se introducen como **dos casos de carga** (Viento + y Viento -), con **distribución trapezoidal** según el asistente del programa.

9.3.3.3. Casos de carga y combinaciones.

Lista		Lista	
	CC1 Peso propio +cubierta		CO1 1.35 * CC1
	CC2 Viento +		CO2 1.35 * CC1 + 1.50 * CC2
	CC3 Viento -		CO3 1.35 * CC1 + 1.50 * CC3
			CO4 CC1
			CO5 CC1 + CC2
			CO6 CC1 + CC3
			CO7 CC1
			CO8 CC1 + 0.20 * CC2
			CO9 CC1 + 0.20 * CC3
			CO10 CC1

Figura. 17 Casos de carga y combinaciones, correa lateral.

9.3.3.4. Aprovechamiento de correa.

Barra/Conj.	Sección	Comprobación gobernante	SP	COMB.	Posición	Utilización máxima
CORREA LATERAL C 225/75/2.5/21						
1	C225-2.5	Estado límite de servicio Flechas en dirección z	SP2	CO5	2,50	0,901
Para una longitud de referencia: $L = 5,000 \text{ m} \Rightarrow w_{\text{lim},z} = \frac{5,000}{300} = 16,7 \text{ mm}$ El modelo de cálculo proporciona una flecha total: $w_{\text{tot},z} = -15,0 \text{ mm}$ Por tanto, la verificación se expresa mediante el coeficiente de utilización: $\eta = \frac{ w_{\text{tot},z} }{w_{\text{lim},z}} = \frac{15,0}{16,7} = 0,901 \leq 1,0$						
1	C225-2.5	Comprobación Cálculo elástico según EN 1993-1-3	SP1	CO2	2,50	0,743
La tensión de fluencia efectiva del acero se obtiene como: $f_{ya} = f_{yb} + (f_u - f_{yb}) \cdot \frac{k \cdot n \cdot t^2}{A_g}$ $f_{ya} = 235.000 \text{ N/mm}^2 + (360.000 - 235.000) \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{7.00 \cdot 4}{9}$ $f_{ya} = 256.989 \text{ N/mm}^2$ La razón de utilización frente al límite elástico se calcula como: $\eta_1 = \frac{ \sigma_{x,\text{tot},Ed} }{f_{ya}/\gamma_{M1}}$ Tomando $\gamma_{M1} = 1.00$: $\eta_1 = \frac{190.864 \text{ N/mm}^2}{256.989 \text{ N/mm}^2} = 0.743$ Por tanto, la utilización resulta: $\eta = \eta_1 = 0.743 \leq 1.0 \checkmark$						

Tabla 14 Utilización máxima, correa lateral.

Lo cual cumple con los criterios de aceptación.

10. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos del modelo de cálculo, se concluye que la estructura proyectada cumple los **requisitos de aceptación establecidos en la EN 1993-6 (Crane supporting structures)** para los elementos afectados por la acción del puente grúa, en particular los **pilares de los pórticos** y las **vigas carrileras**, tanto en términos de resistencia como de comportamiento en servicio. Asimismo, el resto de los elementos estructurales de la nave cumple las exigencias establecidas en el **CTE** y en los **Eurocódigos** aplicables, verificándose de forma satisfactoria los Estados Límite Últimos y de Servicio considerados.

ANEXO I. Reacciones de cimentación

Envolvente ELS, Factores de servicio. Lineal de primer orden.

Node No.	Esfuerzos en apoyos [kN]			Momentos en apoyos [kNm]			CO
	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz	
1	54,32	-4,55	-71,60	3,74	220,15	-1,17	C0559
1	-67,69	3,48	-722,41	-19,95	-213,53	1,19	C0529
1	-67,69	3,48	-722,41	-19,95	-213,53	1,19	C0529
1	36,71	-7,06	-506,33	5,37	155,97	-0,32	C0583
1	53,01	-6,05	-66,83	4,46	208,99	-0,78	C0562
1	-67,69	3,48	-722,41	-19,95	-213,53	1,19	C0529
1	35,69	-3,36	-528,61	6,34	150,65	-0,54	C0504
1	-67,69	3,48	-722,41	-19,95	-213,53	1,19	C0529
1	53,41	-5,96	-108,37	4,28	221,74	-0,57	C0584
1	-67,69	3,48	-722,41	-19,95	-213,53	1,19	C0529
1	-30,88	1,97	-170,51	-10,44	-98,36	1,20	C0689
1	53,58	-4,77	-106,54	3,96	220,92	-1,21	C0585
Extremos	54,32	3,48	-66,83	6,34	221,74	1,20	
Extremos	-67,69	-7,06	-722,41	-19,95	-213,53	-1,21	
28	55,58	-0,38	-65,73	0,96	227,67	0,09	C0560
28	-61,76	15,15	-517,54	-15,53	-187,17	-0,11	C0519
28	-40,59	22,11	-33,84	-16,72	-103,43	-0,36	C0613
28	51,37	-0,87	-135,61	3,77	211,60	0,31	C0465
28	-40,09	20,86	-32,17	-15,93	-100,06	-0,40	C0612
28	-21,57	0,35	-563,79	-1,77	-81,76	0,05	C0708
28	53,55	-0,87	-126,93	3,83	224,72	0,28	C0504
28	-57,02	19,67	-374,24	-19,55	-170,37	0,33	C0529
28	54,81	-0,86	-112,71	3,80	230,40	0,29	C0582
28	-61,76	15,15	-517,54	-15,53	-187,17	-0,11	C0519
28	42,85	-0,08	-355,82	-1,26	177,50	0,84	C0568
28	-51,04	20,18	-162,02	-15,80	-158,26	-0,61	C0527
Extremos	55,58	22,11	-32,17	3,83	230,40	0,84	
Extremos	-61,76	-0,87	-563,79	-19,55	-187,17	-0,61	
52	55,13	-3,26	-77,90	2,20	225,79	0,57	C0556
52	-60,99	21,32	-681,14	-18,12	-197,01	0,38	C0529
52	-57,01	21,52	-637,80	-17,92	-178,30	0,34	C0620
52	55,13	-3,26	-77,90	2,20	225,79	0,57	C0556
52	55,08	2,41	-77,62	-1,34	225,44	0,12	C0561
52	4,39	2,47	-702,86	-4,64	22,90	0,55	C0640
52	54,65	-3,07	-108,52	2,31	228,68	0,60	C0582
52	-60,99	21,32	-681,14	-18,12	-197,01	0,38	C0529
52	54,50	-0,35	-123,68	1,72	229,46	0,09	C0583

52	-60,99	21,32	-681,14	-18,12	-197,01	0,38	CO529
52	37,44	-0,11	-515,61	0,40	161,57	0,90	CO585
52	-7,33	0,43	-154,03	-1,26	-39,25	-0,64	CO716
Extremos	55,13	21,52	-77,62	2,31	229,46	0,90	
Extremos	-60,99	-3,26	-702,86	-18,12	-197,01	-0,64	
76	55,07	-0,80	-61,01	0,26	223,59	0,76	CO557
76	-46,38	2,10	-580,36	-13,71	-146,64	1,19	CO521
76	-41,62	2,68	-468,86	-17,28	-129,72	2,15	CO529
76	54,51	-2,02	-63,12	1,04	219,74	0,61	CO556
76	55,07	-0,80	-61,01	0,26	223,59	0,76	CO557
76	-46,20	2,15	-586,93	-13,99	-145,38	1,52	CO520
76	53,87	-1,83	-95,44	1,13	221,36	0,64	CO582
76	-41,62	2,68	-468,86	-17,28	-129,72	2,15	CO529
76	54,19	0,72	-108,78	-3,10	225,22	0,40	CO587
76	-46,38	2,10	-580,36	-13,71	-146,64	1,19	CO521
76	-41,62	2,68	-468,86	-17,28	-129,72	2,15	CO529
76	-4,17	0,22	-118,44	-1,19	-23,63	-0,13	CO728
Extremos	55,07	2,68	-61,01	1,13	225,22	2,15	
Extremos	-46,38	-2,02	-586,93	-17,28	-146,64	-0,13	
100	52,95	3,30	-79,56	-2,94	209,68	2,39	CO558
100	-52,39	23,11	-624,16	-17,55	-173,21	-0,27	CO529
100	-52,39	23,11	-624,16	-17,55	-173,21	-0,27	CO529
100	-5,10	-0,06	-142,88	0,13	-24,01	-0,40	CO621
100	-26,32	18,17	-43,44	-12,89	-71,66	-0,35	CO619
100	3,09	7,58	-686,55	-7,01	9,16	1,21	CO640
100	-5,10	-0,06	-142,88	0,13	-24,01	-0,40	CO621
100	-52,39	23,11	-624,16	-17,55	-173,21	-0,27	CO529
100	51,87	4,42	-117,42	-3,28	209,99	1,90	CO585
100	-52,39	23,11	-624,16	-17,55	-173,21	-0,27	CO529
100	52,11	3,23	-115,40	-2,97	209,67	2,50	CO584
100	-21,81	11,54	-114,91	-8,47	-74,74	-1,01	CO688
Extremos	52,95	23,11	-43,44	0,13	209,99	2,50	
Extremos	-52,39	-0,06	-686,55	-17,55	-173,21	-1,01	
124	44,92	-16,68	-28,92	25,92	207,17	2,27	CO505
124	-16,63	30,22	-43,45	-29,73	-37,68	-3,82	CO618
124	-14,25	32,99	-24,94	-31,08	-23,79	-4,17	CO613
124	40,68	-16,91	-433,53	27,02	184,88	3,13	CO465
124	41,89	-16,30	-6,21	24,52	190,92	2,50	CO558
124	1,73	0,20	-497,42	-1,20	11,25	0,13	CO706
124	42,22	-16,90	-428,45	27,04	194,00	3,07	CO504
124	-12,02	29,64	-186,52	-32,96	-13,54	-3,93	CO529
124	44,92	-16,67	-26,18	25,93	207,40	2,33	CO583

124	-16,39	29,92	-57,28	-29,82	-37,69	-3,87	CO527
124	39,87	-16,23	-153,44	22,27	177,76	3,53	CO581
124	-11,75	30,32	-35,41	-29,36	-10,69	-4,54	CO519
Extremos	44,92	32,99	-6,21	27,04	207,40	3,53	
Extremos	-16,63	-16,91	-497,42	-32,96	-37,69	-4,54	
214	86,55	16,45	60,34	-24,87	144,88	-1,34	CO586
214	-7,92	6,19	-146,71	-17,17	-20,67	0,02	CO615
214	78,78	16,94	-103,38	-27,91	131,47	-0,90	CO477
214	0,14	0,01	-91,71	-0,04	0,11	0,03	CO451
214	80,11	16,07	74,39	-23,42	133,42	-1,38	CO559
214	-3,35	6,60	-529,29	-19,61	-3,48	0,34	CO522
214	0,14	0,01	-91,71	-0,04	0,11	0,03	CO451
214	78,78	16,94	-103,38	-27,91	131,47	-0,90	CO477
214	86,55	16,45	60,34	-24,87	144,88	-1,34	CO586
214	-7,76	6,27	-157,08	-17,57	-20,77	0,14	CO524
214	4,09	1,09	-245,90	-6,31	8,83	1,80	CO718
214	64,25	16,01	32,70	-23,06	106,85	-2,62	CO577
Extremos	86,55	16,94	74,39	-0,04	144,88	1,80	
Extremos	-7,92	0,01	-529,29	-27,91	-20,77	-2,62	
382	72,31	3,58	-722,78	-20,35	243,95	-1,79	CO529
382	1,88	0,21	-119,85	-1,65	5,75	0,02	CO727
382	72,31	3,58	-722,78	-20,35	243,95	-1,79	CO529
382	39,69	-0,49	-115,97	1,70	176,59	-2,76	CO574
382	38,98	-0,46	-95,12	1,56	176,12	-2,71	CO561
382	72,31	3,58	-722,78	-20,35	243,95	-1,79	CO529
382	39,69	-0,49	-115,97	1,70	176,59	-2,76	CO574
382	72,31	3,58	-722,78	-20,35	243,95	-1,79	CO529
382	70,72	0,71	-692,97	-5,12	314,52	-3,99	CO477
382	2,14	0,43	-123,82	-1,87	5,47	-0,70	CO728
382	1,88	0,21	-119,85	-1,65	5,75	0,02	CO727
382	70,72	0,71	-692,97	-5,12	314,52	-3,99	CO477
Extremos	72,31	3,58	-95,12	1,70	314,52	0,02	
Extremos	1,88	-0,49	-722,78	-20,35	5,47	-3,99	
384	63,87	15,14	-517,02	-15,50	198,65	0,05	CO526
384	1,77	1,22	-107,32	-1,71	5,42	-0,03	CO726
384	40,75	21,41	-35,92	-16,20	104,71	0,25	CO614
384	25,96	-0,21	-114,62	0,89	119,38	-1,12	CO763
384	40,28	20,45	-33,55	-15,64	101,77	0,25	CO615
384	48,26	0,34	-567,17	-2,01	208,80	-0,91	CO637
384	25,96	-0,21	-114,62	0,89	119,38	-1,12	CO763
384	60,92	20,18	-374,27	-19,91	198,50	-0,50	CO529
384	59,97	2,38	-418,72	-6,47	275,44	-2,39	CO477

384	2,01	0,18	-119,68	-1,55	5,09	0,05	CO727
384	51,57	20,33	-160,99	-15,90	162,63	0,72	CO518
384	57,49	2,78	-379,89	-6,46	266,13	-2,51	CO594
Extremos	63,87	21,41	-33,55	0,89	275,44	0,72	
Extremos	1,77	-0,21	-567,17	-19,91	5,09	-2,51	
386	73,04	6,49	-686,43	-7,57	330,51	0,01	CO477
386	2,23	0,48	-120,01	-1,21	7,58	-0,40	CO730
386	61,95	21,80	-637,55	-18,15	211,06	-0,28	CO620
386	4,11	-0,10	-121,76	0,68	22,97	-0,48	CO724
386	38,47	2,26	-89,73	-1,61	172,06	-0,02	CO567
386	34,76	4,40	-702,57	-6,72	155,64	-0,34	CO718
386	4,11	-0,10	-121,76	0,68	22,97	-0,48	CO724
386	66,14	21,78	-681,08	-18,47	231,37	-0,31	CO529
386	73,04	6,49	-686,43	-7,57	330,51	0,01	CO477
386	2,38	0,55	-132,87	-1,06	6,38	0,18	CO729
386	46,08	3,40	-142,75	-2,92	218,53	1,03	CO466
386	7,78	0,18	-153,70	-0,61	42,84	-0,83	CO710
Extremos	73,04	21,80	-89,73	0,68	330,51	1,03	
Extremos	2,23	-0,10	-702,57	-18,47	6,38	-0,83	
388	62,41	0,80	-551,90	-4,26	271,43	1,57	CO472
388	1,73	0,26	-110,10	-1,33	5,12	-0,51	CO729
388	45,60	2,71	-472,26	-17,54	158,24	-1,84	CO529
388	4,58	-0,12	-116,13	0,71	26,94	-0,33	CO724
388	37,49	0,55	-88,95	-2,72	165,28	1,23	CO566
388	48,44	2,13	-586,35	-13,86	157,86	-1,46	CO525
388	4,58	-0,12	-116,13	0,71	26,94	-0,33	CO724
388	45,60	2,71	-472,26	-17,54	158,24	-1,84	CO529
388	62,41	0,80	-551,90	-4,26	271,43	1,57	CO472
388	2,01	0,40	-122,44	-1,85	5,12	-0,63	CO728
388	44,37	0,64	-124,13	-3,30	210,39	2,19	CO506
388	45,60	2,71	-472,26	-17,54	158,24	-1,84	CO529
Extremos	62,41	2,71	-88,95	0,71	271,43	2,19	
Extremos	1,73	-0,12	-586,35	-17,54	5,12	-1,84	
390	69,42	8,86	-669,93	-8,99	303,91	4,10	CO477
390	1,89	1,16	-114,82	-1,55	5,79	-0,32	CO728
390	57,16	23,27	-623,13	-17,79	204,39	0,78	CO529
390	8,64	-0,17	-195,06	0,79	45,83	0,01	CO724
390	26,48	18,56	-42,48	-13,16	72,88	0,41	CO608
390	55,50	7,84	-682,82	-7,92	243,21	2,89	CO640
390	8,64	-0,17	-195,06	0,79	45,83	0,01	CO724
390	57,16	23,27	-623,13	-17,79	204,39	0,78	CO529
390	69,42	8,86	-669,93	-8,99	303,91	4,10	CO477

390	1,89	1,16	-114,82	-1,55	5,79	-0,32	CO728
390	42,75	3,24	-110,46	-3,84	197,63	4,33	CO507
390	1,89	1,16	-114,82	-1,55	5,79	-0,32	CO728
Extremos	69,42	23,27	-42,48	0,79	303,91	4,33	
Extremos	1,89	-0,17	-682,82	-17,79	5,79	-0,32	
392	31,24	-10,07	-290,40	12,88	162,12	-4,94	CO583
392	-7,37	0,04	-86,87	-0,70	-14,40	0,31	CO729
392	13,32	32,27	-30,05	-30,53	19,68	4,02	CO614
392	26,35	-10,79	-249,57	15,86	130,28	-4,87	CO496
392	9,17	30,61	-20,50	-29,28	11,75	4,13	CO617
392	29,95	-10,61	-664,58	14,69	151,36	-5,08	CO515
392	26,35	-10,79	-249,57	15,86	130,28	-4,87	CO496
392	14,99	30,11	-210,56	-33,37	33,18	3,07	CO529
392	31,24	-10,07	-290,40	12,88	162,12	-4,94	CO583
392	-7,32	0,10	-92,21	-1,09	-14,79	0,40	CO716
392	12,19	31,61	-39,42	-30,27	15,79	4,38	CO525
392	30,51	-9,70	-422,10	9,39	158,71	-5,71	CO594
Extremos	31,24	32,27	-20,50	15,86	162,12	4,38	
Extremos	-7,37	-10,79	-664,58	-33,37	-14,79	-5,71	
393	21,10	11,44	-637,92	-19,84	109,15	4,82	CO588
393	-5,66	0,44	-91,90	-2,26	-11,65	-0,96	CO726
393	19,85	11,99	-414,03	-23,22	106,75	3,68	CO477
393	0,20	-0,11	-198,94	0,66	10,00	-0,23	CO724
393	-4,17	0,27	-82,93	-1,76	-9,15	-0,79	CO727
393	21,00	11,46	-640,33	-19,93	108,80	4,82	CO510
393	0,20	-0,11	-198,94	0,66	10,00	-0,23	CO724
393	19,85	11,99	-414,03	-23,22	106,75	3,68	CO477
393	21,03	11,06	-271,27	-17,59	114,20	5,19	CO586
393	-5,42	0,49	-98,36	-2,40	-11,73	-1,09	CO713
393	20,95	11,09	-274,07	-17,71	113,97	5,20	CO508
393	5,12	4,71	-296,66	-16,45	18,05	-1,55	CO692
Extremos	21,10	11,99	-82,93	0,66	114,20	5,20	
Extremos	-5,66	-0,11	-640,33	-23,22	-11,73	-1,55	
414	1,76	-65,95	-133,60	201,03	10,62	0,00	CO583
414	-0,22	45,14	-88,83	-143,50	-0,27	0,02	CO595
414	-0,01	45,24	-79,16	-145,11	0,24	0,01	CO529
414	1,59	-65,96	-122,22	201,17	9,48	0,00	CO456
414	0,04	45,11	-31,71	-143,11	-0,17	0,02	CO619
414	1,45	-65,95	-153,64	201,06	9,57	0,00	CO504
414	1,59	-65,96	-122,22	201,17	9,48	0,00	CO456
414	-0,01	45,24	-79,16	-145,11	0,24	0,01	CO529
414	1,76	-65,95	-133,60	201,03	10,62	0,00	CO583

414	-0,19	45,14	-60,70	-143,56	-1,07	0,01	CO527
414	-0,21	45,12	-70,85	-143,18	-0,25	0,02	CO608
414	0,08	0,11	-80,28	-1,72	0,62	-0,01	CO718
Extremos	1,76	45,24	-31,71	201,17	10,62	0,02	
Extremos	-0,22	-65,96	-153,64	-145,11	-1,07	-0,01	
415	74,48	-48,85	150,46	148,80	10,10	0,00	CO583
415	-0,12	0,04	-85,91	-0,54	-0,79	0,01	CO716
415	6,82	45,25	-57,72	-145,24	0,89	-0,01	CO529
415	61,41	-48,87	112,67	148,99	8,48	0,00	CO454
415	71,84	-48,85	151,95	148,78	9,51	0,00	CO582
415	0,26	27,13	-97,53	-86,74	0,55	-0,01	CO691
415	61,41	-48,87	112,67	148,99	8,48	0,00	CO454
415	6,82	45,25	-57,72	-145,24	0,89	-0,01	CO529
415	74,48	-48,85	150,46	148,80	10,10	0,00	CO583
415	-0,12	0,04	-85,91	-0,54	-0,79	0,01	CO716
415	4,47	0,11	-63,74	-1,69	0,80	0,01	CO718
415	2,24	45,11	-42,81	-143,02	0,11	-0,02	CO613
Extremos	74,48	45,25	151,95	148,99	10,10	0,01	
Extremos	-0,12	-48,87	-97,53	-145,24	-0,79	-0,02	
416	0,85	65,96	-155,59	-201,24	5,38	0,00	CO497
416	-5,68	23,09	-52,07	-76,08	-0,66	0,03	CO524
416	0,72	66,04	-208,12	-202,38	5,77	0,00	CO477
416	0,02	-0,01	-72,09	0,09	0,03	0,01	CO621
416	-2,33	23,07	-34,86	-75,68	0,01	0,03	CO614
416	0,51	65,96	-230,65	-201,28	5,52	0,00	CO509
416	0,02	-0,01	-72,09	0,09	0,03	0,01	CO621
416	0,72	66,04	-208,12	-202,38	5,77	0,00	CO477
416	0,76	65,96	-215,19	-201,28	6,32	0,00	CO586
416	-5,68	23,09	-52,07	-76,08	-0,66	0,03	CO524
416	0,03	23,19	-85,26	-77,64	0,41	0,03	CO529
416	0,53	65,96	-202,29	-201,28	5,30	0,00	CO561
Extremos	0,85	66,04	-34,86	0,09	6,32	0,03	
Extremos	-5,68	-0,01	-230,65	-202,38	-0,66	0,00	
417	54,89	48,88	123,40	-149,21	6,49	0,00	CO586
417	-0,07	0,02	-84,39	-0,27	-0,57	-0,01	CO713
417	45,88	48,96	68,78	-150,50	5,77	0,00	CO503
417	-0,02	-0,01	-72,09	0,09	-0,03	-0,01	CO621
417	53,35	48,88	126,55	-149,16	6,10	0,00	CO587
417	0,26	13,88	-98,44	-46,04	0,55	-0,02	CO686
417	-0,02	-0,01	-72,09	0,09	-0,03	-0,01	CO621
417	45,88	48,96	68,78	-150,50	5,77	0,00	CO503
417	54,89	48,88	123,40	-149,21	6,49	0,00	CO586

