



**Universidad  
Zaragoza**

## Proyecto Fin de Carrera

# CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

Autor/es

Sara Eito López

Director/es y/o ponente

Mariano Vidal Cortés  
Antonio Javier Garcés Tébar

Escuela Politécnica Superior Huesca  
2012

## **RESUMEN**

En este proyecto se ha realizado el cálculo y diseño de la construcción de una nave para uso industrial en la 4ª fase del Polígono Valdeferrín en el municipio de Ejea de los Caballeros (Zaragoza). En dicho proyecto se definen los aspectos técnicos, constructivos, medioambientales y económicos relacionados con dicha construcción.

El objetivo era la construcción de una nave de planta rectangular, donde la distribución interior fuera lo más diáfana posible para garantizar la movilidad de los posibles procesos y líneas de trabajo a implantar.

El emplazamiento se corresponde con la parcela 2.9 (definida en la modificación del Proyecto de Reparcelación del sector 8 Valdeferrín Oeste aprobado en sesión de pleno de 15 de septiembre de 2008).

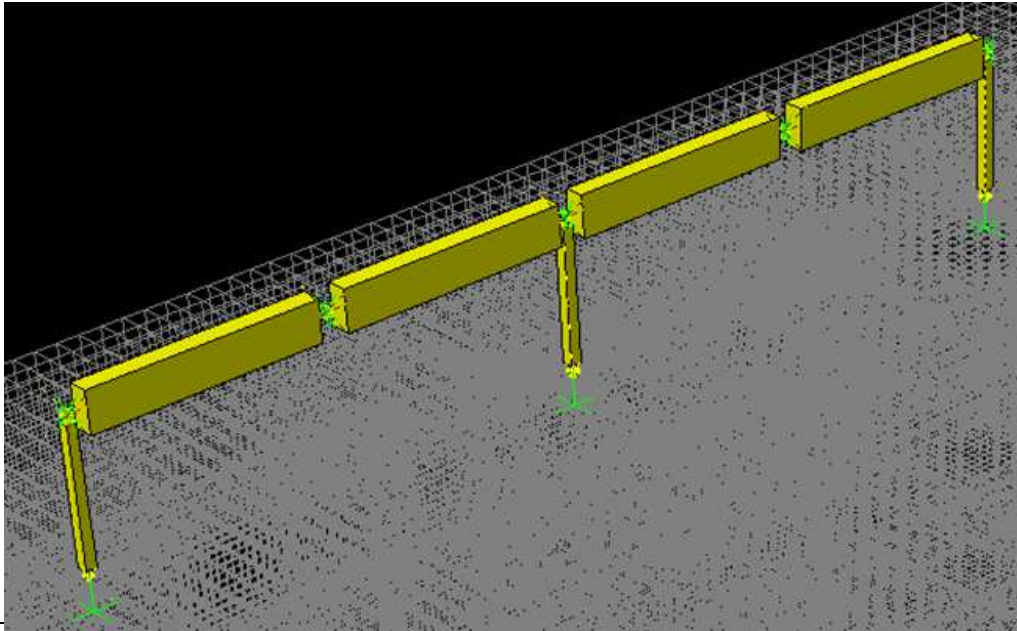
La parcela, de planta rectangular, tiene una superficie de 5494,8 m<sup>2</sup>, con una frente de fachada de 60 m de ancho y 91,58 m de fondo. Linda al Norte, Este y Oeste con la parcela matriz 2.9 y al Sur con el vial del polígono a través del cual se llevarán a cabo los accesos.

En este caso se proyecta la construcción de una nave industrial de planta rectangular con una superficie total ocupada en planta de 3086,5 m<sup>2</sup> y unas dimensiones exteriores de 61,73 m de fondo y 50 m de ancho.

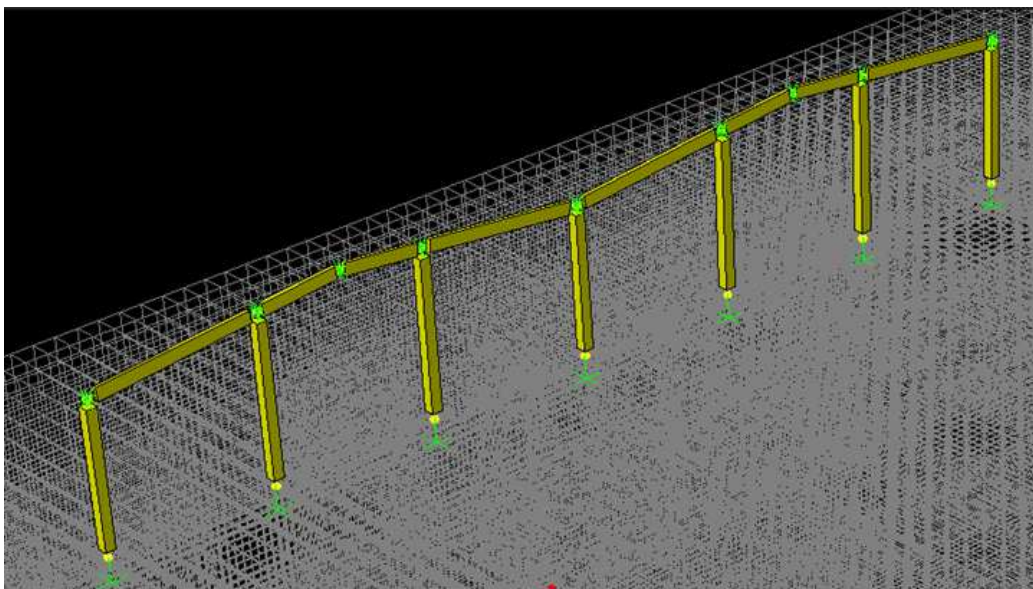
La nave estará construida con estructura prefabricada de hormigón armado, con vigas de tipo Delta apoyadas sobre los pilares de sección cuadrada, la altura libre bajo Delta será de 7 m. La cubierta será múltiple a dos aguas con un 10% de pendiente. El cerramiento se construirá con paneles prefabricados de hormigón, con terminación en árido lavado "blanco macael" en fachada principal y gris liso pintado en resto de fachadas. El pavimento será de hormigón armado.

## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

Para el cálculo de la estructura que constituye el cuerpo principal de la nave industrial, se ha utilizado el programa informático de cálculo de estructuras SAP2000, con el que se permite ver el diseño y cálculo de estructuras tridimensionales de nudos y barras.



*Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico intermedio en 3D.*



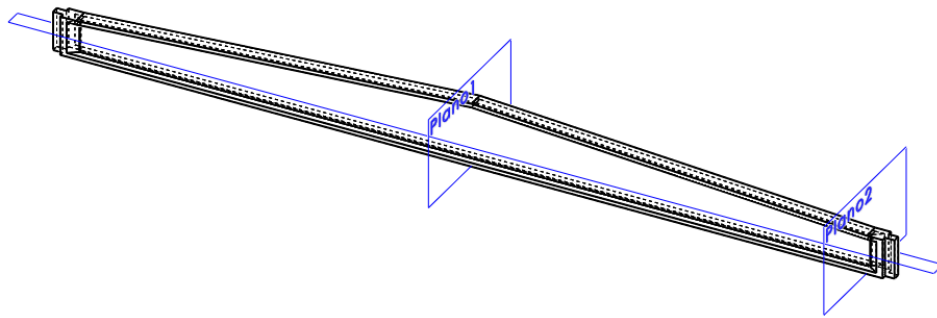
*Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico hastial en 3D.*

## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

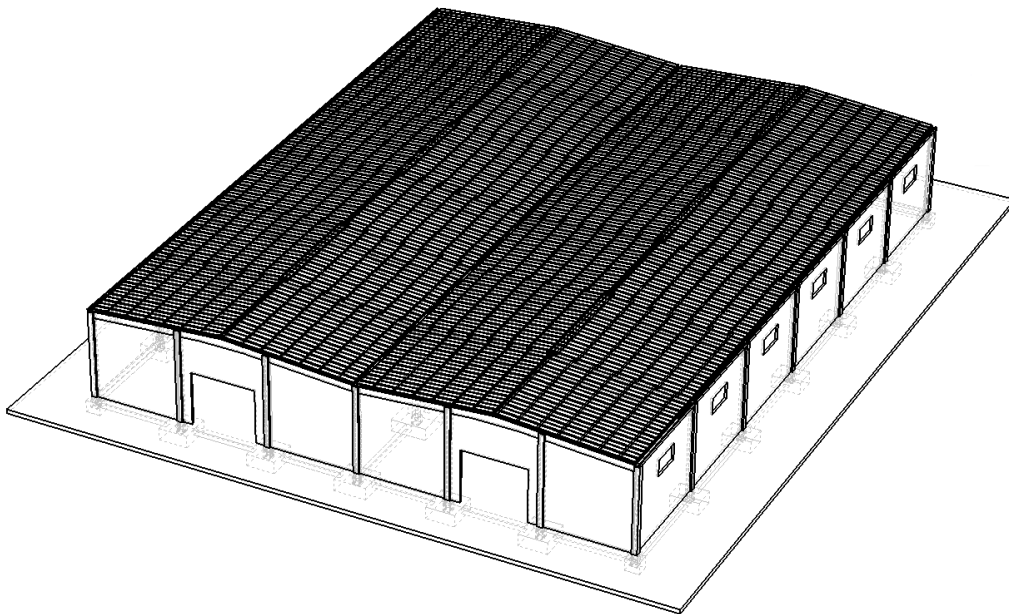
Para el diseño de la nave en 3D se ha utilizado el programa informático SolidWorks. Realizando mediante un croquis en 2 dimensiones, a través de los cuales, se generan sólidos en 3 dimensiones.

Posteriormente para realizar sólidos compuestos, se utilizará la opción de ensamblaje de piezas y la utilización de relaciones de posición.

Para la realización de la nave industrial que está compuesta por un gran número de perfiles, el procedimiento consistente en crear las piezas, en este caso perfiles recortados con una forma precisa, para posteriormente ensamblarlas entre sí es un procedimiento largo. Para esta opción se requiere abrir un documento de ensamblaje, con extensión \*SLDASM, para unir distintas piezas creadas con anterioridad.



*Viga Delta con SolidWorks.*

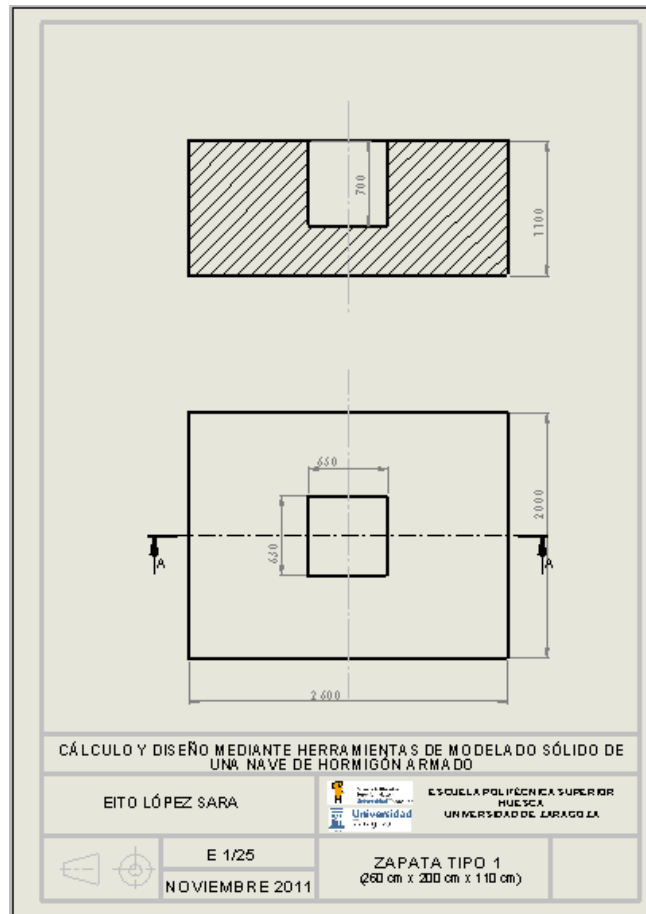


*Ensamblaje de la nave con SolidWorks.*



## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

Una vez se ha realizado el modelado sólido en 3 dimensiones la obtención de planos tanto para planta como para montaje es muy rápida. Además el modelado sólido permite anticipar errores en el diseño, ya que se visualizan mejor, y como todos los planos de las distintas vistas de una pieza son obtenidos de un solo sólido, resulta más difícil que se produzcan errores al introducir medidas, que si se realizaran los distintos planos de las vistas individualmente.



Vista del plano de la zapata tipo 1.

## 0. ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos .....	1
2. INFORMACIÓN PREVIA .....	2
2.1 Descripción del proyecto.....	3
2.1.1 Descripción general del edificio.....	3
2.1.2 Normativa. Marco Legal.....	3
2.1.3 Superficies proyectadas.....	3
2.1.4 Características constructivas.....	4
2.2 Prestaciones del edificio.....	5
2.2.1 Requisitos básicos.....	5
2.2.2 Limitaciones de uso.....	5
2.3 Resumen del presupuesto.....	6
3. CÁLCULO ESTRUCTURAL. DB-SE.....	7
3.1 Cálculo de las correas.....	8
3.1.1 Cálculo del ángulo y la altura que tiene la cubierta.....	8
3.1.2 Cálculo de la distancia entre correas.....	9
3.1.3 Cálculo de las acciones.....	11
3.1.3.1 Acciones permanentes.....	12
3.1.3.2 Acciones variables.....	13
3.1.4 Cálculo de esfuerzos.....	44
3.1.4.1 Acciones permanentes.....	44
3.1.4.2 Acciones variables.....	45
3.1.4.3 Cálculo del momento flector positivo y negativo.....	51
3.2 Cargas en jácena del pórtico intermedio.....	52
3.2.1 Acciones permanentes.....	52
3.2.2 Acciones variables.....	52
3.3 Cargas en pilares pórtico intermedio.....	59
3.3.1 Paramentos verticales.....	59
3.4 Cargas en jácena del pórtico hastial.....	63
3.4.1 Acciones permanentes.....	63
3.4.2 Acciones variables.....	63
3.5 Cargas en pilares pórtico hastial.....	70
3.5.1 Paramentos verticales.....	70
3.6 Viga Delta.....	75
3.7 Canalón.....	78

3.7.1	Canalón central y lateral.....	80
3.7.2	Bajante pluvial de PVC.....	82
4.	SAP2000.....	86
4.1	Pórtico intermedio SAP2000.....	87
4.1.1	Jácena.....	99
4.1.2	Pilares.....	106
4.1.3	Combinaciones.....	111
4.2	Pórtico hastial SAP2000.....	123
4.2.1	Jácena.....	134
4.2.2	Pilares.....	140
4.2.3	Combinaciones.....	144
5.	LOS CIMIENTOS.....	153
5.1	Zapatas del pórtico intermedio.....	162
5.1.1	Dimensiones de la zapata.....	167
5.2	Zapatas del pórtico hastial.....	178
5.2.1	Dimensiones de la zapata.....	188
5.3	Resumen zapatas.....	203
6.	RESIDUOS GENERADOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	207
6.1	Residuos generados durante la construcción.....	211
7.	SOLIDWORKS.....	213
7.1	Zapatas SolidWorks.....	214
7.1.1	Las zapatas de la nave.....	214
7.1.2	Planos de la zapata (Tipo1).....	227
7.2	Pilares de la nave.....	231
7.2.1	Pilar exterior pórtico intermedio.....	231
7.2.2	Pilar central pórtico intermedio.....	236
7.2.3	Pilar exterior pórtico hastial.....	239
7.2.4	Pilar central pórtico hastial.....	248
7.2.5	Pilar intermedio pórtico hastial.....	251
7.3	Viga Delta.....	256
7.3.1	Viga Delta.....	256
7.3.2	Plano de la viga Delta.....	265
7.4	Jácena hastial.....	267
7.4.1	Jácena pórtico hastial (parte 1).....	267
7.4.2	Jácena pórtico hastial (parte 2).....	271
7.5	Correas tubulares.....	273

7.6 Cubierta.....	276
7.7 Solera.....	278
7.8 Paneles de hormigón.....	280
7.8.1 Panel de hormigón (Laterales de la nave).....	280
7.8.2 Panel de hormigón (Hastial de la nave).....	283
7.8.2.1 El primer tipo.....	283
7.8.2.2 El segundo tipo.....	285
7.9 Canalón.....	287
7.10 Riostras.....	288
7.11 Montaje de la nave.....	290
8. PRESTO.....	325
8.1 Presupuesto.....	327
8.2 Resumen Presupuesto.....	338
9. PLANOS.....	339
Nº 1 Zapata tipo 1.	
Nº 2 Zapata tipo 2.	
Nº 3 Zapata tipo 3.	
Nº 4 Zapata tipo 4.	
Nº 5 Zapata tipo 5.	
Nº 6 Pilar exterior pórtico intermedio.	
Nº 7 Pilar central pórtico intermedio.	
Nº 8 Pilar exterior izquierdo pórtico hastial.	
Nº 9 Pilar exterior derecho pórtico hastial.	
Nº 10 Pila central pórtico hastial.	
Nº 11 Pilar intermedio pórtico hastial.	
Nº 12 Viga delta.	
Nº 13 Jácena pórtico hastial 1.	
Nº 14 Jácena pórtico hastial 2.	
Nº 15 Solera.	
10. CONCLUSIONES.....	355
10.1 Conclusiones del cálculo de la estructura de la nave mediante la herramienta informática SAP2000.....	355
10.2 Conclusiones del modelado de la nave con SolidWorks.....	356
11. BIBLIOGRAFIA.....	358

## 0. ÍNDICE FIGURAS

1. INTRODUCCIÓN.
2. INFORMACIÓN PREVIA.
3. SEGURIDAD ESTRUCTURAL. DB-SE.

### 3.1 Cálculo de las correas.

- |                      |   |
|----------------------|---|
| <i>Figura 3.1.1</i>  | <i>Esquema donde se indica la pendiente de la cubierta y el ángulo que forma.</i>   |
| <i>Figura 3.1.2</i>  | <i>Esquema donde se indica la pendiente de la cubierta, el ángulo que forma, la longitud y la altura.</i>                       |
| <i>Figura 3.1.3</i>  | <i>Croquis de la correa tubular de hormigón armado.</i>   |
| <i>Figura 3.1.4</i>  | <i>Tabla acciones permanentes.</i>  |
| <i>Figura 3.1.5</i>  | <i>Tabla "Valores característicos de las sobrecargas de uso".</i>   |
| <i>Figura 3.1.6</i>  | <i>Tabla de sobrecarga de uso.</i>  |
| <i>Figura 3.1.7</i>  | <i>Zonas climáticas de invierno.</i>  |
| <i>Figura 3.1.8</i>  | <i>Tabla "Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m<sup>2</sup>)".</i>   |
| <i>Figura 3.1.9</i>  | <i>Tabla "Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas".</i>  |
| <i>Figura 3.1.10</i> | <i>Valor básico de la velocidad del viento, <math>v_b</math>.</i>   |
| <i>Figura 3.1.11</i> | <i>Tabla "Coeficientes para tipo de entorno".</i>   |
| <i>Figura 3.1.12</i> | <i>Cubierta a dos aguas Dirección del viento <math>-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ</math>.</i>                              |
| <i>Figura 3.1.13</i> | <i>Localización y dimensiones de los coeficientes <math>c_p</math> cuando <math>-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ</math>.</i> |
| <i>Figura 3.1.14</i> | <i>Extracto de la tabla D.4 del DB-SE-AE.</i>   |
| <i>Figura 3.1.15</i> | <i>Tabla con los coeficientes para cada correa.</i>   |
| <i>Figura 3.1.16</i> | <i>Cubierta a dos aguas Dirección del viento <math>45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ</math>.</i>                              |
| <i>Figura 3.1.17</i> | <i>Localización y dimensiones de los coeficientes <math>c_p</math> cuando <math>45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ</math>.</i> |
| <i>Figura 3.1.18</i> | <i>Extracto de la tabla D.4 del DB-SE-A.</i>  |
| <i>Figura 3.1.19</i> | <i>Tabla con el área y los coeficientes para cada correa.</i>   |
| <i>Figura 3.1.20</i> | <i>Tabla "Categoría de uso".</i>  |
| <i>Figura 3.1.21</i> | <i>Tabla "Categoría de uso".</i>  |
| <i>Figura 3.1.22</i> | <i>Dibujo de la correa 2 con las cargas correspondientes.</i>   |
| <i>Figura 3.1.23</i> | <i>Dibujo de un corte de la zona F la correa 2.</i>   |
| <i>Figura 3.1.24</i> | <i>Dibujo de un corte de la zona H la correa 2.</i>   |

*Figura 3.1.25      Tabla donde se recogen los datos obtenidos.*

### 3.2 Cargas en jácena del pórtico intermedio.

*Figura 3.2.1      Acción del viento en cubierta múltiple.*

*Figura 3.2.2      Esquema de la nave diferenciando los distintos faldones.*

*Figura 3.2.3      Tabla con los coeficientes para cada zona.*

*Figura 3.2.4      Esquema de la nave indicando los distintos faldones.*

*Figura 3.2.5      Tabla con los coeficientes para cada zona.*

*Figura 3.2.6      Tabla con los coeficientes para cada zona.*

### 3.3 Cargas en pilares pórtico intermedio.

*Figura 3.3.1      Paramentos verticales.*

*Figura 3.3.2      Dibujo de la nave.*

*Figura 3.3.3      Tabla con los coeficientes para cada zona.*

*Figura 3.3.4      Dibujo de la nave.*

*Figura 3.3.5      Esquema de la nave.*

*Figura 3.3.6      Tabla con los coeficientes para cada zona.*

### 3.4 Cargas en jácena del pórtico hastial.

*Figura 3.4.1      Acción del viento en cubierta múltiple.*

*Figura 3.4.2      Dibujo de la nave.*

*Figura 3.4.3      Tabla con los coeficientes para cada zona.*

*Figura 3.4.4      Dibujo de la nave.*

*Figura 3.4.5      Tabla con los coeficientes para cada zona.*

*Figura 3.4.6      Tabla con los coeficientes para cada zona.*

### 3.5 Cargas en pilares pórtico hastial.

*Figura 3.5.1      Paramentos verticales.*

*Figura 3.5.2      Dibujo de la nave.*

*Figura 3.5.3      Tabla con los coeficientes para cada zona.*

*Figura 3.5.4      Dibujo de la nave.*

*Figura 3.5.5      Esquema de la nave.*

*Figura 3.5.6      Tabla con los coeficientes para cada zona.*

*Figura 3.5.7      Tabla con los coeficientes para cada zona.*

### 3.6 Viga Delta.

*Figura 3.6.1      Viga Delta.*

*Figura 3.6.2      Detalle de los extremos de la viga Delta.*



*Figura 3.6.3      Detalle sección central de la viga Delta.*

*Figura 3.6.4      Detalle sección central de la viga Delta.*

### 3.7 Canalón.

*Figura 3.7.1      Mapa zona pluviométrica determinada por las coordenadas geográficas.*

*Figura 3.7.2      Esquema de la nave con las bajantes de PVC.*

*Figura 3.7.3      Tabla para determinar la sección del canalón.*

*Figura 3.7.4      Esquema del alzado del canalón central.*

*Figura 3.7.5      Tabla para determinar la sección del canalón.*

*Figura 3.7.6      Esquema del alzado del canalón lateral.*

*Figura 3.7.7      Mapa zona pluviométrica determinada por las coordenadas geográficas.*

*Figura 3.7.8      Tabla para determinar el diámetro de la bajante.*

*Figura 3.7.9      Tabla para determinar el diámetro de la bajante.*

*Figura 3.7.10     Esquema de la nave con sus correspondientes bajantes de PVC.*

## 4. SAP2000.

### 4.1 Pórtico intermedio SAP2000.

*Figura 4.1.1      Ventana inicial para definir el sistema*

*Figura 4.1.2      Ventana de trabajo SAP2000.*

*Figura 4.1.3      Ventana SAP2000 con el pórtico intermedio dibujado.*

*Figura 4.1.4      Ventana para definir los nudos del pórtico intermedio.*

*Figura 4.1.5      Ventana de trabajo SAP2000 con la numeración de los nudos del pórtico intermedio.*

*Figura 4.1.6      Ventana para introducir las restricciones de los nudos de la base del pórtico intermedio.*

*Figura 4.1.7      Ventana para introducir las restricciones de los nudos del pórtico intermedio.*

*Figura 4.1.8      Ventana SAP2000, donde se observa el pórtico intermedio dibujado una vez se han definido los nudos.*

*Figura 4.1.9      Ventana SAP2000 "Define Materials".*

*Figura 4.1.10     Ventana SAP2000 donde se definirá el material de los pilares.*

*Figura 4.1.11     Ventana SAP2000 donde se introducirán las dimensiones de los pilares.*

*Figura 4.1.12     Ventana SAP2000 donde se introducirán las dimensiones de la viga Delta.*

*Figura 4.1.13     Ventana SAP2000 "Define Frame Sections".*

*Figura 4.1.14     Ventana SAP2000 "Define Frame Sections".*

- Figura 4.1.15 Ventana SAP2000 "Define Frame Sections".
- Figura 4.1.16 Ventana SAP2000 con la nomenclatura de las partes del pórtico intermedio.
- Figura 4.1.17 Ventana SAP2000 "Define Static Load Case Names" donde se definirán las cargas que actuarán sobre el pórtico intermedio.
- Figura 4.1.18 Ventana SAP2000 "Define Static Load Case Names" con las cargas en cuestión.
- Figura 4.1.19 Ventana SAP2000 para introducir las cargas.
- Figura 4.1.20 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga que va a introducirse.
- Figura 4.1.21 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga permanente.
- Figura 4.1.22 Ventana SAP 2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.1.23 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de nieve.
- Figura 4.1.24 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.1.25 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A), para el faldón izquierdo.
- Figura 4.1.26 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.1.27 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A), para el faldón derecho de la nave de la izquierda.
- Figura 4.1.28 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.1.29 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A), para el faldón derecho de la nave de la derecha.
- Figura 4.1.30 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.1.31 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis B), para el faldón derecho de la nave de la izquierda.
- Figura 4.1.32 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.1.33 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis B), para el faldón derecho de la nave de la derecha.
- Figura 4.1.34 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.1.35 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$ .

- Figura 4.1.36* Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.1.37* Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  en los pilares de la nave para la zona D.
- Figura 4.1.38* Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  en los pilares de la nave para la zona E.
- Figura 4.1.39* Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.1.40* Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$  en los pilares de la nave.
- Figura 4.1.41* Ventana SAP2000 "Set Elements".
- Figura 4.1.42* Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico intermedio en 3D.
- Figura 4.1.43* Ventana SAP2000 Menú "Define".
- Figura 4.1.44* Ventana SAP2000 "Define Load Combinations" para definir las combinaciones.
- Figura 4.1.45* Ventana SAP2000 "Load Combination Data" para introducir las combinaciones.
- Figura 4.1.46* Ventana SAP2000 "Define Load Combinations" donde aparecen todas las combinaciones que se hayan introducido.
- Figura 4.1.47* Ventana SAP2000 "Frame Releases" donde se introduce algún tipo de restricción.
- Figura 4.1.48* Ventana SAP2000 "Frame Releases" donde se introduce algún tipo de restricción.
- Figura 4.1.49* Ventana SAP2000 pórtico intermedio una vez introducidas las restricciones.
- Figura 4.1.50* Ventana SAP2000 una vez se completa el análisis.
- Figura 4.1.51* Pantalla Sap2000 donde se muestra la gráfica de la deformada de la estructura.
- Figura 4.1.52* Ventana SAP2000 donde se representa la fuerza axial para la carga permanente.
- Figura 4.1.53* Ventana SAP2000 donde se representa la fuerza cortante para la carga permanente.
- Figura 4.1.54* Ventana SAP2000 donde se representa el momento para la carga permanente.
- Figura 4.1.55* Ventana SAP2000 "Print Output Tables" donde se pueden seleccionar los datos que quieren exportarse.