417	-0,07	13,88	-88,15	-45,98	-0,59	-0,02	CO687
417	45,91	48,88	92,66	-149,24	5,57	0,01	CO556
417	4,85	23,20	-61,08	-77,68	0,77	-0,03	CO529
Extremos	54,89	48,96	126,55	0,09	6,49	0,01	
Extremos	-0,07	-0,01	-98,44	-150,50	-0,59	-0,03	
Valores máx./mín. totales con sus valores correspondientes							
214	86,55	16,45	60,34	-24,87	144,88	-1,34	CO586
1	-67,69	3,48	-722,41	-19,95	-213,53	1,19	CO529
416	0,72	66,04	-208,12	-202,38	5,77	0,00	CO477
414	1,59	-65,96	-122,22	201,17	9,48	0,00	CO456
415	71,84	-48,85	151,95	148,78	9,51	0,00	CO582
382	72,31	3,58	-722,78	-20,35	243,95	-1,79	CO529
414	1,59	-65,96	-122,22	201,17	9,48	0,00	CO456
416	0,72	66,04	-208,12	-202,38	5,77	0,00	CO477
386	73,04	6,49	-686,43	-7,57	330,51	0,01	CO477
1	-67,69	3,48	-722,41	-19,95	-213,53	1,19	CO529
393	20,95	11,09	-274,07	-17,71	113,97	5,20	CO508
392	30,51	-9,70	-422,10	9,39	158,71	-5,71	CO594

ANEXO II. Estimación de cargas sobre el cerramiento de cubierta

Nieve:

La sobrecarga de nieve característica se adopta según el valor calculado automáticamente por el programa de cálculo conforme al **CTE DB-SE-AE**, a partir del emplazamiento real de la obra. Ver tabla 7.

$$q_{nieve} = 0,78 \text{ kN/m}^2$$

Viento

Los coeficientes de exposición del viento han sido calculados automáticamente por el programa de cálculo, de acuerdo con el **CTE DB-SE-AE**, a partir de la geometría efectiva del modelo estructural. Ver tabla 5.

$$q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

$$c_e = 3,04$$

Para la cubierta se consideran dos coeficientes de presión, uno de presión hacia abajo (comb. 1) y otro de succión hacia arriba (comb. 2):

$$c_p (\text{presion}) = +0,20$$

$$c_p (\text{succion}) = -1,20$$

La presión dinámica del viento sobre la cubierta se obtiene mediante:

$$q_e = q_b * c_e * c_p$$

- **Presión (hacia abajo)**

$$q_{e,presion} = 0,42 * 3,04 * 0,20 = 0,255 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,presion} = 25,5 \text{ kp/m}^2$$

- **Succión (hacia arriba)**

$$q_{e,succion} = 0,42 * 3,04 * (-1,20) = -1,532 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,succion} = -153,2 \text{ kp/m}^2$$

- **Combinaciones de carga**

Considerando el coeficiente de combinación de acciones: $\psi = 1,5$

- **Combinación 1:** 1,5 nieve + 1,5 viento (presión)

$$C01 = 1,5 \times 78 \text{ kp/m}^2 + 1,5 \times 25,5 \text{ kp/m}^2$$

$$C01 = 117 + 38,25 = 155,25 \text{ kp/m}^2 \sim 155,3 \text{ kp/m}^2$$

- **Combinación 2:** 1,5 viento (succión)

$$C02 = 1,5 \times (-153,2 \text{ kp/m}^2)$$

$$C02 = -229,8 \text{ kp/m}^2 \sim -230 \text{ kp/m}^2$$

- **Selección de panel y separación entre correas**

La distancia máxima entre correas de cubierta es 1,809m

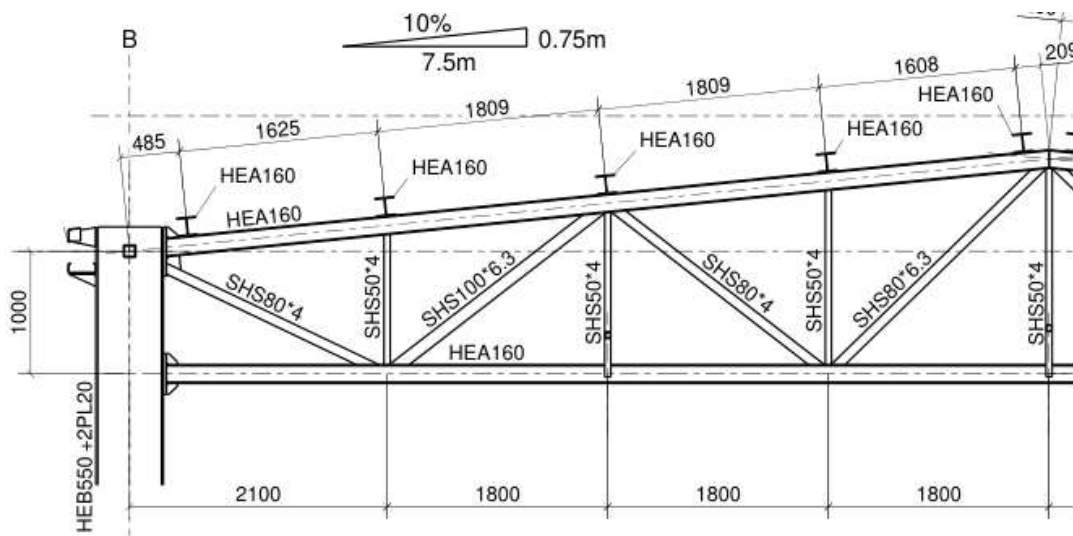


Figura. 18 Distancia entre correas de cubierta.

Para el siguiente proyecto se utilizará el panel sándwich P5G_80M, vendida por Paneles ACH, el cual soporta lo siguiente:

Propiedades mecánicas a la flexión

Tabla sobrecarga de panel biapoyado.

Sobrecarga kg/m ²	80	100	120	150	200
Luz (m)	5,76	5,16	4,48	3,66	2,77

Flecha L/200. Coeficiente seguridad: 1,8.

Tabla 15 Sobrecarga de panel biapoyados.

Para un $s = 1,81 \text{ m}$ interpolando en la tabla obtenemos la sobrecarga:

$$q_{\text{panel}} = 254 \text{ kg/m}^2$$

$$230 \text{ kg/m}^2 < 254 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow \text{cumple}$$

ANEXO III. Cálculo de las reacciones por rueda del puente grúa a la nave

En esta sección se realiza el cálculo detallado de las reacciones por rueda del puente grúa transmitidas a la estructura de la nave. Para ello, se siguen los pasos siguientes:

1. Determinar el peso total del carro de traslación y el peso de la estructura principal del puente.
2. Ubicar la posición más desfavorable del carro sobre la luz del puente.
3. Calcular las reacciones verticales en los apoyos del puente.
4. Obtener las reacciones verticales por rueda.
5. Determinar las reacciones horizontales longitudinales y transversales por rueda.

• Peso del carro de traslación

El carro de traslación está constituido por los siguientes elementos:

Elemento	Peso [daN]
Aparejo	3 430
Tambor	855,03
Motor de elevación	2 820
Freno de elevación	287,65
Estructura del carro	1 208,2
Motor de traslación	610
Freno de traslación	383,54
Peso total del carro	9 594,42 daN

Tabla 16 Peso del carro de traslación.

Este peso se considerará aplicado sobre el mismo punto que la carga útil cuando se evalúe la posición más desfavorable.

• Peso de la estructura principal del puente

La estructura principal está formada por dos vigas cajón y los llantones. El peso total se ha estimado en:

Elemento	Peso [daN]
Motor traslación de grúa	1 220
Freno de traslación de grúa	266,34
Llantones para el carro	394,8
Llantones de la grúa	141
Estructura de la grúa	8 520,1
Peso total de la grúa	10 542,24 daN

Tabla 17 Peso de la estructura principal del puente.

Se adopta como carga útil a izar:

$$Q = 80\,000 \text{ daN}$$

- Distribución de cargas y distancias del puente grúa.**

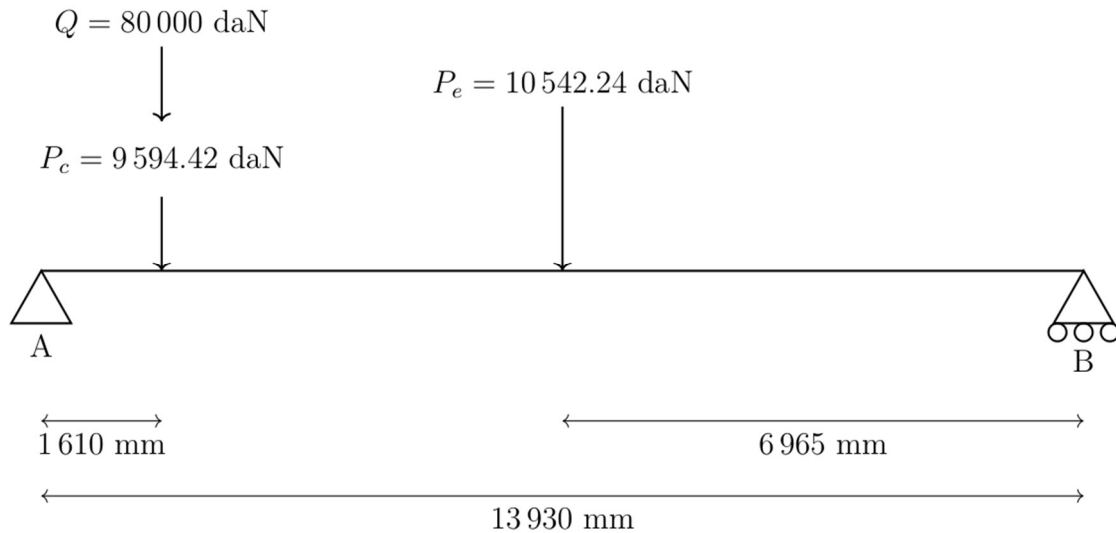


Figura. 19 Esquema de cargas sobre el puente grúa en la posición más desfavorable.

- Reacciones verticales en los apoyos**

Tomando como incógnitas las reacciones verticales en los apoyos R_A y R_B , se plantea el equilibrio global en la dirección vertical:

$$\sum F_y = 0$$

$$Q + P_c + P_e = R_A + R_B$$

$$80\,000 + 9\,594.42 + 10\,542.24 = R_A + R_B$$

$$100\,136.66 = R_A + R_B$$

Y el equilibrio de momentos en torno al apoyo A:

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * L = P_e * L/2 + (Q + P_c) * a$$

$$R_B * 13\,930 = 10\,542.24 * 6\,965 + 89\,594.42 * 1\,610$$

$$R_B = 15\,626.25 \text{ daN}$$

Sustituyendo en la ecuación de fuerzas verticales:

$$R_A = 100\,136.66 - 15\,626.25$$

$$R_A = 84\,510.41 \text{ daN}$$

• Reacciones verticales por rueda

El puente grúa se apoya sobre las vigas carrileras mediante dos ruedas por cada lado, de modo que las reacciones verticales por rueda resultan:

$$R_{A,rueda} = R_A / 2 = 84\,510.41 / 2 = 42\,255.20 \text{ daN}$$

$$R_{B,rueda} = R_B / 2 = 15\,626.25 / 2 = 7\,813.13 \text{ daN}$$

Las fuerzas horizontales se obtienen aplicando:

$$F = m * a$$

• Aceleraciones horizontales de cálculo

Las aceleraciones horizontales se toman directamente de la tabla de velocidades y tiempos de aceleración del carro y del puente. Se seleccionan los valores más desfavorables para el cálculo estructural, que se recogen en el siguiente cuadro:

Velocidad (m/s)	Tiempo (s)	Aceleración (m/s ²)
0.25	3.2	0.078
0.16	2.5	0.064

Tabla 18 Valores de aceleración horizontal utilizados.

Aceleración longitudinal del carro: $a_l = 0.064 \text{ m/s}^2$.

Aceleración transversal del conjunto carro-carga: $a_t = 0.078 \text{ m/s}^2$.

Primero se determina la masa equivalente usando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y la conversión $F[N] = (\text{daN}) * 10$:

$$m = F / g, \quad F[N] = (\text{daN}) * 10$$

Posteriormente:

$$H[N] = m * a$$

• Reacción longitudinal por rueda

Lado A (más cargado):

$$m_A = R_{\{A,rueda\}} * 10 / 9.81 = 42\,255.20 * 10 / 9.81 = 43\,073.60 \text{ kg}$$

$$H_{l,A} = m_A * a_l = 43\,073.60 * 0.064 = 2\,756.71 \text{ N}$$

Lado B (menos cargado):

$$m_B = R_{\{B,rueda\}} * 10 / 9.81 = 7\,813.13 * 10 / 9.81 = 7\,964.45 \text{ kg}$$

$$H_{l,B} = m_B * a_l = 7\,964.45 * 0.064 = 509.72 \text{ N}$$

• Reacción transversal por rueda

El efecto transversal está asociado al desplazamiento lateral del conjunto carro–carga. La masa equivalente del conjunto carro–carga es:

$$m_{eq} = (Q + P_c) * 10 / 9.81 = (80\,000 + 9\,594.42) * 10 / 9.81 \\ = 91\,329.68 \text{ kg}$$

La fuerza transversal total resulta:

$$F_t = m_{eq} * a_t = 91\,329.68 * 0.078 = 7\,123.72 \text{ N}$$

Esta fuerza se transmite al carril donde se encuentra el carro (lado A), repartida entre sus dos ruedas:

$$H_{t,A} = F_t / 2 = 3\,561.86 \text{ N}, \quad H_{t,B} \sim 0$$

• Resumen de fuerzas de cálculo por rueda

Efecto	Lado A (kN)	Lado B (kN)
Reacción vertical V	422.55	78.13
Reacción longitudinal H _l	2.76	0.51
Reacción transversal H _t	3.56	0

Estas fuerzas son las que se emplearán en el dimensionamiento estructural de la nave.

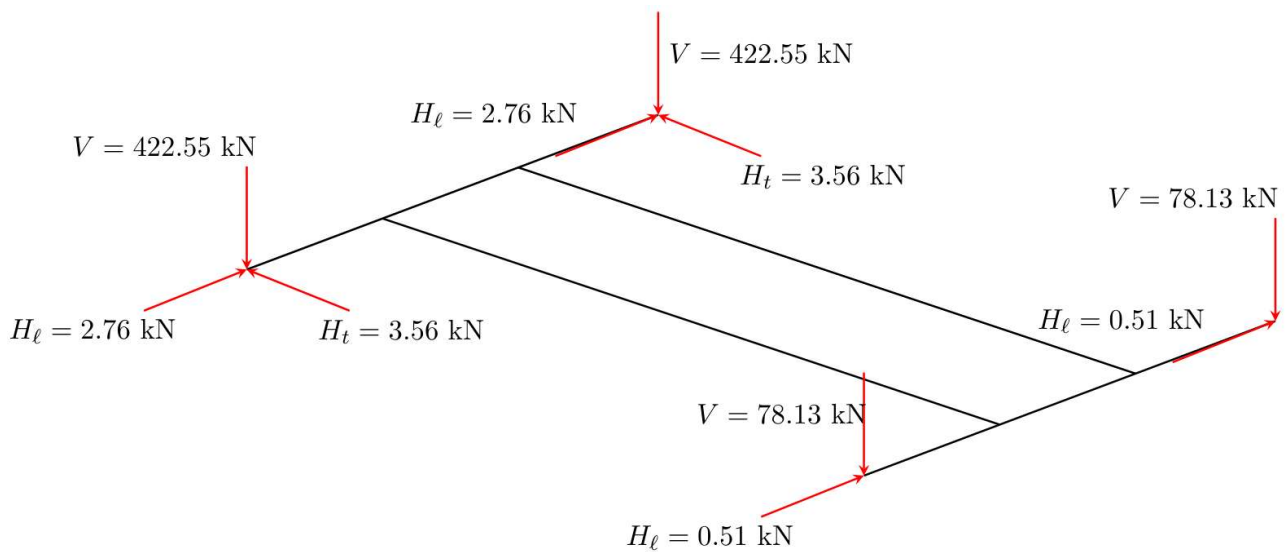


Figura. 20 Distribución de cargas del puente grúa sobre la estructura de la nave (por rueda).

ANEXO IV. Fichas técnicas de los paneles de cerramiento y cubierta



80 mm de espesor con núcleo de Lana de Roca de alta densidad (tipo M)

Perfil y Junta P5G



Descripción

Los paneles ACH están formados por dos láminas de acero adheridas mediante adhesivo orgánico al núcleo de lana de roca.

Las láminas de acero (EN10346) pueden oscilar entre 0,5 y 1,0 mm, siendo 0,5 mm el espesor estándar ACH. Los recubrimientos se aplican en función del uso del panel: SP25, PVDF25, PVDF35, HDS35, HDX55, PRISMA55, HPS200, etc., según norma EN 10169. El recubrimiento estándar ACH es el poliéster de 25 mm, SP25. Es posible fabricar con otros materiales bajo consulta: aluminio, acero inoxidable, etc.

El núcleo de lana de roca cumple con la norma EN 13162.

Aplicaciones

Los Paneles ACH están concebidos para la construcción de cerramientos en grandes superficies industriales o de edificación civil. Se puede emplear indistintamente para la construcción de cubiertas de los siguientes tipos de edificios:

- Locales calefactados.
- Apantallamiento acústico interior en instalaciones industriales.
- Locales de fabricación.
- Locales donde el comportamiento al fuego sea requisito importante.
- Cerramientos incombustibles: CPD's, garajes, almacenes de sustancias peligrosas, etc.
- Edificios donde la actividad es cambiante o destinados a su alquiler.

Ventajas

Las ventajas, al ser un panel prefabricado son la facilidad y rapidez en el montaje, homogeneidad y calidad de acabados, y sus certificaciones.

Dimensiones, pesos y características térmicas

Espesor mm	Ancho mm	Long. máx. recomendada m	Tipo de núcleo	Peso kg/m ²	"U" W/m ² K
80	1.000	9,00	M	18,3	0,436

Comportamiento acústico*

R _w (dB)	R _A (dB)
≥33	≥32,5

* Consultar certificaciones al fabricante.

Reacción al fuego

Clasificado A2-s1, d0 según norma EN-13501-1.
Clasificado Broof (t3) según Decisión 2006/600/CE.

Resistencia al fuego

Clasificado REI60 según norma EN-13501-2.

Temperatura límite de empleo y comportamiento al agua

- Aplicaciones desde -40°C hasta +180°C.
- No hidrófilo.

*Son temperaturas máximas puntuales, estando garantizadas las propiedades del panel solamente hasta 100°C si es temperatura continua.

Propiedades mecánicas a la flexión

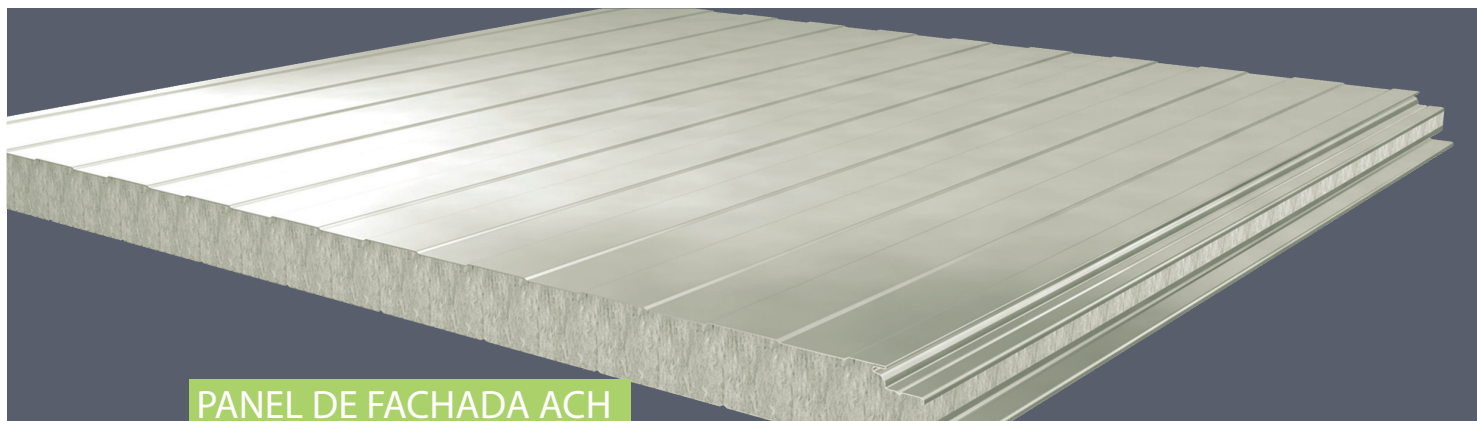
Tabla sobrecarga de panel biapoyado.

Sobrecarga kg/m ²	80	100	120	150	200
Luz (m)	5,76	5,16	4,48	3,66	2,77

Flecha L/200. Coeficiente seguridad: 1,8.

Certificaciones de producto

Marcado CE según norma EN 14509.



PANEL DE FACHADA ACH

80 mm de espesor con núcleo de Lana de Roca de alta densidad (tipo M)

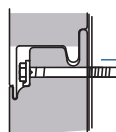
Perfil y Junta PF1



Perfil estándar



Perfil microperforado



Perfil liso

Descripción

Los paneles ACH están formados por dos láminas de acero adheridas mediante adhesivo orgánico al núcleo de lana de roca.

Las láminas de acero (EN10346) pueden oscilar entre 0,5 y 1,0 mm, siendo 0,5 mm el espesor estándar ACH. Los recubrimientos se aplican en función del uso del panel: SP25, PVDF25, PVDF35, HDS35, HDX55, PRISMA55, HPS200, etc., según norma EN 10169. El recubrimiento estándar ACH es el poliéster de 25 mm, SP25. Es posible fabricar con otros materiales bajo consulta: aluminio, acero inoxidable, etc.

El núcleo de lana de roca cumple con la norma EN 13162.

Aplicaciones

Los Paneles ACH están concebidos para la construcción de cerramientos en grandes superficies industriales o de edificación civil. Se puede emplear indistintamente para la construcción de fachadas y particiones interiores de los siguientes tipos de edificios:

- Locales calefactados.
- Apantallamiento acústico interior en instalaciones industriales.
- Locales de fabricación.
- Locales donde el comportamiento al fuego sea requisito importante.
- Cerramientos incombustibles: CPD's, garajes, almacenes de sustancias peligrosas, etc.
- Edificios donde la actividad es cambiante o destinados a su alquiler.

Ventajas

Las ventajas, al ser un panel prefabricado son la facilidad y rapidez en el montaje, homogeneidad y calidad de acabados, y sus certificaciones.

Dimensiones, pesos y características térmicas

Espesor mm	Ancho mm	Long. máx. recomendada m	Tipo de núcleo	Peso kg/m ²	Coef. Trans. Térmica W/m ² K
80	1.150	10,00	M	17,8	0,491

Comportamiento acústico*

R _w (dB)	R _A (dB(A))
≥33	≥32,5

* Consultar certificaciones al fabricante.

Reacción al fuego

Clasificado **A2-s1, d0** según norma EN-13501-1.

Resistencia al fuego

Clasificado **EI60** según norma EN-13501-2.

Temperatura límite de empleo y comportamiento al agua

- Aplicaciones desde -40°C hasta +180°C.

- No hidrófilo.