#### **4.2 Pórtico hastial SAP2000.**

- Figura 4.2.1* Ventana inicial para definir el sistema.
- Figura 4.2.2* Ventana de trabajo SAP2000.
- Figura 4.2.3* Ventana SAP2000 con el pórtico hastial dibujado.
- Figura 4.1.4* Ventana SAP2000 para definir los nudos del pórtico hastial.
- Figura 4.2.5* Ventana SAP2000 con la numeración de los nudos del pórtico hastial.
- Figura 4.2.6* Ventana SAP2000 para introducir las restricciones de los nudos de la base del pórtico hastial.

<i>Figura 4.2.7</i>	<i>Ventana SAP2000 para introducir las restricciones de los nudos del pórtico hastial.</i>
<i>Figura 4.2.8</i>	<i>Ventana SAP2000 con el pórtico hastial dibujado una vez determinada la posición de todos los nudos.</i>
<i>Figura 4.1.9</i>	<i>Ventana SAP2000 para definir el material.</i>
<i>Figura 4.2.10</i>	<i>Ventana SAP2000 para definir el material de los pilares del pórtico hastial.</i>
<i>Figura 4.2.11</i>	<i>Ventana SAP2000 para introducir las dimensiones de los pilares del pórtico hastial.</i>
<i>Figura 4.2.12</i>	<i>Ventana SAP2000 para introducir las dimensiones de la jácena del pórtico hastial.</i>
<i>Figura 4.2.13</i>	<i>Ventana SAP2000 "Define Frame Sections".</i>
<i>Figura 4.2.14</i>	<i>Ventana SAP2000 "Define Frame Sections".</i>
<i>Figura 4.2.15</i>	<i>Ventana SAP2000 con la nomenclatura de las partes del pórtico hastial.</i>
<i>Figura 4.2.16</i>	<i>Ventana SAP2000 "Define Static Load Case Names" donde se definirán todas las cargas que actuarán sobre el pórtico hastial.</i>
<i>Figura 4.2.17</i>	<i>Ventana SAP2000 "Define Static Load Case Names" con las cargas que afectan al pórtico hastial.</i>
<i>Figura 4.2.18</i>	<i>Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.</i>
<i>Figura 4.2.19</i>	<i>Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga permanente.</i>
<i>Figura 4.2.20</i>	<i>Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.</i>
<i>Figura 4.2.21</i>	<i>Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de nieve.</i>
<i>Figura 4.2.22</i>	<i>Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.</i>
<i>Figura 4.2.23</i>	<i>Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a <math>-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}</math> (Hipótesis A), para el faldón izquierdo.</i>
<i>Figura 4.2.24</i>	<i>Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.</i>
<i>Figura 4.2.25</i>	<i>Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a <math>-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}</math> (Hipótesis A), para el faldón derecho de la nave de la izquierda.</i>
<i>Figura 4.2.26</i>	<i>Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.</i>
<i>Figura 4.2.27</i>	<i>Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a <math>-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}</math> (Hipótesis A), para el faldón derecho de la nave de la derecha.</i>
<i>Figura 4.2.28</i>	<i>Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.</i>
<i>Figura 4.2.29</i>	<i>Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a <math>-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}</math> (Hipótesis B), para el faldón derecho de la nave de la izquierda.</i>
<i>Figura 4.2.30</i>	<i>Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.</i>

- Figura 4.2.31* Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis B), para el faldón derecho de la nave de la derecha.
- Figura 4.2.32* Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.2.33* Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$ .
- Figura 4.2.34* Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.2.35* Ventana de trabajo SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  en los pilares de la nave para la zona D.
- Figura 4.2.36* Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  en los pilares de la nave para la zona E.
- Figura 4.2.37* Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.2.38* Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$  en los pilares exteriores de la nave.
- Figura 4.2.39* Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.
- Figura 4.2.40* Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$  en los pilares internos de la nave.
- Figura 4.2.41* Ventana SAP2000 "Set Elements".
- Figura 4.2.42* Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico hastial en 3D.
- Figura 4.2.43* Ventana SAP2000 "Define Load Combinations" para definir las combinaciones.
- Figura 4.2.44* Ventana SAP2000 "Load Combination Data" para introducir las combinaciones.
- Figura 4.2.45* Ventana SAP2000 "Define Load Combinations" donde aparecen las combinaciones que se hayan introducido.
- Figura 4.2.46* Ventana SAP2000 una vez se completa el análisis.
- Figura 4.2.47* Pantalla SAP2000 gráfica de la deformada de la estructura.
- Figura 4.2.48* Ventana SAP2000 una vez introducidas las restricciones.
- Figura 4.2.49* Ventana SAP2000 gráfica de la deformada de la estructura.
- Figura 4.2.50* Ventana SAP2000 donde se representa el momento para la carga permanente.
- Figura 4.2.51* Ventana SAP2000 donde se representa la fuerza axial para la carga permanente.
- Figura 4.2.52* Ventana SAP2000 donde se representa la fuerza cortante para la carga permanente.
- Figura 4.2.53* Ventana SAP2000 "Print Output Tables" donde se pueden seleccionar los datos que quieren exportarse.

## **5. LOS CIMIENTOS.**

- Figura 5.0.1* Dibujo zapata indicando sus dimensiones.
- Figura 5.0.2* Esquema zapata indicando los esfuerzos que soporta.

*Figura 5.0.3 Distintas tensiones bajo una zapata.*

*Figura 5.0.4 Distribución trapecial de tensiones.*

*Figura 5.0.5 Distribución triangular de tensiones.*

*Figura 5.0.6 Hundimiento.*

*Figura 5.0.7 Vuelco.*

*Figura 5.0.8 Deslizamiento.*

*Figura 5.0.9 Esquema zapata sometida a cargas.*

*Figura 5.0.10 Esquema zapata sometida a cargas.*

*Figura 5.0.11 Planta de la nave.*

### 5.1 Zapatas del pórtico intermedio.

*Figura 5.1.1 Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico intermedio con la numeración de los nudos de dicho pórtico.*

*Figura 5.1.2 Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico intermedio con la numeración de los nudos de dicho pórtico.*

*Figura 5.1.3 Gráfico del pórtico intermedio de la nave indicando el tipo de zapata.*

*Figura 5.1.4 Distribución de tensiones trapecial.*

*Figura 5.1.5 Distribución de tensiones trapecial.*

### 5.2 Zapatas del pórtico hastial.

*Figura 5.2.1 Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico hastial con la numeración de los nudos de dicho pórtico.*

*Figura 5.2.2 Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico hastial con la numeración de los nudos de dicho pórtico.*

*Figura 5.2.3 Gráfico del pórtico hastial de la nave indicando el tipo de zapata.*

*Figura 5.2.4 Distribución de tensiones trapecial.*

*Figura 5.2.5 Distribución de tensiones trapecial.*

*Figura 5.2.6 Distribución de tensiones trapecial.*

### 5.3 Resumen zapatas.

*Figura 5.3.1 Tabla resumen de todos los tipos de zapata.*

*Figura 5.3.2 Gráfico del pórtico intermedio de la nave indicando el tipo de zapata.*

*Figura 5.3.3 Gráfico del pórtico hastial de la nave indicando el tipo de zapata.*

*Figura 5.3.4 Colocación de las zapatas y las riostras que las unen.*

*Figura 5.3.5 Vista de la planta de la nave con zapatas y riostras.*



## 6. RESIDUOS GENERADOS EN LA CONSTRUCCIÓN.

*Figura 6.0.1      Tabla de residuos generados.*

## 7. SOLIDWORKS.

*Figura 7.0.1      Icono SolidWorks.*

### 7.1 Zapatas SolidWorks.

*Figura 7.1.1      Parte superior de la pantalla de trabajo del SolidWorks.*

*Figura 7.1.2      Ventana que aparece al iniciar un nuevo documento de SolidWorks.*

*Figura 7.1.3      Ventana SolidWorks donde se pueden seleccionar las unidades adecuadas.*

*Figura 7.1.4      Selección del plano de croquis.*

*Figura 7.1.5      Menú del SolidWorks “Croquis”.*

*Figura 7.1.6      Construcción de un croquis.*

*Figura 7.1.7      Construcción de un croquis con un punto coincidente.*

*Figura 7.1.8      Construcción de una línea constructiva en el croquis.*

*Figura 7.1.9      Croquis con las medidas de la zapata tipo 1.*

*Figura 7.1.10      Extrusión de un croquis.*

*Figura 7.1.11      Ventana donde se introducirá la distancia que debe extruir.*

*Figura 7.1.12      Sólido extruido.*

*Figura 7.1.13      Construcción del hueco del pilar en la zapata tipo 1.*

*Figura 7.1.14      Ventana SolidWorks donde se introducirá la distancia que debe cortarse.*

*Figura 7.1.15      Zapata tipo 1.*

*Figura 7.1.16      Zapata tipo 1.*

*Figura 7.1.17      Zapata tipo 1.*

*Figura 7.1.18      Zapata tipo 2.*

*Figura 7.1.19      Zapata tipo 3.*

*Figura 7.1.20      Zapata tipo 4.*

*Figura 7.1.21      Zapata tipo 5.*

*Figura 7.1.22      Opción para la creación del plano de la zapata tipo 1.*

*Figura 7.1.23      Hoja para el plano con cajetín personalizado.*

*Figura 7.1.24      Ventana donde aparece la opción para insertar la nueva pieza.*

*Figura 7.1.25      Ventana para modificar la escala del plano.*

*Figura 7.1.26      Vista del plano de la zapata tipo 1.*

## 7.2 Pilares de la nave.

- Figura 7.2.1* Construcción de un croquis.
- Figura 7.2.2* Extrusión del pilar exterior del pórtico intermedio.
- Figura 7.2.3* Ventana SolidWorks con el pilar exterior del pórtico intermedio.
- Figura 7.2.4* Detalle del extremo del pilar exterior del pórtico intermedio.
- Figura 7.2.5* Construcción de un croquis.
- Figura 7.2.6* Construcción de un croquis.
- Figura 7.2.7* Vista superior del pilar.
- Figura 7.2.8* Pilar exterior del pórtico intermedio y un detalle de la parte superior.
- Figura 7.2.9* Detalle pilar exterior del pórtico intermedio .
- Figura 7.2.10* Construcción de un croquis.
- Figura 7.2.11* Extrusión del pilar central del pórtico intermedio.
- Figura 7.2.12* Ventana SolidWorks con el pilar central del pórtico intermedio.
- Figura 7.2.13* Detalle del extremo del pilar central del pórtico intermedio.
- Figura 7.2.14* Selección del plano de croquis.
- Figura 7.2.15* Construcción de un croquis.
- Figura 7.2.16* Extrusión de un croquis.
- Figura 7.2.17* Extrusión del pilar exterior (izquierdo) del pórtico hastial.
- Figura 7.2.18* Creación de un plano paralelo a la planta.
- Figura 7.2.19* Construcción de un croquis en el nuevo plano creado.
- Figura 7.2.20* Extrusión del corte.
- Figura 7.2.21* Pilar exterior (izquierdo) pórtico hastial.
- Figura 7.2.22* Detalle del extremo del pilar exterior (izquierdo) del pórtico hastial.
- Figura 7.2.23* Construcción de un croquis.
- Figura 7.2.24* Construcción de un croquis.
- Figura 7.2.25* Ventana donde se puede seleccionar hasta donde se quiere realizar la operación de corte.
- Figura 7.2.26* Pilar exterior (izquierdo) pórtico hastial.
- Figura 7.2.27* Detalle del extremo del pilar exterior (izquierdo) del pórtico hastial.
- Figura 7.2.28* Construcción de un croquis.
- Figura 7.2.29* Pilar exterior (derecho) pórtico hastial.

- Figura 7.2.30*      *Detalle del extremo del pilar exterior (derecho) del pórtico hastial.*
- Figura 7.2.31*      *Selección del plano de croquis.*
- Figura 7.2.32*      *Construcción de un croquis.*
- Figura 7.2.33*      *Extrusión del pilar central del pórtico hastial.*
- Figura 7.2.34*      *Extrusión del corte.*
- Figura 7.2.35*      *Pilar central pórtico hastial.*
- Figura 7.2.36*      *Detalle del extremo del pilar central pórtico hastial.*
- Figura 7.2.37*      *Selección del plano de croquis.*
- Figura 7.2.38*      *Construcción de un croquis.*
- Figura 7.2.39*      *Extrusión del pilar intermedio del pórtico hastial.*
- Figura 7.2.40*      *Ventana SolidWorks donde se muestra el plano "Vista lateral".*
- Figura 7.2.41*      *Detalle del Croquis dibujado en la vista lateral.*
- Figura 7.2.42*      *Ventana SolidWorks una vez se ha realizado la operación de extrusión.*
- Figura 7.2.43*      *Ventana SolidWorks donde se ve el croquis del fragmento que va a eliminarse.*
- Figura 7.2.44*      *Pilar intermedio pórtico hastial.*
- Figura 7.2.45*      *Detalle del extremo del pilar intermedio del pórtico hastial.*

### **7.3 Vida Delta.**

- Figura 7.3.1*      *Selección del plano de croquis.*
- Figura 7.3.2*      *Una cuarta parte del perfil de la Viga Delta.*
- Figura 7.3.3*      *Perfil de la Viga Delta.*
- Figura 7.3.4*      *Creación de un nuevo plano.*
- Figura 7.3.5*      *Ventana SolidWorks donde se podrá introducir la distancia entre ambos planos.*
- Figura 7.3.6*      *Imagen de la pantalla de trabajo SolidWorks con los planos.*
- Figura 7.3.7*      *Imagen de la pantalla de trabajo SolidWorks con el croquis dibujado en ambos planos.*
- Figura 7.3.8*      *Ventana de trabajo SolidWorks después de realizar la operación de recubrir.*
- Figura 7.3.9*      *Ventana SolidWorks después de dibujar la terminación de la Viga Delta.*
- Figura 7.3.10*      *Vista en detalle de la terminación de la Viga Delta.*
- Figura 7.3.11*      *Ventana de SolidWorks con la creación de un plano paralelo a la vista de la planta.*
- Figura 7.3.12*      *Vista del detalle del croquis dibujado en el plano paralelo a la planta.*
- Figura 7.3.13*      *Vista del detalle del croquis dibujado en el plano paralelo a la planta.*

- Figura 7.3.14* Vista de la extrusión en el extremo de la Viga Delta.
- Figura 7.3.15* Ventana SolidWorks donde aparece la terminación de la Viga Delta con el detalle creado.
- Figura 7.3.16* Ventana de opciones de la operación de simetría.
- Figura 7.3.17* Viga Delta.
- Figura 7.3.18* Ventana para modificar la escala del plano.
- Figura 7.3.19* Vista del plano de la Viga Delta.

#### **7.4 Jácena hastial.**

- Figura 7.4.1* Construcción de un croquis.
- Figura 7.4.2* Construcción de un croquis.
- Figura 7.4.3* Detalle del croquis de la jácena del pórtico hastial (Parte 1).
- Figura 7.4.4* Detalle del croquis de la jácena del pórtico hastial (Parte 1) con las medidas correspondientes.
- Figura 7.4.5* Ventana SolidWorks donde se muestra una parte de la jácena del pórtico hastial (Parte 1).
- Figura 7.4.6* Jácena del pórtico hastial (Parte 1).
- Figura 7.4.7* Selección del plano de croquis.
- Figura 7.4.8* Detalle del Croquis de la mitad de la jácena del pórtico hastial.
- Figura 7.4.9* Ventana SolidWorks donde aparece el Alzado de la jácena del pórtico hastial (Parte 2).
- Figura 7.4.10* Jácena del pórtico hastial (Parte 2).

#### **7.5 Correas tubulares.**

- Figura 7.5.1* Selección del plano de croquis.
- Figura 7.5.2* Croquis de la correa tubular.
- Figura 7.5.3* Detalle correa tubular.
- Figura 7.5.4* Ventana SolidWorks correa tubular.

#### **7.6 Cubierta.**

- Figura 7.6.1* Ventana SolidWorks del Alzado de la cubierta.
- Figura 7.6.2* Alzado de la cubierta.
- Figura 7.6.3* Cubierta de la nave.
- Figura 7.6.4* Detalle cubierta de la nave.

#### **7.7 Solera.**

- Figura 7.7.1* Ventana SolidWorks donde se muestra una vista superior de la solera con los huecos correspondientes para los pilares.

*Figura 7.7.2 Solera.*

*Figura 7.7.3 Detalle de una esquina de la solera.*

## 7.8 Paneles de hormigón.

*Figura 7.8.1 Selección del plano de croquis.*

*Figura 7.8.2 Ventana SolidWorks panel de hormigón (Lateral de la nave).*

*Figura 7.8.3 Panel de hormigón (Lateral de la nave).*

*Figura 7.8.4 Panel de hormigón (Lateral de la nave).*

*Figura 7.8.5 Selección del plano de croquis.*

*Figura 7.8.6 Construcción de un croquis.*

*Figura 7.8.7 Ventana SolidWorks panel de hormigón (Hastial de la nave).*

*Figura 7.8.8 Construcción de un croquis.*

*Figura 7.8.9 Ventana SolidWorks panel de hormigón (Hastial de la nave).*

*Figura 7.8.10 Panel de hormigón (Hastial de la nave).*

## 7.9 Canalón.

*Figura 7.9.1 Ventana SolidWorks donde se ve el alzado del canalón.*

*Figura 7.9.2 Detalle del extremo de un canalón.*

## 7.10 Riostras.

*Figura 7.10.1 Selección del plano de croquis.*

*Figura 7.10.2 Ventana SolidWorks donde aparece la riostra dibujada.*

## 7.11 Montaje de la nave.

*Figura 7.11.1 Ventana que aparece al iniciar un nuevo documento de SolidWorks.*

*Figura 7.11.2 Ventana SolidWorks que aparece cuando se inicia un ensamblaje.*

*Figura 7.11.3 Ventana SolidWorks donde aparece el pilar exterior (izquierdo) del pórtico hastial y el pilar central del pórtico hastial.*

*Figura 7.11.4 Ventana SolidWorks para insertar una relación de posición.*

*Figura 7.11.5 Ventana SolidWorks "Selecciones de relaciones de posición".*

*Figura 7.11.6 Ventana SolidWorks donde aparecen los dos pilares situados a cierta distancia y con tres relaciones de posición.*

*Figura 7.11.7 Ventana SolidWorks ensamblaje del pórtico hastial.*

*Figura 7.11.8 Detalle unión entre las dos partes de la jácena del pórtico hastial.*

- Figura 7.11.9*      *Detalle unión entre el pilar exterior (izquierdo) del pórtico hastial y una de las partes de la jácena del pórtico hastial.*
- Figura 7.11.10*    *Ensamblaje del pilar intermedio con la jácena del pórtico hastial.*
- Figura 7.11.11*    *Vista del perfil.*
- Figura 7.11.12*    *Vista del perfil después de alinear los componentes.*
- Figura 7.11.13*    *Ensamblaje de elementos del pórtico hastial.*
- Figura 7.11.14*    *Detalle del ensamblaje de la jácena con el pilar intermedio del pórtico hastial.*
- Figura 7.11.15*    *Ventana SolidWorks “Simetría de componentes”.*
- Figura 7.11.16*    *Ventana SolidWorks “Simetría de componentes” selección de componentes a los que aplicar dicha matriz de simetría.*
- Figura 7.11.17*    *Pórtico hastial.*
- Figura 7.11.18*    *Colocación del pilar exterior del pórtico intermedio.*
- Figura 7.11.19*    *Pórtico hastial y pórtico intermedio.*
- Figura 7.11.20*    *Ensamblaje entre viga Delta y pilar exterior del pórtico intermedio.*
- Figura 7.11.21*    *Ventana SolidWorks “Matriz lineal”.*
- Figura 7.11.22*    *Ventana SolidWorks mientras se aplica la Matriz lineal.*
- Figura 7.11.23*    *Pórtico hastial y pórticos intermedios.*
- Figura 7.11.24*    *Pórticos hastiales y pórticos intermedios.*
- Figura 7.11.25*    *Ventana SolidWorks donde se indica el plano de simetría elegido.*
- Figura 7.11.26*    *Ventana SolidWorks donde se indican los componentes a los que se le aplicará la simetría.*
- Figura 7.11.27*    *Detalle unión de las vigas Delta en el pilar central.*
- Figura 7.11.28*    *Simetría del pórtico hastial.*
- Figura 7.11.29*    *Detalle del error.*
- Figura 7.11.30*    *Ventana SolidWorks “Simetría de componentes”.*
- Figura 7.11.31*    *Ventana SolidWorks “Simetría de componentes”.*
- Figura 7.11.32*    *Ventana SolidWorks “Simetría de componentes”.*
- Figura 7.11.33*    *Ventana SolidWorks donde se muestra la correcta colocación del pilar exterior del pórtico hastial.*
- Figura 7.11.34*    *Pórticos de la nave.*
- Figura 7.11.35*    *Ventana una vez insertada la zapata tipo 1.*
- Figura 7.11.36*    *Ensamblaje zapata tipo 1.*



<i>Figura 7.11.37</i>	<i>Ventana SolidWorks “Matriz lineal”.</i>
<i>Figura 7.11.38</i>	<i>Vista trimétrica de la nave después de la colocación de las zapatas tipo 1.</i>
<i>Figura 7.11.39</i>	<i>Vista trimétrica de la nave después de la colocación de las todas las zapatas.</i>
<i>Figura 7.11.40</i>	<i>Detalle de la colocación de las riostras.</i>
<i>Figura 7.11.41</i>	<i>Vista trimétrica de la nave después de la colocación de las todas las riostras.</i>
<i>Figura 7.11.42</i>	<i>Vista trimétrica de la nave una vez colocada la solera.</i>
<i>Figura 7.11.43</i>	<i>Solera.</i>
<i>Figura 7.11.44</i>	<i>Ventana SolidWorks creación de un plano en la pieza “Jácena2 hastial”.</i>
<i>Figura 7.11.45</i>	<i>Relación de posición.</i>
<i>Figura 7.11.46</i>	<i>Relación de posición.</i>
<i>Figura 7.11.47</i>	<i>Relación de posición.</i>
<i>Figura 7.11.48</i>	<i>Ventana SolidWorks “Matriz lineal” para la colocación de las correas tubulares.</i>
<i>Figura 7.11.49</i>	<i>Vista trimétrica de la nave con la colocación de las correas.</i>
<i>Figura 7.11.50</i>	<i>Vista trimétrica de la nave.</i>
<i>Figura 7.11.51</i>	<i>Ventana SolidWorks Colocación del panel de hormigón prefabricado.</i>
<i>Figura 7.11.52</i>	<i>Detalle de la unión entre el panel de hormigón prefabricado y uno de los pilares de la nave.</i>
<i>Figura 7.11.53</i>	<i>Ventana SolidWorks “Matriz lineal”.</i>
<i>Figura 7.11.54</i>	<i>Nave donde se observa la colocación de los paneles de hormigón prefabricado.</i>
<i>Figura 7.11.55</i>	<i>Ventana SolidWorks “Saliente-Extruir”.</i>
<i>Figura 7.11.56</i>	<i>Detalle de la extrusión de la cubierta.</i>
<i>Figura 7.11.57</i>	<i>Colocación de la cubierta.</i>
<i>Figura 7.11.58</i>	<i>Ventana SolidWorks “Simetría de componentes”.</i>
<i>Figura 7.11.59</i>	<i>Colocación de la cubierta.</i>
<i>Figura 7.11.60</i>	<i>Colocación de la cubierta.</i>
<i>Figura 7.11.61</i>	<i>Ventana SolidWorks “Simetría de componentes”.</i>
<i>Figura 7.11.62</i>	<i>Nave.</i>
<i>Figura 7.11.63</i>	<i>Detalle canalón central.</i>
<i>Figura 7.11.64</i>	<i>Detalle canalón central.</i>
<i>Figura 7.11.65</i>	<i>Detalle canalón derecho.</i>
<i>Figura 7.11.66</i>	<i>Detalle canalón izquierdo.</i>

*Figura 7.11.67 Alzado de la nave.*

*Figura 7.11.68 Perfil de la nave.*

*Figura 7.11.69 Nave.*

8. PRESTO.

*Figura 8.0.1 Programa Presto.*

9. PLANOS.

10. CONCLUSIONES.

11. BIBLIOGRAFÍA.

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 OBJETIVOS**

CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO.

Se pretende calcular la estructura de una nave de hormigón armado siguiendo las instrucciones del Código Técnico de la Edificación (CTE), especialmente el Documento Básico Seguridad Estructural (DB-SE), el Documento Básico Seguridad Estructural Acciones en la Edificación (DB-SE-AE) y la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

La metodología de trabajo para el cálculo de la estructura será el siguiente. Primero se calcularán las acciones y combinaciones de acciones que debe resistir el edificio. Después, para el cálculo de los efectos de las acciones en la estructura, se utilizará el programa informático SAP 2000.

En el diseño de la nave de hormigón armado se utilizará SolidWorks tratando de explorar algunas de las múltiples ventajas que ofrece el modelado con este programa. Primero se modelará la estructura de la nave en 3D y posteriormente se obtendrán los planos en dos dimensiones.

El objetivo de la utilización de SolidWorks para el diseño y delineado de una nave de estructura de hormigón armado es analizar las características de la aplicación para el uso en el modelado de estructuras de hormigón armado.

Se pretende también que este proyecto sea una pequeña guía en el uso docente de los programas SAP 2000 y SolidWorks para la realización de estructuras de hormigón armado.

## **2. INFORMACIÓN PREVIA**

### **CONDICIONANTES DE PARTIDA**

Se redacta el presente proyecto de construcción con el objeto de definir los aspectos técnicos, constructivos, medioambientales y económicos relacionados con la construcción de una nave industrial en la 4ª fase del Polígono Valdeferrín de Ejea de los Caballeros (Zaragoza).

El objetivo final es la construcción de una nave de planta rectangular “sin uso definido”.

La distribución interior del edificio deberá ser lo más diáfana posible para garantizar la movilidad de los posibles procesos y líneas de trabajo a implantar.

### **DATOS DEL EMPLAZAMIENTO**

La construcción se llevará a cabo en la 4ª fase del Polígono Industrial de Valdeferrín en Ejea de los Caballeros (Zaragoza).

El emplazamiento se corresponde con una parcela a segregar de la parcela 2.9 (definida en la modificación del Proyecto de Reparcelación del sector 8 Valdeferrín Oeste aprobado en sesión de pleno de 15 de septiembre de 2008).

La parcela, de planta rectangular, tiene una superficie de 5.494,8 m<sup>2</sup>, con un frente de fachada de 60 m de ancho y 91,58 m de fondo. Linda al Norte, Este y Oeste con la parcela matriz 2.9 y al Sur con el vial del polígono a través del cual se llevarán a cabo los accesos.

### **DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO**

La 4ª fase de ampliación del polígono industrial de Valdeferrín está ubicada al Oeste de la localidad de Ejea de los Caballeros en dirección a Tudela. El acceso al polígono se lleva a cabo desde la carretera autonómica A-125.

Se trata de una zona de uso industrial en el que todos los edificios a construir tendrán características similares a las del presente proyecto.