*Son temperaturas máximas puntuales, estando garantizadas las propiedades del panel solamente hasta 100°C si es temperatura continua.

Propiedades mecánicas a la flexión

Tabla sobrecarga de panel biapoyado.

Sobrecarga kg/m ²	30	60	80	100	120	150	200
Luz (m)	9,22	6,26	5,15	4,47	4,07	3,24	2,50

Flexión L/180. Coeficiente seguridad: 1,8.

Certificaciones de producto

Marcado CE según norma EN 14509.

Saint-Gobain

Un referente mundial de hábitat sostenible.

Atención al Cliente

info@panelesach.com

Contacte con Nosotros

C/ Los Corrales. Parcelas C5 y C6
Polígono Industrial "La Ballestería"
www.panelesach.com

Policarbonatos y Placas de Poliéster

ILUMINACIÓN NATURAL

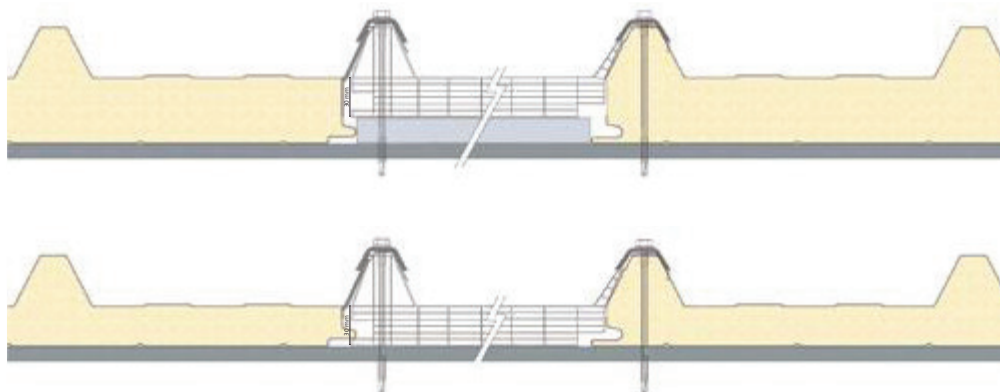


ACH

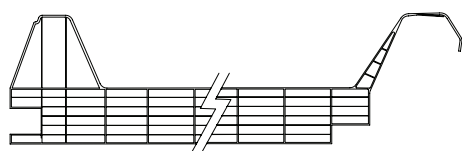
CE

ACH GRECA

Sistema cumbre canalón



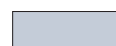
Componentes



Polycarbonato ACH GRECA 30 mm



Tornillo de fijación



Suplemento para paneles > 30 mm



Caballote EPDM ACH P5G

Características

	30	40
Paso celdillas verticales	24 mm	
Paredes horizontales	7	
Ancho placa útil	1.000 mm	
Tacón	con / sin	
Longitud	a medida	
Control solar (G = valor)	Neutro 60% Opalino 54%	Neutro 59% Opalino 58%
Transmisión de la luz	Neutro 59% Opalino 32%	Neutro 57% Opalino 30%
Aislamiento térmico	1,28 w/m ² / °C	1,14 w/m ² / °C
Aislamiento acústico	23 - dB	
Dilatación	0,065 mm / m °C	
UV protección	coextrusión cara exterior	
Clasificación al fuego	B-s1, d0 (UNE-EN 13501-1:2007)	
Temperatura uso ordinario	-30° + 120 °C	
Garantía decenal	contra granizo, pérdida transmisión, luz amarilleamiento	

Tabla de cargas

Distancia entre 3 o más apoyos	Presión en Pa/m ²	Depresión en Pa/m ²
1000 mm	3240 Pa	1650 Pa
1250 mm	2540 Pa	1320 Pa
1500 mm	2150 Pa	1100 Pa
1750 mm	1785 Pa	940 Pa
2000 mm	1485 Pa	825 Pa
2250 mm	980 Pa	710 Pa
2500 mm	780 Pa	595 Pa

ACH GRECA

Manual de instalación

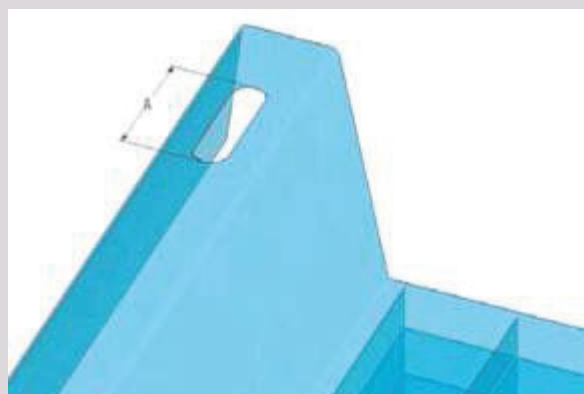
La instalación de nuestros paneles debe realizarse de cumbrera a canal y con pendientes mínimas del 7% y no superar la distancia de correas de 2,0 ml. En caso de que el panel sándwich sea de un espesor superior a la del panel a instalar, dicha diferencia debe ser compensada con la incorporación en la correa de omegas metálicas supletorias (ejemplo: si el panel sándwich es de espesor 40 mm y el espesor de panel de 30mm, deberá suplementarse con una omega metálica de 10 mm). De esta forma tanto el panel de policarbonato como el panel sándwich están en el mismo plano. Con la finalidad de que los elementos metálicos no rayen la parte interna del mismo, recomendamos colocar una junta de neopreno (E.P.D.M.) donde apoye el panel.

Cuando resulte necesario efectuar un sellado de las juntas, debe asegurarse la compatibilidad del policarbonato con el sellante (es recomendable silicona especial para policarbonato). Es imprescindible tapar las celdillas para evitar la entrada de polvo en el interior de la lámina. Se recomienda la colocación de cinta de aluminio en los extremos: lisa en la parte superior y porosa en la parte

inferior, que permite la salida del agua de condensación. Durante la manipulación en la cubierta para el montaje, hay que tener precauciones y no arrastrar el panel sobre la cubierta metálica, ya que podría provocar ralladuras en la parte posterior del mismo. El panel se puede cortar fácilmente con sierras circulares (con cuchillas de diente pequeño), mecánicas ó sierras para metales (en estos casos hay que sujetar la placa para evitar vibraciones). Es conveniente eliminar los restos de virutas alojados en los alveolos de la placa. No puede pisarse y no deberá utilizarse para caminar sobre él o apoyarse en las operaciones de mantenimiento, instalación ó limpieza.

El coeficiente de dilatación térmica del policarbonato es sensiblemente superior al de las estructuras y a la de otros productos plásticos, por lo que es imprescindible prever sistemas que permitan la libre dilatación de las láminas. Para la fijación del panel es necesario hacer agujeros ovales en la parte superior de las alas y las grecas con un diámetro acorde a la Tabla A, colocando un soporte debajo de la greca para evitar vibraciones durante la realización del agujero.

Longitud panel (mm)	Longitud óvalo (mm)
≤ 2000	10
> 2000; ≤ 4000	14
> 4000; ≤ 6000	18
> 6000	18 + 2,6 mm/m

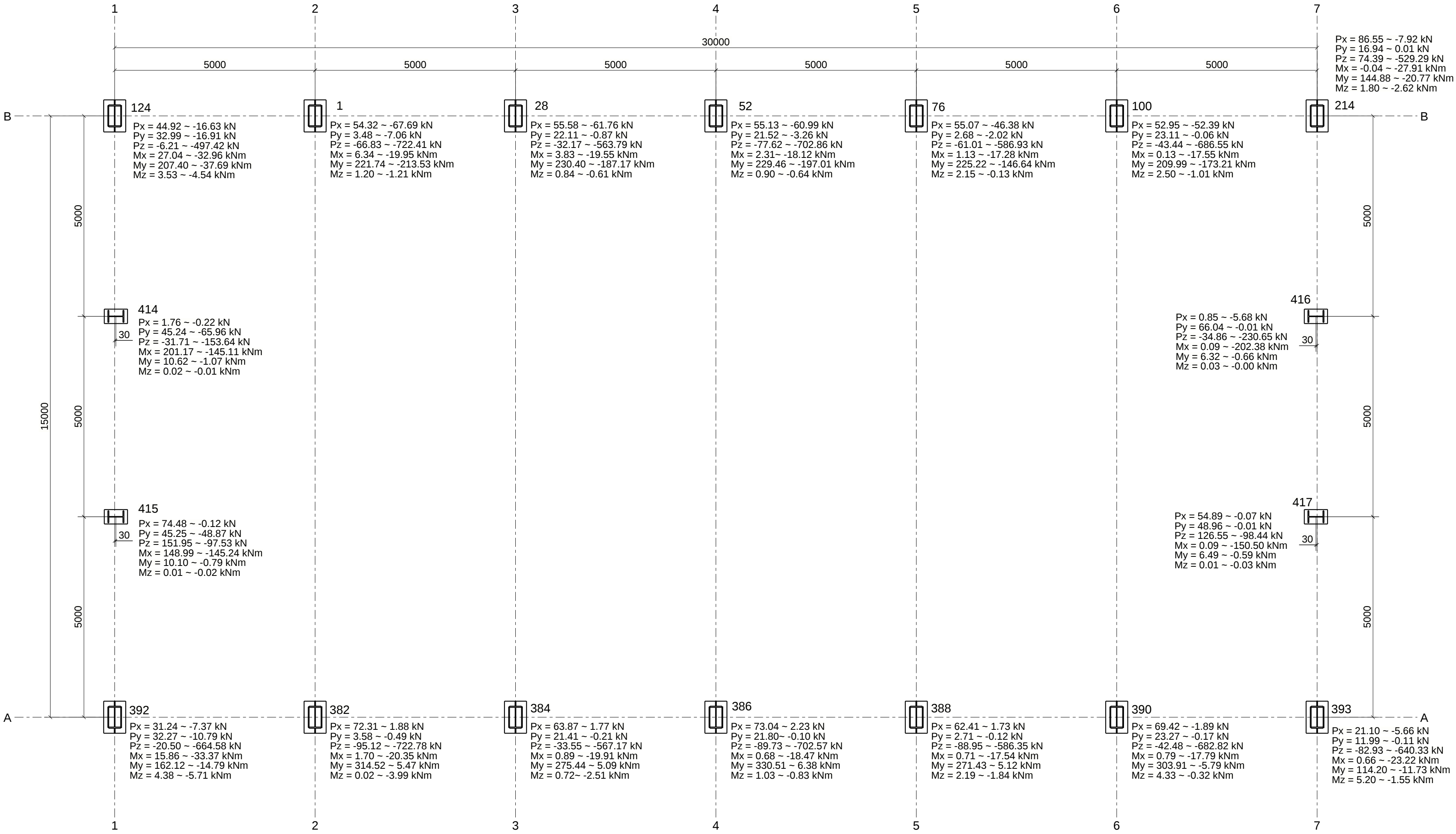


Una vez realizados los agujeros, colocaremos un cordón de silicona en la parte superior de la greca del panel para garantizar la estanqueidad y habiéndolo colocado longitudinalmente entre 2 paneles sándwich, atornillaremos por arriba para que sujete la greca del panel y quede fijado a las grecas del panel sándwich. Deberá colocarse una arandela de goma en los tornillos de fijación (recomendamos que sea de neopreno (E.P.D.M.)).

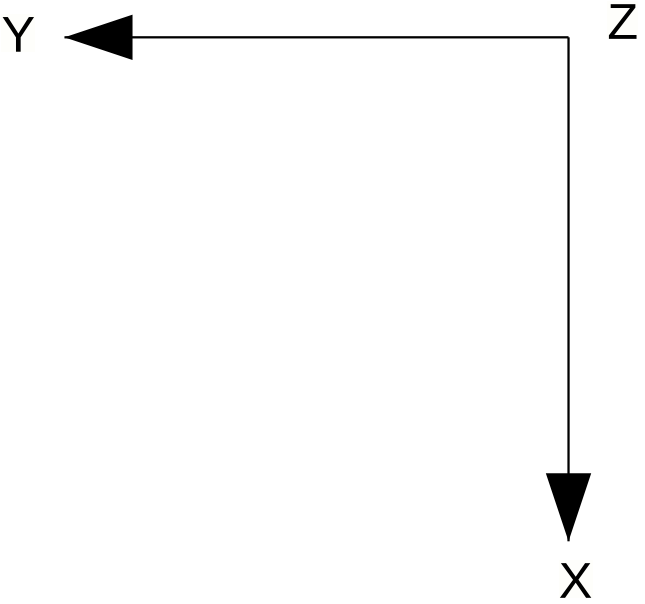
Para un buen mantenimiento aconsejamos limpiar el panel regularmente, aplicando agua tibia en la superficie para retirar residuos de polvo y tierra. Posteriormente enjabonaremos la superficie con jabón suave y agua caliente. Se recomienda utilizar jabón neutro que no contenga abrasivos ni disolventes. Utilizaremos una esponja o trapo y ejerceremos una suave presión ya que si

utilizamos otros elementos y apretamos, podemos dañar la superficie de la lámina. Enjuagamos finalmente y secamos con un trapo suave evitando dejar manchas de agua en la superficie de la lámina. En caso de tener manchas de aceite en la superficie se pueden quitar con alcohol o gasolina seguidos por abundantes enjuagues con agua templada y jabón. El panel debe almacenarse y protegerse bajo techo, a salvo de las condiciones atmosféricas, como el sol y la lluvia. Las placas de la misma longitud deben apilarse horizontalmente. Si tienen distintas longitudes, hay que colocar las más largas debajo. El panel apilado en placas deberá estar apoyado sobre tacos de corcho de poliestileno o palos de madera. Polimeros Gestión Industrial SL no proporciona accesorios (tornillos, tapajuntas o grapas, etc) para su instalación.

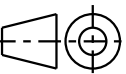
ANEXO V. Plano de Reacciones



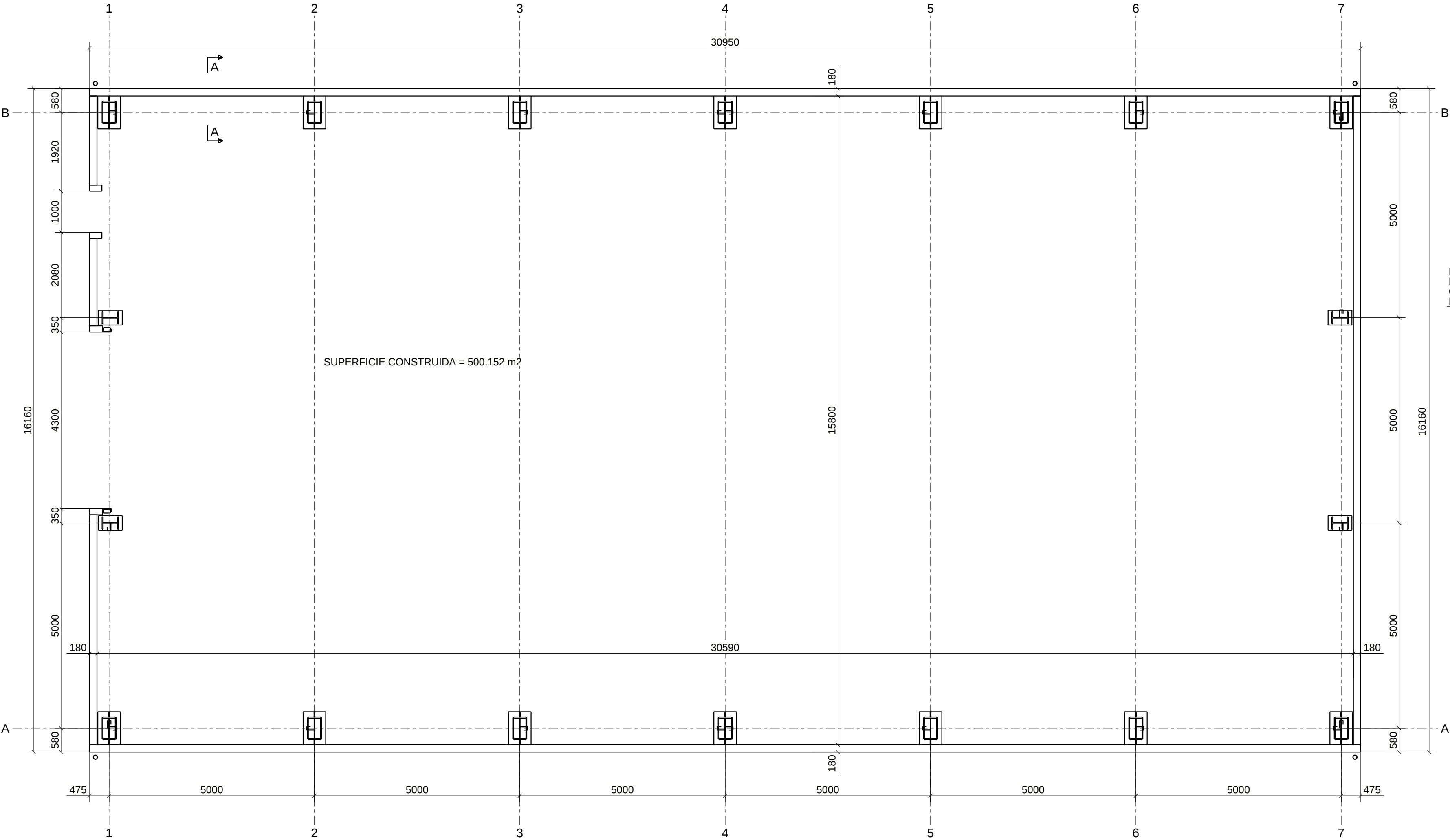
REACCIONES, EJES GENERALES, ENVOLVENTE ELS, PRIMER ORDEN.



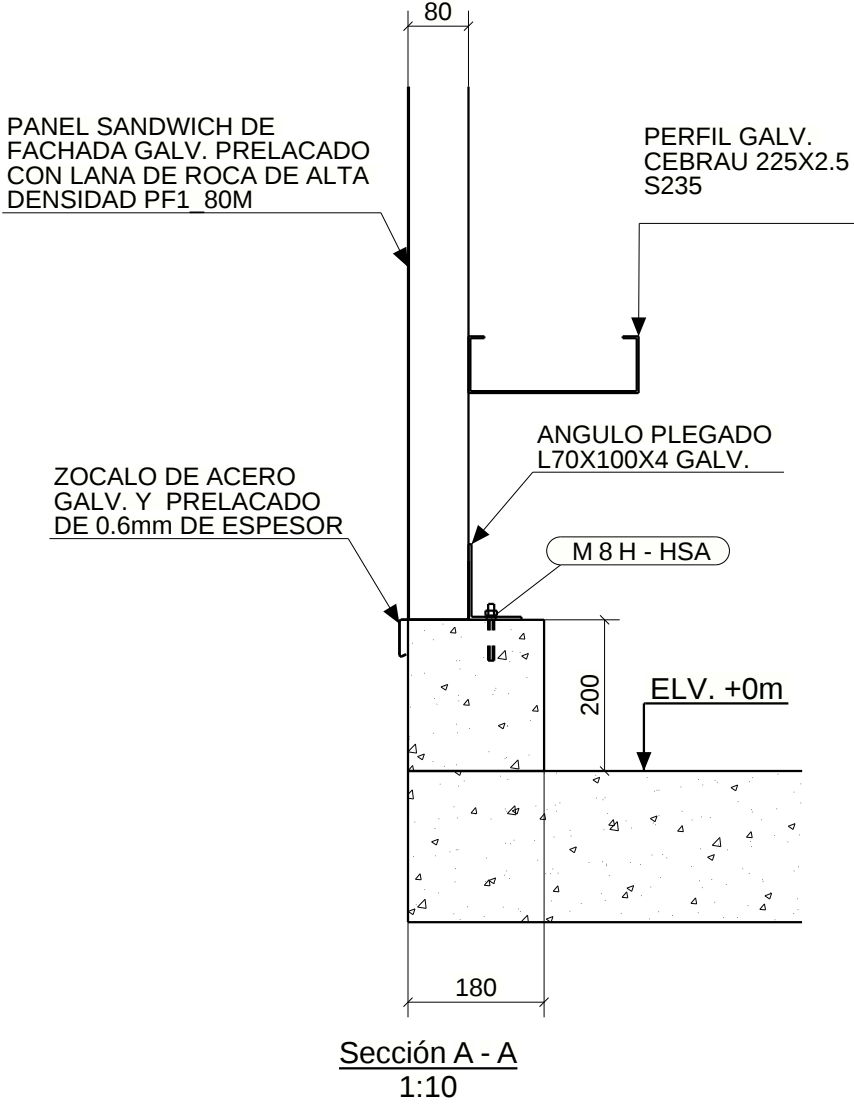
PLANTA REACCIONES DE CIMENTACION
1:75

0	RVA	29.12.2025	EMITIDO PARA FABRICACIÓN				
REV	NOMBRE	FECHA:	DETALLES DE REVISION:				
REFERENCIA	1	ARREGLO GENERAL		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza			
PROYECTO	NAVE METALICA						
ASIGNATURA	PROYECTO MODULO 1						
ZONA			CALCULISTA	08.12.2025	RVA		
REACCIONES			DELINEANTE	29.12.2025	RVA		
NAVE GRUPO 1			REVISADO	29.12.2025	JBP		ESCALA
PUENTE GRUA 80 tons.			Nº PLANO				IND.
			R-01				

ANEXO VI. Planos



SUPERFICIE CONSTRUIDA = 500.152 m²

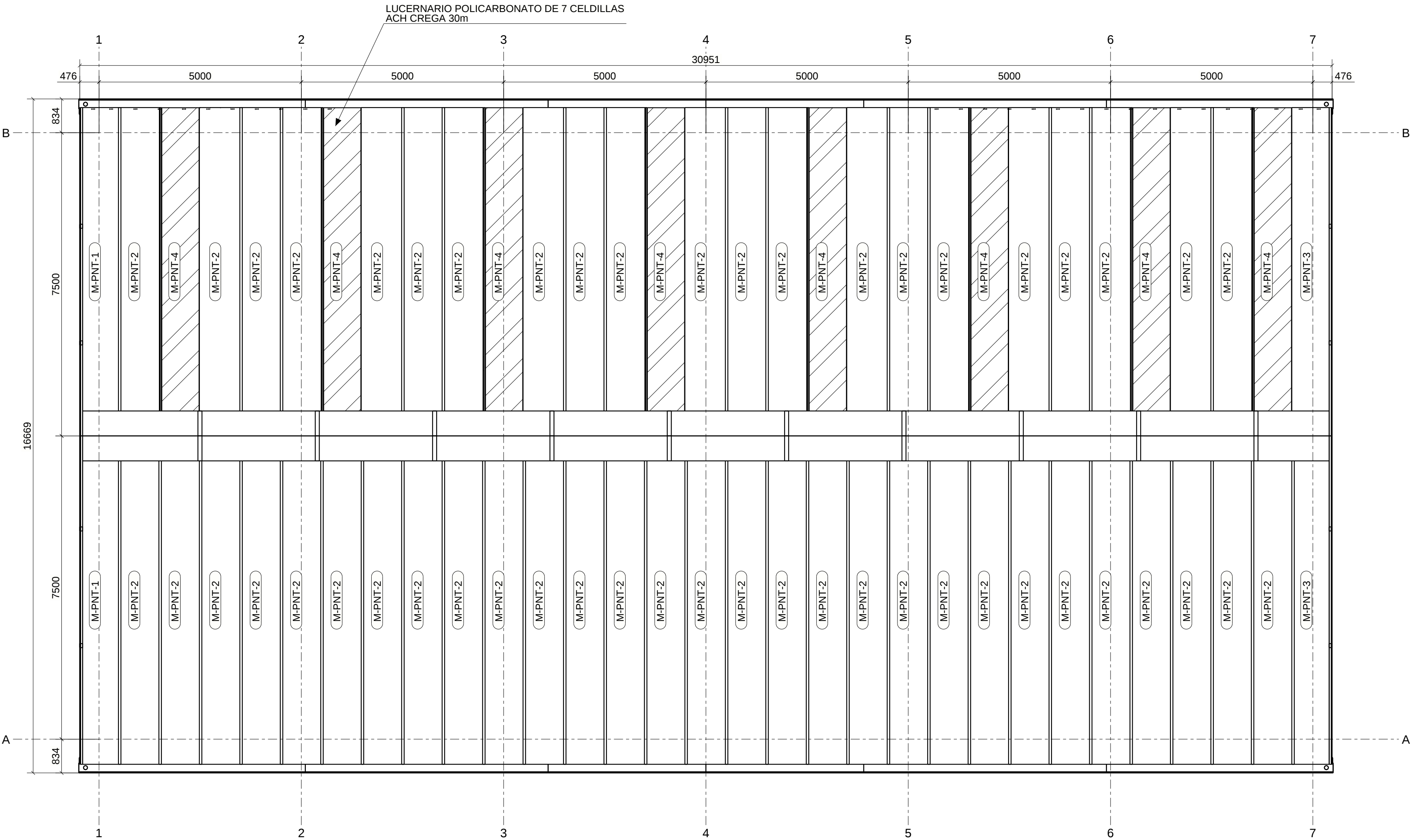


PLANTA BAJA
1:75

NOTAS:

- 1.- LAS ELEVACIONES INDICADAS SON A CARA SUPERIOR DEL PERFIL METALICO.
- 2.- TODAS LAS SOLDADURAS EN ANGULO, SALVO INDICACION, DEBERAN TENER UN ESPESOR DE GARGANTA DE 0.5 VECES EL ESPESOR DE LA CHAPA MAS DELGADA A UNIR.
- 3.- TODAS LAS UNIONES SERAN RIGIDAS SALVO INDICACION CONTRARIA.
- 4.- PROTECCION PASIVA CONTRA INCENDIOS DE ESTRUCTURA METALICA A REALIZAR MEDIANTE LA APLICACION DE PINTURA INTUMESCENTE, CON ESPESOR DE PELICULA SECA ADAPTADA A MASIVIDAD DE PERFIL DE ACERO LAMINADO RECUBIERTO PARA CONSEGUIR UNA RESISTENCIA AL FUEGO DE 30 MINUTOS "R 30".
- 5.- PERFILES Y CHAPAS EN ACERO S275JR.
- 6.- TORNILLOS GRADO 8.8 GALV.

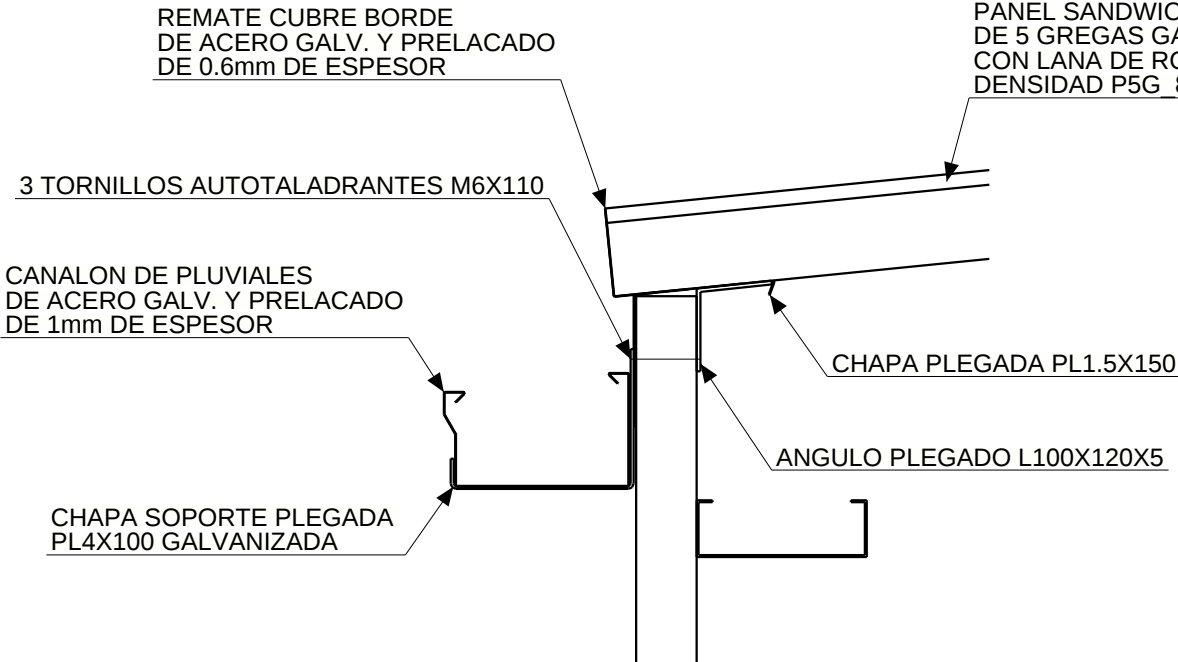
0	RVA	29.12.2025	EMITIDO PARA FABRICACIÓN				
REV	NOMBRE	FECHA:	DETALLES DE REVISION:				
REFERENCIA	1	ARREGLO GENERAL		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza			
PROYECTO	NAVE METALICA						
ASIGNATURA	PROYECTO MODULO 1						
ZONA			CALCULISTA	08.12.2025	RVA		
PLANTA BAJA			DELINEANTE	29.12.2025	RVA		
NAVE GRUPO 1			REVISADO	29.12.2025	JBP		ESCALA
PUENTE GRUA 80 tons.			Nº PLANO				IND.
A-01							



PLANTA CUBIERTA
1:75

REMATE ALERO
DE ACERO GALV. Y PRELACADO
DE 0.6mm DE ESPESOR

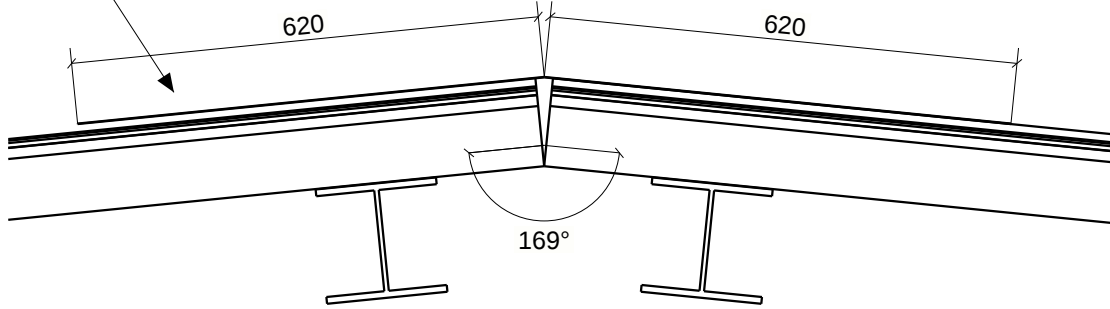
DETALLE REMATE ALERO
1:10



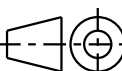
DETALLE CANELETA PLUVIAL
1:10

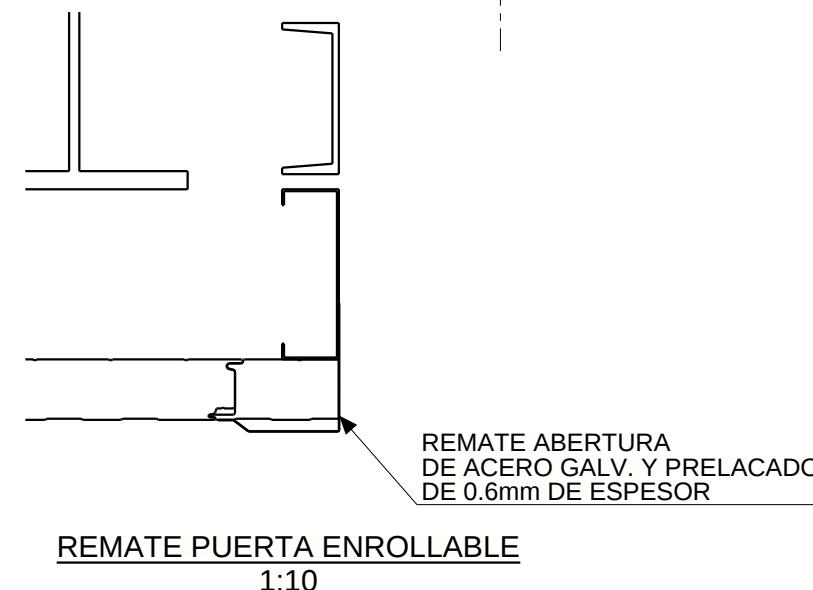
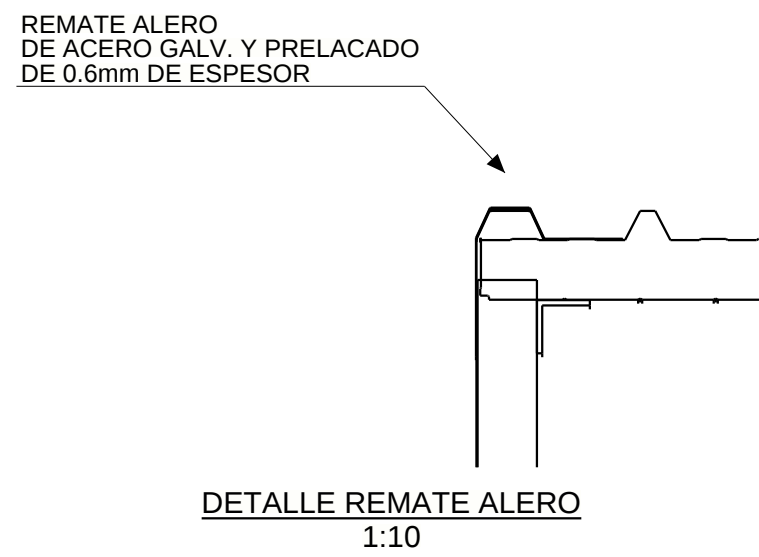
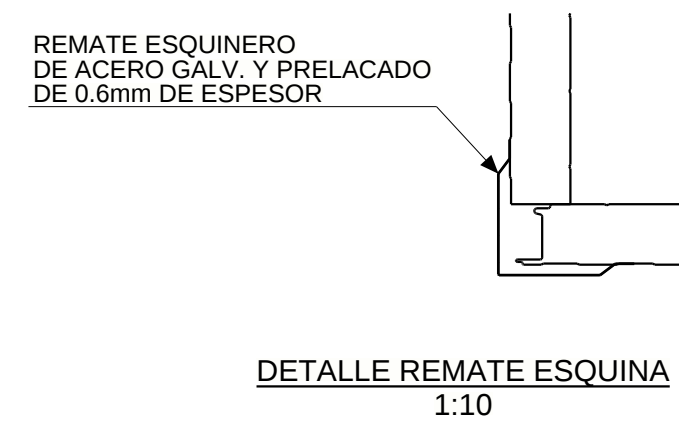
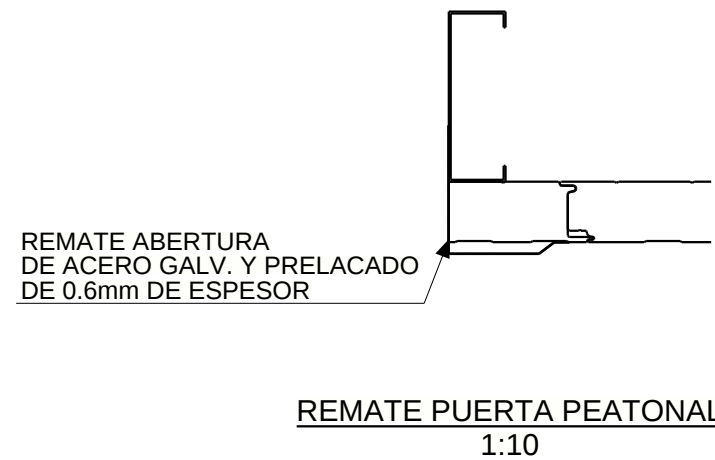
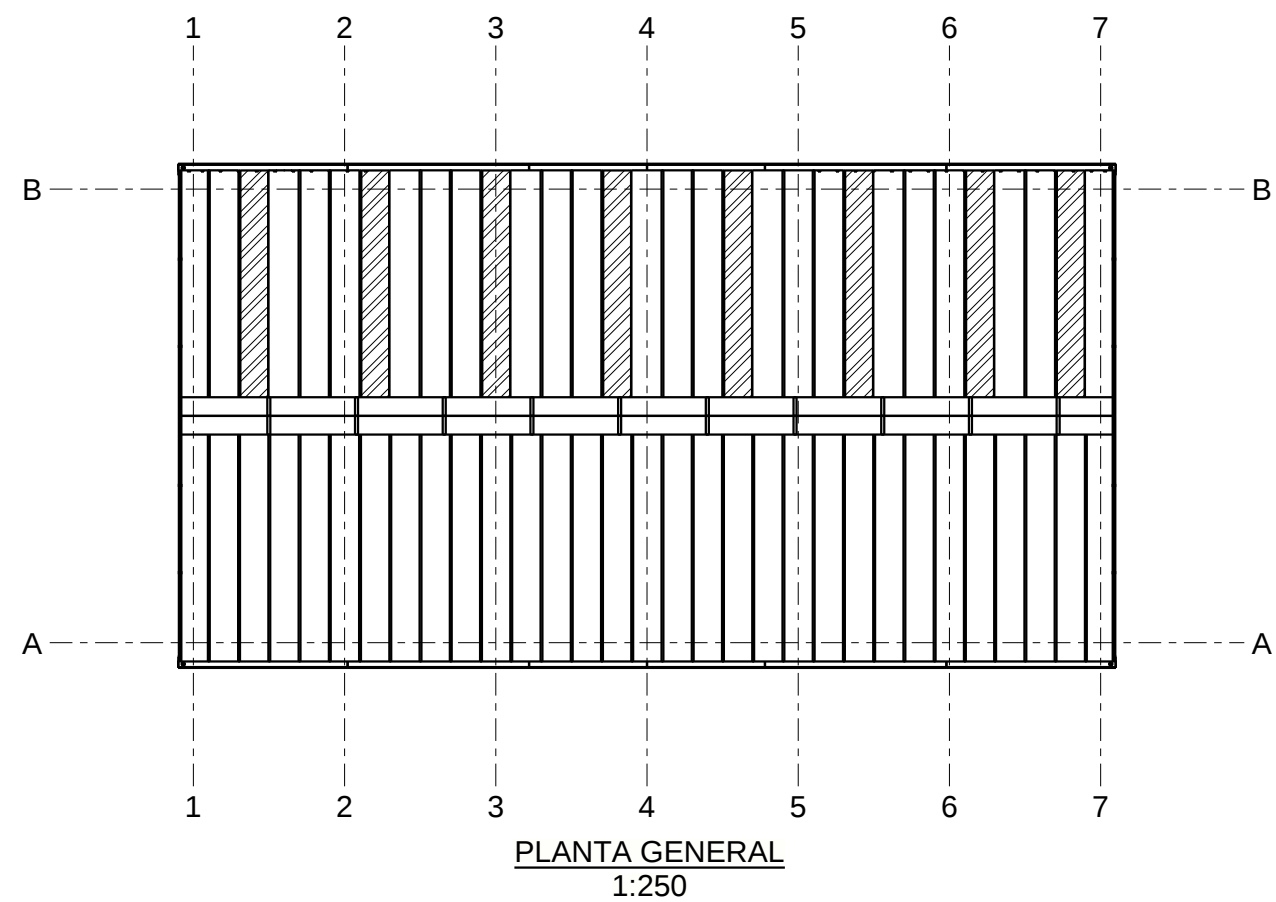
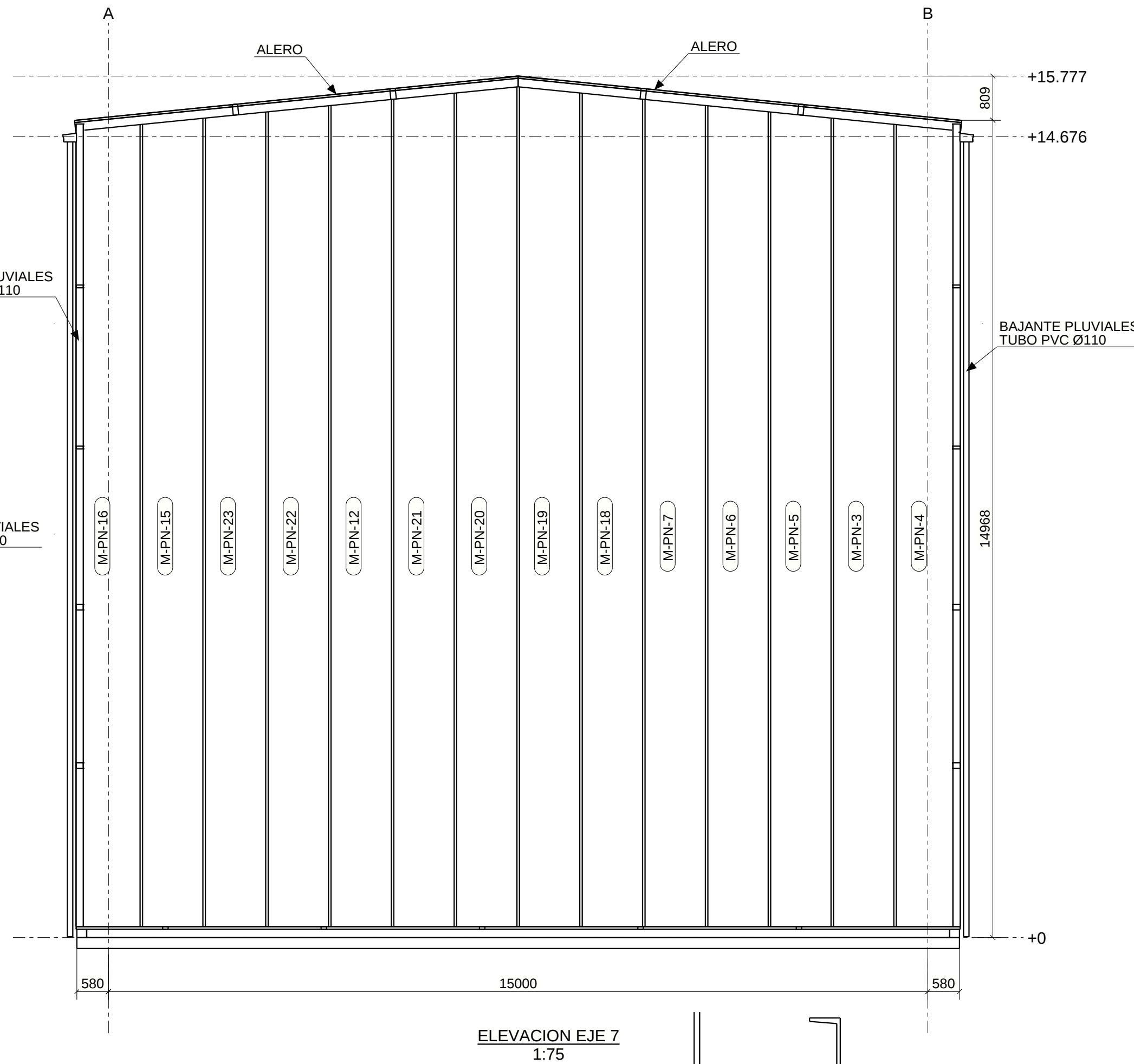
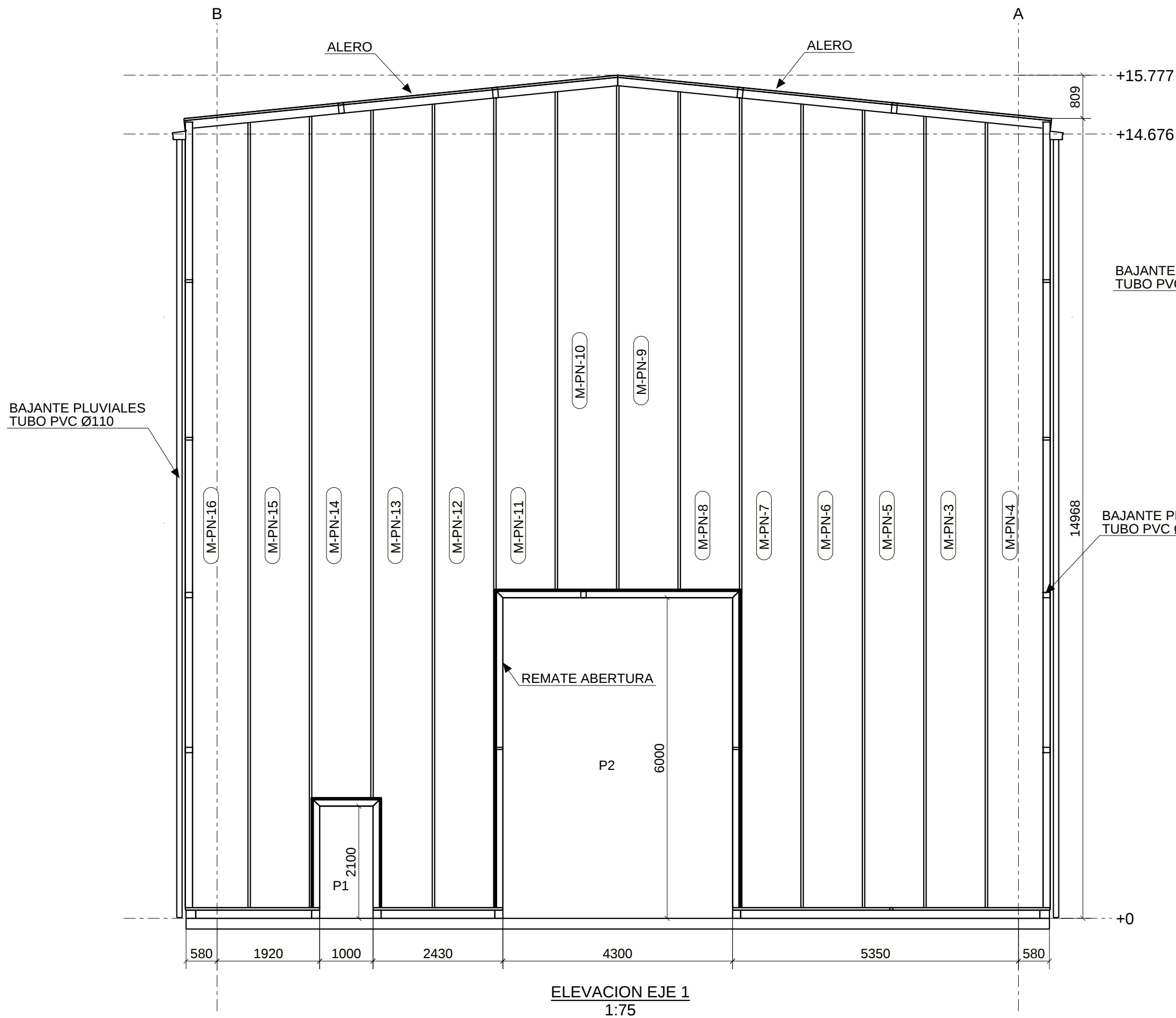
PANEL SANDWICH DE CUBIERTA
DE 5 GREGAS GALV. Y PRELACADO
CON LANA DE ROCA DE ALTA
DENSIDAD PSG 80M