El polígono dispone de instalaciones de abastecimiento de agua potable e industrial, red de saneamiento separativa de aguas residuales y pluviales, red eléctrica en media tensión, red de telefonía y alumbrado público.

## 2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 2.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

Se proyecta la construcción de una nave industrial de planta rectangular con una superficie total ocupada en planta de 3.086,5 m<sup>2</sup> y unas dimensiones exteriores de 61,73 m de fondo y 50 m de ancho.

La nave estará construida con estructura prefabricada de hormigón armado, con vigas tipo *Delta* apoyadas sobre pilares de sección cuadrada, la altura libre bajo *Delta* será de 7 m. La cubierta será múltiple a dos aguas con un 10 % de pendiente. El cerramiento se construirá con paneles prefabricados de hormigón, con terminación en árido lavado "blanco macael" en fachada principal y gris liso pintado en resto de fachadas.

### 2.1.2 NORMATIVA. MARCO LEGAL

La nave se proyecta en cumplimiento de cuantas disposiciones legales sean de su aplicación y en especial las siguientes:

- Instrucción de hormigón estructural EHE.
- CTE DB-SE: Seguridad Estructural
- CTE DB-SE-AE: Acciones en la edificación
- CTE DB-SE-C: Cimientos
- Plan General de Ordenación Urbana de Ejea de los Caballeros.
- Ordenanzas de uso industrial del Plan Parcial del Sector 8 Valdeferrín Oeste del P.G.O.U. de Ejea de los Caballeros.
- Ley 7/2006 de protección ambiental de Aragón.

### 2.1.3 SUPERFICIES PROYECTADAS

SUPERFICIE DEL SOLAR	5.494,8 m <sup>2</sup>
EDIFICABILIDAD PERMITIDA	0,767 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
SUPERFICIE MÁXIMA EDIFICABLE	4.214,51 m <sup>2</sup>
SUPERFICIE PROYECTADA	3.086,5 m <sup>2</sup>
VOLUMEN PROYECTADO	27.427,23 m <sup>3</sup>

Se guardará un retranqueo mínimo de 3 m a los linderos laterales y 5 m al frente de fachada.

#### **2.1.4 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS**

Cimentación:

La cimentación estará formada por zapatas aisladas de hormigón armado.

Estructura:

Estructura de hormigón prefabricado, con vigas tipo Delta para la formación de la cubierta múltiple inclinada a dos aguas, apoyada sobre pilares y correas de cubierta de hormigón pretensado tipo tubular.

Cerramiento:

Cerramiento prefabricado de hormigón con paneles de 20 cm de espesor con asilamiento interior de poliestireno expandido. Terminación en árido lavado “blanco macael” en fachada principal y gris liso pintado en el resto de fachadas.

Cubierta:

Panel sándwich de doble chapa lacada con aislamiento de 40 mm.

Pavimentos:

Solera de hormigón armado, de 40 cm de espesor, fratasada y acabada en cuarzo pulido.

Instalaciones, saneamiento:

No es objeto del presente proyecto.

Instalaciones, abastecimiento de agua:

No es objeto del presente proyecto.

Instalaciones, electricidad y telefonía:

No es objeto del presente proyecto.



## **2.2 PRESTACIONES DEL EDIFICIO**

### **2.2.1 REQUISITOS BÁSICOS**

La construcción de la nave cumplirá con las exigencias básicas definidas en el Código Técnico de la Edificación, en aquellos aspectos que le sean de aplicación dado el uso y la tipología constructiva.

El cumplimiento de dichas exigencias básicas se justificará mediante la aplicación de los correspondientes Documentos Básicos y Normativa específica vigente.

### **2.2.2 LIMITACIONES DE USO**

Uso industrial compatible con el resto de usos existentes.

El edificio estará diseñado para admitir la implantación de una actividad industrial con Nivel de Riesgo Intrínseco de Incendios Bajo.

## **2.3 RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

El presupuesto de ejecución material de la obra del presente proyecto asciende a la cantidad de **TRESCIENTOS MIL SIETE CON CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS (300.007,52 €)**.

El presupuesto de ejecución material más I.V.A. de la obra asciende a la cantidad de **TRESCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL OCHO CON OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS (354.008,87 €)**.

### **3. CÁLCULO ESTRUCTURAL. DB-SE**

Se debe asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles, mediante la aplicación de las siguientes exigencias básicas:

- Resistencia y estabilidad: serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles.
- Aptitud del servicio: conforme al uso previsto del edificio, de manera que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a niveles aceptables la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

Estas exigencias básicas se garantizan mediante el cumplimiento y aplicación de los requisitos incluidos en los siguientes documentos básicos:

- DB. SE: Seguridad estructural
- DB. SE - AE: Acciones en la edificación
- DB. SE - C: Cimientos
- EHE: Instrucción para la ejecución del hormigón estructural

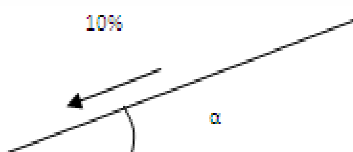
### 3.1 CÁLCULO DE LAS CORREAS

En arquitectura, ingeniería estructural o en construcción, una correa es un miembro estructural horizontal resistente en un techo que tiene la misión de soportar las cargas de cubierta.

Las correas de cubierta irán apoyadas en las vigas Delta y serán atornilladas para que sean capaces de soportar el efecto de succión del viento y el empuje transversal debido a la pendiente de la cubierta.

#### 3.1.1 CÁLCULO DEL ÁNGULO Y LA ALTURA QUE TIENE LA CUBIERTA

El ángulo de la cubierta se calculará con el valor de la pendiente, que en este caso es del 10 %.

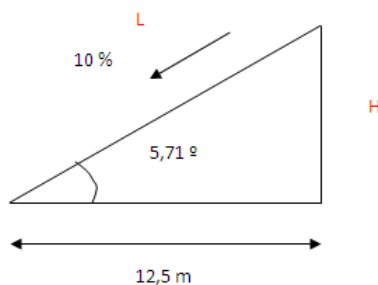


$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{10}{100}$$

$$\alpha = 5,71^{\circ}$$

Figura 3.1.1 Esquema donde se indica la pendiente de la cubierta y el ángulo que forma.

El cálculo de la altura (H) se calculará con funciones trigonométricas.



$$12,5 \text{ m} = L \cdot \cos 5,71$$

$$L = 12,56 \text{ m}$$

$$H = L \cdot \operatorname{sen} 5,71$$

$$H = 1,25 \text{ m}$$

Figura 3.1.2 Esquema donde se indica la pendiente de la cubierta, el ángulo que forma, la longitud y la altura.

### 3.1.2 CÁLCULO DE LA DISTANCIA ENTRE CORREAS

A la hora de trabajar con el programa SAP se tendrá la limitación de trabajar, como máximo, con 30 nudos para la estructura. Además se tendrá que comprobar que el valor calculado, para la distancia entre correas, este comprendido entre 1,5 y 2 metros.

$$d_{correas} = 25 \text{ m} : 14$$

$$d_{correas} = 1,785 \text{ m}$$

Las correas que se utilizarán, en este caso, son correas tubulares de hormigón armado. Estas correas son elementos prefabricados con sección de viga doble pretensada de canto 30 cm y 23 cm de anchura, con una longitud variable, según las necesidades de la obra.

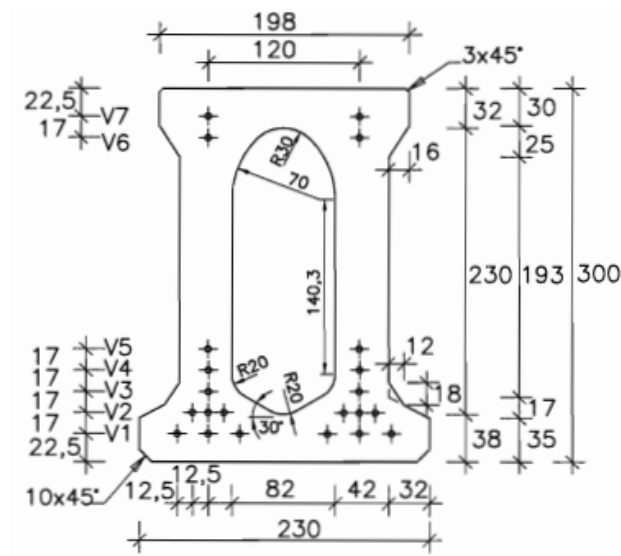


Figura 3.1.3 Croquis de la correa tubular de hormigón armado.

Características mecánicas: Peso propio.....0,90  $\frac{kg}{m}$

Momento máximo admisible..... $M_u = 62,48 \text{ m} \cdot kN$

Cortante máximo admisible..... $V_u = 49,94 \text{ kN}$

Este tipo de correas se suelen utilizar como correas de apoyo de cubiertas en naves industriales.

La nave a diseñar estará situada en el Polígono Industrial de Valdeferrín en Ejea de los Caballeros (Zaragoza) a 345 metros de altitud.

La parcela, de planta rectangular, tiene una superficie de  $5494,8 \text{ m}^2$ , con un frente de fachada de 60 m de ancho y 91,68 m de fondo. Linda al Norte, Este y Oeste con la parcela matriz 2.9 y al Sur con el vial del polígono a través del cual se llevarán a cabo los accesos. El acceso al polígono se lleva a cabo desde la carretera autonómica A-125.

La nave estará formada por dobles pórticos de hormigón prefabricado, a modo de naves adosadas con vigas de pendiente variable tipo Delta para la formación de cubierta a dos aguas con un 10 % de pendiente, y una fila de pilares en el centro de la nave.

La cubierta de la nave será de doble chapa lacada 0,5 mm/0,5 mm tipo Delfos de Europerfil, con el alma de poliuretano inyectado a alta presión. Las correas que irán sujetas a la cubierta serán correas tubulares TUB-30 de hormigón armado que estarán colocadas a 1,785 metros de separación entre ejes y atornilladas con chapas metálicas a las vigas Delta.

Las dimensiones de la nave serán de 50 metros de ancho por 61,73 metros de largo y la altura libre bajo la viga Delta será de 7 metros. La luz a ejes de pilares es de 24,75 metros y la distancia entre pórticos será de 10,205 metros.

### 3.1.3 CÁLCULO DE LAS ACCIONES

A continuación se determinaran las acciones sobre el edificio según se establece en el documento CTE-SE-AE.

Estas acciones calculadas manualmente se introducirán en el programa informático SAP2000.

#### ACCIONES PERMANENTES

Las acciones permanentes (G) son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante (como el peso propio de los elementos constructivos o las acciones y empujes del terreno) o no (como las acciones reológicas o el pretensado), pero con variación despreciable o teniendo monótonamente hasta un valor límite.

#### ACCIONES VARIABLES

Las acciones variables (Q) son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como por ejemplo las debidas al uso o las acciones climáticas.

#### ACCIONES ACCIDENTALES

Las acciones accidentales (A) son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión.

Para el estudio de las acciones para la edificación de una nave industrial, como en este caso, se descartará el cálculo de algunas de estas acciones que el documento básico propone.

**3.1.3.1 ACCIONES PERMANENTES****Peso propio**

El peso propio a tener en cuenta será el de los elementos estructurales tales como la carga debida a la cubierta y a las correas tubulares.

Cubierta panel “sándwich” de doble chapa prelacada con aislamiento de 40 mm de espesor.	0,109	kN/m <sup>2</sup>
Correas de hormigón TUB-30	0,90	kN/m

*Figura 3.1.4      Tabla acciones permanentes.*



### 3.1.3.2 ACCIONES VARIABLES

#### Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de uso. Por lo general, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente. De acuerdo con el uso que sea fundamental en cada zona del mismo como valores característicos, se adoptarán los de la tabla del Documento básico SE-AE “Valores característicos de las sobrecargas de uso”. Dichos valores incluyen tanto los efectos derivados del uso normal, personas, mobiliario, enseres, mercancías, etc.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(8)</sup>	2
		G2	Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(6)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
			Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Figura 3.1.5 Tabla “Valores característicos de las sobrecargas de uso”.

Para el caso de esta nave industrial, que pertenece a una categoría de uso G, es decir, cubiertas accesibles únicamente para conservación. Se deberá saber que la sobrecarga de uso de mantenimiento en cubierta (G) no es concomitante con otras sobrecargas.

Por tanto se asignará una carga uniforme y una carga concentrada que corresponderá a:

Sobrecarga de uso mantenimiento en cubierta (G)	0,40	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga de uso puntual en cubierta (G)	1,0	kN

Figura 3.1.6 Tabla de sobrecarga de uso.

### Sobrecarga de nieve

A la hora de calcular la distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, dependerán del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los parámetros exteriores.

En primer lugar se deberá conocer el coeficiente de forma de la cubierta  $\mu$ .

La cubierta de esta construcción no tiene impedimentos al deslizamiento de la nieve y tiene una inclinación menor que  $30^\circ$  así que se tomará  $\mu = 1$ .

El siguiente paso será conocer la zona climática de invierno, como en este caso la nave estará situada en la localidad de Ejea de los Caballeros (Zaragoza) con una altitud de 345 metros y según el siguiente mapa se encontrará en la zona 2 (que como se puede observar en esa zona del mapa queda incluida casi toda la geografía de Aragón).



Figura 3.1.7 Zonas climáticas de invierno.

Conocida la zona climática de invierno y en función de la altitud del emplazamiento se puede conocer el valor de carga de nieve en un terreno horizontal,  $S_k$ , utilizando la siguiente tabla:

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	-	-	-	-	-

Figura 3.1.8 Tabla "Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal ( $\text{kN/m}^2$ )".

En el caso de capitales de provincia y ciudades autónomas el valor de sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal  $S_k$  se podría tomar directamente de la siguiente figura:

Tabla 3.7 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	$S_k$ $\text{kN/m}^2$	Capital	Altitud m	$S_k$ $\text{kN/m}^2$	Capital	Altitud m	$S_k$ $\text{kN/m}^2$
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / <i>Alicant</i>	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	San Sebastián / <i>Donostia</i>	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / <i>Lleida</i>	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao / <i>Bilbo</i>	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / <i>Ourense</i>	130	0,4	Valencia / <i>València</i>	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña / <i>A Coruña</i>	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / <i>Gasteiz</i>	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Gerona / <i>Girona</i>	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona / <i>Iruña</i>	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Figura 3.1.9 Tabla "Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas".

Determinación de la carga de nieve:

El valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal se determinará con la fórmula que se indica a continuación.

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Cálculo de  $s_k$ :

En este caso, Ejea de los Caballeros está a una altitud de 345 metros sobre el nivel del mar, que según la figura anterior corresponde a la zona 2. Con estos datos se irá a la figura 3.2.5 “Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal” y se obtendrá un valor de  $s_k$ .

$$s_k = 0,5725 \frac{kN}{m^2}$$

Por lo tanto el valor de la carga de nieve será:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 1 \cdot 0,5725 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_n = 0,5725 \frac{kN}{m^2}$$

### Sobrecarga de viento

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes, dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

Las disposiciones de este Documento Básico no son aplicables a los edificios situados a altitudes superiores a los 2000 metros.

La acción del viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática,  $q_e$  puede expresarse como:

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

Siendo:  $q_b \rightarrow$  Presión dinámica del viento.

$C_e \rightarrow$  Coeficiente de exposición.

$C_p \rightarrow$  Coeficiente eólico o de presión.

Cálculo de la presión dinámica del viento ( $q_b$ ):

El valor para cualquier punto del territorio español puede adoptarse  $0.5 \text{ kN/m}^2$  aunque pueden obtenerse valores más precisos en función del emplazamiento geográfico de la obra, sabiendo que el valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura siguiente. El valor de la presión dinámica es, respectivamente  $0.42 \text{ kN/m}^2$ ,  $0.45 \text{ kN/m}^2$  y  $0.52 \text{ kN/m}^2$  para las zonas A, B y C de dicho mapa.



Figura 3.1.10 Valor básico de la velocidad del viento,  $v_b$ .

Del gráfico anterior se obtiene el valor de  $q_b$  en función la localización de la nave, en este caso, Ejea de los Caballeros. Se observa que el emplazamiento corresponde a la zona B y por tanto su valor será el que se indica.

$$q_b = 0,45 \frac{kN}{m^2}$$

Cálculo del coeficiente de exposición ( $C_e$ ):

El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Es un valor que varía con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encontrará ubicada la construcción.

Para conocer el grado de aspereza del entorno consultamos la tabla adjunta:

Grado de aspereza del entorno		Parámetro		
		k	L (m)	Z (m)
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V	Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Figura 3.1.11 Tabla "Coeficientes para tipo de entorno".

La altura del punto considerado es la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento y el grado de aspereza del entorno IV “Zona urbana en general, industrial o forestal”.

$$Altura = 7\text{ m} + 0,4\text{m(solera)} + 2,05\text{m} + 0,3\text{ m(correas)} = 9,75\text{ m}$$

$$C_e = F \cdot (F + 7 \cdot k)$$

$$F = k \cdot \ln (\max (z, Z)/L)$$

Sabiendo que  $z = 9,75$  metros.

De la figura 3.2.8 “Coeficientes para tipo de entorno”, siendo el grado de aspereza del entorno IV (Zona urbana en general, industrial o forestal), se obtendrán los siguientes parámetros.

$$k = 0,22$$

$$L = 0,3$$

$$Z = 5\text{ m}$$

Calculando el coeficiente  $F$  se obtendrá un valor de  $F = 0,762$ .

$$C_e = F \cdot (F + 7 \cdot k)$$

$$C_e = 1,754$$

#### Cálculo del coeficiente eólico o de presión ( $C_p$ )

El coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de la superficie; un valor negativo indicará succión.

Se toma como dirección actuante de las fuerzas eólicas la dirección de pórticos y la perpendicular a ésta.

La nave no presenta huecos en la dirección de los pórticos.

Se considera un área de influencia  $A > 10\text{ m}^2$ , para elementos generales de la estructura (pórticos).

El coeficiente eólico depende de la forma y de la orientación de la superficie respecto al viento. Se podrá calcular gracias a la tabla “Cubierta a dos aguas”.

a) Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

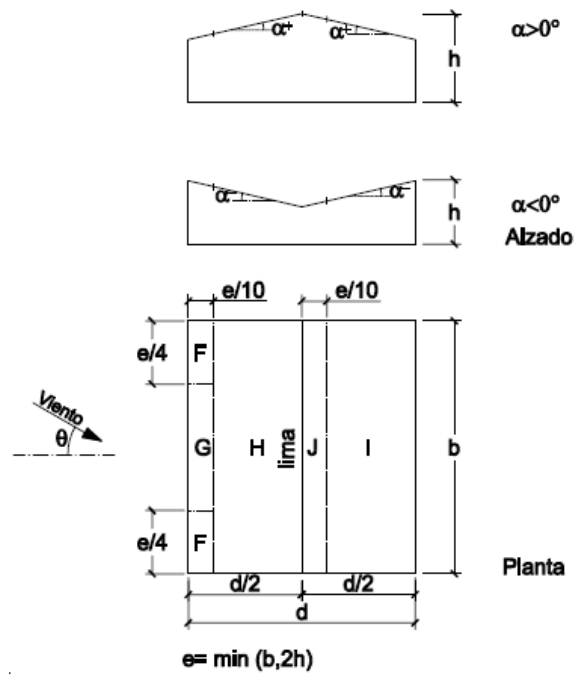


Figura 3.1.12 Cubierta a dos aguas Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ .

$$\left. \begin{aligned} e &= \min(b, 2h) \\ b &= 61,73 \text{ m} \\ 2h &= 19,5 \text{ m} \end{aligned} \right\} \quad \boxed{e = 19,5 \text{ m}}$$



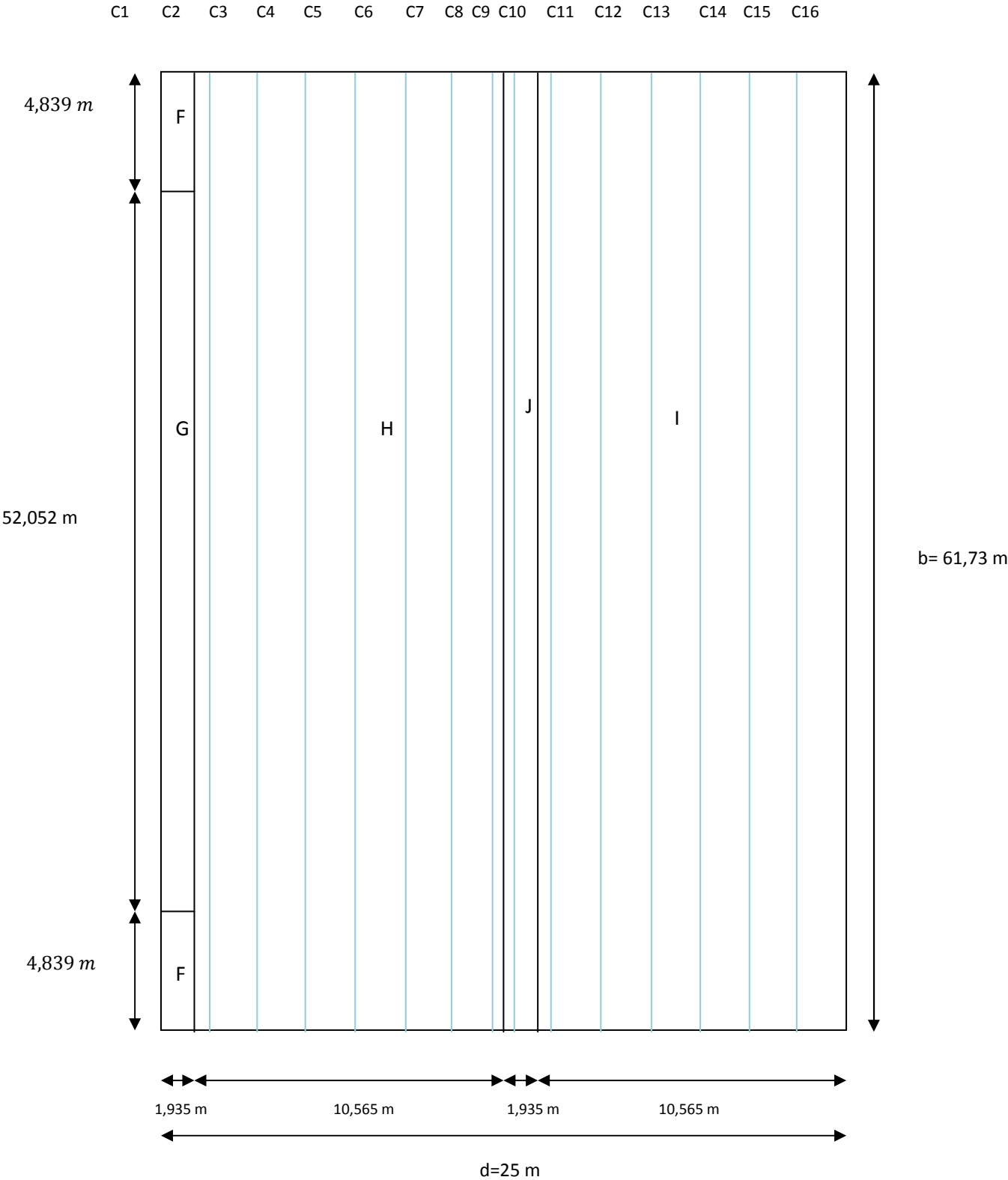


Figura 3.1.13 Localización y dimensiones de los coeficientes  $c_p$  cuando  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ .

En el dibujo anterior las líneas de color azul representan a las correas que hay en la cubierta.

Para este apartado se deberá tener en presente el valor de la distancia entre pórticos y el de la distancia entre correas.

$$d_{porticos} = 10,205 \text{ m}$$

$$d_{correas} = 1,785 \text{ m}$$

Superficie que soporta cada correa interna:

$$S_i = d_{correas} \cdot d_{porticos} = 18,216 \text{ m}^2$$

Superficie que soporta cada correa externa:

$$S_e = \frac{1}{2} \cdot d_{correas} \cdot d_{porticos} = 9,107 \text{ m}^2$$

Para calcular las cargas que soporta cada correa se irá a la figura siguiente tabla D.4 “Cubierta a dos aguas” sabiendo que la pendiente de la cubierta es de  $5,71^\circ \approx 5^\circ$ .

Los resultados se recogen en la tabla posterior:

Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	$\geq 10$	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	$\leq 1$	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	$\geq 10$	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	$\leq 1$	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	$\geq 10$	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	$\leq 1$	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	$\geq 10$	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	$\leq 1$	-2,5	-2	-1,2	-0,6	-0,6
5°	$\geq 10$	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	$\leq 1$	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	$\geq 10$	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	$\leq 1$	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	$\geq 10$	-2	-1,5	-0,3	-0,4	-1,5
	$\leq 1$	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
45°	$\geq 10$	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,4	0	0
60°	$\geq 10$	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,4	0	0
75°	$\geq 10$	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
90°	$\geq 10$	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0

Figura 3.1.14 Extracto de la tabla D.4 del DB-SE-AE.

	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>
<b>Correa 1</b>	-1,779	-1,279	-	-	-
	0,000	0,000	-	-	-
<b>Correa 2</b>	-1,700	-1,200	-0,600	-	-
	0,000	0,000	0,000	-	-
<b>Correa 3</b>	-	-	-0,600	-	-
	-	-	0,000	-	-
<b>Correa 4</b>	-	-	-0,600	-	-
	-	-	0,000	-	-
<b>Correa 5</b>	-	-	-0,600	-	-
	-	-	0,000	-	-
<b>Correa 6</b>	-	-	-0,600	-	-
	-	-	0,000	-	-
<b>Correa 7</b>	-	-	-0,600	-	-
	-	-	0,000	-	-
<b>Correa 8</b>	-	-	-0,660	-	-
	-	-	0,000	-	-
<b>Correa 9</b>	-	-	-	0,200	-
	-	-	-	-0,600	-
<b>Correa 10</b>	-	-	-	0,200	0,200
	-	-	-	-0,600	-0,600
<b>Correa 11</b>	-	-	-	0,200	-
	-	-	-	-0,600	-
<b>Correa 12</b>	-	-	-	0,200	-
	-	-	-	-0,600	-
<b>Correa 13</b>	-	-	-	0,200	-
	-	-	-	-0,600	-
<b>Correa 14</b>	-	-	-	0,200	-
	-	-	-	-0,600	-
<b>Correa 15</b>	-	-	-	0,200	-
	-	-	-	-0,600	-
<b>Correa 16</b>	-	-	-	0,200	-
	-	-	-	-0,600	-

Figura 3.1.15 Tabla con los coeficientes para cada correa.

Los valores positivos indicarán que el viento ejerce una presión sobre la construcción, en el caso de que el valor sea negativo indicará que ejerce succión.

#### Correa 1

$$q_e^F = q_b \cdot C_e \cdot C_p^F = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,78) = -1,405 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^G = q_b \cdot C_e \cdot C_p^G = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,28) = -1,01 \frac{kN}{m^2}$$

#### Correa 2

$$q_e^F = q_b \cdot C_e \cdot C_p^F = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,7) = -1,342 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^G = q_b \cdot C_e \cdot C_p^G = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,2) = -0,947 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^H = q_b \cdot C_e \cdot C_p^H = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6) = -0,474 \frac{kN}{m^2}$$

#### Correas 3; 4; 5; 6; 7

$$q_e^H = q_b \cdot C_e \cdot C_p^H = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6) = -0,474 \frac{kN}{m^2}$$

#### Correa 8

$$q_e^H = q_b \cdot C_e \cdot C_p^H = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,66) = -0,521 \frac{kN}{m^2}$$

#### Correas 9; 10

$$q_{ep}^J = q_b \cdot C_e \cdot C_{pp}^J = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (0,2) = +0,158 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{es}^J = q_b \cdot C_e \cdot C_{ps}^J = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6) = -0,474 \frac{kN}{m^2}$$

#### Correas 11; 12; 13; 14; 15; 16

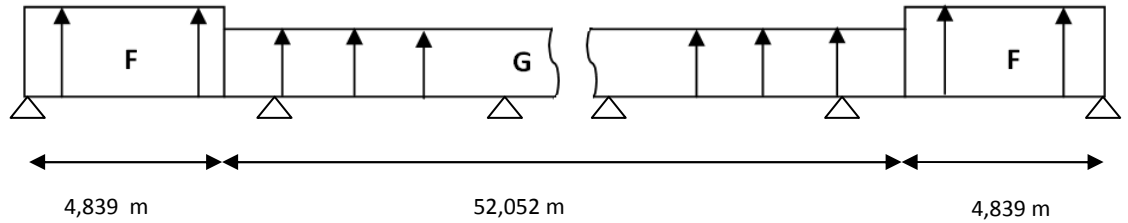
$$q_{ep}^I = q_b \cdot C_e \cdot C_{pp}^I = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (0,2) = +0,158 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{es}^I = q_b \cdot C_e \cdot C_{ps}^I = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6) = -0,474 \frac{kN}{m^2}$$

A continuación se dibujarán todas las correas con las cargas que soporta cada una de ellas cuando la dirección del viento es  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ . Sabiendo que los apoyos están representando una distancia de 10,205 metros.

Correa 1

$$(0,8925 \text{ m}).(-1,405 \text{ kN/m}^2) \quad (0,8925 \text{ m}).(-1,01 \text{ kN/m}^2) \quad (0,8925 \text{ m}).(-1,405 \text{ kN/m}^2)$$

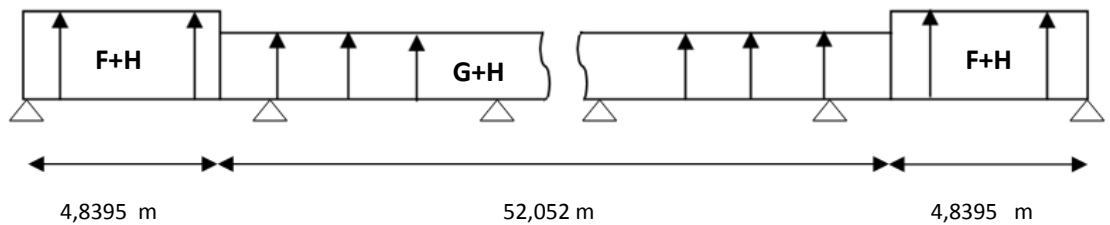


$$F = -1,254 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G = -0,901 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Correa 2

$$(0,8925 \text{ m}).(-1,342 \text{ kN/m}^2) + (0,635 \text{ m}).(-0,474 \text{ kN/m}^2) \quad (0,8925 \text{ m}).(-0,947 \text{ kN/m}^2) + (0,635 \text{ m}).(-0,474 \text{ kN/m}^2) \quad (0,8925 \text{ m}).(-1,342 \text{ kN/m}^2) + (0,635 \text{ m}).(-0,474 \text{ kN/m}^2)$$

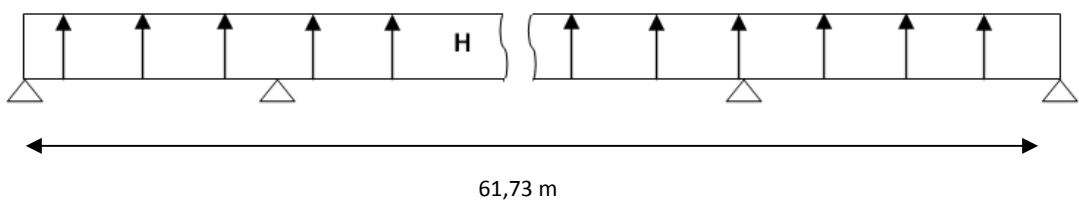


$$F + H = -1,499 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G + H = -1,146 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Correas 3; 4; 5; 6; 7

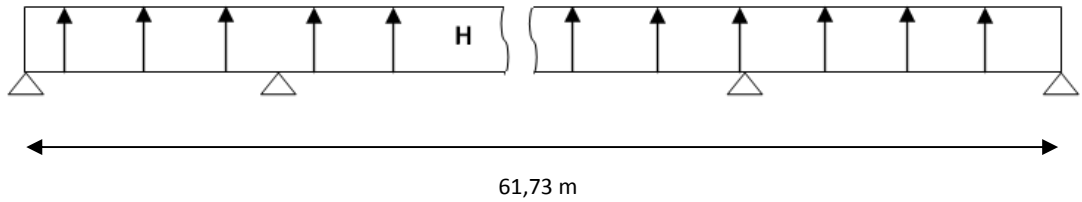
$$(1,785 \text{ m}).(-0,474 \text{ kN/m}^2)$$



$$H = -0,846 \frac{kN}{m}$$

Correa 8

$$(0,8925 \text{ m}).(-0,521 \text{ kN/m}^2)$$

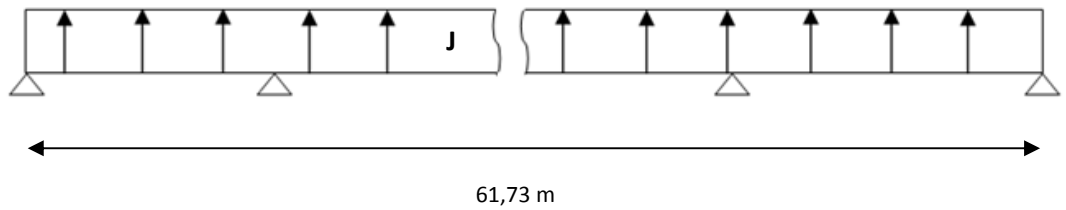


$$H = -0,465 \frac{kN}{m}$$

Correa 9

$$(0,8925 \text{ m}).(-0,474 \text{ kN/m}^2)$$

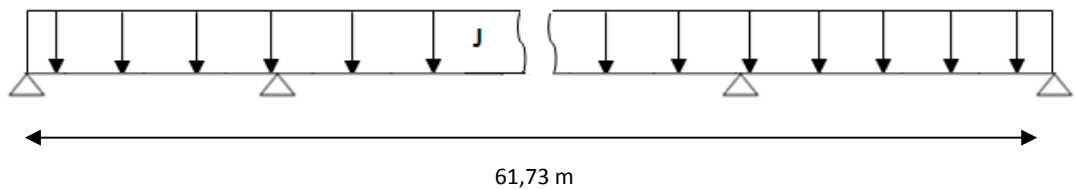
Succión



$$J_s = -0,423 \frac{kN}{m}$$

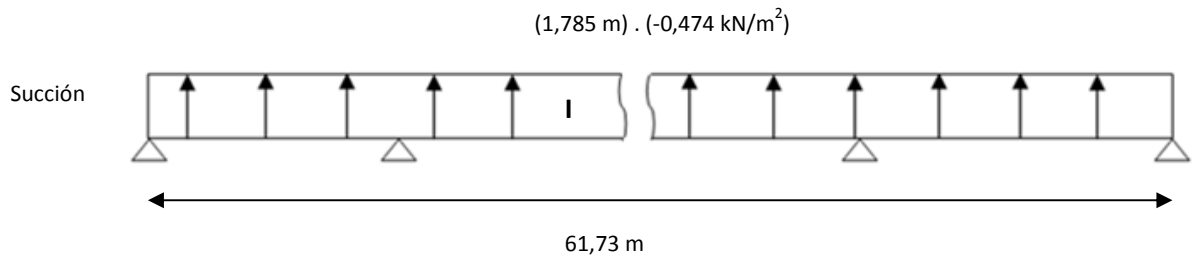
$$(0,8925 \text{ m}).(0,158 \text{ kN/m}^2)$$

Presión

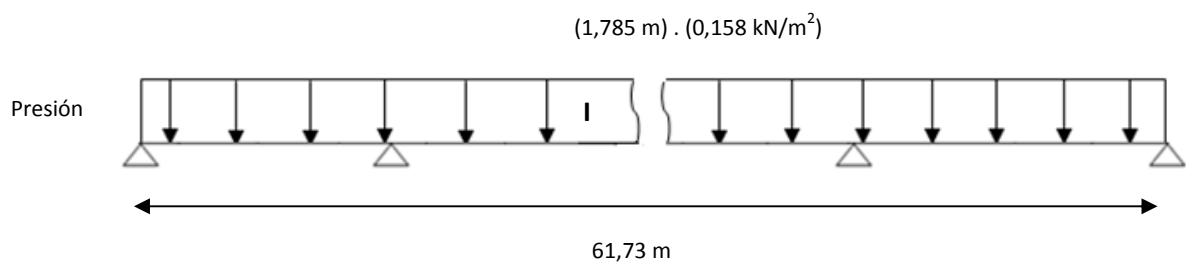


$$J_p = 0,141 \frac{kN}{m}$$

Correas 10; 11; 12; 13; 14; 15

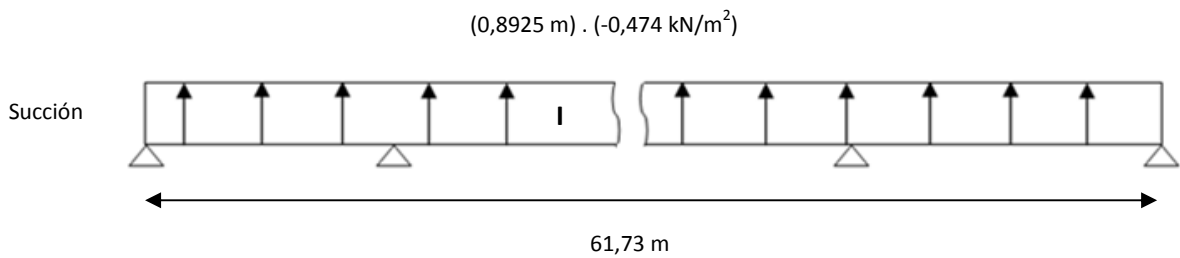


$$I_s = -0,846 \frac{kN}{m}$$

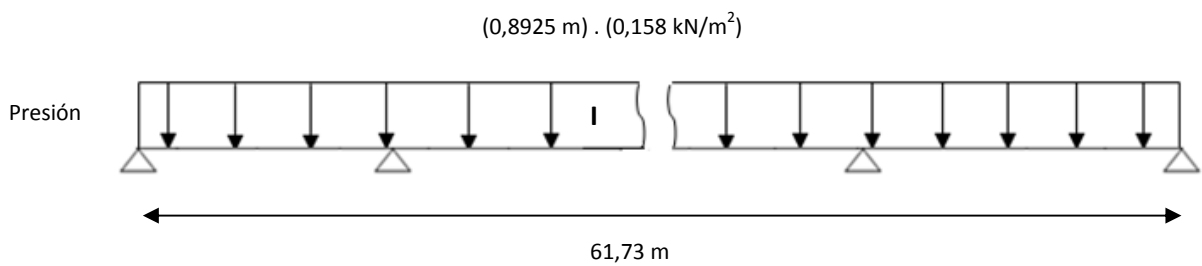


$$I_p = 0,282 \frac{kN}{m}$$

Correa 16



$$I_s = -0,423 \frac{kN}{m}$$



$$I_p = 0,141 \frac{kN}{m}$$

b) Dirección del viento  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

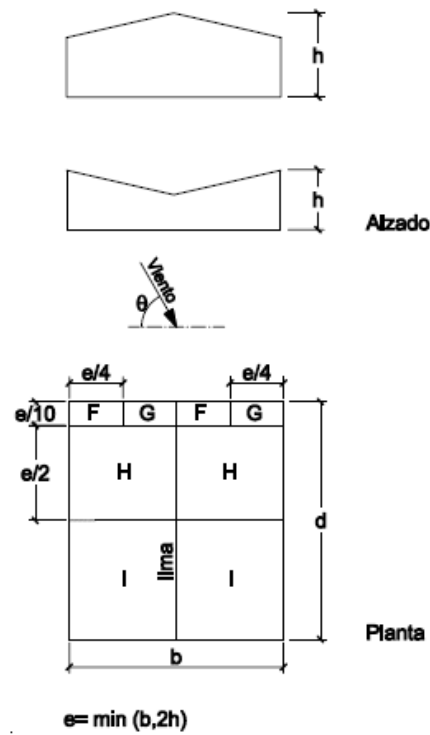


Figura 3.1.16 Cubierta a dos aguas Dirección del viento  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ .

$$\left. \begin{array}{l} e = \min(b, 2h) \\ b = 61,73 \text{ m} \\ 2h = 19,5 \text{ m} \end{array} \right\} \quad \boxed{e = 19,5 \text{ m}}$$



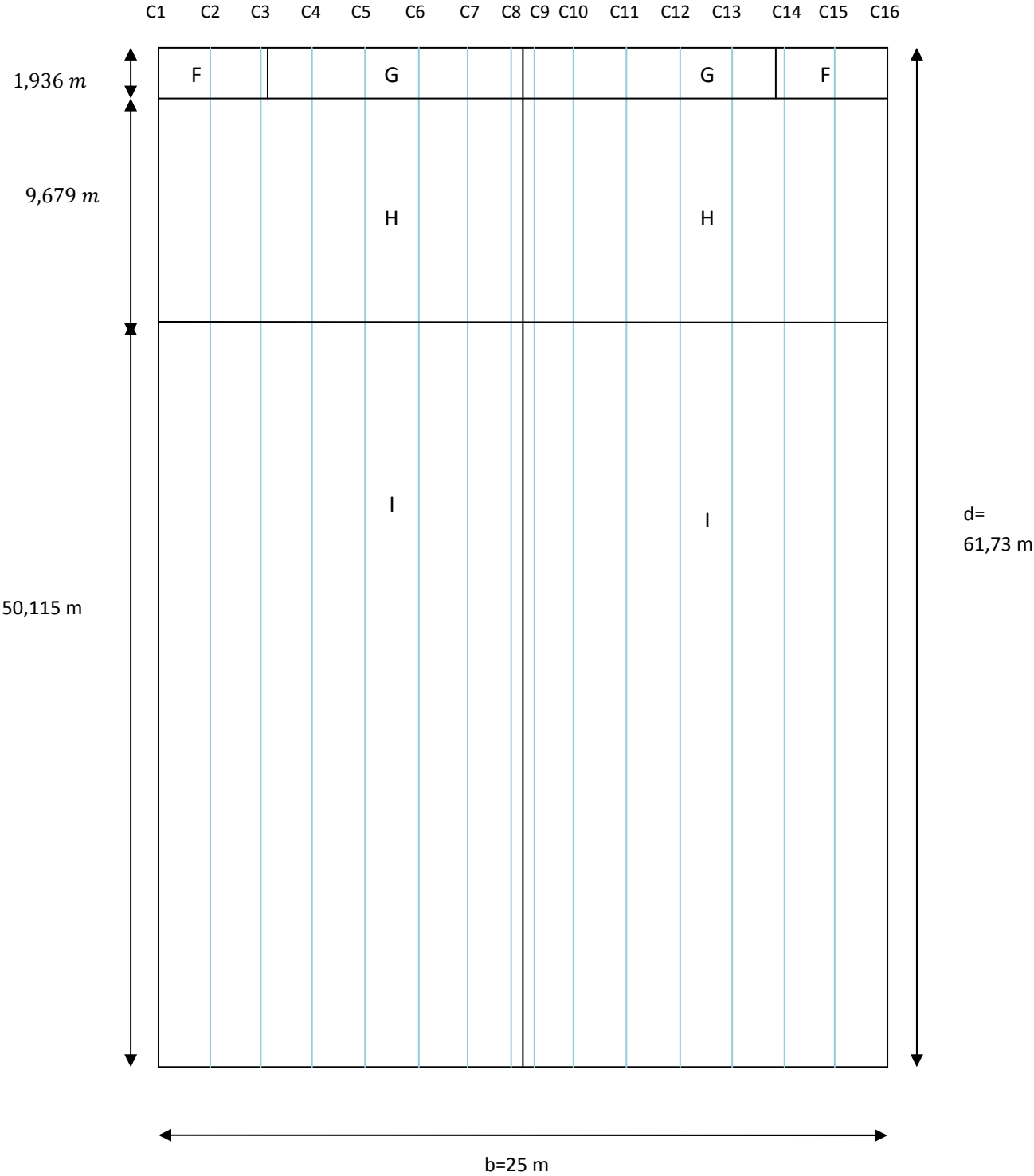


Figura 3.1.17 Localización y dimensiones de los coeficientes  $c_p$  cuando  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ .

Para calcular las cargas que soporta cada correa se irá a la figura siguiente, tabla D.4 “Cubierta a dos aguas”, sabiendo que la pendiente de la cubierta es de  $5,71^\circ \approx 5^\circ$ .

Los resultados se recogen en la tabla posterior:

Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	$\geq 10$	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	$\leq 1$	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	$\geq 10$	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	$\leq 1$	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	$\geq 10$	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	$\geq 10$	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	$\geq 10$	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	$\leq 1$	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	$\geq 10$	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	$\leq 1$	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	$\geq 10$	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	$\geq 10$	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	$\geq 10$	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	$\geq 10$	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Figura 3.1.18 Extracto de la tabla D.4 del DB-SE-A.

Correa	Area	F	G	H	I
Correa 1	9,107	-1,660	-	-0,750	-0,600
Correa 2	18,216	-1,600	-	-0,700	-0,600
Correa 3	18,216	-1,600	-1,300	-0,700	-0,600
Correa 4	18,216	-	-1,300	-0,700	-0,600
Correa 5	18,216	-	-1,300	-0,700	-0,600
Correa 6	18,216	-	-1,300	-0,700	-0,600
Correa 7	18,216	-	-1,300	-0,700	-0,600
Correa 8	9,107	-	-1,369	-0,750	-0,600
Correa 9	9,107	-	-1,369	-0,750	-0,600
Correa 10	18,216	-	-1,300	-0,700	-0,600
Correa 11	18,216	-	-1,300	-0,700	-0,600
Correa 12	18,216	-	-1,300	-0,700	-0,600
Correa 13	18,216	-	-1,300	-0,700	-0,600
Correa 14	18,216	-1,600	-1,300	-0,700	-0,600
Correa 15	18,216	-1,600	-	-0,700	-0,600
Correa 16	9,107	-1,660	-	-0,750	-0,600

Figura 3.1.19 Tabla con el área y los coeficientes para cada correa.

Los valores positivos indicarán que el viento ejerce una presión sobre la construcción, en el caso de que el valor sea negativo indicará que ejerce succión.

#### Correa 1

$$q_e^F = q_b \cdot C_e \cdot C_p^F = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,66) = -1,31 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^H = q_b \cdot C_e \cdot C_p^H = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,75) = -0,592 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^I = q_b \cdot C_e \cdot C_p^I = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6) = -0,474 \frac{kN}{m^2}$$

#### Correa 2

$$q_e^F = q_b \cdot C_e \cdot C_p^F = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,6) = -1,263 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^H = q_b \cdot C_e \cdot C_p^H = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,7) = -0,553 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^I = q_b \cdot C_e \cdot C_p^I = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6) = -0,474 \frac{kN}{m^2}$$

#### Correa 3

$$q_e^F = q_b \cdot C_e \cdot C_p^F = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,6) = -1,263 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^H = q_b \cdot C_e \cdot C_p^H = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,7) = -0,553 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^I = q_b \cdot C_e \cdot C_p^I = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6) = -0,474 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^G = q_b \cdot C_e \cdot C_p^G = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,3) = -1,026 \frac{kN}{m^2}$$

#### Correas 4; 5; 6; 7; 10; 11; 12; 13

$$q_e^G = q_b \cdot C_e \cdot C_p^G = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,3) = -1,026 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^H = q_b \cdot C_e \cdot C_p^H = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,7) = -0,553 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^I = q_b \cdot C_e \cdot C_p^I = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6) = -0,474 \frac{kN}{m^2}$$

Correas 8; 9

$$q_e^G = q_b \cdot C_e \cdot C_p^G = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,369) = -1,081 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^H = q_b \cdot C_e \cdot C_p^H = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,75) = -0,592 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^I = q_b \cdot C_e \cdot C_p^I = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6) = -0,474 \frac{kN}{m^2}$$

Correa 14

$$q_e^F = q_b \cdot C_e \cdot C_p^F = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,6) = -1,263 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^H = q_b \cdot C_e \cdot C_p^H = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,7) = -0,553 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^I = q_b \cdot C_e \cdot C_p^I = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6) = -0,474 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^G = q_b \cdot C_e \cdot C_p^G = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,3) = -1,026 \frac{kN}{m^2}$$

Correa 15

$$q_e^F = q_b \cdot C_e \cdot C_p^F = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,6) = -1,263 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^H = q_b \cdot C_e \cdot C_p^H = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,7) = -0,553 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^I = q_b \cdot C_e \cdot C_p^I = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6) = -0,474 \frac{kN}{m^2}$$

Correa 16

$$q_e^F = q_b \cdot C_e \cdot C_p^F = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-1,66) = -1,310 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^H = q_b \cdot C_e \cdot C_p^H = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,75) = -0,592 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^I = q_b \cdot C_e \cdot C_p^I = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6) = -0,474 \frac{kN}{m^2}$$

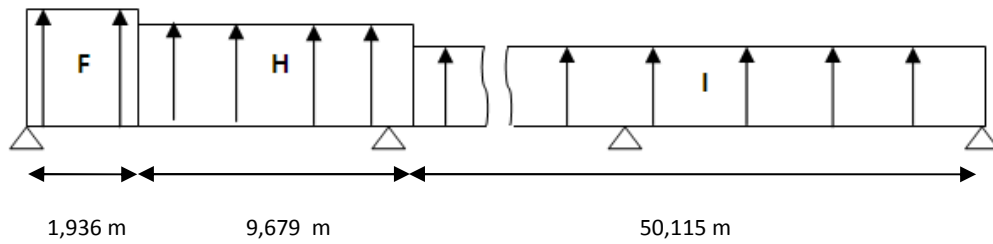
A continuación se dibujarán todas las correas con las cargas que soporta cada una de ellas cuando la dirección del viento es  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ . Sabiendo que los apoyos están representando una distancia de 10,205 metros.

Correa 1

$$(0,8925 \text{ m}).(-1,31 \text{ kN/m}^2)$$

$$(0,8925 \text{ m}).(-0,592 \text{ kN/m}^2)$$

$$(0,8925 \text{ m}).(-0,474 \text{ kN/m}^2)$$



$$F = -1,169 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$H = -0,528 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

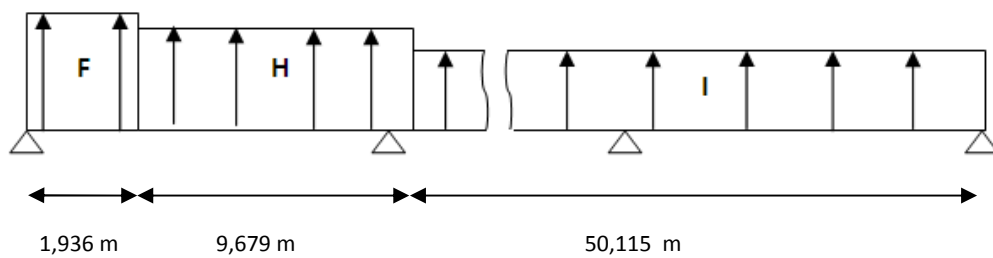
$$I = -0,423 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Correa 2

$$(1,785 \text{ m}).(-1,263 \text{ kN/m}^2)$$

$$(1,785 \text{ m}).(-0,553 \text{ kN/m}^2)$$

$$(1,785 \text{ m}).(-0,474 \text{ kN/m}^2)$$



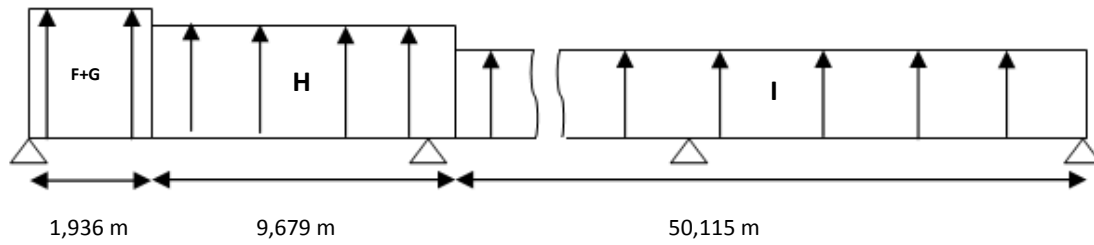
$$F = -2,254 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$H = -0,987 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$I = -0,846 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Correa 3

(1,2695 m).(-1,263 kN/m<sup>2</sup>) +  
(0,5155 m). (-1,026 kN/m<sup>2</sup>)      (1,785 m).(-0,553 kN/m<sup>2</sup>)      (1,785 m). (-0,474 kN/m<sup>2</sup>)



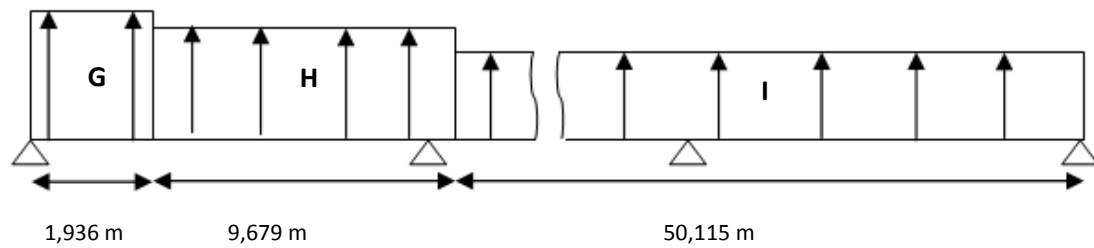
$$F + G = -2,132 \frac{kN}{m}$$

$$H = -0,987 \frac{kN}{m}$$

$$I = -0,846 \frac{kN}{m}$$

Correas 4; 5; 6; 7; 10; 11; 12; 13

(1,785 m).(-1,026 kN/m<sup>2</sup>)      (1,785 m). (-0,553 kN/m<sup>2</sup>)      (1,785 m). (-0,474 kN/m<sup>2</sup>)



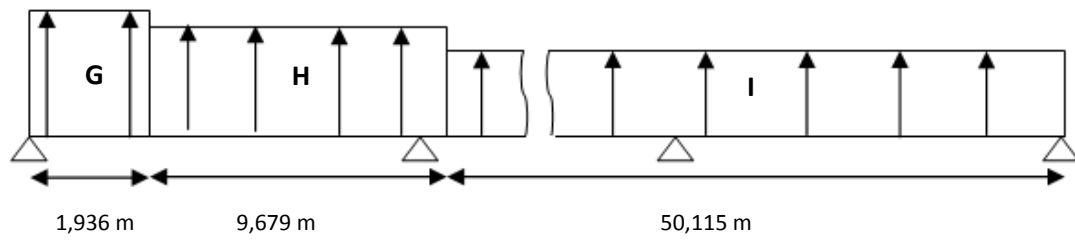
$$G = -1,831 \frac{kN}{m}$$

$$H = -0,987 \frac{kN}{m}$$

$$I = -0,846 \frac{kN}{m}$$

Correas 8; 9

$$(-1,081 \text{ kN/m}^2) \cdot (0,8925 \text{ m}) \quad (0,8925 \text{ m}) \cdot (-0,592 \text{ kN/m}^2) \quad (0,8925 \text{ m}) \cdot (-0,474 \text{ kN/m}^2)$$