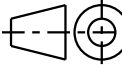
CUMBRERA
DE ACERO GALV. Y PRELACADO
DE 0.6mm DE ESPESOR



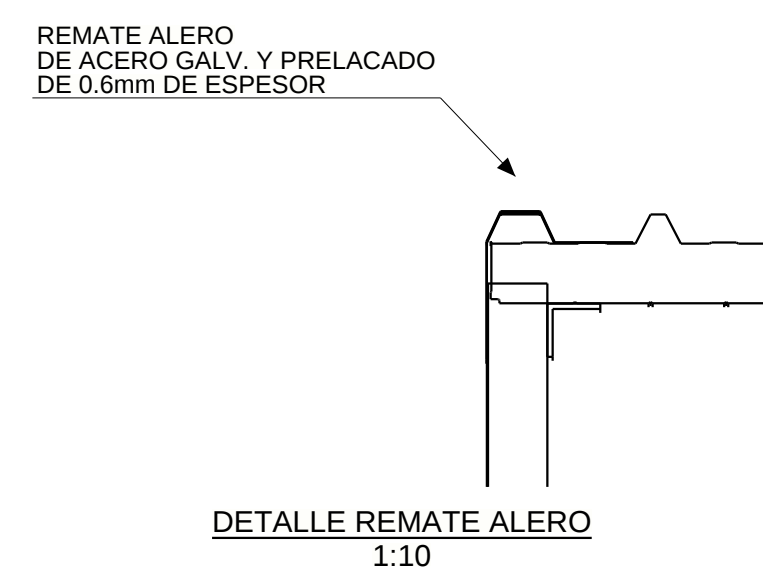
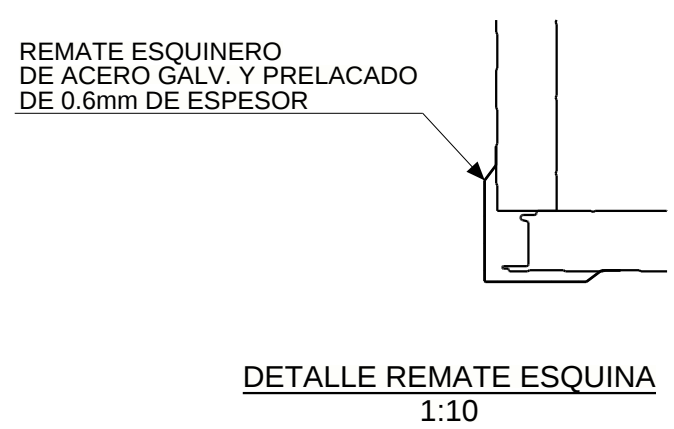
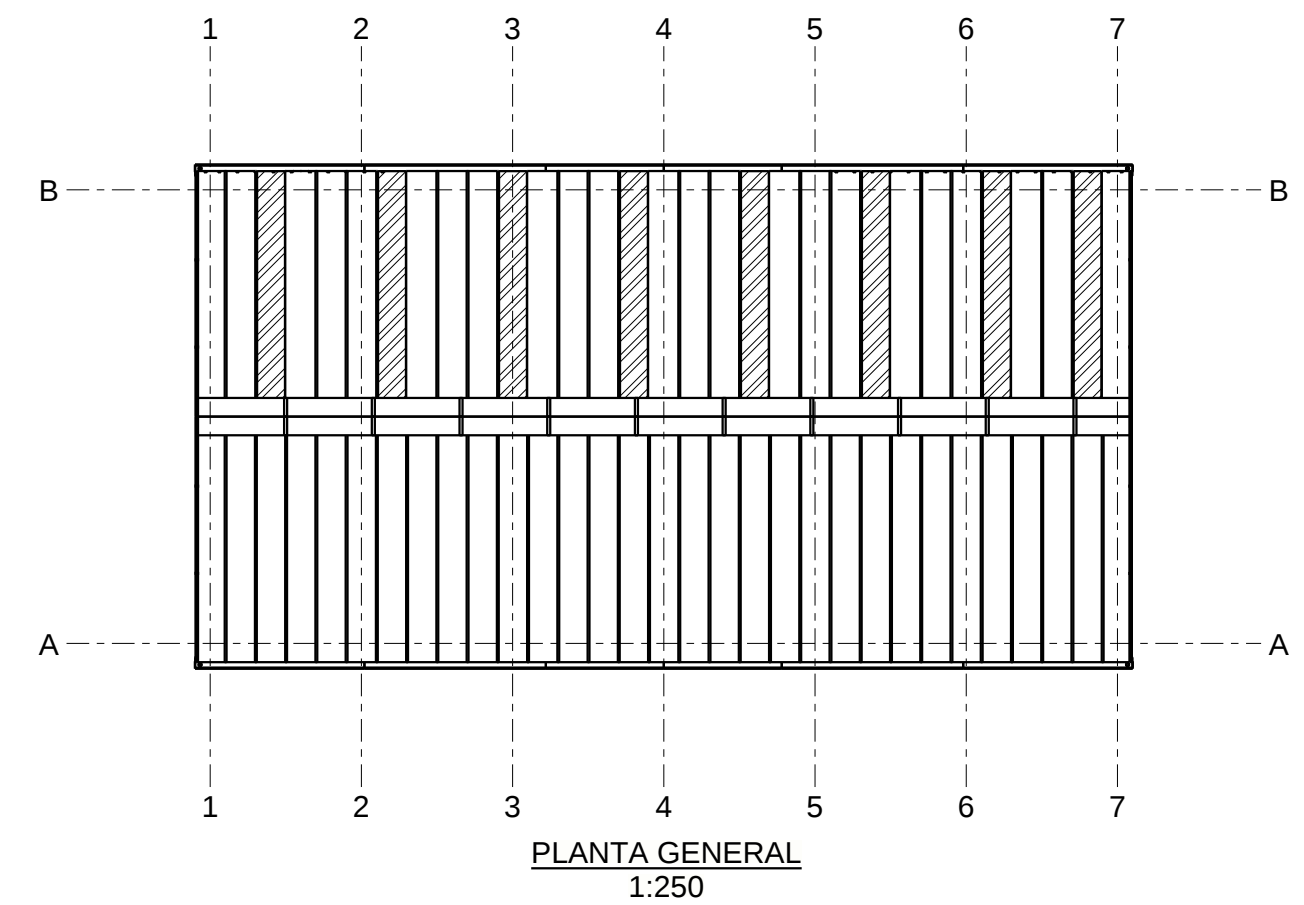
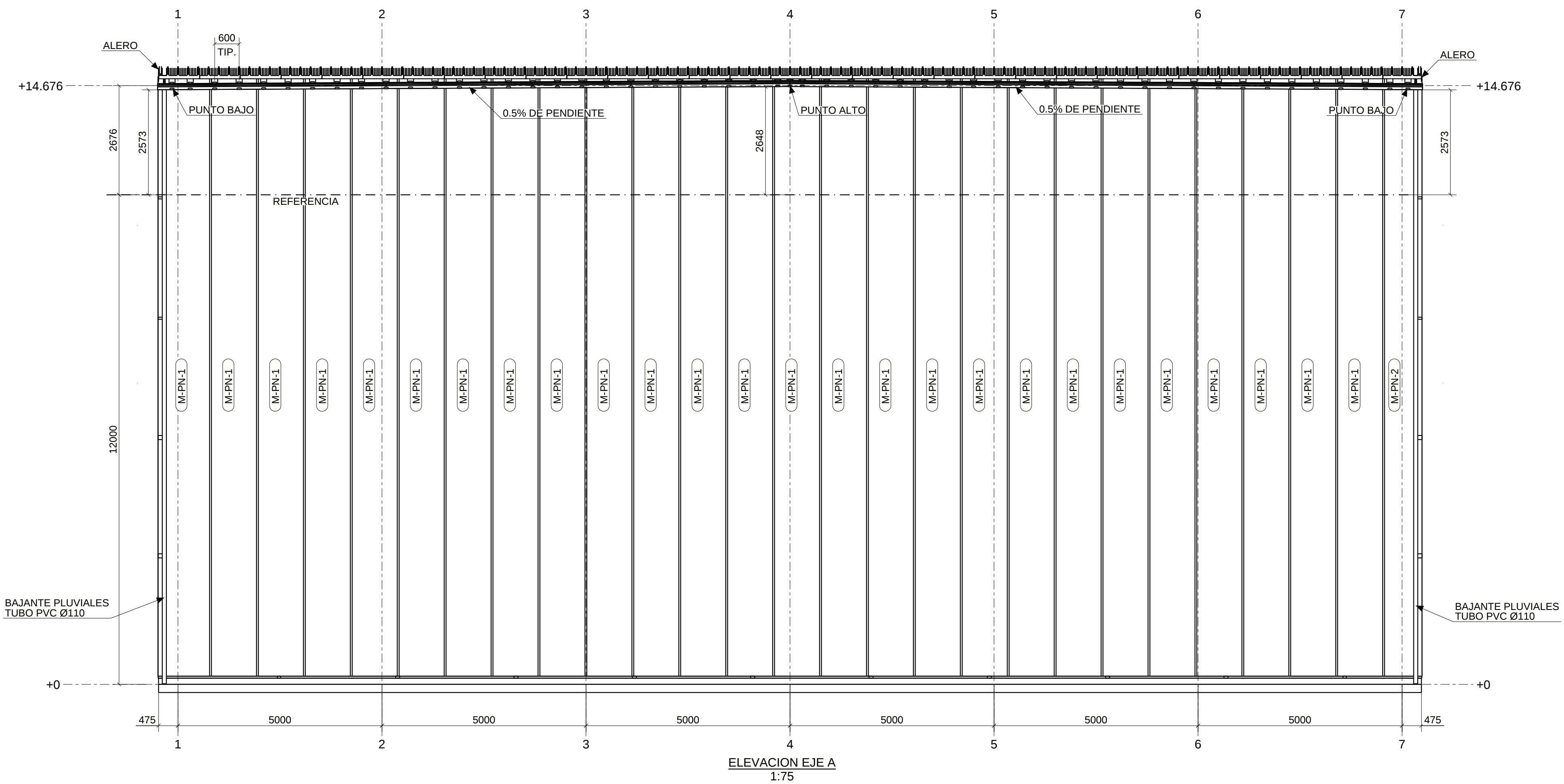
DETALLE CUMBRERA
1:10

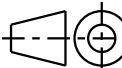
0	RVA	29.12.2025	EMITIDO PARA FABRICACIÓN				
REV	NOMBRE	FECHA:	DETALLES DE REVISION:				
REFERENCIA	1	ARREGLO GENERAL		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza			
PROYECTO	NAVE METALICA						
ASIGNATURA	PROYECTO MODULO 1						
ZONA			CALCULISTA	08.12.2025	RVA		
PLANTA CUBIERTA			DELINEANTE	29.12.2025	RVA		
NAVE GRUPO 1			REVISADO	29.12.2025	JBP		ESCALA
PUENTE GRUA 80 tons.			Nº PLANO				IND.
A-02							

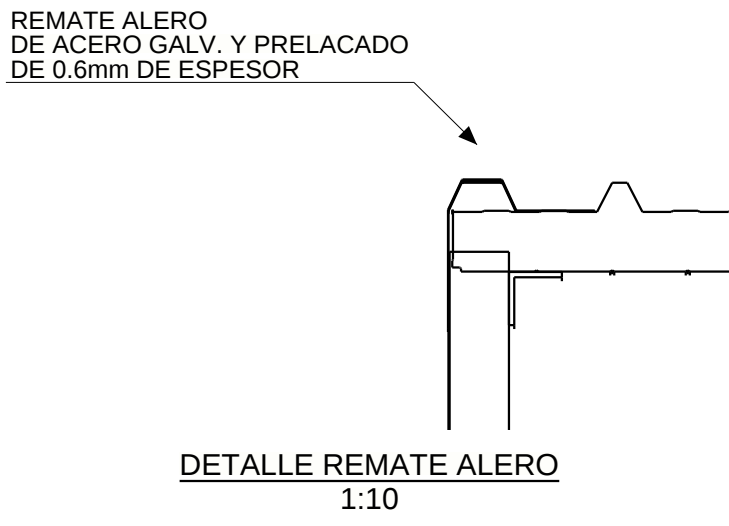
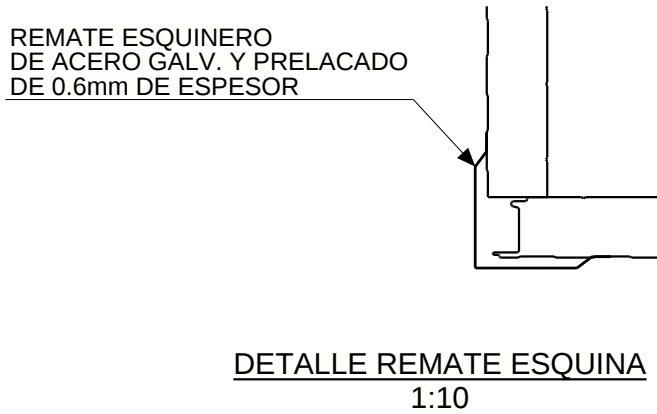
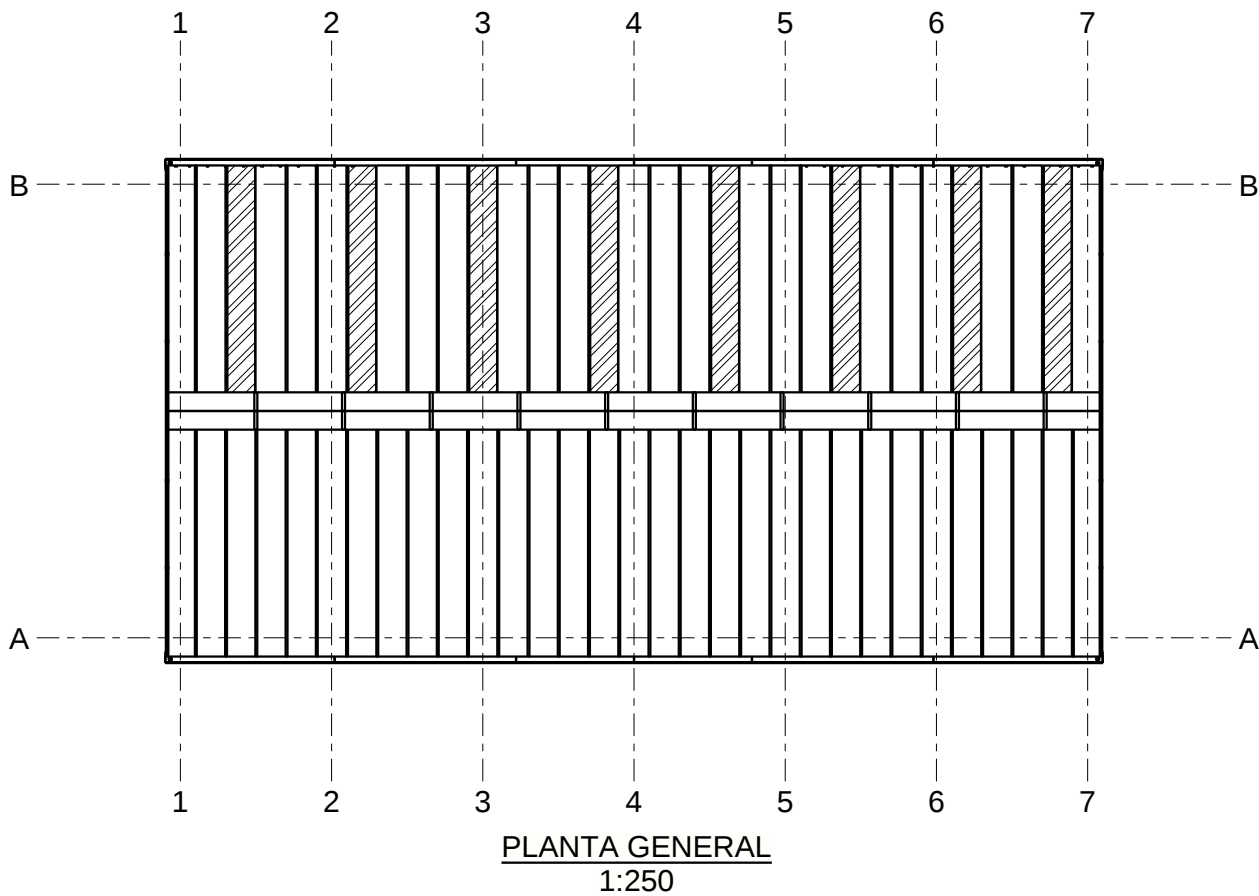
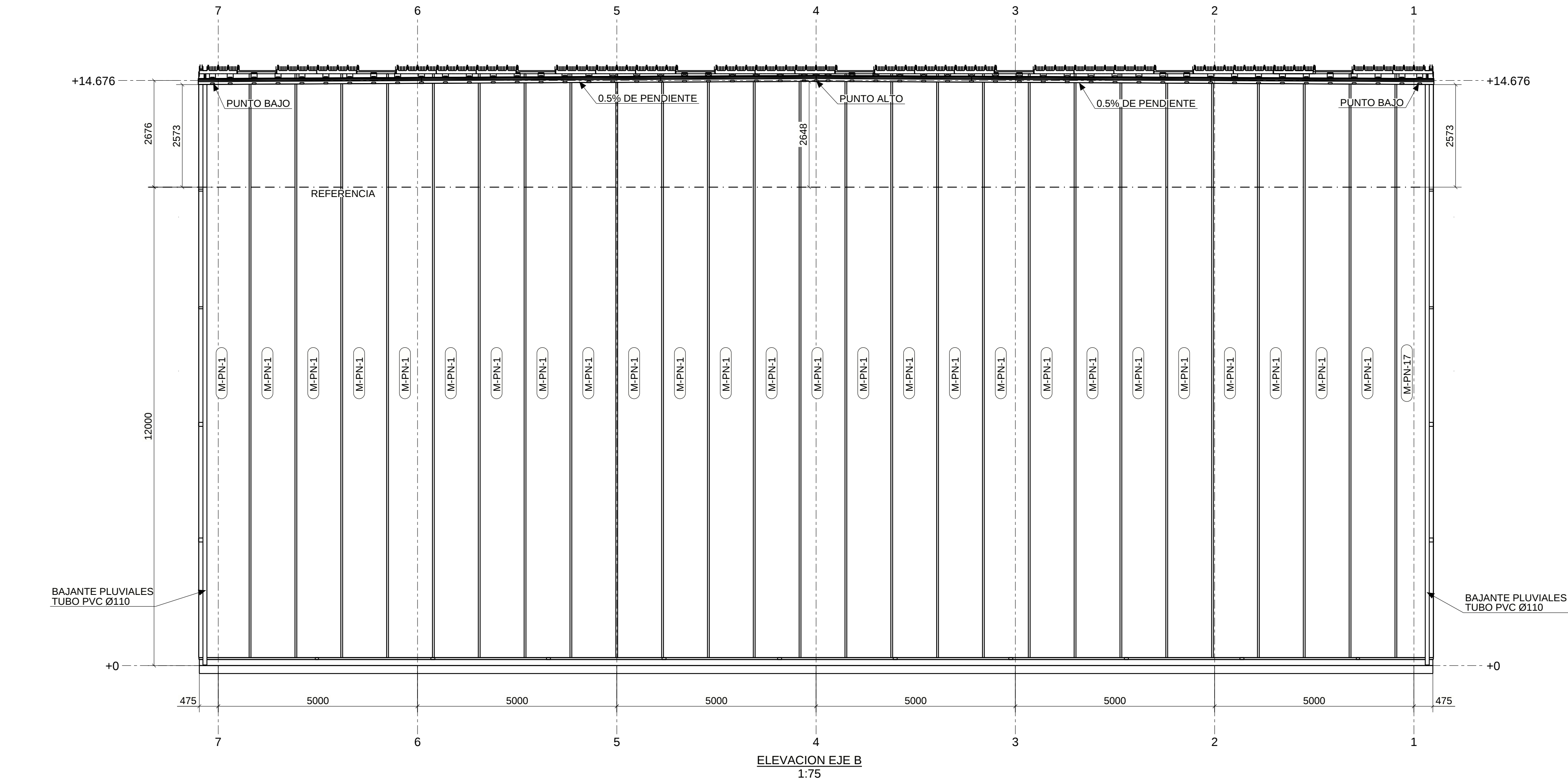


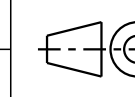
0	RVA	29.12.2025	EMITIDO PARA FABRICACIÓN				
REV	NOMBRE	FECHA:	DETALLES DE REVISION:				
REFERENCIA	1	ARREGLO GENERAL		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza			
PROYECTO	NAVE METALICA						
ASIGNATURA	PROYECTO MODULO 1						
ZONA			CALCULISTA	08.12.2025	RVA		
ELEVACIONES TRANSVERSALES			DELINEANTE	29.12.2025	RVA		
NAVE GRUPO 1			REVISADO	29.12.2025	JBP		ESCALA
PUENTE GRUA 80 tons.			Nº PLANO				IND.
A-03							