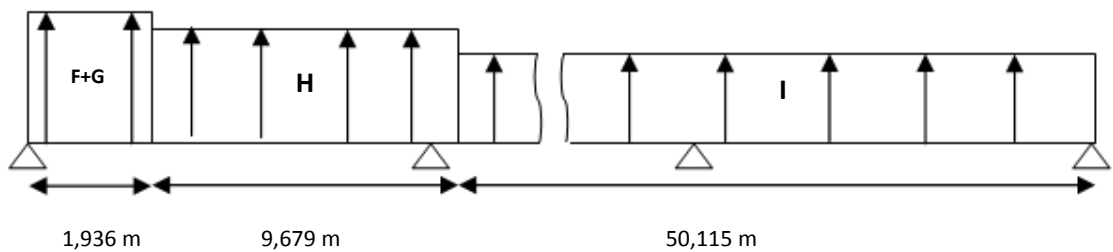
$$G = -0,965 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$H = -0,528 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$I = -0,423 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Correa 14

$$(0,5155 \text{ m}) \cdot (-1,026 \text{ kN/m}^2) + (1,2695 \text{ m}) \cdot (-1,263 \text{ kN/m}^2) \quad (1,785 \text{ m}) \cdot (-0,553 \text{ kN/m}^2) \quad (1,785 \text{ m}) \cdot (-0,474 \text{ kN/m}^2)$$



$$F + G = -2,1322 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$H = -0,987 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

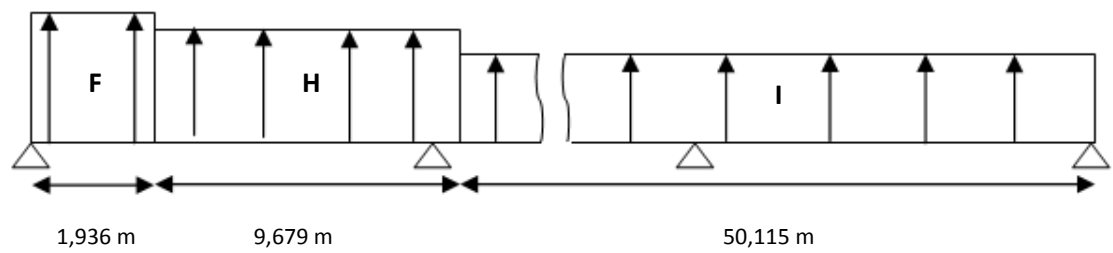
$$I = -0,846 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Correa 15

(1,785 m).(-1,263 kN/m<sup>2</sup>)

(1,785 m).(-0,553 kN/m<sup>2</sup>)

(1,785 m).(-0,474 kN/m<sup>2</sup>)



$$F = -2,254 \frac{kN}{m}$$

$$H = -0,987 \frac{kN}{m}$$

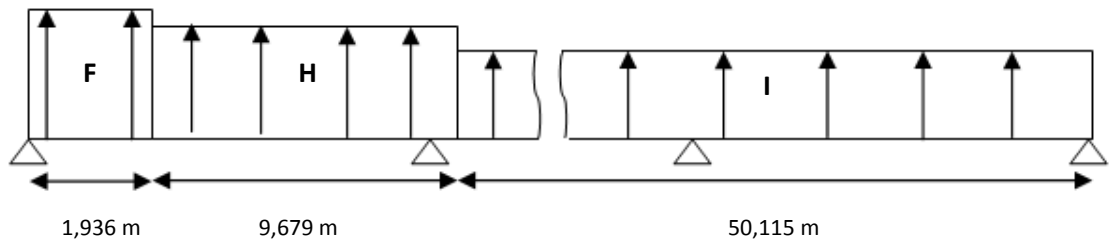
$$I = -0,846 \frac{kN}{m}$$

Correa 16

(0,8925 m).(-1,31 kN/m<sup>2</sup>)

(0,8925 m).(-0,592 kN/m<sup>2</sup>)

(0,8925 m).(-0,474 kN/m<sup>2</sup>)



$$F = -1,169 \frac{kN}{m}$$

$$H = -0,528 \frac{kN}{m}$$

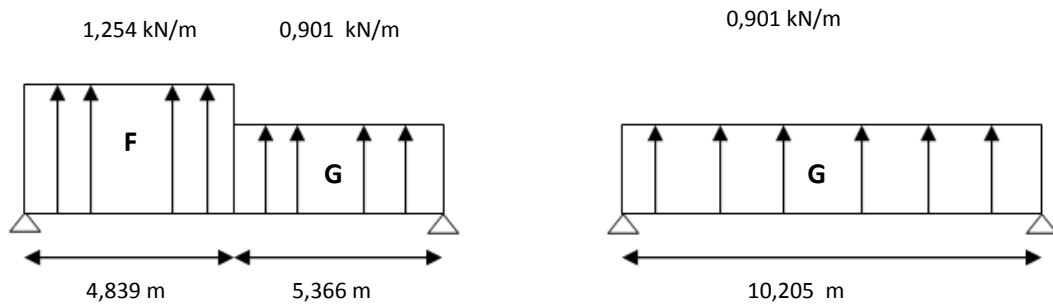
$$I = -0,423 \frac{kN}{m}$$



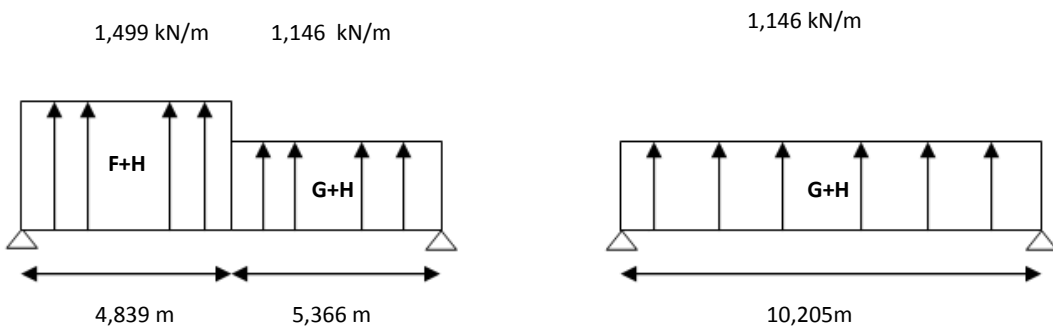
A continuación se representará cada correa dividida en tramos según el número de pórticos que se tienen para el viento a  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$  y para el viento a  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

a) Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

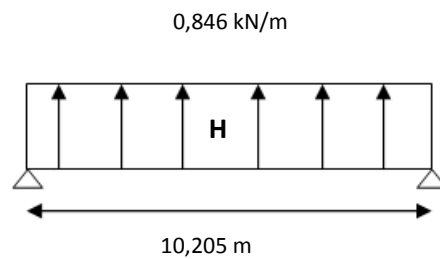
Correa 1



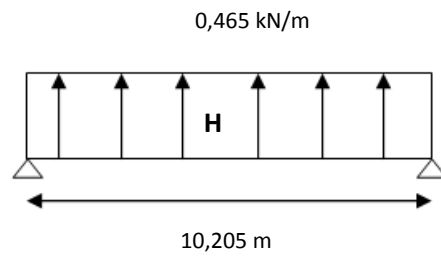
Correa 2



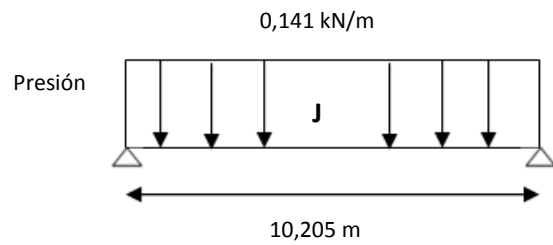
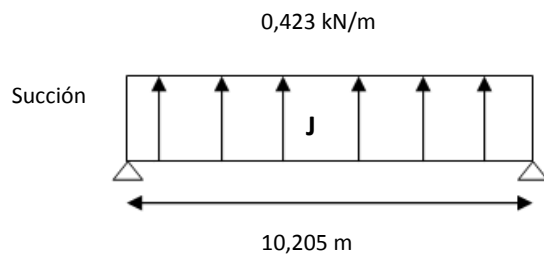
Correas 3; 4; 5; 6; 7



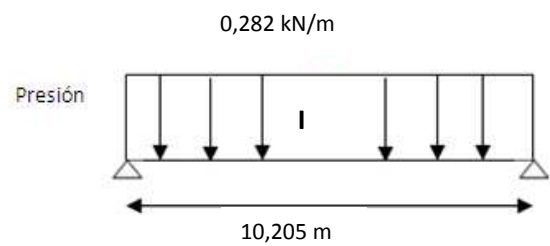
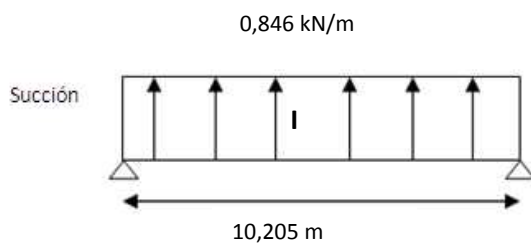
Correa 8



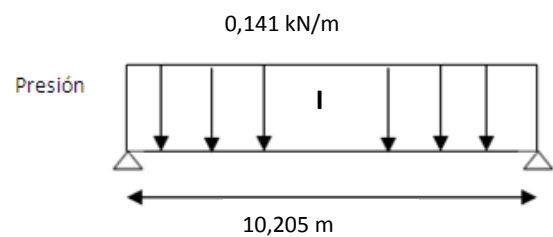
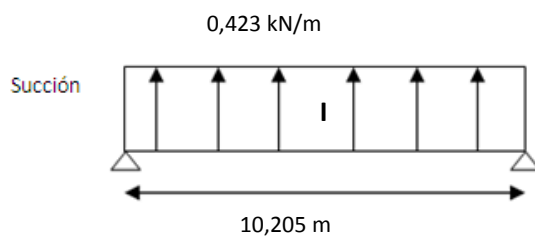
Correa 9



Correas 10; 11; 12; 13; 14; 15

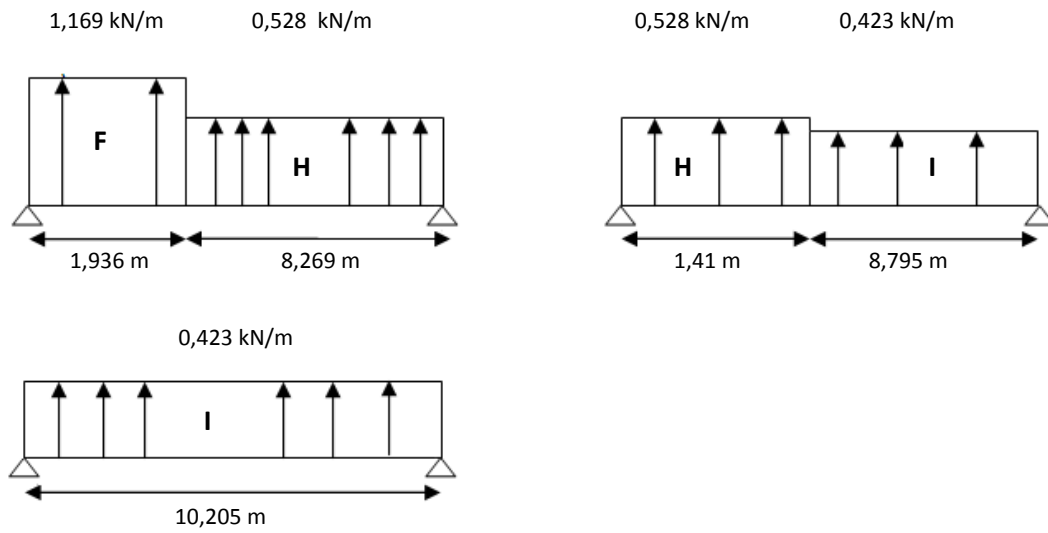


Correa 16

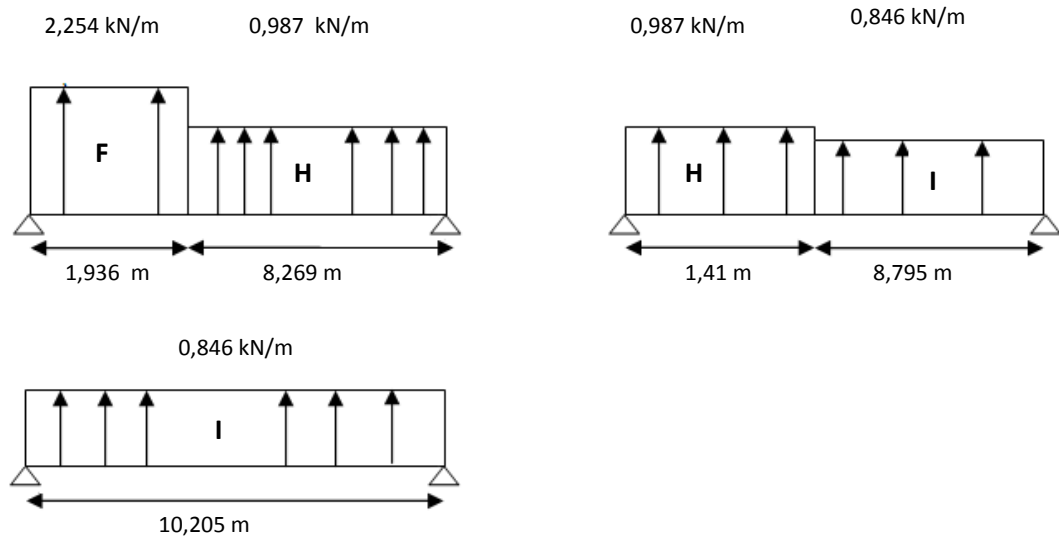


b) Dirección del viento  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

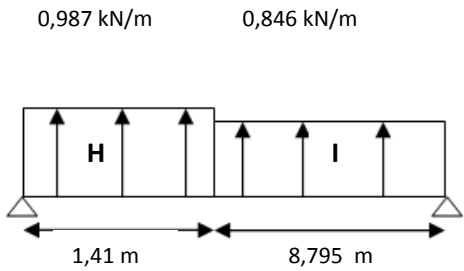
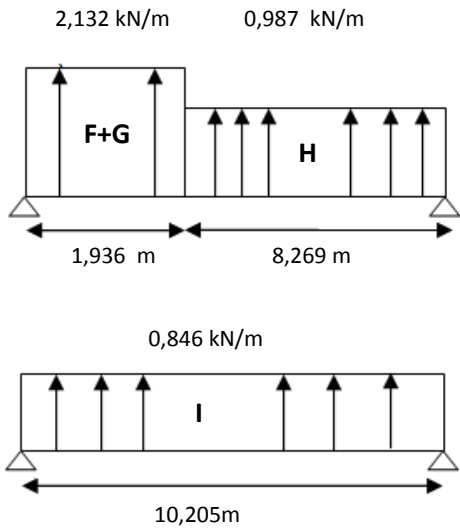
Correa 1



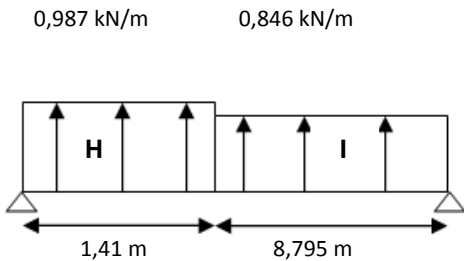
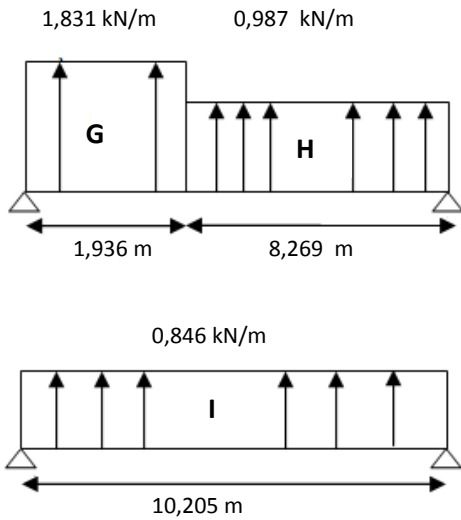
Correa 2



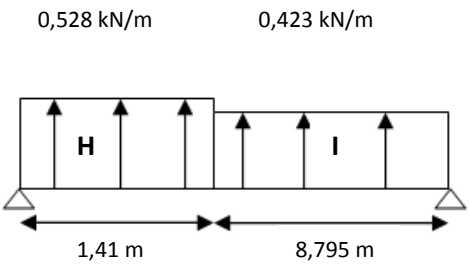
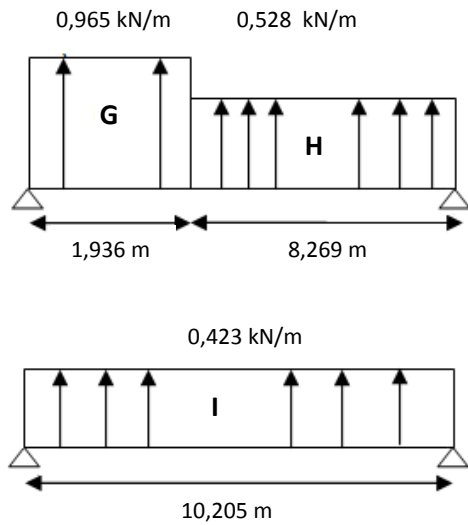
Correa 3



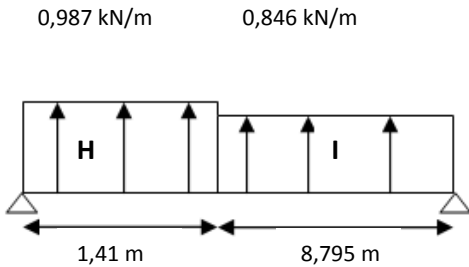
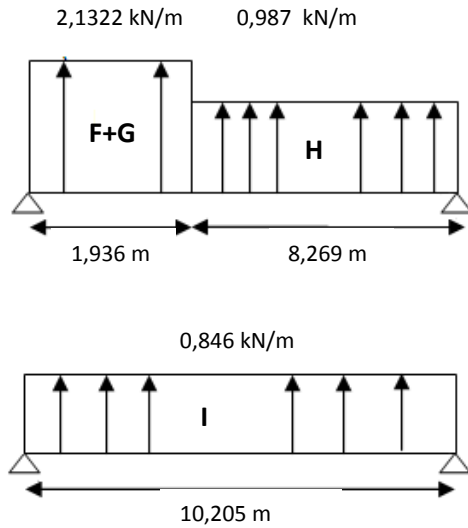
Correas 4; 5; 6; 7; 10; 11; 12; 13



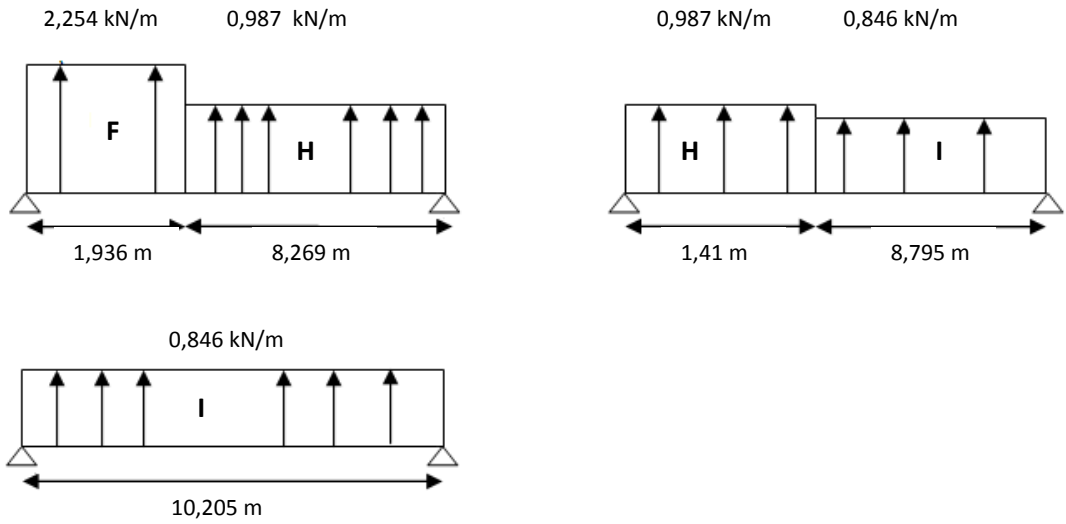
Correas 8; 9



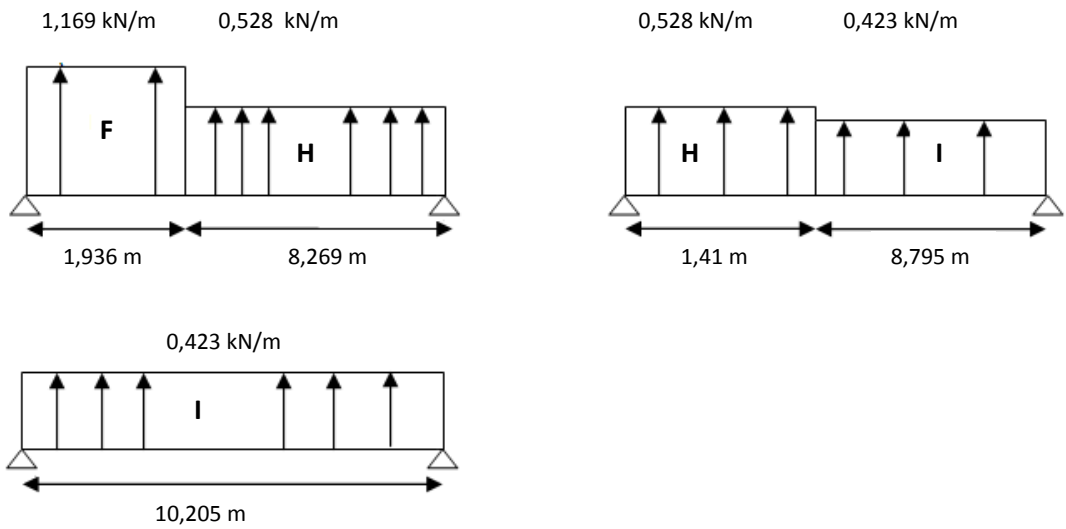
Correa 14



Correa 15



Correa 16



Entre todas las correas dibujadas anteriormente, se tendrá que seleccionar aquella correa que soporte mayor presión y mayor succión.

SUCCIÓN } Correa 2 y correa 15 (Viendo  $90^\circ$ )  $\rightarrow 2,25 \text{ kN/m}$

PRESIÓN } Correa 10, 11, 12, 13, 14, 15 (Viento a  $0^\circ$ )  $\rightarrow 0,282 \text{ kN/m}$

### 3.1.4 CÁLCULO DE ESFUERZOS

#### 3.1.4.1 ACCIONES PERMANENTES

Las acciones permanentes (G) son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante como el peso propio de los elementos constructivos o las acciones y empujes del terreno.

##### **Peso propio**

El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales como la carga debida a la cubierta y a las correas.

Para la cubierta se dispondrá de un panel de doble chapa lacada 0,5 mm/ 0,5 mm tipo Europerfil, con alma de poliuretano inyectado a alta presión de densidad 40 kg/m<sup>3</sup> y 40 mm de espesor.

$$\text{Cubierta panel sándwich} \dots\dots\dots 0,109 \frac{kN}{m^2}$$

$$d_{correas} = 1,785 \text{ m}$$

$$q_{chapa} = 0,109 \frac{kN}{m^2} \cdot d_{correas} = 0,1945 \frac{kN}{m}$$

Las correas son tubulares de hormigón armado TUB- 30.

$$\text{Correas de hormigón} \dots\dots\dots 0,9 \frac{kN}{m}$$

$$q = q_{chapa} + q_{correas} = 1,0945 \frac{kN}{m}$$

$$M = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{1,0945 \frac{kN}{m} \cdot (10,205 \text{ m})^2}{8}$$

$$\boxed{M = 14,24 \text{ kN.m}}$$



**3.1.4.2 ACCIONES VARIABLES**

Las acciones variables (Q) son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como por ejemplo las debidas al uso o las acciones climáticas.

**Sobrecarga de uso**

Carga uniforme (Carga de uso mantenimiento de cubierta)

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup>	2
		G2	Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0.4 <sup>(4)</sup>	1
				0	2

Figura 3.1.20 Tabla "Categoría de uso".

$$\left. \begin{aligned} q_u &= 0,4 \frac{kN}{m^2} \cdot d_{correas} \\ d_{correas} &= 1,785 \, m \end{aligned} \right\} q_u = 0,714 \frac{kN}{m}$$

$$M_u = \frac{q_u \cdot L^2}{8} = \frac{0,714 \frac{kN}{m} \cdot (10,205 \, m)^2}{8}$$

$$M_u = 9,295 \, kN \cdot m$$

Carga concentrada (Carga de uso puntual en cubierta).

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

Figura 3.1.21 Tabla "Categoría de uso".

Por ser una carga puntual, la fórmula utilizada para calcular  $M_c$  es distinta a la utilizada en el apartado anterior.

$$p_c = 1 \text{ kN}$$

$$M_c = \frac{p_c \cdot L}{4} = \frac{1 \text{ kN} \cdot 10,205 \text{ m}}{4}$$

$$M_c = 2,551 \text{ kN.m}$$

**Acción de la nieve**

A la hora de calcular la distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, dependerá del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los parámetros exteriores.

$$\left. \begin{aligned} q_n &= 0,5725 \frac{kN}{m^2} \\ d_{correas} &= 1,785 \text{ m} \\ q_{nieve} &= q_n \cdot d_{correas} \end{aligned} \right\} \quad q_{nieve} = 1,022 \frac{kN}{m}$$

$$M_n = \frac{q_{nieve} \cdot L^2}{8} = \frac{1,022 \frac{kN}{m} \cdot (10,205 \text{ m})^2}{8}$$

$$\boxed{M_n = 13,304 \text{ kN.m}}$$

### Acción del viento

La distribución y el valor de las presiones que ejercerá el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependerán de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y el racheo del viento.

La acción del viento, será en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto.

### Carga por succión

Correa 2

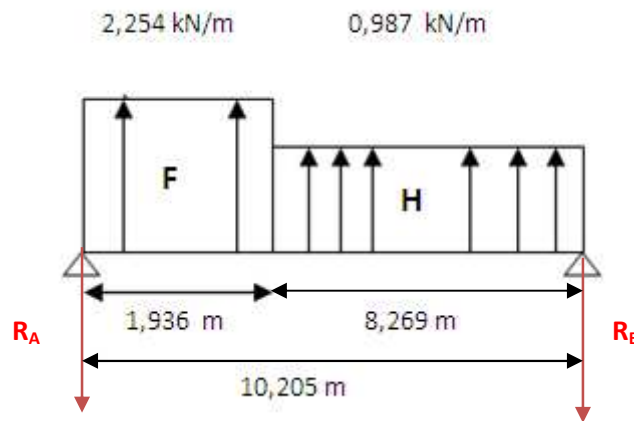


Figura 3.1.22 Dibujo de la correa 2 con las cargas correspondientes.

$$R_A \cdot 10,205 \text{ m} - 2,254 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1,936 \text{ m} \cdot \left(10,205 \text{ m} - \frac{1,936 \text{ m}}{2}\right) - 0,987 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 8,269 \text{ m} \cdot \frac{8,269 \text{ m}}{2} = 0$$

$$R_A = 7,256 \text{ kN}$$

$$R_A + R_B = 2,254 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1,936 \text{ m} + 0,987 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 8,269 \text{ m}$$

$$R_B = 5,269 \text{ kN}$$

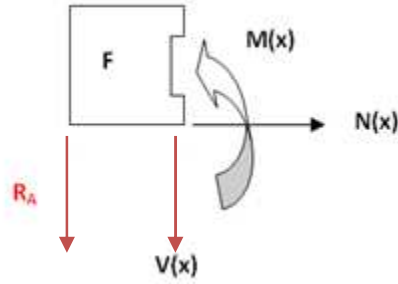


Figura 3.1.23 Dibujo de un corte de la zona F la correa 2.

$$N(x) = 0$$

$$V(x) = 7,256 - 2,254 \cdot x$$

$$M(x) = 7,256 \cdot x - 2,254 \cdot x \cdot \frac{x}{2}$$

Para $x=0$	$\begin{cases} V(0) = 7,256 \\ M(0) = 0 \end{cases}$	Para $x=1,936$	$\begin{cases} V(1,936) = 2,892 \\ M(1,936) = 9,824 \end{cases}$
------------	--	----------------	--

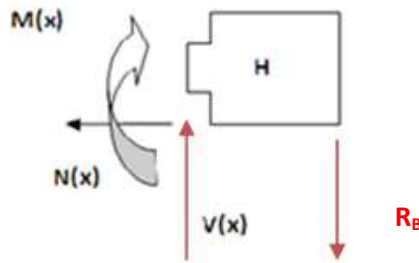


Figura 3.1.24 Dibujo de un corte de la zona H la correa 2.

$$N(x) = 0$$

$$V(x) = 5,269 - 0,987 \cdot x$$

$$M(x) = 5,269 \cdot x - 0,987 \cdot x \cdot \frac{x}{2}$$

Para $x=0$	$\begin{cases} V(0) = 5,269 \\ M(0) = 0 \end{cases}$	Para $x=8,269$	$\begin{cases} V(8,269) = -2,893 \\ M(8,269) = 9,826 \end{cases}$
------------	--	----------------	---

Punto máximo:  $V(x) = 5,269 - 0,987 \cdot x = 0$

$$x = 5,338$$

$$M(x) = 5,269 \cdot x - 0,987 \cdot x \cdot \frac{x}{2}$$

$$M(x) = 14,064 \text{ kN.m}$$

Carga por presión

$$d_{\text{correas}} = 1,785 \text{ m}$$

$$q_p = q \cdot d_{\text{correas}} = 0,282 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,785 \text{ m}$$

$$q_p = 0,503 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_p = \frac{q_p \cdot L^2}{8} = \frac{0,503 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (10,205 \text{ m})^2}{8}$$

$$M_p = 6,548 \text{ kN.m}$$

Se recogen los datos obtenidos anteriormente en una tabla:

ACCIÓN	M (KN.m)	Favorable	Desfavorable	$\Psi_0$
AP	14,24	0,8	1,35	0
SCU	9,295	0	1,5	0
N	13,304	0	1,5	0,5
Succión	14,064	0	1,5	0,6
Presión	6,548	0	1,5	0,6

Figura 3.1.25 Tabla donde se recogen los datos obtenidos.

**3.1.4.3 CÁLCULO DEL MOMENTO FLECTOR POSITIVO Y NEGATIVO**

Para poder calcular el momento flector positivo y negativo se deberá tener en cuenta el coeficiente de seguridad y aplicarlo al momento que se habrá calculado.

Entre los valores de momentos calculados para la sobrecarga de uso y la nieve se tendrá en cuenta el mayor valor, por tanto se descartará el valor de la sobrecarga de uso.

El cálculo del mayor momento flector positivo:

$$AP + N + P = (1,35 \cdot 14,24) + (1,5 \cdot 13,304) + (0,6 \cdot 1,5 \cdot 6,548) = 45,073 \text{ kN.m}$$

$$AP + P + N = (1,35 \cdot 14,24) + (1,5 \cdot 0,5 \cdot 13,304) + (1,5 \cdot 6,548) = 39,024 \text{ kN.m}$$

El cálculo del mayor momento flector negativo:

$$AP + S = (0,8 \cdot 14,24) + (1,5 \cdot (-14,064)) = -9,704 \text{ kN.m}$$

Las correas deberán ser capaces de soportar un momento flector último positivo de valor 45,073 kN.m y un momento flector último negativo de -9,704 kN.m.

### 3.2 CARGAS EN JÁCENA DEL PÓRTICO INTERMEDIO

#### 3.2.1 ACCIONES PERMANENTES

##### **Peso propio**

Cubierta panel sándwich =  $0,109 \text{ kN/m}^2$

Correas de hormigón TUB-30 =  $0,9 \text{ kN/m}$

Correas interiores:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Cubierta : } 0,109 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 10,205 \text{ m} = 1,112 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \\ \text{Correas : } \frac{0,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 10,205 \text{ m}}{1,785 \text{ m}} = 5,145 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{array} \right\} 6,257 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Carga de la acción permanente  $q_{\text{permanete}} = 6,257 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

#### 3.2.2 ACCIONES VARIABLES

##### **Acción de la nieve**

$$q_n = 0,5725 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$d_{\text{porticos}} = 10,205 \text{ m}$$

$$0,5725 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 10,205 \text{ m} = 5,842 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Carga de la acción de nieve  $q_{\text{nieve}} = 5,842 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$



**Acción del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$**

En este caso, además de tener en cuenta las dos hipótesis, se tendrá en cuenta la que se tiene una cubierta múltiple y por lo tanto afectará al cálculo de las cargas en cada uno de los faldones.

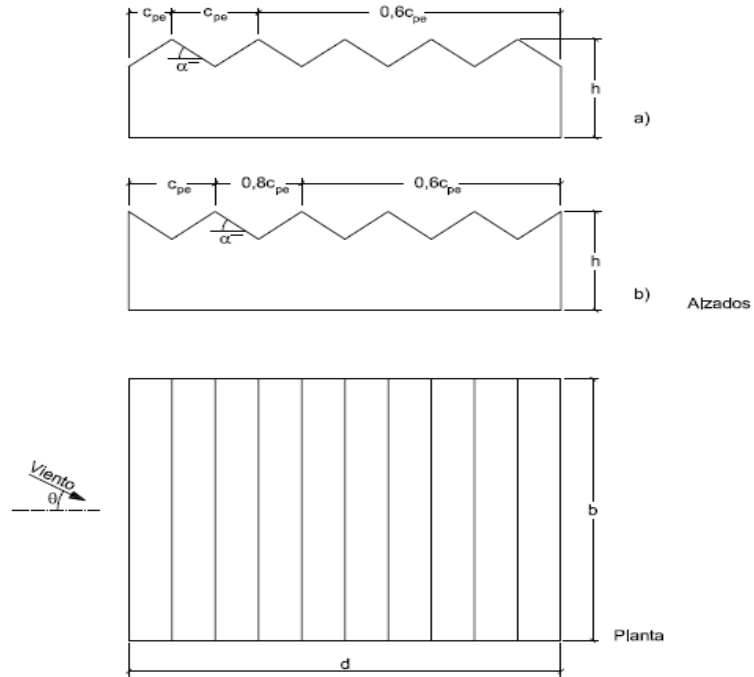


Figura 3.2.1 Acción del viento en cubierta múltiple.

PARA LA HIPÓTESIS A

Teniendo en cuenta el factor de la cubierta múltiple, se distinguirán cuatro zonas, de las cuales se tendrá que calcular su carga.

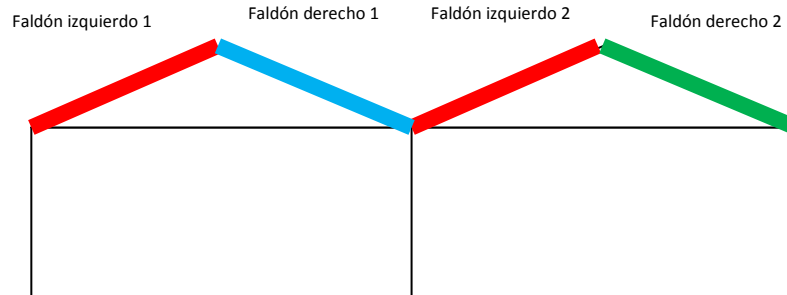


Figura 3.2.2 Esquema de la nave diferenciando los distintos faldones.

F	G	H	I	J
-1,7	-1,2	-0'6	0,2	0,2

Figura 3.2.3 Tabla con los coeficientes para cada zona.

- Faldón izquierdo 1 y 2

$$S_F = 1,935 \text{ m} \cdot 4,839 \text{ m} = 9,363 \text{ m}^2$$

$$S_G = 1,935 \text{ m} \cdot 52,052 \text{ m} = 100,72 \text{ m}^2$$

$$S_H = 10,565 \text{ m} \cdot 61,73 \text{ m} = 652,177 \text{ m}^2$$

$$C_p = \frac{C_{pF} \cdot S_F + C_{pG} \cdot S_G + C_{pH} \cdot S_H}{S_F + S_G + S_H}$$

$$C_p = -0,693$$

$$q_{\text{faldon izquierdo A}} = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,693)$$

$$q_{\text{faldon izquierdo A}} = -0,547 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{\text{faldon izquierdo A}} = -0,547 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 10,205 \text{ m} = -5,582 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{\text{faldon izquierdo A}} = -5,582 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- Faldón derecho 1

$$\text{Área} = 18,216 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$S_J = 1,935 \text{ m} \cdot 61,73 \text{ m} = 119,45 \text{ m}^2$$

$$S_I = 10,565 \text{ m} \cdot 61,73 \text{ m} = 652,177 \text{ m}^2$$

$$C_p = \frac{C_{pJ} \cdot S_J + C_{pI} \cdot S_I}{S_J + S_I}$$

$$C_p = 0,199$$

$$q_{faldon\ derecho\ 1A} = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot 0,199$$

$$q_{faldon\ derecho\ 1A} = 0,157 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{faldon\ derecho\ 1A} = 0,157 \frac{kN}{m^2} \cdot 10,205 \text{ m} = 1,602 \frac{kN}{m}$$

$$q_{faldon\ derecho\ 1A} = 1,602 \frac{kN}{m}$$

- Faldón derecho 2

$$\text{Área} = 18,216 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$S_J = 1,935 \text{ m} \cdot 61,73 \text{ m} = 119,45 \text{ m}^2$$

$$S_I = 10,565 \text{ m} \cdot 61,73 \text{ m} = 652,177 \text{ m}^2$$

$$C_p = \frac{C_{pJ} \cdot S_J + C_{pI} \cdot S_I}{S_J + S_I}$$

$$C_p = 0,199$$

$$q_{faldon\ derecho\ 2A} = q_b \cdot C_e \cdot 0,6 \cdot C_p = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (0,6 \cdot 0,199)$$

$$q_{faldon\ derecho\ 2A} = 0,0942 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{faldon\ derecho\ 2A} = 0,0942 \frac{kN}{m^2} \cdot 10,205 \text{ m} = 0,961 \frac{kN}{m}$$

$$q_{faldon\ derecho\ 2A} = 0,961 \frac{kN}{m}$$

PARA LA HIPÓTESIS B

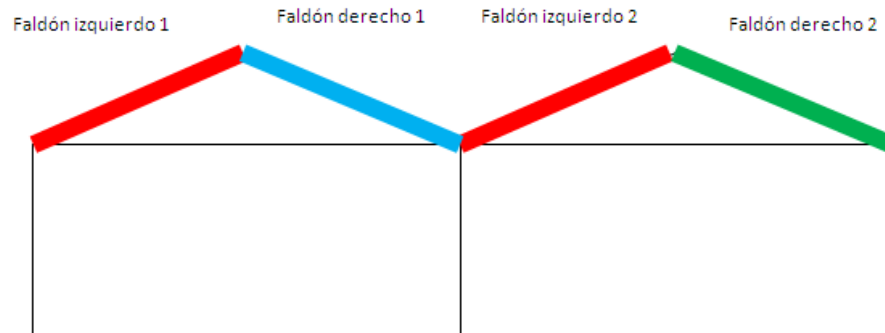


Figura 3.2.4 Esquema de la nave indicando los distintos faldones.

$$\text{Área} = 18,216 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

F	G	H	I	J
0	0	0	-0,6	-0,6

Figura 3.2.5 Tabla con los coeficientes para cada zona.

- Faldón izquierdo 1 y 2

$$q_{\text{faldon izquierdo}} = 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- Faldón derecho 1

$$S_J = 119,45 \text{ m}^2$$

$$S_I = 652,177 \text{ m}^2$$

$$C_p = \frac{C_{pJ} \cdot S_J + C_{pI} \cdot S_I}{S_J + S_I}$$

$$C_p = -0,6$$

$$q_{\text{faldon derecho 1B}} = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6)$$

$$q_{\text{faldon derecho 1B}} = -0,4736 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{faldon\ derecho\ 1B} = -0,4736 \frac{kN}{m^2} \cdot 10,205\ m = -4,833 \frac{kN}{m}$$

$$q_{faldon\ derecho\ 1B} = -4,833 \frac{kN}{m}$$

- Faldón derecho 2

$$S_J = 119,45\ m^2$$

$$S_I = 652,177\ m^2$$

$$C_p = \frac{C_{pJ} \cdot S_J + C_{pI} \cdot S_I}{S_J + S_I}$$

$$C_p = -0,6$$

$$q_{faldon\ derecho\ 2B} = q_b \cdot C_e \cdot 0,6 \cdot C_p = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (0,6 \cdot (-0,6))$$

$$q_{faldon\ derecho\ 2B} = -0,284 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{faldon\ derecho\ 2B} = -0,284 \frac{kN}{m^2} \cdot 10,205\ m = -2,899 \frac{kN}{m}$$

$$q_{faldon\ derecho\ 2B} = -2,899 \frac{kN}{m}$$

**Acción del viento  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$** 

<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>
-1,6	-1,3	-0,7	-0,6

Figura 3.2.6 Tabla con los coeficientes para cada zona.

$$S_F = 1,936 \text{ m} \cdot 4,839 \text{ m} = 5,041 \text{ m}^2$$

$$S_G = 1,936 \text{ m} \cdot 7,6605 \text{ m} = 14,831 \text{ m}^2$$

$$S_H = 9,679 \text{ m} \cdot 12,5 \text{ m} = 120,988 \text{ m}^2$$

$$S_I = 50,115 \text{ m} \cdot 12,5 \text{ m} = 626,437 \text{ m}^2$$

$$C_p = \frac{C_{pF} \cdot S_F + C_{pG} \cdot S_G + C_{pH} \cdot S_H + C_{pI} \cdot S_I}{S_F + S_G + S_H + S_I}$$

$$C_p = -0,641$$

$$q_{viento90} = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,641)$$

$$q_{viento90} = -0,506 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{viento90} = -0,506 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 10,205 \text{ m} = -5,164 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{viento90} = -0,506 - 5,164 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### 3.3 CARGAS EN PILARES DEL PÓRTICO INTERMEDIO

#### 3.3.1 PARAMENTOS VERTICALES

Viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$  sobre pilares

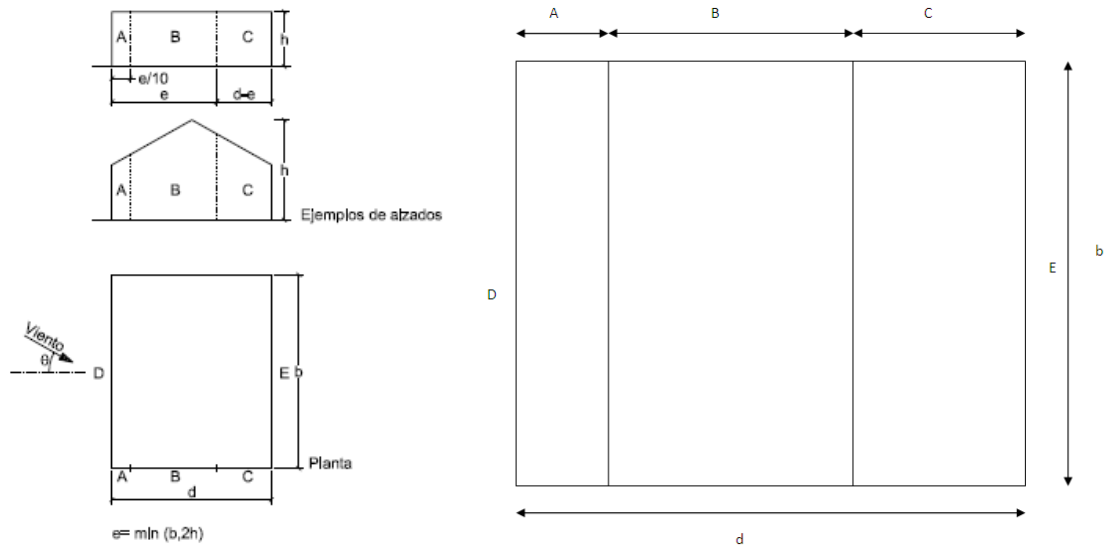


Figura 3.3.1 Paramentos verticales.

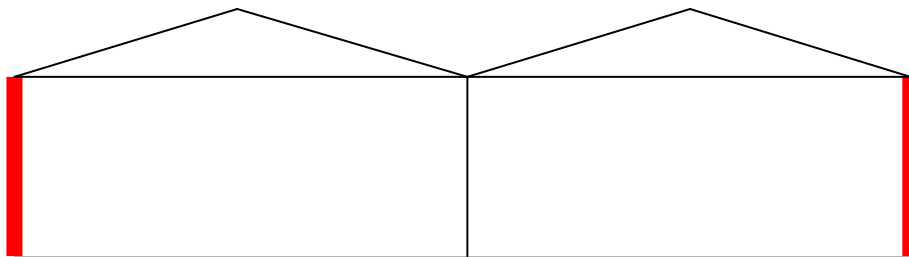


Figura 3.3.2 Dibujo de la nave.

$$\left. \begin{aligned} e &= \min (b, 2h) \\ b &= 61,73 \text{ m} \\ h &= 9,75 \text{ m} \\ 2h &= 19,5 \text{ m} \end{aligned} \right\} e = 19,5 \text{ m}$$

$$d = 50 \text{ m}$$

$$E = b = 61,73 \text{ m}$$

$$A = \frac{e}{10} = \frac{19,5}{10} = 1,95 \text{ m}$$

$$B = e - \frac{e}{10} = 19,5 \text{ m} - 1,95 \text{ m} = 17,55 \text{ m}$$

$$C = d - e = 50 \text{ m} - 17,55 \text{ m} - 1,95 \text{ m} = 30,5 \text{ m}$$

La superficie de la fachada  $\geq 10$ .

Los datos de las  $C_p$  (obtenidos de las tablas) para las distintas zonas son:

ZONA	A	B	C	D	E
$C_p$	-1,2	-0,8	-0,5	0,718	-0,336

Figura 3.3.3 Tabla con los coeficientes para cada zona.

$$\frac{h}{d} = \frac{9,75 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 0,195$$

$$q_{pilaresD} = q_b \cdot C_e \cdot C_D = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot 0,718 = 0,567 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{pilaresD} \cdot d_{porticos} = 0,567 \frac{kN}{m^2} \cdot 10,205 \text{ m} = 5,78 \frac{kN}{m}$$

$$q_{pilaresE} = q_b \cdot C_e \cdot C_D = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,336) = -0,265 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{pilaresE} \cdot d_{porticos} = -0,265 \frac{kN}{m^2} \cdot 10,205 \text{ m} = -2,704 \frac{kN}{m}$$

Carga del viento a  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$  para elementos verticales es :

Para zona D:  $q_{pilaresD} = 5,78 \frac{kN}{m}$

Para zona E:  $q_{pilaresE} = -2,704 \frac{kN}{m}$



Viento  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$  sobre pilares

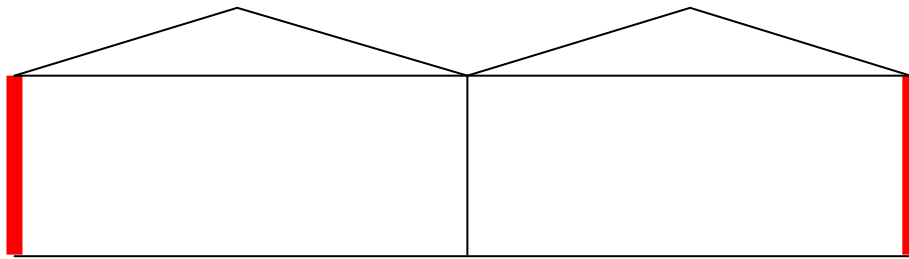


Figura 3.3.4 Dibujo de la nave.

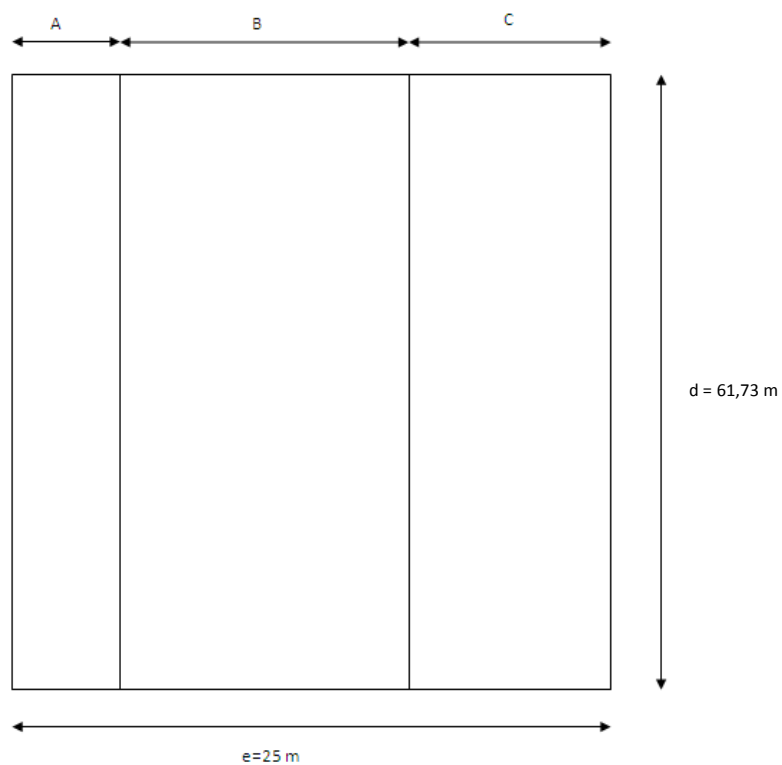


Figura 3.3.5 Esquema de la nave.

Los datos de las  $C_p$  (conseguidos de las tablas) para las distintas zonas son:

ZONA	A	B	C	D	E
$C_p$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

Figura 3.5.6 Tabla con los coeficientes para cada zona.

$$\left. \begin{aligned} C_p &= \frac{C_p^A \cdot S_A + C_p^B \cdot B + C_p^C \cdot S_C}{S_A + S_B + S_C} \\ S_A &= 120,374 \text{ m}^2 \\ S_B &= 1083,362 \text{ m}^2 \\ S_C &= 1882,765 \text{ m}^2 \end{aligned} \right\} C_p = -0,63$$

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,63) = -0,497 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_e \cdot d_{\text{porticos}} = -0,497 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 10,205 \text{ m} = -5,072 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{\text{elementos verticales}} = -5,072 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### 3.4 CARGAS EN JÁCENA DEL PÓRTICO HASTIAL

#### 3.4.1 ACCIONES PERMANENTES

##### **Peso propio**

Cubierta panel sándwich =  $0,109 \text{ kN/m}^2$

Correas de hormigón TUB-30 =  $0,9 \text{ kN/m}$

Correas interiores:

$$\left. \begin{aligned} \text{Cubierta} : 0,109 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \frac{10,205 \text{ m}}{2} &= 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \\ \text{Correas} : \frac{0,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{10,205 \text{ m}}{2}}{1,785 \text{ m}} &= 2,573 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned} \right\} 3,129 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Carga de la acción permanente  $q_{\text{permanente}} = 3,129 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

#### 3.4.2 ACCIONES VARIABLES

##### **Acción de la nieve**

$$q_n = 0,5725 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$d_{\text{porticos}} = 10,205 \text{ m}$$

$$0,5725 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot \frac{10,205 \text{ m}}{2} = 2,921 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Carga de la acción de nieve  $q_{\text{nieve}} = 2,921 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

**Acción del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$** 

En este caso, además de las dos hipótesis (A y B), se deberá tener en cuenta que se tiene una cubierta múltiple y por lo tanto eso afectará al cálculo de las cargas en cada uno de los faldones.

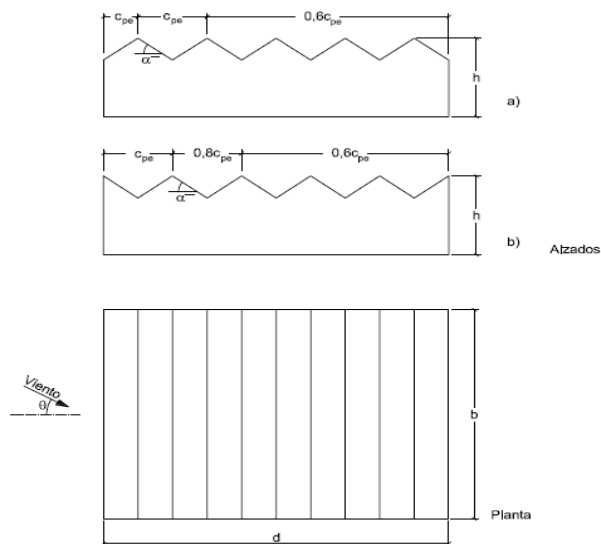


Figura 3.4.1 Acción del viento en cubierta múltiple.

**PARA LA HIPÓTESIS A**

Teniendo en cuenta el factor de la cubierta múltiple, se distinguirán cuatro zonas, de las cuales se tendrá que calcular su carga.

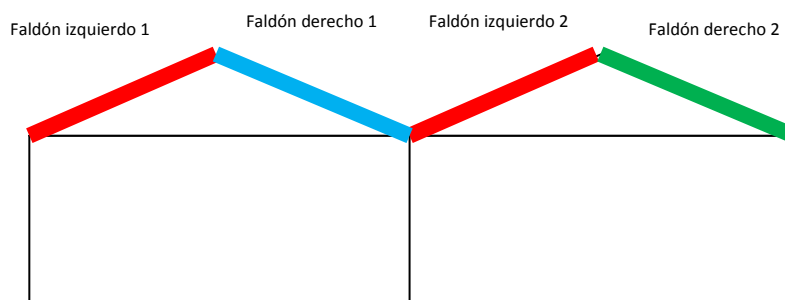


Figura 3.4.2 Dibujo de la nave.

F	G	H	I	J
-1,7	-1,2	-0,6	0,2	0,2

Figura 3.4.3 Tabla con los coeficientes para cada zona.