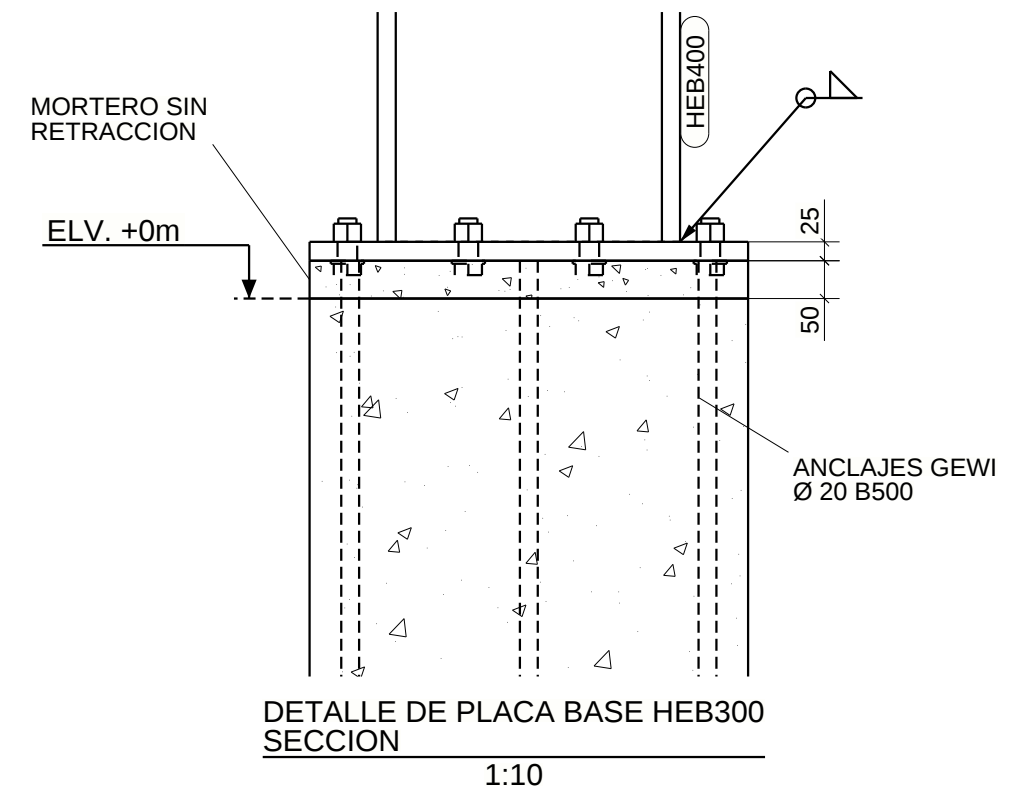
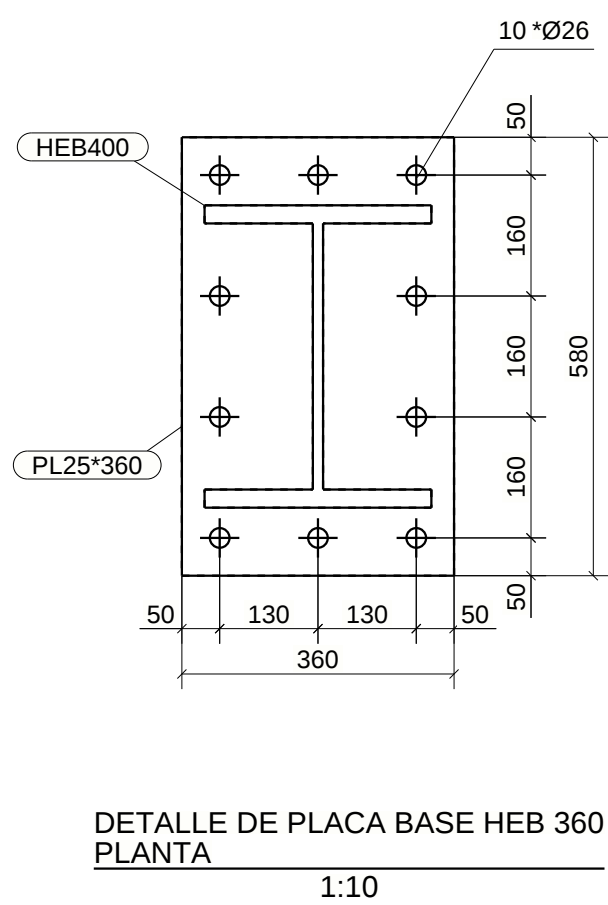
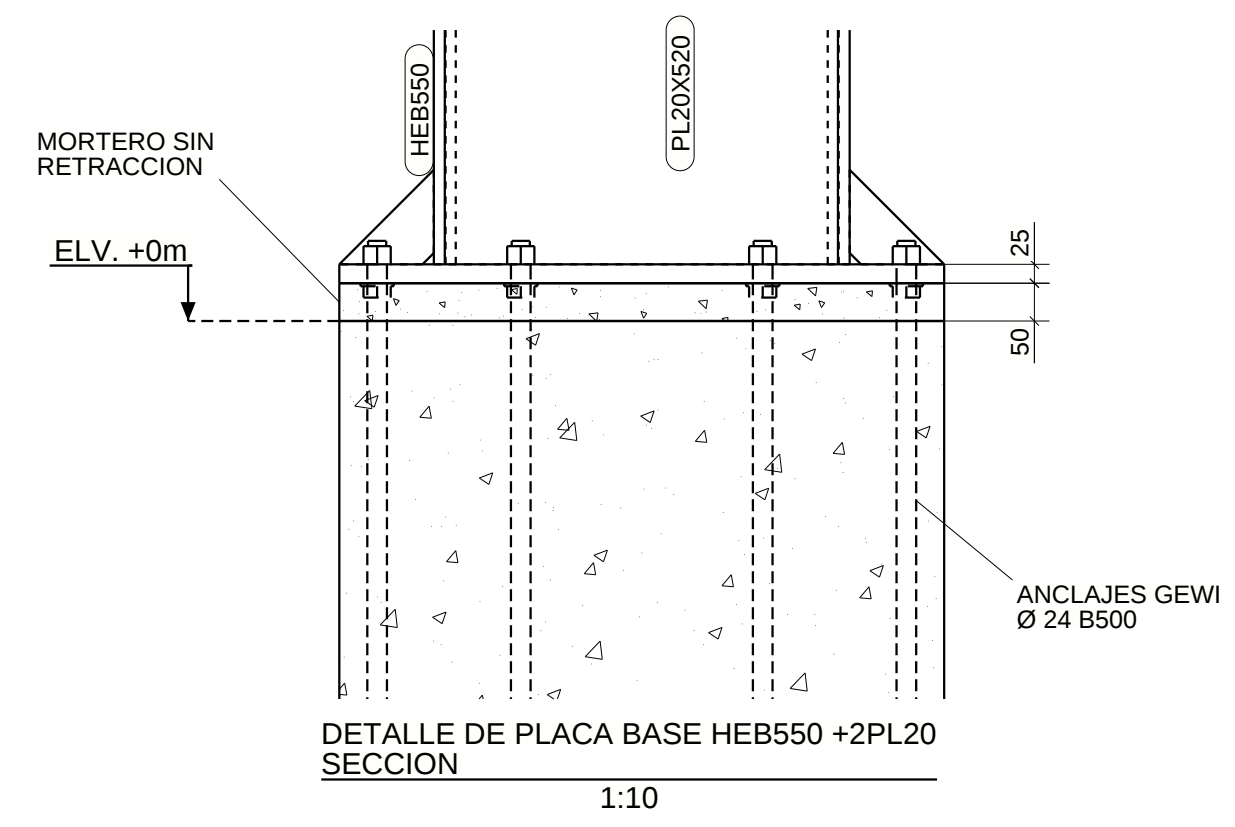
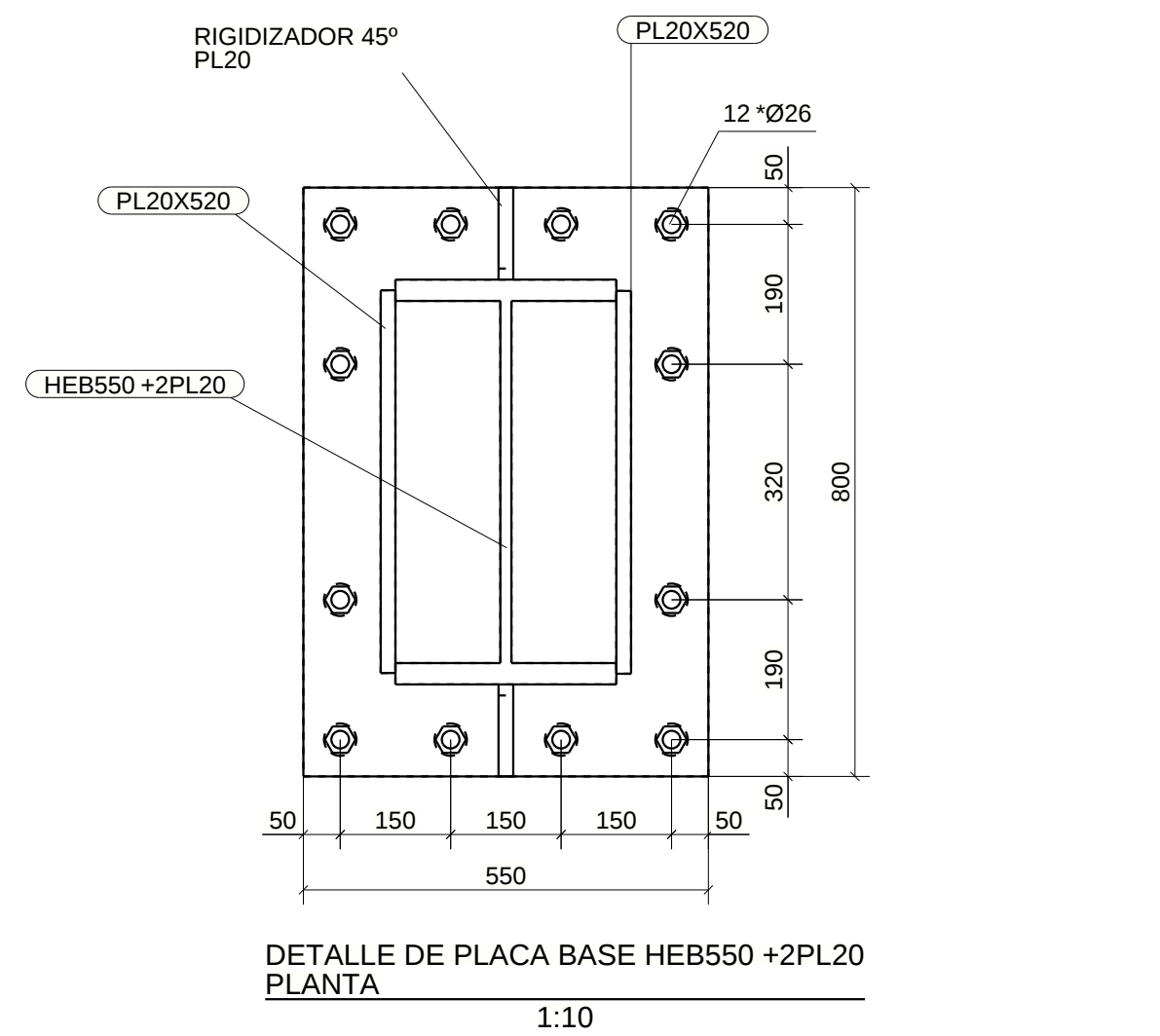
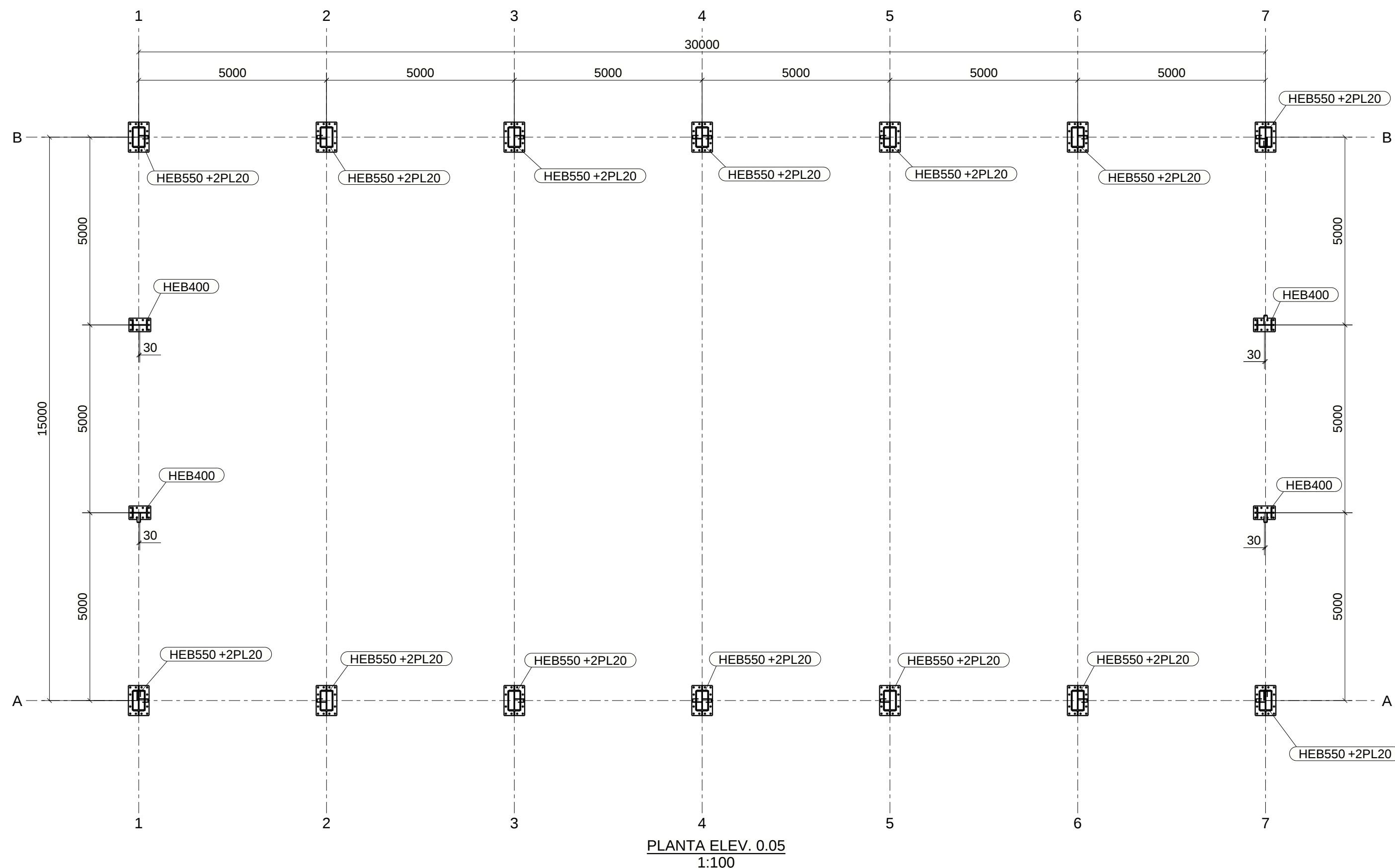
PUERTAS:
P1, PUERTA DE CHAPA ACERO LACADA AL HORNO CON ANTIPANICO Y CIERRAPUERTAS.
P2, PUERTA APILABLE , CATEGORÍA VIENTO CLASE 5.

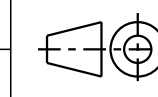


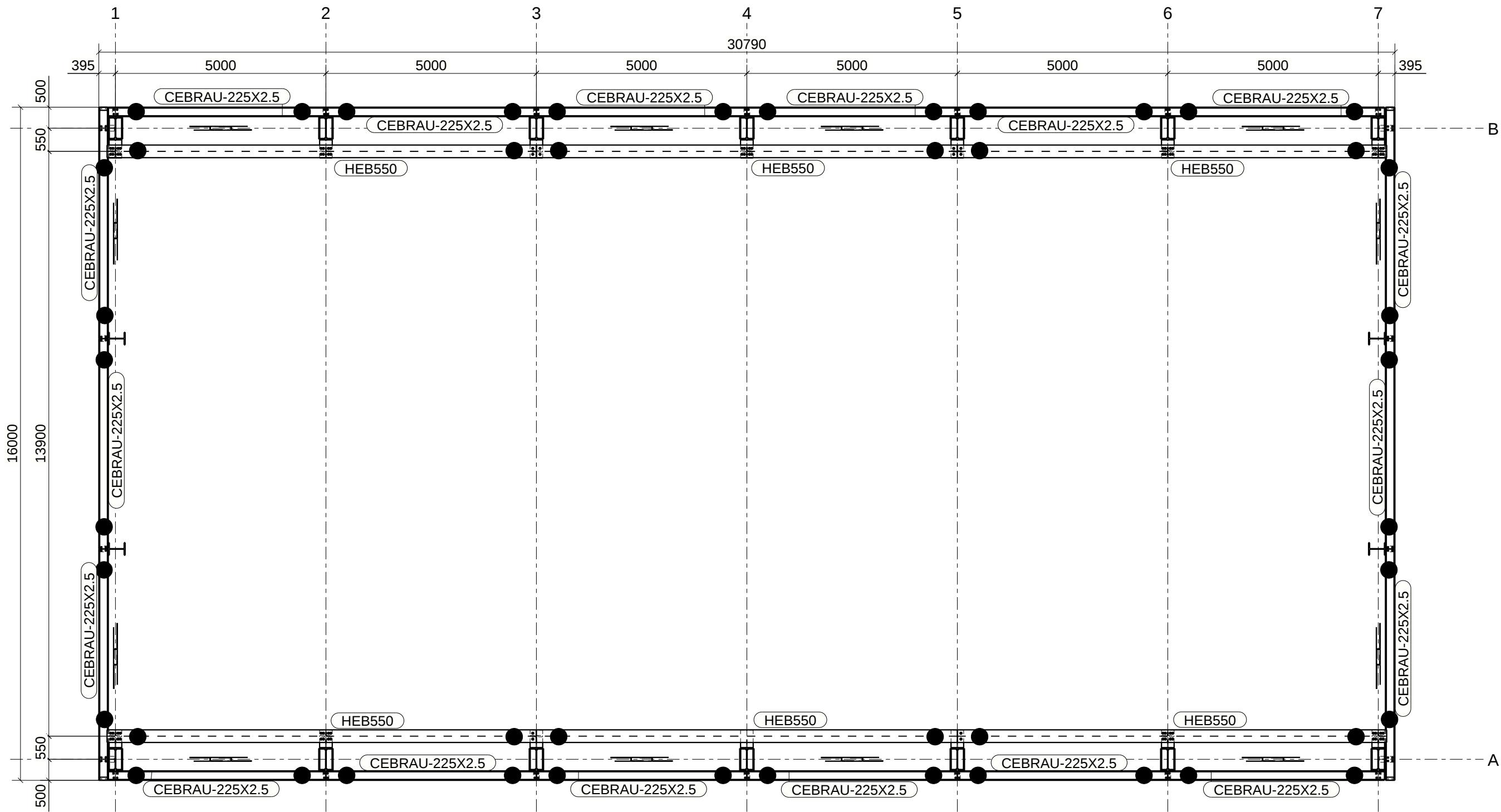
0	RVA	29.12.2025	EMITIDO PARA FABRICACIÓN				
REV	NOMBRE	FECHA:	DETALLES DE REVISION:				
REFERENCIA	1	ARREGLO GENERAL		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza			
PROYECTO	NAVE METALICA						
ASIGNATURA	PROYECTO MODULO 1						
ZONA			CALCULISTA	08.12.2025	RVA		
ELEVACION EJE A			DELINEANTE	29.12.2025	RVA		
NAVE GRUPO 1			REVISADO	29.12.2025	JBP	ESCALA	
PUENTE GRUA 80 tons.			Nº PLANO			IND.	
A-04							



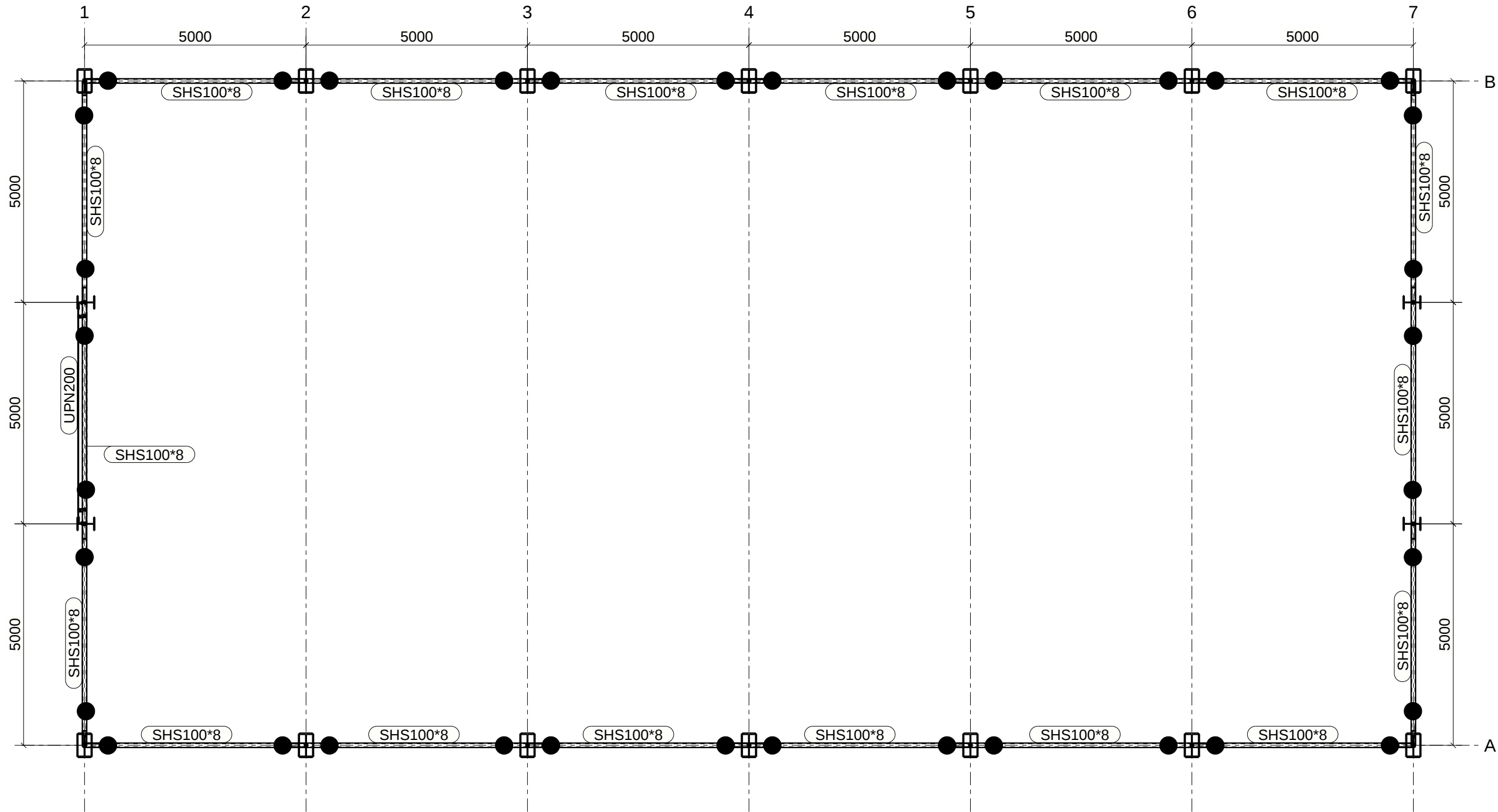
0	RVA	29.12.2025	EMITIDO PARA FABRICACIÓN			
REV	NOMBRE	FECHA:	DETALLES DE REVISION:			
REFERENCIA	1	ARREGLO GENERAL		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza		
PROYECTO	NAVE METALICA					
ASIGNATURA	PROYECTO MODULO 1					
ZONA			CALCULISTA	08.12.2025	RVA	
ELEVACION EJE B			DELINEANTE	29.12.2025	RVA	
NAVE GRUPO 1			REVISADO	29.12.2025	JBP	ESCALA
PUENTE GRUA 80 tons.			Nº PLANO			IND.
A-05						