- **Faldón izquierdo 1 y 2**

$$S_F = 1,935 \text{ m} \cdot 4,839 \text{ m} = 9,363 \text{ m}^2$$

$$S_G = 1,935 \text{ m} \cdot 52,052 \text{ m} = 100,72 \text{ m}^2$$

$$S_H = 10,565 \text{ m} \cdot 61,73 \text{ m} = 652,177 \text{ m}^2$$

$$C_p = \frac{C_{pF} \cdot S_F + C_{pG} \cdot S_G + C_{pH} \cdot S_H}{S_F + S_G + S_H}$$

$$C_p = -0,693$$

$$q_{faldon \text{ izquierdo } A} = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,693)$$

$$q_{faldon \text{ izquierdo } A} = -0,547 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{faldon \text{ izquierdo } A} = -0,547 \frac{kN}{m^2} \cdot \frac{10,205 \text{ m}}{2} = -2,791 \frac{kN}{m}$$

$$q_{faldon \text{ izquierdo } A} = -2,791 \frac{kN}{m}$$

- **Faldón derecho 1**

$$\text{Área} = 18,216 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$S_J = 1,935 \text{ m} \cdot 61,73 \text{ m} = 119,45 \text{ m}^2$$

$$S_I = 10,565 \text{ m} \cdot 61,73 \text{ m} = 652,177 \text{ m}^2$$

$$C_p = \frac{C_{pJ} \cdot S_J + C_{pI} \cdot S_I}{S_J + S_I}$$

$$C_p = 0,199$$

$$q_{faldon \text{ derecho } 1A} = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot 0,199$$

$$q_{faldon \text{ derecho } 1A} = 0,157 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{faldon \text{ derecho } 1A} = 0,157 \frac{kN}{m^2} \cdot \frac{10,205 \text{ m}}{2} = 0,8 \frac{kN}{m}$$

$$q_{faldon \text{ derecho } 1A} = 0,8 \frac{kN}{m}$$

- Faldón derecho 2

$$\text{Área} = 18,216 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$S_J = 1,935 \text{ m} \cdot 61,73 \text{ m} = 119,45 \text{ m}^2$$

$$S_I = 10,565 \text{ m} \cdot 61,73 \text{ m} = 652,177 \text{ m}^2$$

$$C_p = \frac{C_{pJ} \cdot S_J + C_{pI} \cdot S_I}{S_J + S_I}$$

$$C_p = 0,199$$

$$q_{faldon\ derecho\ 2A} = q_b \cdot C_e \cdot 0,6 \cdot C_p = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (0,6 \cdot 0,199)$$

$$q_{faldon\ derecho\ 2A} = 0,0942 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{faldon\ derecho\ 2A} = 0,0942 \frac{kN}{m^2} \cdot \frac{10,205 \text{ m}}{2} = 0,481 \frac{kN}{m}$$

$$q_{faldon\ derecho\ 2A} = 0,481 \frac{kN}{m}$$

PARA LA HIPÓTESIS B

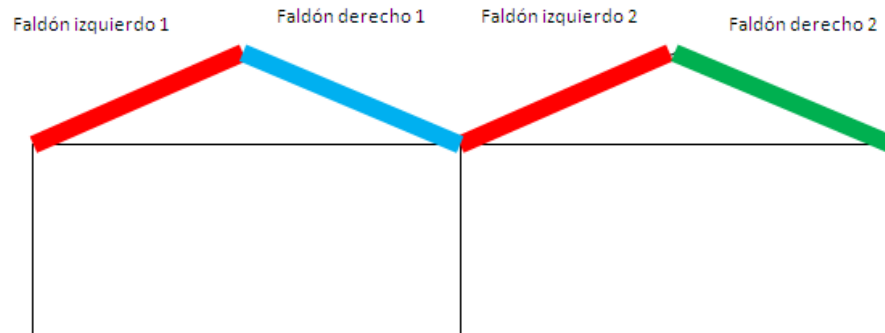


Figura 3.4.4 Dibujo de la nave.

$$\text{Área} = 18,216 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

F	G	H	I	J
0	0	0	-0,6	-0,6

Figura 3.4.5 Tabla con los coeficientes para cada zona.

- Faldón izquierdo 1 y 2

$$q_{\text{faldon izquierdo}} = 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- Faldón derecho 1

$$S_J = 119,45 \text{ m}^2$$

$$S_I = 652,177 \text{ m}^2$$

$$C_p = \frac{C_{pJ} \cdot S_J + C_{pI} \cdot S_I}{S_J + S_I}$$

$$C_p = -0,6$$

$$q_{\text{faldon derecho 1B}} = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,6)$$

$$q_{\text{faldon derecho 1B}} = -0,4736 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{\text{faldon derecho 1B}} = -0,4736 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \frac{10,205 \text{ m}}{2} = -2,416 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{faldon\ derecho\ 1B} = -2,416 \frac{kN}{m}$$

- Faldón derecho 2

$$S_J = 119,45 \text{ m}^2$$

$$S_I = 652,177 \text{ m}^2$$

$$C_p = \frac{C_{pJ} \cdot S_J + C_{pI} \cdot S_I}{S_J + S_I}$$

$$C_p = -0,6$$

$$q_{faldon\ derecho\ B} = q_b \cdot C_e \cdot 0,6 \cdot C_p = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (0,6 \cdot (-0,6))$$

$$q_{faldon\ derecho\ B} = -0,284 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{faldon\ derecho\ B} = -0,284 \frac{kN}{m^2} \cdot \frac{10,205 \text{ m}}{2} = -1,45 \frac{kN}{m}$$

$$q_{faldon\ derecho\ B} = -1,45 \frac{kN}{m}$$



**Acción del viento  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$** 

<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>
-1,6	-1,3	-0,7	-0,6

Figura 3.4.6 Tabla con los coeficientes para cada zona.

$$S_F = 5,041 \text{ m}^2$$

$$S_G = 14,831 \text{ m}^2$$

$$S_H = 120,988 \text{ m}^2$$

$$S_I = 626,437 \text{ m}^2$$

$$C_p = \frac{C_{pF} \cdot S_F + C_{pG} \cdot S_G + C_{pH} \cdot S_H + C_{pI} \cdot S_I}{S_F + S_G + S_H + S_I}$$

$$C_p = -0,641$$

$$q_{viento90} = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,641)$$

$$q_{viento90} = -0,506 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{viento90} = -0,506 \frac{kN}{m^2} \cdot \frac{10,205 \text{ m}}{2} = -2,582 \frac{kN}{m}$$

$$q_{viento90} = -2,582 \frac{kN}{m}$$

### 3.5 CARGAS EN PILARES DEL PÓRTICO HASTIAL

#### 3.5.1 PARÁMENTOS VERTICALES

Viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$  sobre pilares

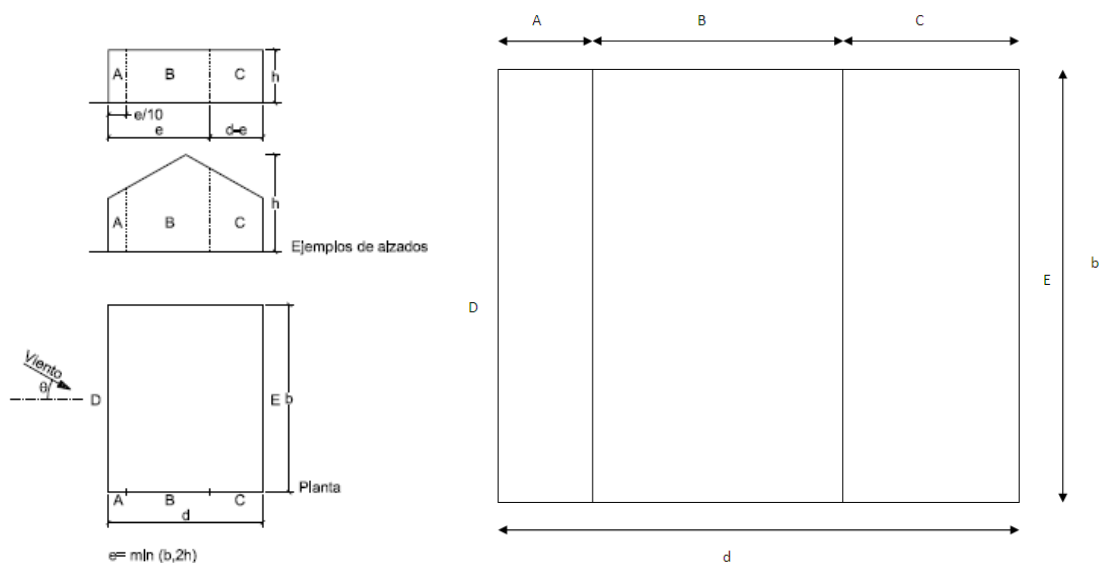


Figura 3.5.1 Paramentos verticales.

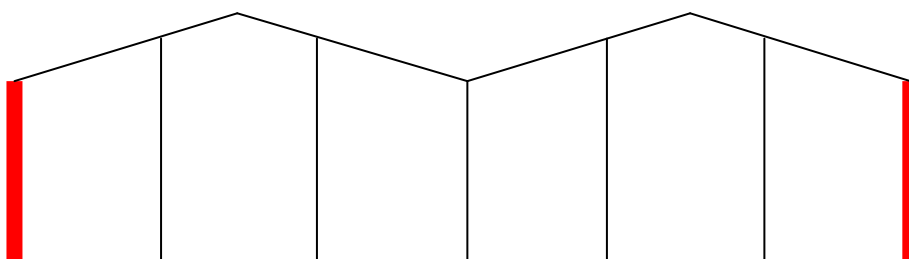


Figura 3.5.2 Dibujo de la nave.

El viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$  solamente incide sobre los pilares coloreados en rojo.

$$\left. \begin{aligned} e &= \min(b, 2h) \\ b &= 61,73 \text{ m} \\ 2h &= 19,5 \text{ m} \end{aligned} \right\} e = 19,5 \text{ m}$$

$$d = 50 \text{ m}$$

$$E = b = 61,73 \text{ m}$$

$$A = \frac{e}{10} = \frac{19,5}{10} = 1,95 \text{ m}$$

$$B = e - \frac{e}{10} = 19,5 \text{ m} - 1,95 \text{ m} = 17,55 \text{ m}$$

$$C = d - e = 50 \text{ m} - 17,55 \text{ m} - 1,95 \text{ m} = 30,5 \text{ m}$$

La superficie de la fachada  $\geq 10$

Los datos de las  $C_p$  (adquiridos de las tablas) para las distintas zonas son:

ZONA	A	B	C	D	E
$C_p$	-1,2	-0,8	-0,5	0,718	-0,336

Figura 3.5.3 Tabla con los coeficientes para cada zona.

$$\frac{h}{d} = \frac{9,75 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 0,195$$

$$q_{pilaresD} = q_b \cdot C_e \cdot C_D = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot 0,718 = 0,567 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{pilaresD} \cdot d_{porticos} = 0,567 \frac{kN}{m^2} \cdot 10,205 \text{ m} = 5,78 \frac{kN}{m}$$

$$q_{pilaresE} = q_b \cdot C_e \cdot C_D = 0,45 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,336) = -0,265 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{pilaresE} \cdot d_{porticos} = -0,265 \frac{kN}{m^2} \cdot 10,205 \text{ m} = -2,704 \frac{kN}{m}$$

Carga del viento a  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$  para paramentos verticales es:

Para la zona D:  $q_{pilaresD} = 5,78 \frac{kN}{m}$

Para la zona E:  $q_{pilaresE} = -2,704 \frac{kN}{m}$

Viento  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$  sobre pilares

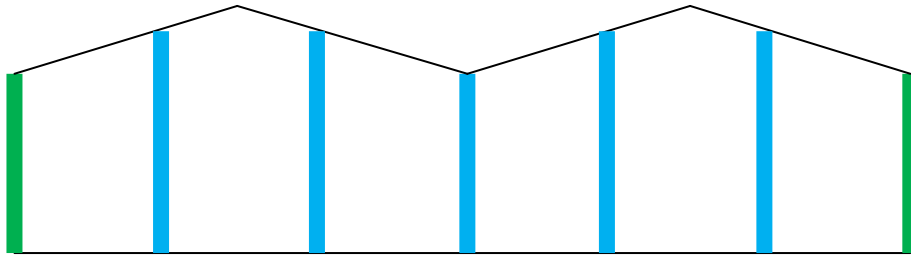


Figura 3.5.4 Dibujo de la nave.

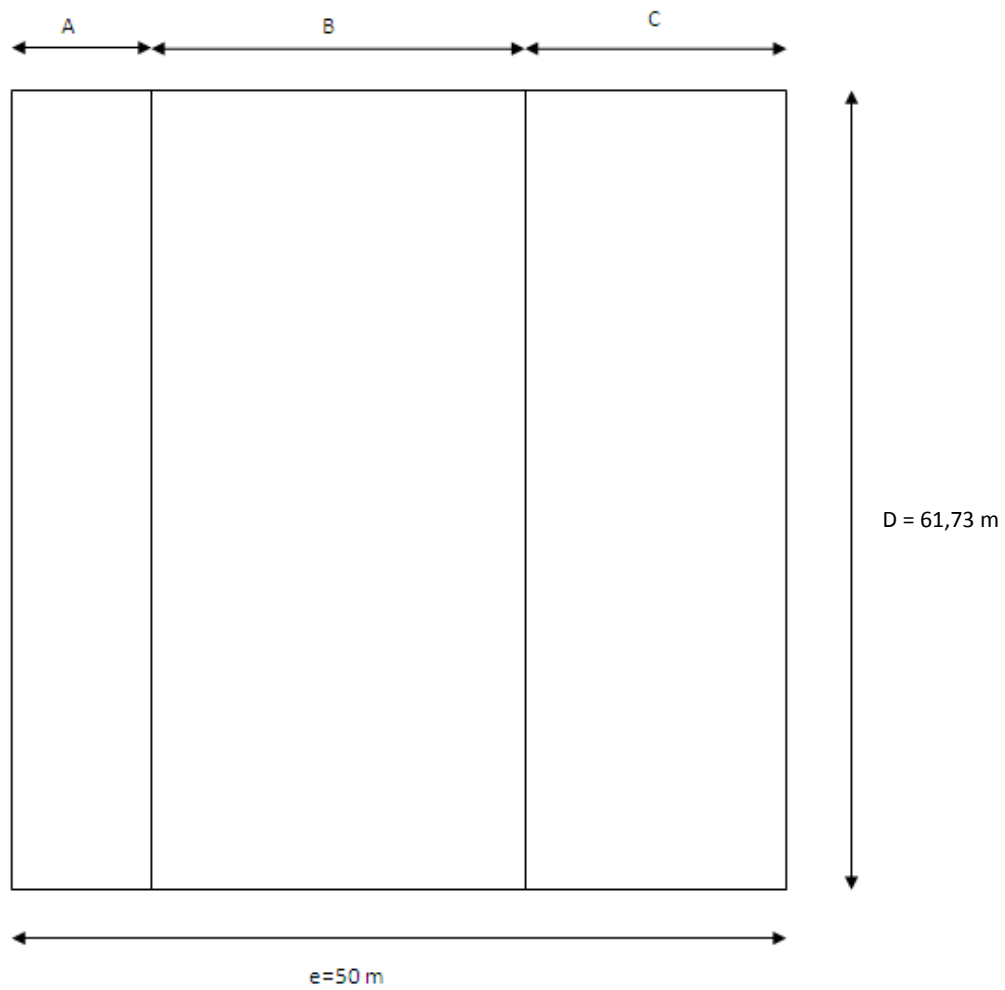


Figura 3.5.5 Esquema de la nave.

Pilares exteriores del pórtico exterior

Los datos de las  $C_p$  (obtenidos de las tablas) para las distintas zonas son:

ZONA	A	B	C	D	E
$C_p$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

Figura 3.5.6 Tabla con los coeficientes para cada zona.

$$C_p = \frac{C_p^A \cdot S_A + C_p^B \cdot S_B + C_p^C \cdot S_C}{S_A + S_B + S_C}$$

$$\left. \begin{array}{l} S_A = 119,45 \text{ m}^2 \\ S_B = 1083,362 \text{ m}^2 \\ S_C = 1882,765 \text{ m}^2 \end{array} \right\} C_p = -0,63$$

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,63) = -0,497 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_e \cdot \frac{d_{\text{pilares}}}{2} = -0,497 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \frac{8,250 \text{ m}}{2} = -2,05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{\text{carga viento en pilares exteriores del pórtico exterior}} = -2,05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Pilares intermedios del pórtico exterior

Los datos de las  $C_p$  (sacados de las tablas) para las distintas zonas son:

ZONA	A	B	C	D	E
$C_p$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

Figura 3.5.7 Tabla con los coeficientes para cada zona.

$$\left. \begin{aligned} C_p &= \frac{C_p^A \cdot S_A + C_p^B \cdot B + C_p^C \cdot S_C}{S_A + S_B + S_C} \\ S_A &= 119,45 \text{ m}^2 \\ S_B &= 1083,362 \text{ m}^2 \\ S_C &= 1882,765 \text{ m}^2 \end{aligned} \right\} C_p = -0,63$$

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,754 \cdot (-0,63) = -0,497 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_e \cdot d_{\text{pilares}} = -0,497 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 8,250 \text{ m} = -4,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{\text{carga de viento en pilares intermedios del pórtico exterior}} = -4,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### 3.6 VIGA DELTA

Para calcular el momento de inercia de la Viga Delta y las dimensiones de una de sus secciones, se acudirá al catálogo de un fabricante de este tipo de vigas. En este caso, al catálogo de Prainsa (El Grupo Prainsa está formado por varias empresas que integran verticalmente todos los ámbitos de la construcción).

El tipo de Delta elegido es “Delta 3 ancho 50 pretensada”. Una estructura pretensada es aquella cuya integridad, estabilidad y seguridad dependen primordialmente en un proceso de pretensado. Se le llama pretensado a la creación de esfuerzos permanentes en una estructura de manera intencionada, con el propósito de mejorar su desempeño bajo diversas condiciones de servicio.

#### DELTA 3 ANCHO 50 – PRETENSADA

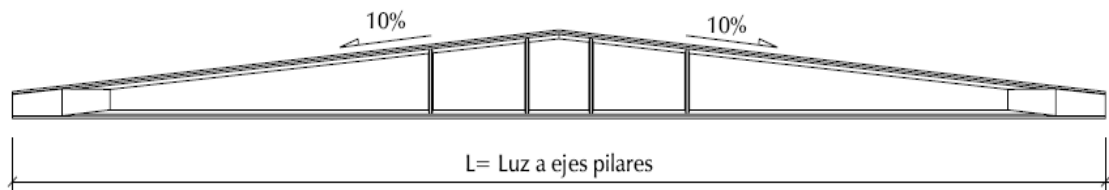
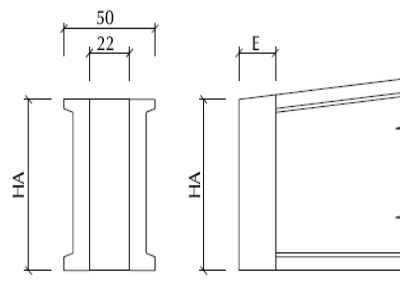


Figura 3.6.1 Viga Delta.

#### DETALLE EXTREMO CON ENCAJE PARA PILARES CON HORQUILLA



#### DETALLE EXTREMO PARA FIJACIÓN ATORNILLADA

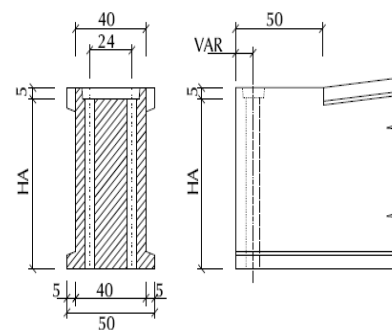
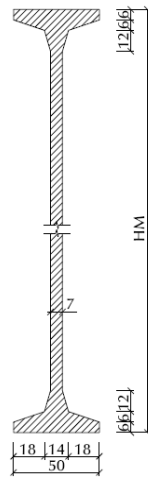


Figura 3.6.2 Detalle de los extremos de la viga Delta.

SECCIÓN CENTRAL



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS D3 50

Luz a eje pilares L	m	25	27	29
Altura en apoyo HA	cm	80		
Altura máxima HM	cm	205	215	225
Carga útil máxima	kN/m (Kp/m)	21 (2100)	18 (1800)	15 (1500)
Peso	T	12.34	13.52	14.74
EF	min	30		

Figura 3.6.3 Detalle sección central de la viga Delta.

En el caso que se estudia, la luz a ejes de pilares es de 24,75 metros, por lo que se tomará la que tiene una luz a ejes de pilares de 25 metros.

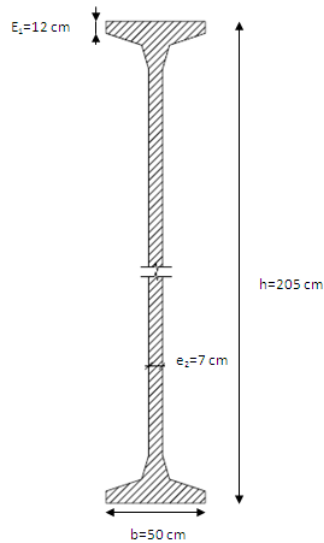


Figura 3.6.4 Detalle sección central de la viga Delta.

Momento de inercia  $I_y$

$$I_y = \left[ \frac{b \cdot e_1^3}{12} + b \cdot e_1 \cdot \left( \frac{h}{2} - \frac{e_1}{2} \right)^2 \right] \cdot 2 + \frac{e_2 \cdot (h - 2 \cdot e_1)^3}{12}$$

$$I_y = 58383232 \text{ cm}^4$$



$$I_y = 0,5838 \, m^4$$

$$\left. \begin{array}{l} I_y = \frac{B \cdot H^3}{12} \\ 2 \cdot B = H \end{array} \right\}$$

B=0,967 metros (ancho)

H=1,935 metros (profundidad)

### 3.7 CANALÓN

El canalón es un conducto que recibe y conduce el agua de los tejados a la red de recogida de aguas pluviales, en el caso de esta nave se instalarán dos canalones laterales y uno central.

Para el diseño del canalón es necesario conocer la sección  $S$  en  $\text{cm}^2$ .

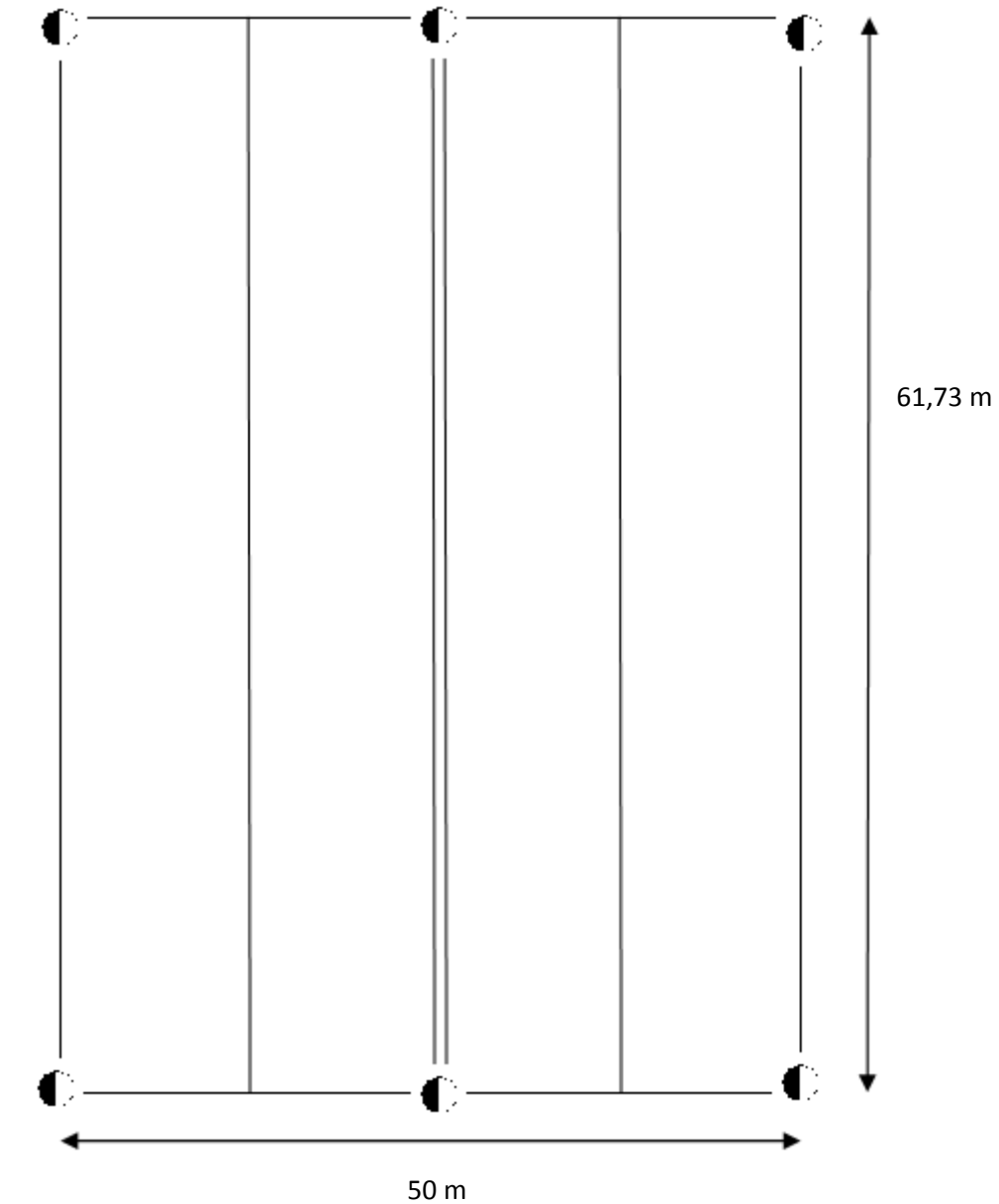
La sección  $S$  en  $\text{cm}^2$  necesaria de canalón se determinará gracias a la tabla siguiente, en función de la superficie en  $\text{m}^2$  que vierte a un mismo tramo de canalón, comprendido entre su bajante y su división de aguas, y en función de la zona pluviométrica determinada por las coordenadas geográficas del emplazamiento en el mapa, correspondiendo para cada zona las siguientes intensidades  $I$  de lluvias: zona X,  $I \leq 30 \text{ mm/h}$ , zona Y,  $30 < I < 50 \text{ mm/h}$  y zona Z,  $I \geq 50 \text{ mm/h}$ .




Figura 3.7.1 Mapa zona pluviométrica determinada por las coordenadas geográficas.

Conocida la zona pluviométrica, en este caso Ejea de los Caballeros se sitúa en la zona pluviométrica X, con una intensidad  $I \leq 30 \text{ mm/h}$ .

En este caso se colocarán dos bajantes quedando un esquema de la nave como la que se muestra en una imagen posterior.



 Representa las bajantes pluviales de PVC de la nave.

*Figura 3.7.2 Esquema de la nave con las bajantes de PVC.*

Se distinguen dos tipos de canalón distintos uno irá situado en el lateral y otro que se colocará en la zona central. Por tanto la superficie en  $m^2$  de cubierta que vierte al tramo será distinta.

**3.7.1 CANALÓN CENTRAL Y LATERAL****Canalón central**

La superficie en  $m^2$  que vierte a un mismo tramo de canalón y teniendo en cuenta que se tendrán dos bajantes.

$$25 m \cdot \frac{61,73 m}{2} = 771,625 m^2$$

Con la superficie en  $m^2$  se irá a la tabla siguiente para determinar cuál será la superficie del canalón.

	Zona pluviométrica			Sección S del canalón en $cm^2$
	X	Y	Z	
Superficie en $m^2$ de cubierta que vierte al tramo	Hasta 185	Hasta 125	Hasta 95	60
	186 a 360	126 a 250	96 a 185	90
	361 a 540	251 a 370	186 a 275	160
	541 a 1.100	371 a 740	276 a 550	250

Figura 3.7.3 Tabla para determinar la sección del canalón.