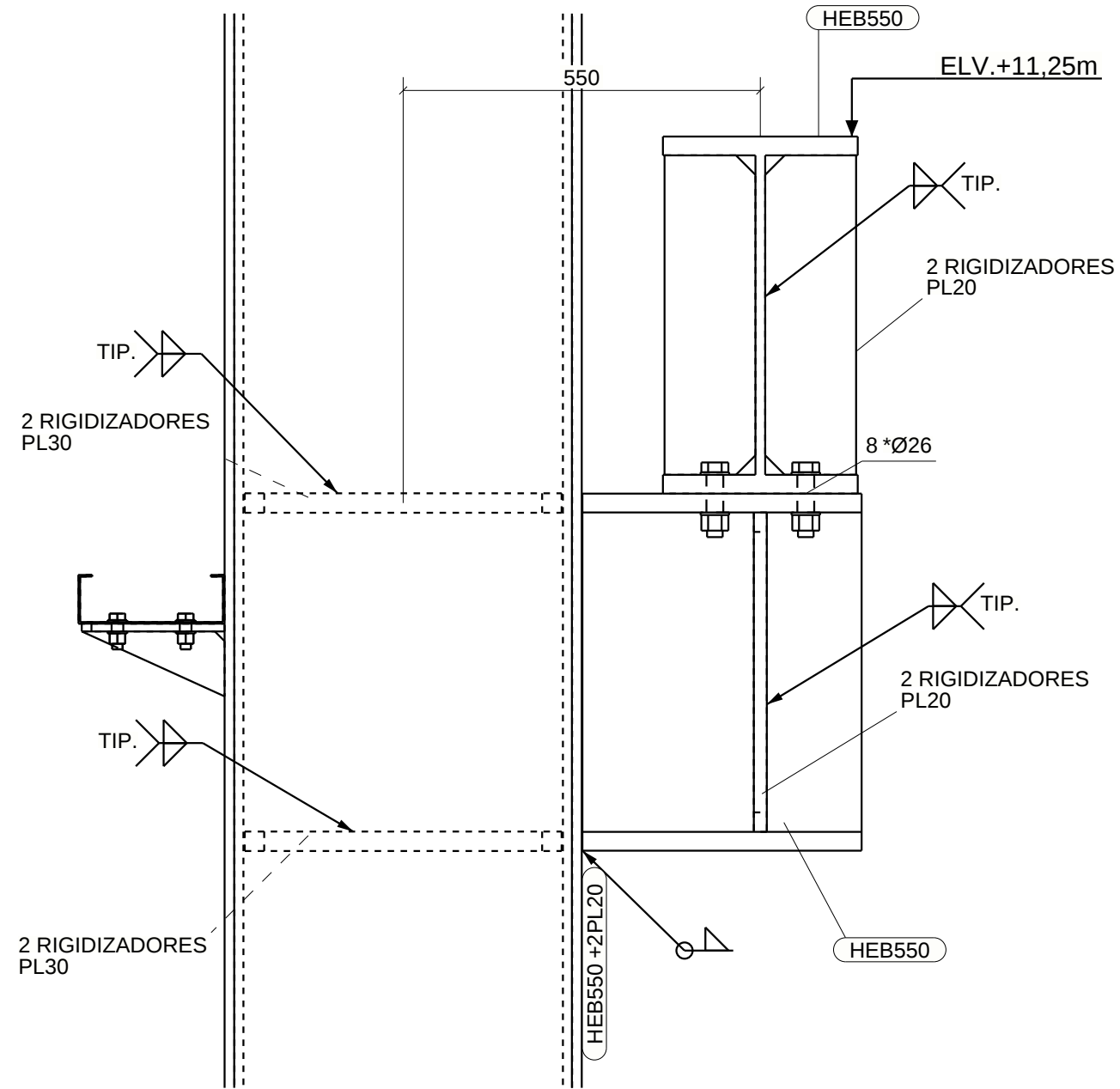
0	RVA	29.12.2025	EMITIDO PARA FABRICACIÓN			
REV	NOMBRE	FECHA:	DETALLES DE REVISION:			
REFERENCIA	1	ARREGLO GENERAL				
PROYECTO	NAVE METALICA					
ASIGNATURA	PROYECTO MODULO 1					
ZONA			CALCULISTA	08.12.2025	RVA	
ESTRUCTURA - PLACAS BASE			DELINEANTE	29.12.2025	RVA	
NAVE GRUPO 1			REVISADO	29.12.2025	JBP	ESCALA
PUENTE GRUA 80 tons.			Nº PLANO			IND.
E-01						



PLANTA ELV. +11,25
1:100



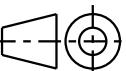
PLANTA ELV. + 7,388
1:100

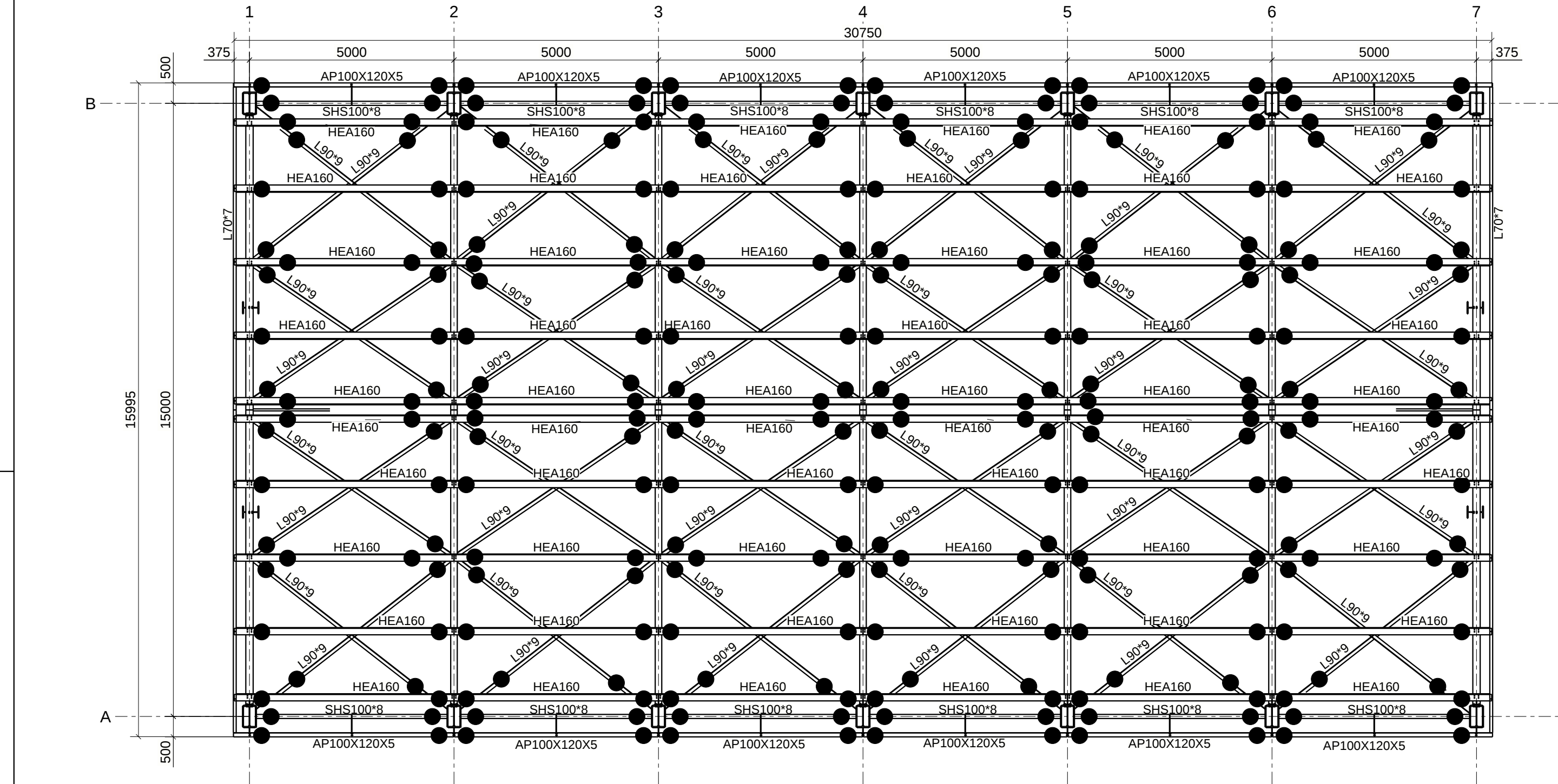


DETALLE VIGA CARRILERA
SECCION TIPICA
1:10

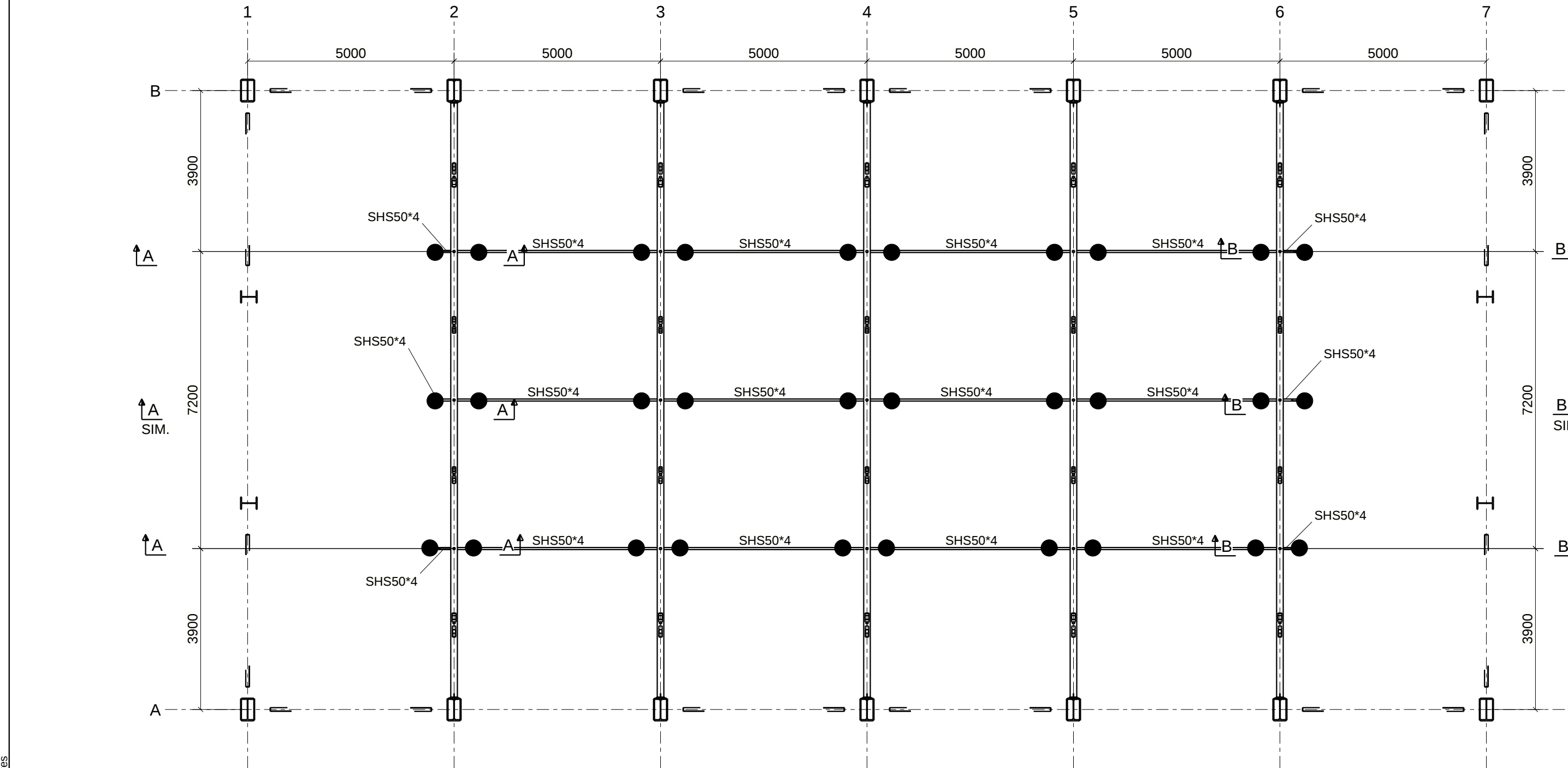
NOTA :

- UNION ARTICULADA
- CORREAS DE FACHADA CEBRAU 225X2

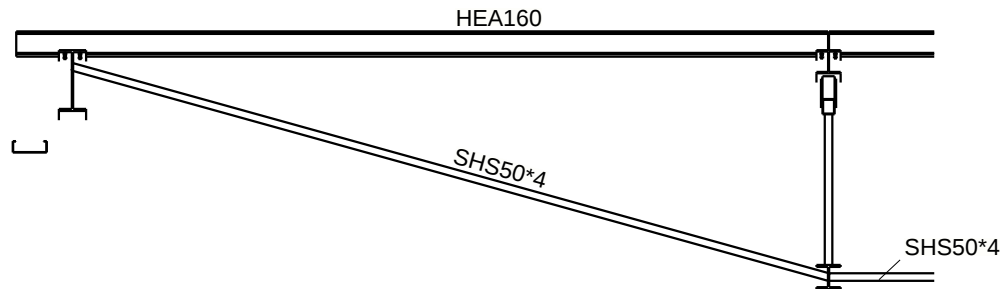
0	RVA	29.12.2025	EMITIDO PARA FABRICACIÓN				
REV	NOMBRE	FECHA:	DETALLES DE REVISION:				
REFERENCIA	1	ARREGLO GENERAL		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza			
PROYECTO	NAVE METALICA						
ASIGNATURA	PROYECTO MODULO 1						
ZONA			CALCULISTA	08.12.2025	RVA		
PLANTAS: EL +6,55 Y +10,25			DELINEANTE	29.12.2025	RVA		
NAVE GRUPO 1			REVISADO	29.12.2025	JBP		ESCALA
PUENTE GRUA 80 tons.			Nº PLANO				IND.
			E-02				



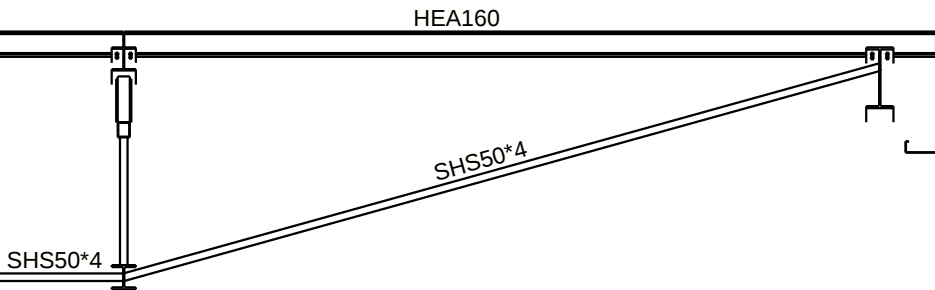
PLANTA CUBIERTA
1:100



PLANTA ELV. +13,752
1:100



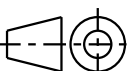
Sección A - A
1:50

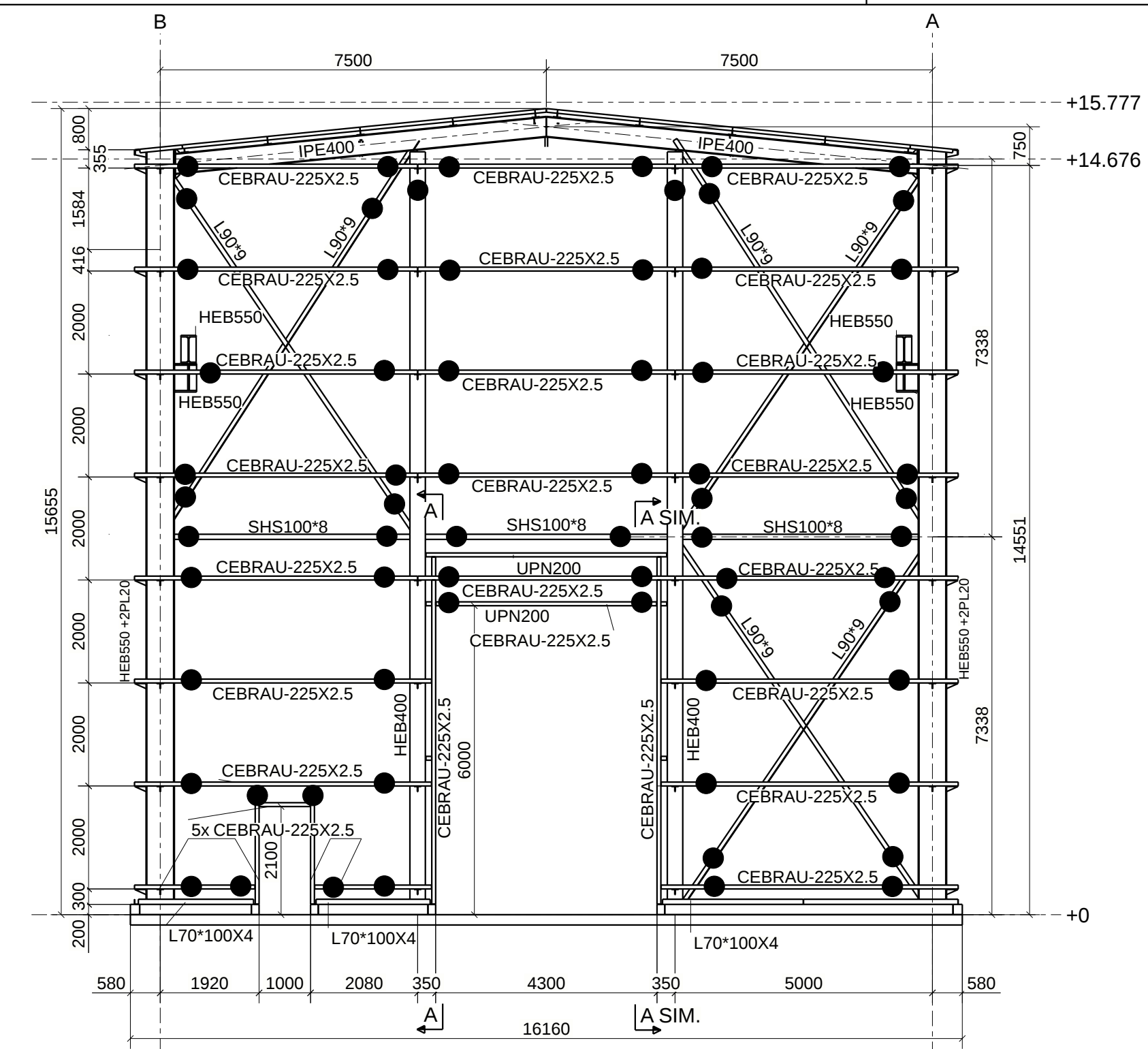


Sección B - B
1:50

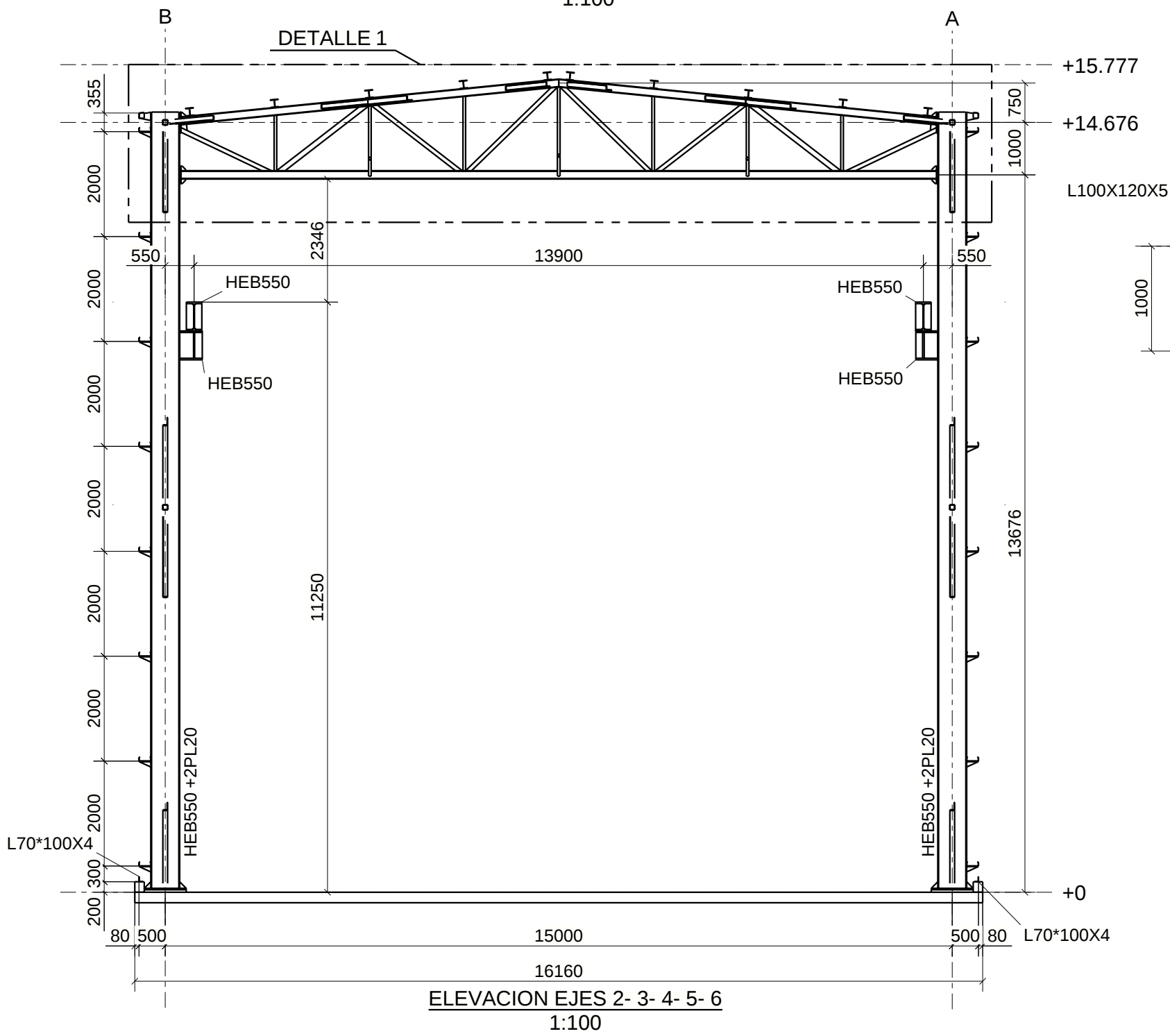
NOTAS:

- CORREAS DE CUBIERTA IPE180
- UNION ARTICULADA

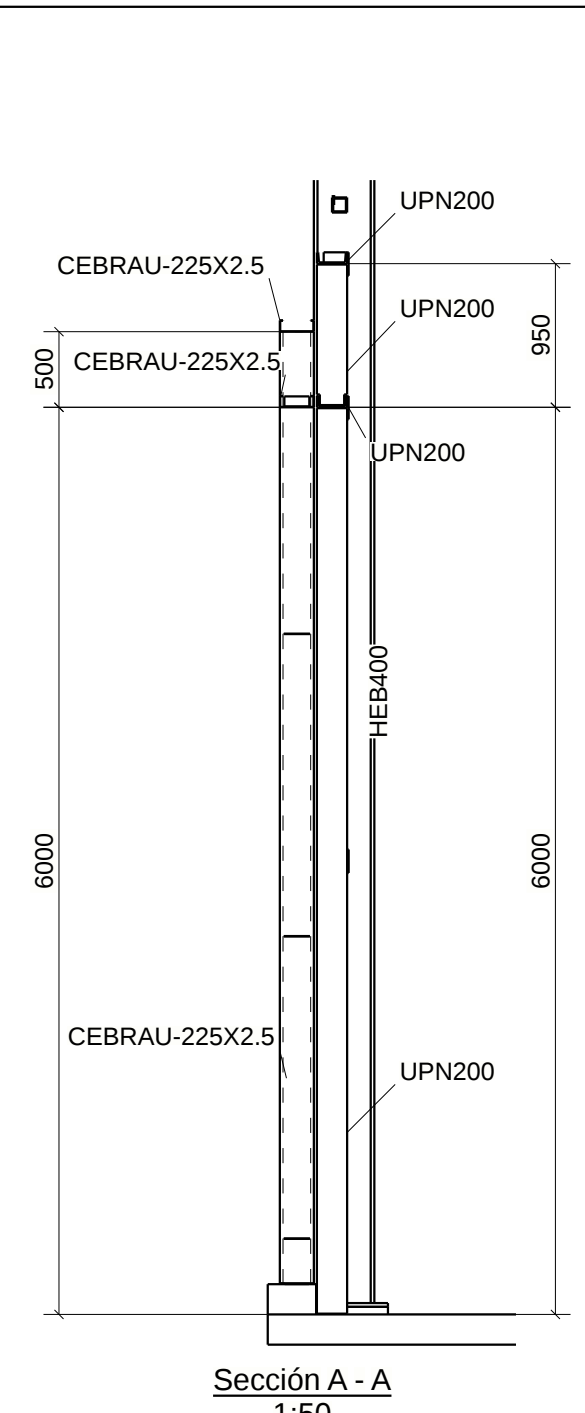
0	RVA	29.12.2025	EMITIDO PARA FABRICACIÓN				
REV	NOMBRE	FECHA:	DETALLES DE REVISION:				
REFERENCIA	1	ARREGLO GENERAL		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza			
PROYECTO	NAVE METALICA						
ASIGNATURA	PROYECTO MODULO 1						
ZONA			CALCULISTA	08.12.2025	RVA		
PLANTAS: EL +12,07 Y CUBIERTA			DELINEANTE	29.12.2025	RVA		
NAVE GRUPO 1			REVISADO	29.12.2025	JBP		ESCALA
PUENTE GRUA 80 tons.			Nº PLANO				IND.
			E-03				



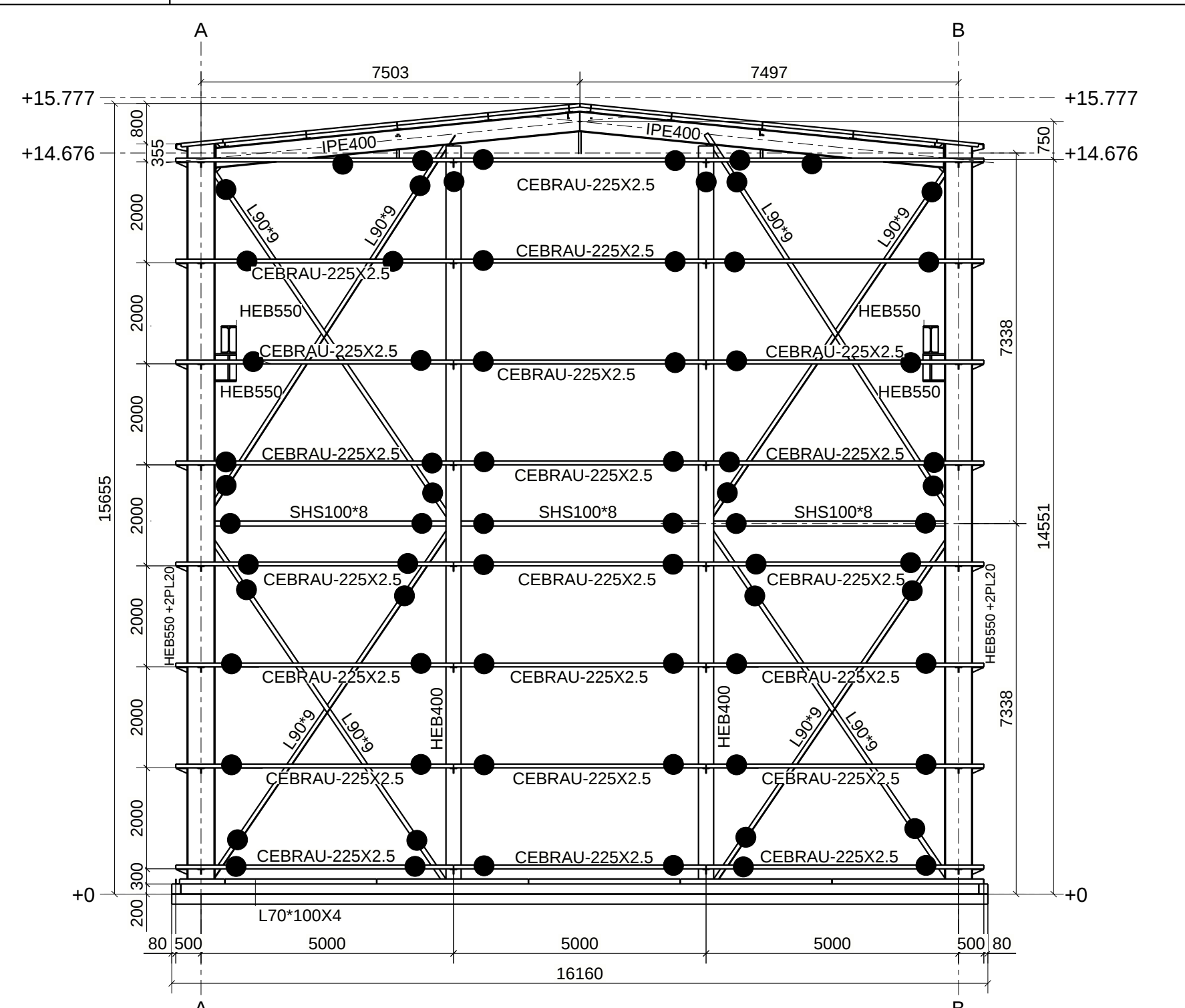
ELEVACION EJE 1
1:100



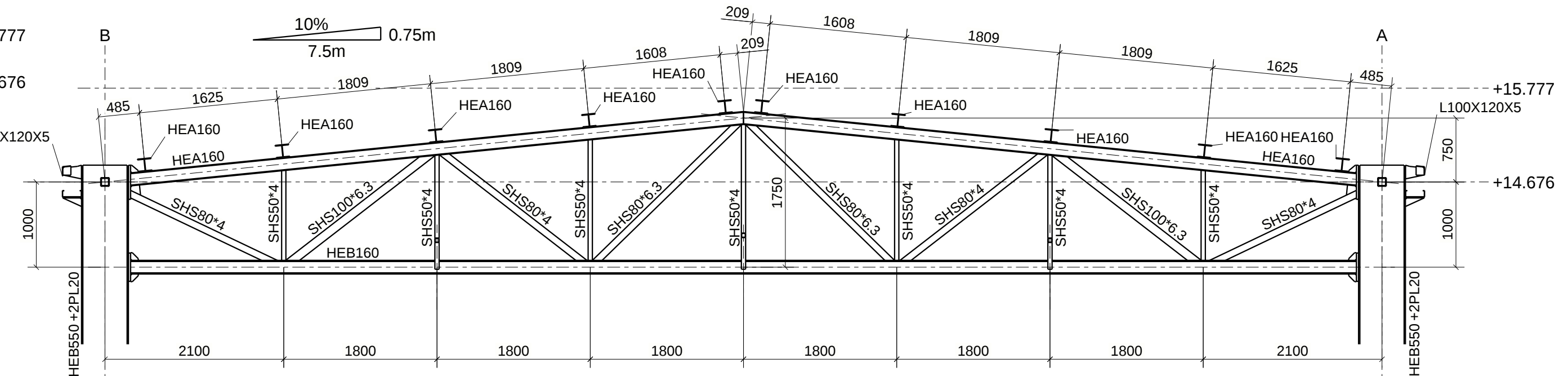
ELEVACION EJES 2-3-4-5-6
1:100



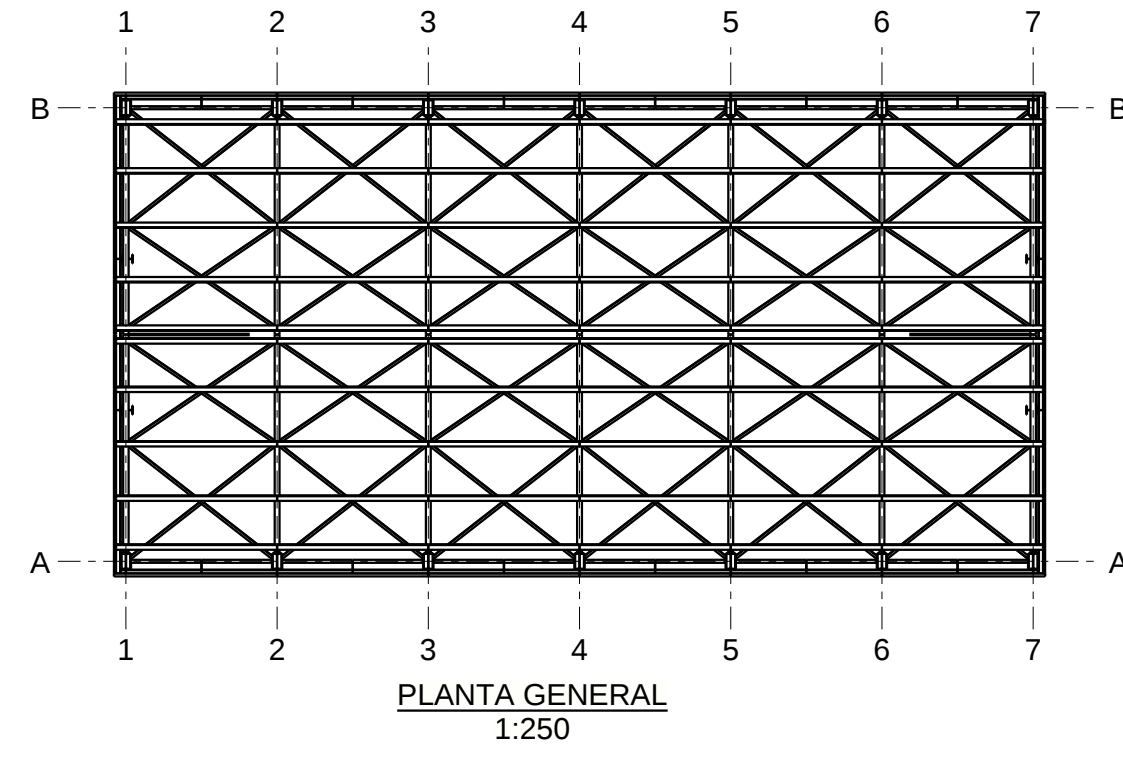
Sección A - A
1:50



ELEVACION EJE 7
1:100

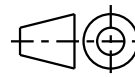


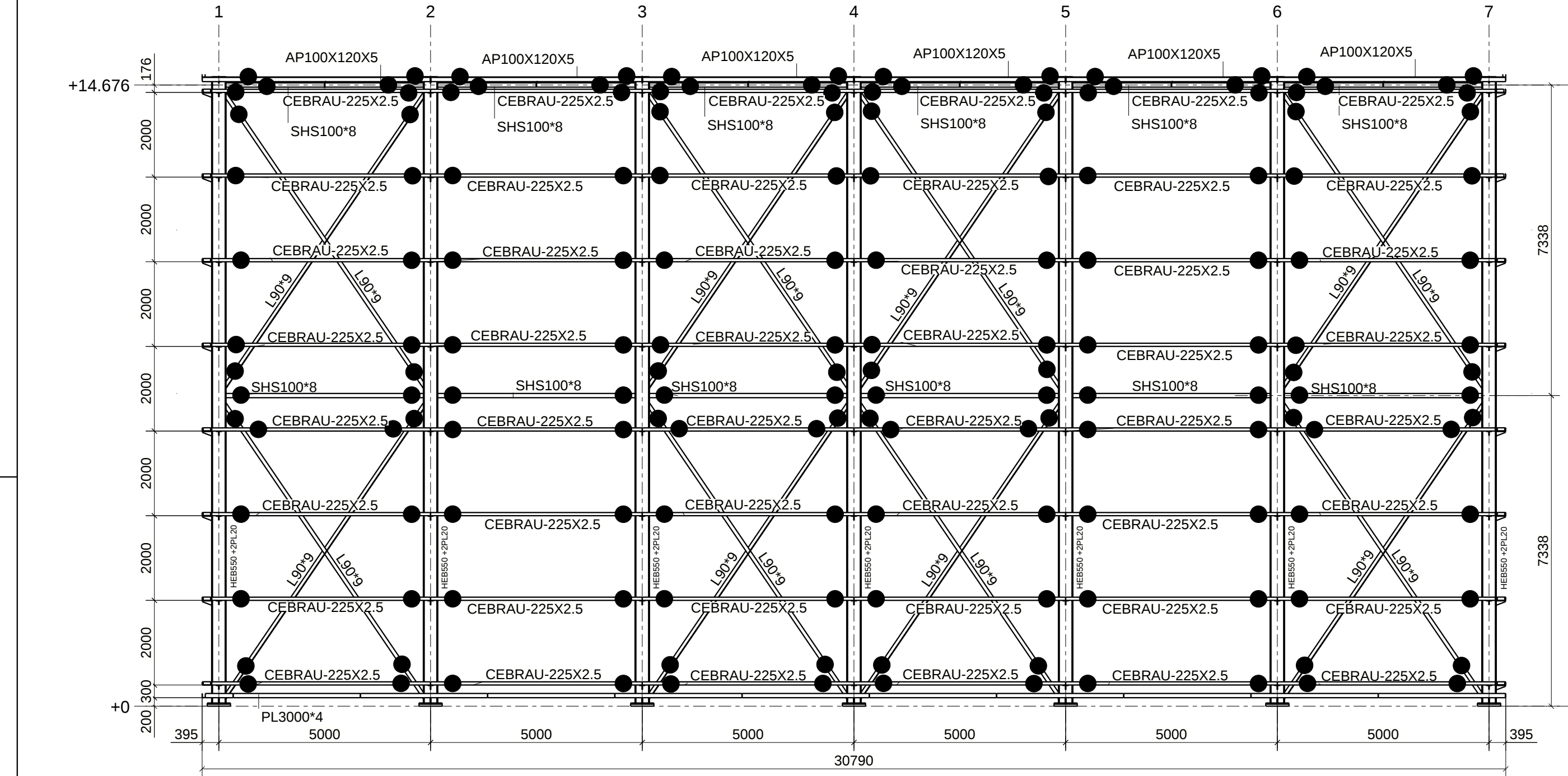
Detalle 1
1:50



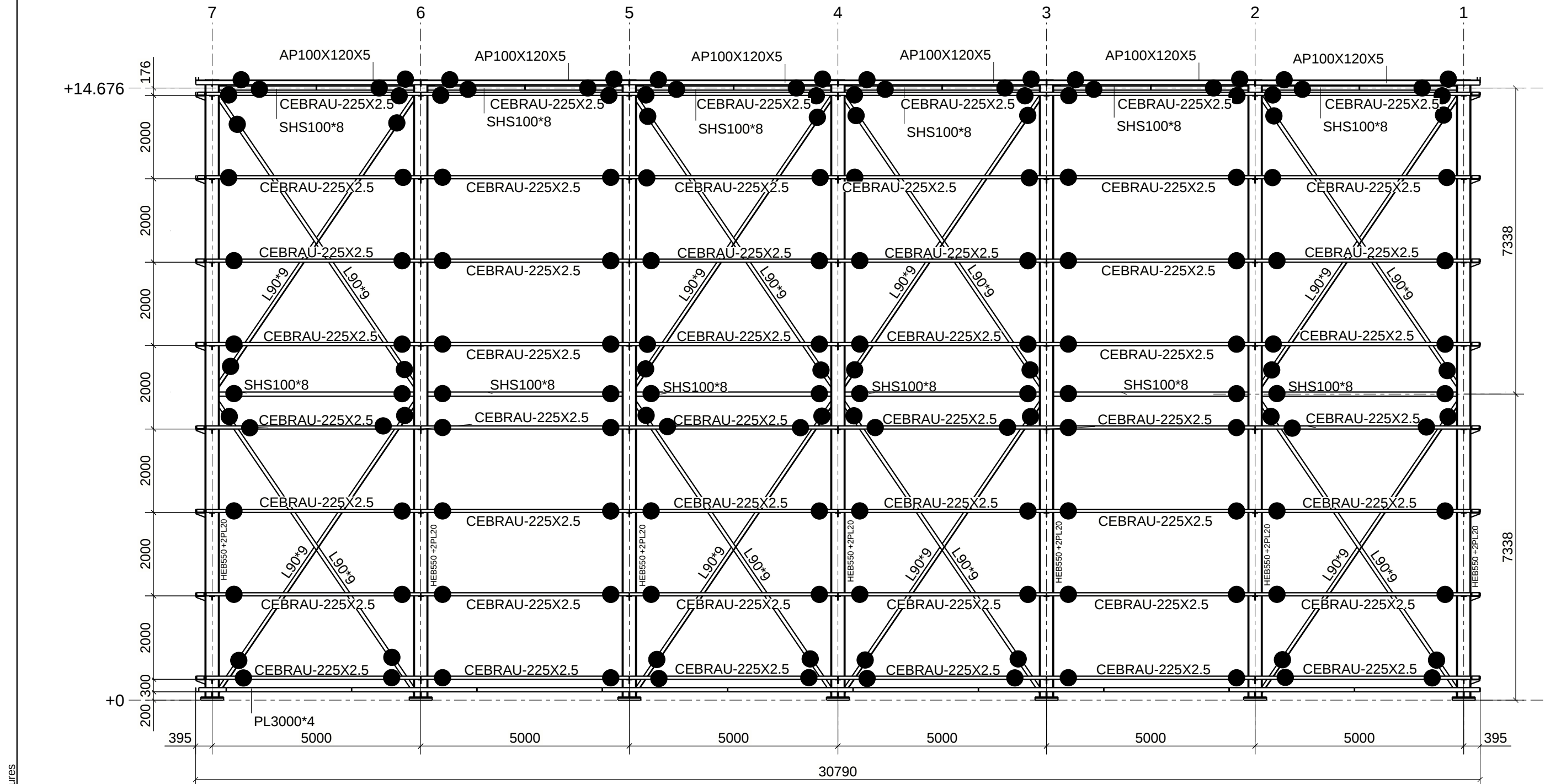
PLANTA GENERAL
1:250

- NOTAS:
- CORREAS DE CUBIERTA IPE180
 - CORREAS DE FACHADA CEBRAU -225X2
 - UNION ARTICULADA.

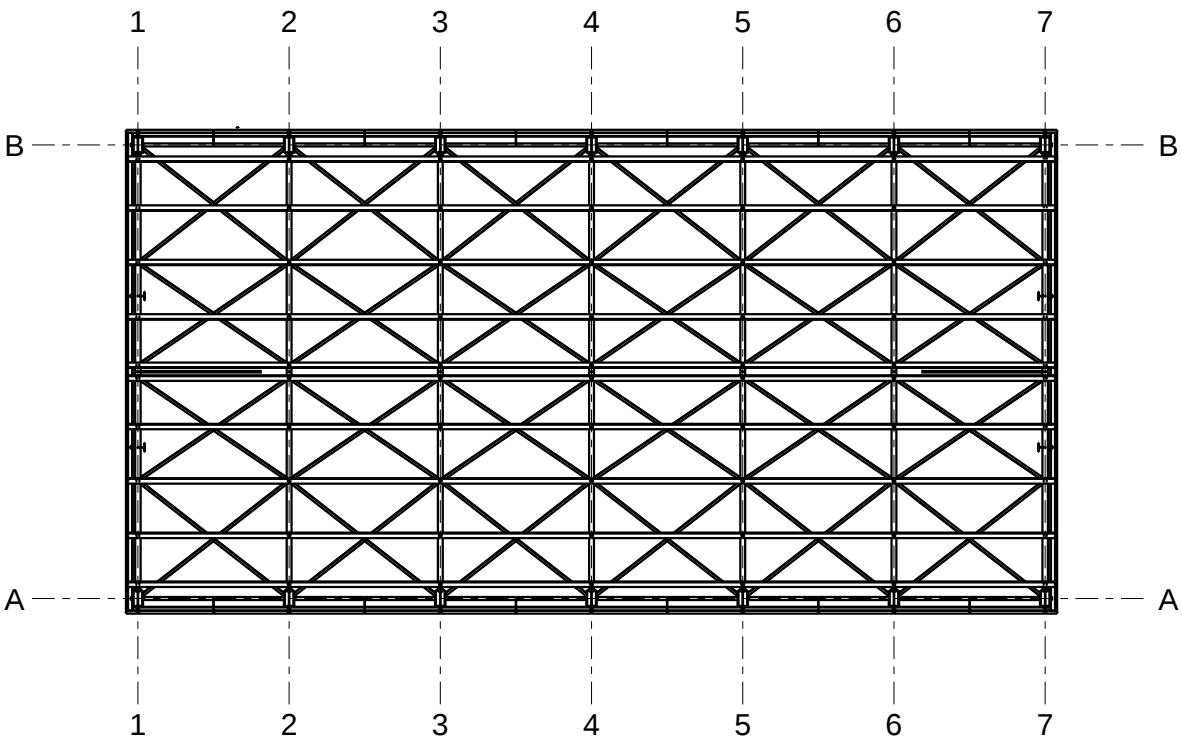
0	RVA	29.12.2025	EMITIDO PARA FABRICACIÓN				
REV	NOMBRE	FECHA:	DETALLES DE REVISION:				
REFERENCIA	1	ARREGLO GENERAL		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza			
PROYECTO	NAVE METALICA						
ASIGNATURA	PROYECTO MODULO 1						
ZONA			CALCULISTA	08.12.2025	RVA		
ELEVACIONES TRANSVERSALES			DELINEANTE	29.12.2025	RVA		
NAVE GRUPO 1			REVISADO	29.12.2025	JBP		ESCALA
PUENTE GRUA 80 tons.			Nº PLANO				IND.
			E-04				



ELEVACION EJE A
1:100

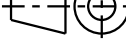


ELEVACION EJE B
1:100



PLANTA GENERAL
1:250

- NOTAS:
- CORREAS DE FACHADA CEBRAU- 225X2
 - UNION ARTICULADA

0	RVA	29.12.2025	EMITIDO PARA FABRICACIÓN				
REV	NOMBRE	FECHA:	DETALLES DE REVISION:				
REFERENCIA	1	ARREGLO GENERAL					
PROYECTO	NAVE METALICA						
ASIGNATURA	PROYECTO MODULO 1						
ZONA			CALCULISTA	08.12.2025	RVA		
ELEVACIONES LONGITUDINALES			DELINEANTE	29.12.2025	RVA		
NAVE GRUPO 1			REVISADO	29.12.2025	JBP		ESCALA
PUENTE GRUA 80 tons.			Nº PLANO				IND.
			E-05				