La sección del canalón es de  $250 cm^2$ .

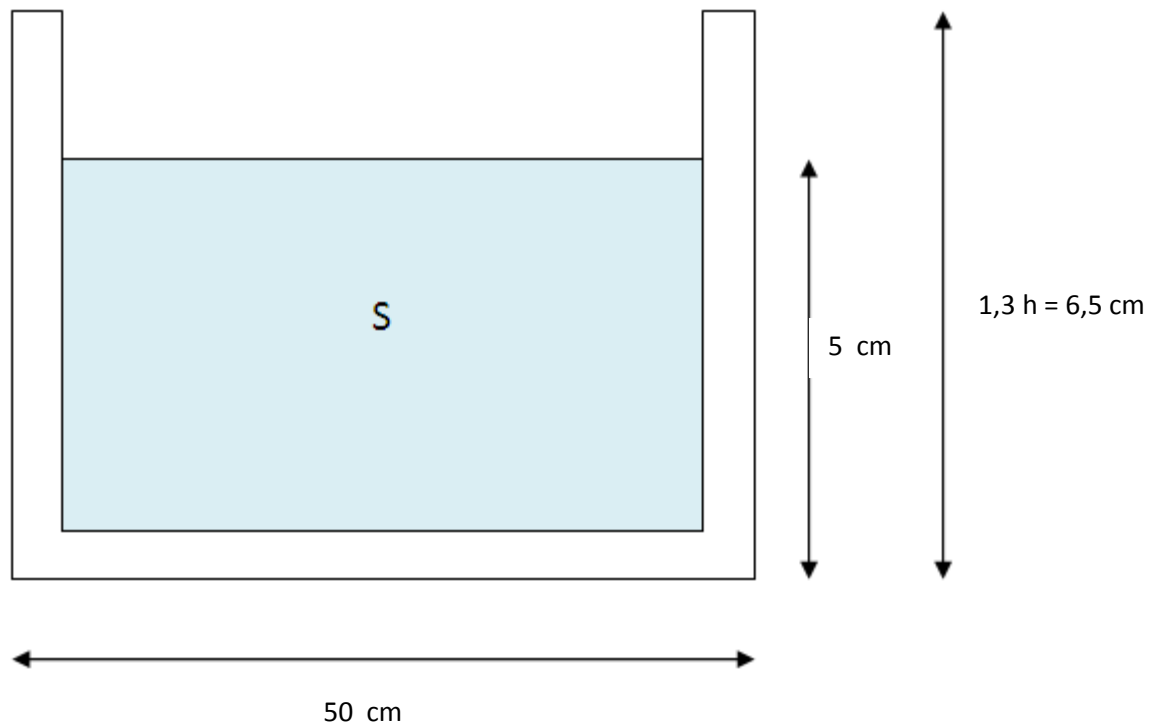


Figura 3.7.4 Esquema del alzado del canalón central.

**Canalón lateral**

La superficie en  $m^2$  que vierte a un mismo tramo de canalón y teniendo en cuenta que se tendrán dos bajantes.

$$12,5 m \cdot \frac{61,73 m}{2} = 385,81 m^2$$

Con la superficie en  $m^2$  se irá a la tabla siguiente para determinar cuál será la superficie del canalón.

	Zona pluviométrica			Sección S del canalón en $cm^2$
	X	Y	Z	
Superficie en $m^2$ de cubierta que vierte al tramo	Hasta 185	Hasta 125	Hasta 95	60
	186 a 360	126 a 250	96 a 185	90
	361 a 540	251 a 370	186 a 275	160
	541 a 1.100	371 a 740	276 a 550	200

Figura 3.7.5 Tabla para determinar la sección del canalón.

La sección del canalón es de  $160 cm^2$ .

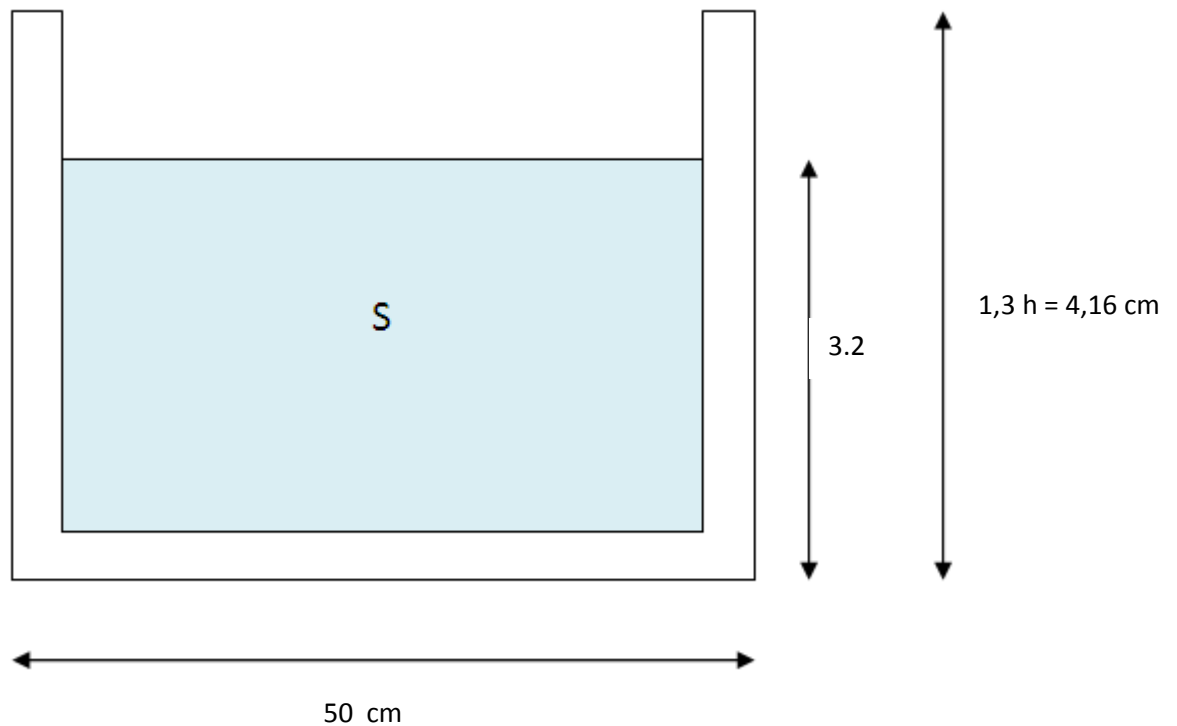


Figura 3.7.6 Esquema del alzado del canalón lateral.

### 3.7.2 BAJANTE PLUVIAL DE PVC

La bajante pluvial de PVC se utilizará para la conducción vertical, hasta la arqueta a pie de bajante o colector suspendido, de las aguas residuales y pluviales.

En este apartado se debe determinar el diámetro de dicha bajante, para ello se deben seguir los siguientes pasos:

- Determinar la superficie de la cubierta que se evacua por el tramo en estudio y la zona pluviométrica del edificio.
- El número de aparatos evacuados por el tramo.
- La pendiente de la tubería en dicho tramo.

Primero se determinará la zona pluviométrica según las coordenadas geográficas del emplazamiento en el mapa adjunto.



Figura 3.7.7 Mapa zona pluviométrica determinada por las coordenadas geográficas.

Conocida la zona pluviométrica, en este caso Ejea de los Caballeros se sitúa en la zona pluviométrica X, con una intensidad  $I \leq 30$  mm/h.

**Diámetro de la bajante central de la nave**

La superficie en  $m^2$  de superficie de cubierta.

$$25 m \cdot \frac{61,73 m}{2} = 771,625 m^2 \sim 800 m^2$$

Con la superficie en  $m^2$  y sabiendo que la pendiente de la tubería en % es  $> 100\%$  (ya que la tubería es vertical) se irá a la tabla siguiente para determinar cuál será el diámetro de la bajante.

Tabla 1

m<sup>2</sup> de superficie de cubierta

Zona pluviométrica

> N.º de aparatos instalados excepto inodoros, vertederos y placas turcas

> Pendiente de la tubería en %

> N.º de inodoros, vertederos y placas turcas

> D

m<sup>2</sup> de superficie de cubierta

Zona X	Zona Y	Zona Z
1000	665	445
900	600	400
800	535	355
700	465	310
600	400	265
500	335	220
400	265	175
300	200	135
200	135	90
150	100	65
100	65	45
75	50	35
50	35	25
30	20	15
20	15	10
10	5	5
0	0	0

Número de aparatos instalados excepto inodoros, vertederos y placas turcas.

247	80	14	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
-----	----	----	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Figura 3.7.8 Tabla para determinar el diámetro de la bajante.

El diámetro de la bajante es de 125 mm.

### Diámetro de la bajante en los extremos de la nave

La superficie en  $\text{m}^2$  de superficie de cubierta.

$$12,5 \text{ m} \cdot \frac{61,73 \text{ m}}{2} = 385,81 \text{ m}^2 \sim 400 \text{ m}^2$$

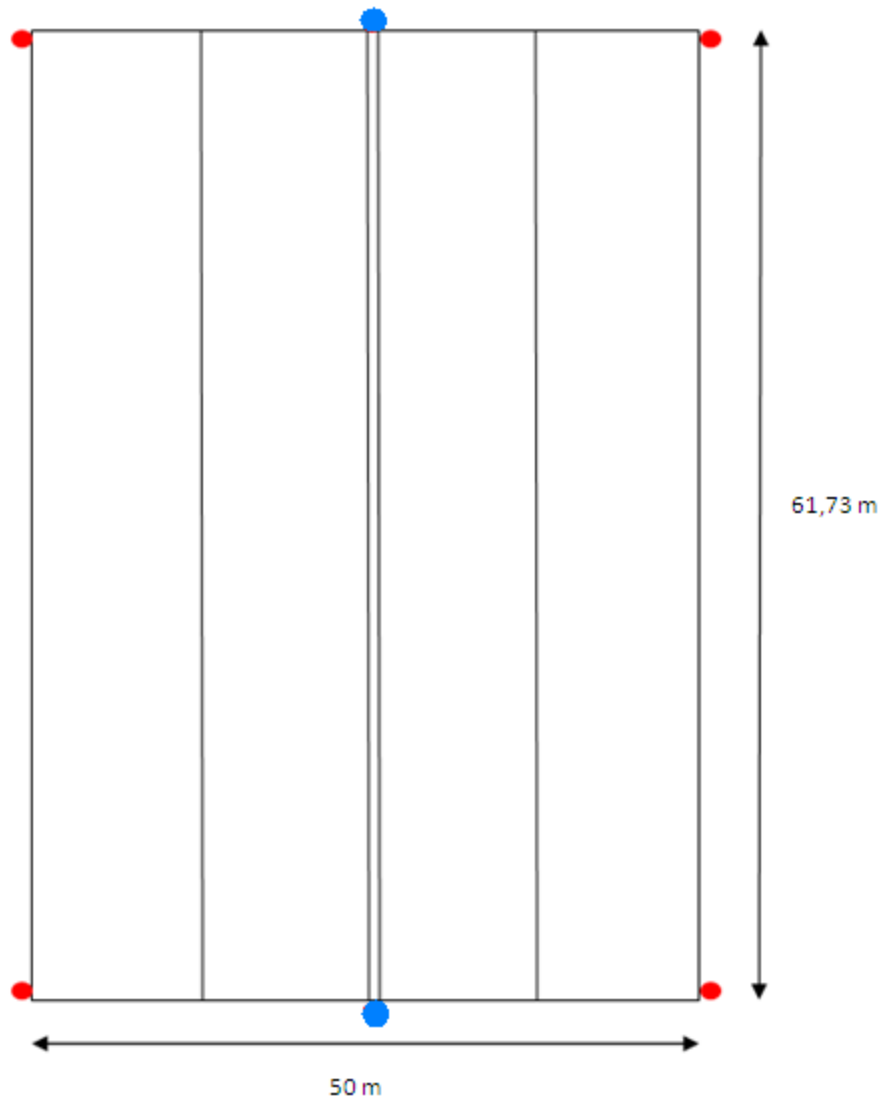
Con la superficie en  $m^2$  y sabiendo que la pendiente de la tubería en % es  $> 100\%$  (ya que la tubería es vertical) se irá a la tabla siguiente para determinar cuál será el diámetro de la bajante.

[illegible]

Figura 3.7.9 Tabla para determinar el diámetro de la bajante.

El diámetro de la bajante es de 80 mm.





- Representa las bajantes pluviales de PVC Ø 80 mm de la nave.
- Representa las bajantes pluviales de PVC Ø 125 mm de la nave.

*Figura 3.7.10 Esquema de la nave con sus correspondientes bajantes de PVC.*

## **4. SAP2000**

SAP2000 es un programa desarrollado por la empresa CSI, “Computer and Structures, Inc”.

Desde hace 30 años ha estado en continuo desarrollo, para brindar al ingeniero una herramienta confiable, sofisticada y fácil de usar sobre la base de una poderosa e intuitiva interfaz gráfica con procedimientos de modelaje, análisis y diseño estructural a la vanguardia a nivel mundial.

Cuenta con una serie de plantillas predeterminadas que permiten generar la geometría de los mismos de forma rápida y eficiente. Por otra parte, maneja un sistema espacial con líneas de referencia (Grid Lines) asociadas a un determinado sistema de coordenadas (cartesiano o cilíndrico), que sirven de guía para establecer cada uno de los elementos que conforman el modelo.

Es capaz de manejar los más complejos modelos impulsados por un motor de análisis incomparable e instrumentos de diseño para ingenieros que trabajan en el área de transporte, industrial, trabajos públicos y otras instalaciones. En términos de uso permite realizar diversos Análisis Estáticos y Dinámicos de forma lineal y no lineal a través de funciones espectrales.

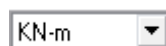
Determina a través de elementos finitos la respuestas en términos de fuerzas, esfuerzos y deformadas en los elementos de área y sólidos, presentando una salida gráfica y por tablas, haciendo de ella la herramienta más predilecta para ingenieros estructurales dedicados a la investigación, al desarrollo de proyectos y construcción.

Posee un poderoso diseño en acero, hormigón y aluminio completamente integrado, todos disponibles desde la misma interfaz usada para modelar y analizar el modelo.

## 4.1 PÓRTICO INTERMEDIO SAP2000

Se inicia el programa SAP2000.

Primero se seleccionarán las unidades apropiadas en la lista desplegable de la línea de estado (abajo a la derecha). En este caso se emplearán metros (m) y kilonewton (kN). Debe recordarse que el sistema de unidades de SAP2000 es un sistema técnico que utiliza como magnitudes fundamentales longitud, fuerza y tiempo.



Se abre un nuevo modelo mediante *File* → *New model*, aparecerá la ventana *Coordinate System Definition* (Definición del sistema de referencia).

SAP creará una retícula de líneas auxiliares, cuyo conjunto se denominará rejilla, que servirán para la definición geométrica de la estructura. Deberá definirse el número de espacios de la rejilla (*Number of Grid Spaces*) y el espaciado de las líneas Grid (*Grid Spacing*).

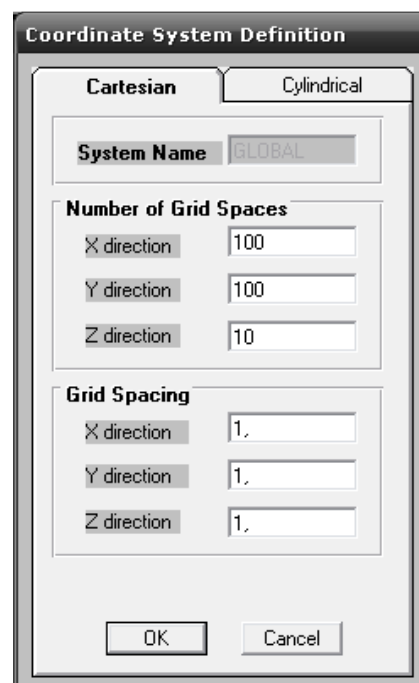


Figura 4.1.1 Ventana inicial para definir el sistema

Una vez se ha definido el número de espacios de la rejilla y se ha aceptado, se creará una pantalla donde se seleccionará la vista del plano XZ para trabajar en él.

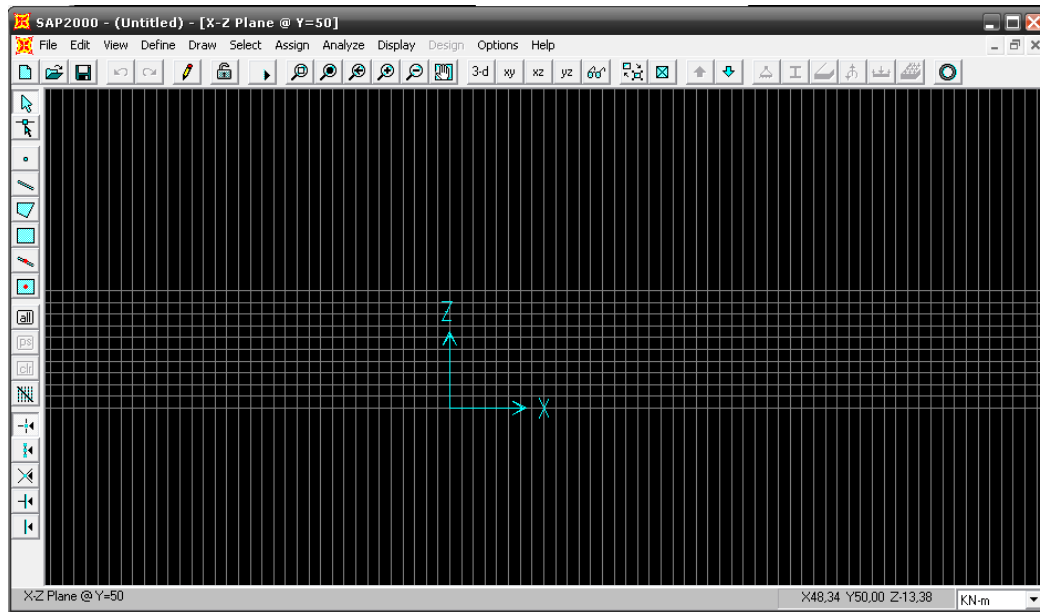


Figura 4.1.2 Ventana de trabajo SAP2000.

El pórtico intermedio tiene 49,5 metros de luz entre eje y eje de pilar exterior, es una cubierta a dos aguas múltiple y la altura libre bajo la viga Delta será de 7 metros.

Se introducirán las barras para dibujar el modelo con *Draw Frame Element*, que se podrá encontrar en la barra de herramientas de la izquierda. Se observará que el programa SAP asignará por defecto una sección predefinida a cada barra.

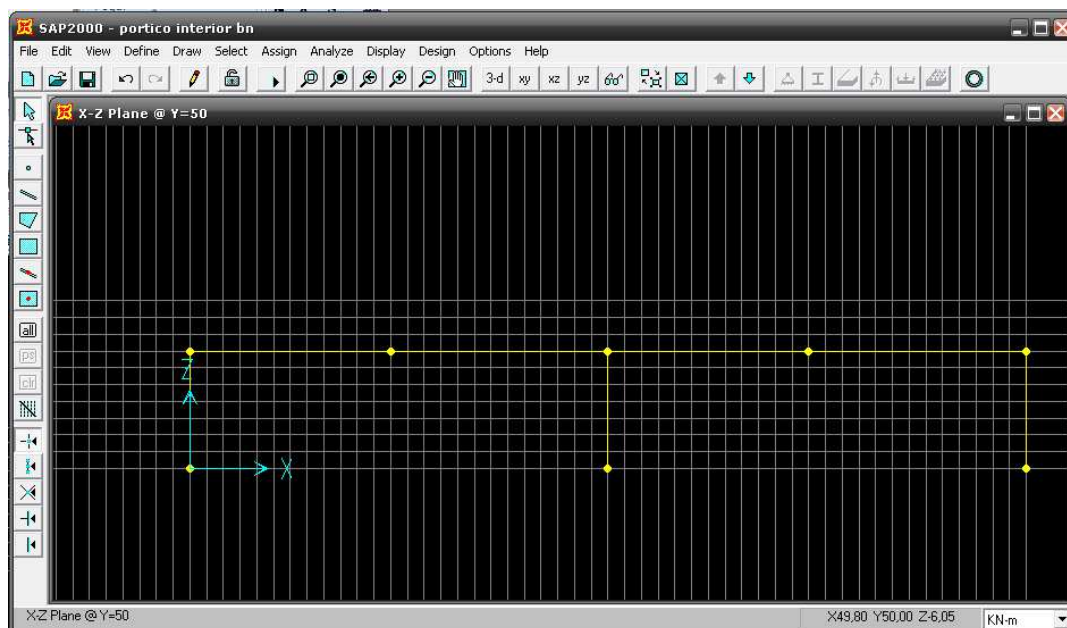


Figura 4.1.3 Ventana SAP2000 con el pórtico intermedio dibujado.

Una vez esté dibujada la estructura se podrá modificar la posición de los nudos, variando automáticamente la longitud de las barras. Para cambiar la posición de los nudos no habrá más que pulsar con el botón derecho del ratón en un nudo, y aparecerá una ventana como la siguiente:

The image shows a software window titled "Joint Information". It is divided into two main sections: "Identification and Location" and "Specifications".

**Identification and Location:**

- Joint:** A text box containing the number "1".
- Attached to:** A text box containing "1" followed by the word "Elements".
- Coordinates:** Three input fields for X, Y, and Z. X is "0", Y is "50.", and Z is "0.".
- Buttons:** "OK" and "Cancel" buttons are located to the right of the coordinate fields.

**Specifications:**

- Restraints:** A row of six empty input boxes.
- Constraint:** A "Name" dropdown menu and a "Type" input box.
- Springs:** A row of six empty input boxes.
- Masses:** A row of six empty input boxes.
- Local Axes:** A row of three empty input boxes.
- Pattern:** A "Name" dropdown menu and a "Value" input box.
- Load Condition:** A dropdown menu.
- Forces:** A row of six empty input boxes.
- Displacements:** A row of six empty input boxes.

Figura 4.1.4 Ventana para definir los nudos del pórtico intermedio.

La posición de cada coordenada en cada uno de los nudos será la siguiente:

Nudo 1:	X=0;	Y=50;	Z=0
Nudo 2:	X=0;	Y=50;	Z=7
Nudo 3:	X=12,375;	Y=50;	Z=7
Nudo 4:	X=24,75;	Y=50;	Z=7
Nudo 5:	X=37,125;	Y=50;	Z=7
Nudo 7:	X=49,5;	Y=50;	Z=7
Nudo 8:	X=49,5;	Y=50;	Z=0
Nudo 9:	X=37,125;	Y=50;	Z=0

Una vez se haya modificado la posición de cada uno de los nudos, el aspecto del pórtico intermedio será el que se muestra en la figura siguiente.

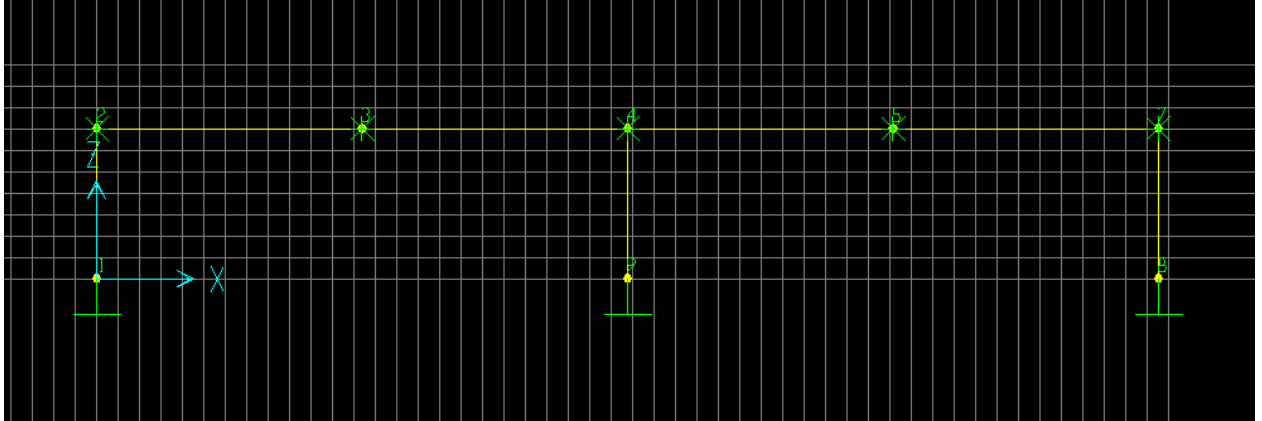


Figura 4.1.5 Ventana de trabajo SAP2000 con la numeración de los nudos del pórtico intermedio.

Se seleccionarán aquellos nudos que tengan las mismas condiciones de contorno y en *Assign → Joint → Restraints*, se podrán definir los nudos que están en el suelo.

Aparecerá una pantalla como la siguiente.

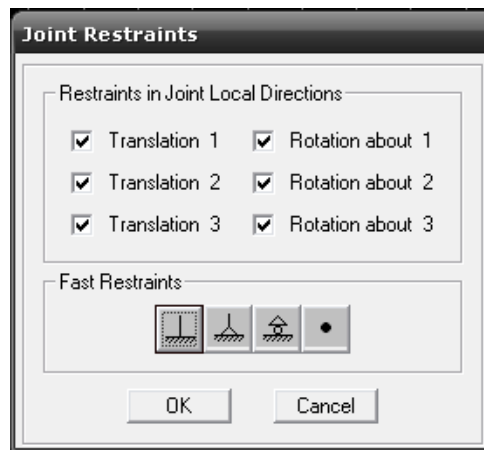


Figura 4.1.6 Ventana para introducir las restricciones de los nudos de la base del pórtico intermedio.

Para este caso, en dicha ventana se marcarán las seis restricciones, puesto que los nudos situados en el suelo son empotramientos, de esta forma se eliminará por completo la posibilidad de movimiento de un sólido respecto a otro.

De la misma manera se seleccionarán los nudos de la barra de cubierta y los pilares, se irá a *Assign → Joint → Restraints*, donde aparecerá:

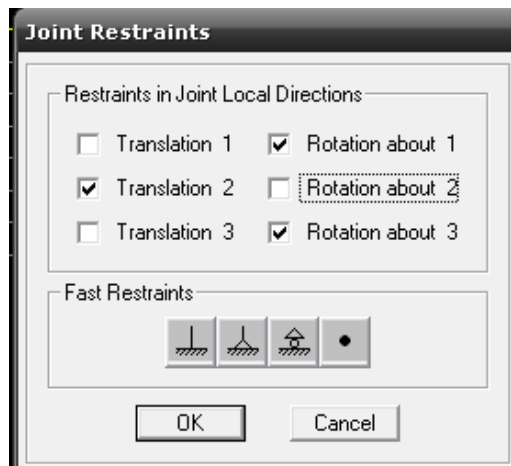


Figura 4.1.7 Ventana para introducir las restricciones de los nudos del pórtico intermedio.

En este caso se seleccionarán Translation 2, y Rotation 1 y 3, puesto que son nudos rígidos. Estos nudos hacen que la estructura no gire y garantice estabilidad frente a acciones horizontales.

Los nudos rígidos permiten utilizar la prefabricación de elementos de hormigón armado para construir las estructuras de cualquier edificio de modo eficaz.

Una vez queden definidos todos los nudos, en la pantalla del SAP aparecerá una imagen como la siguiente.

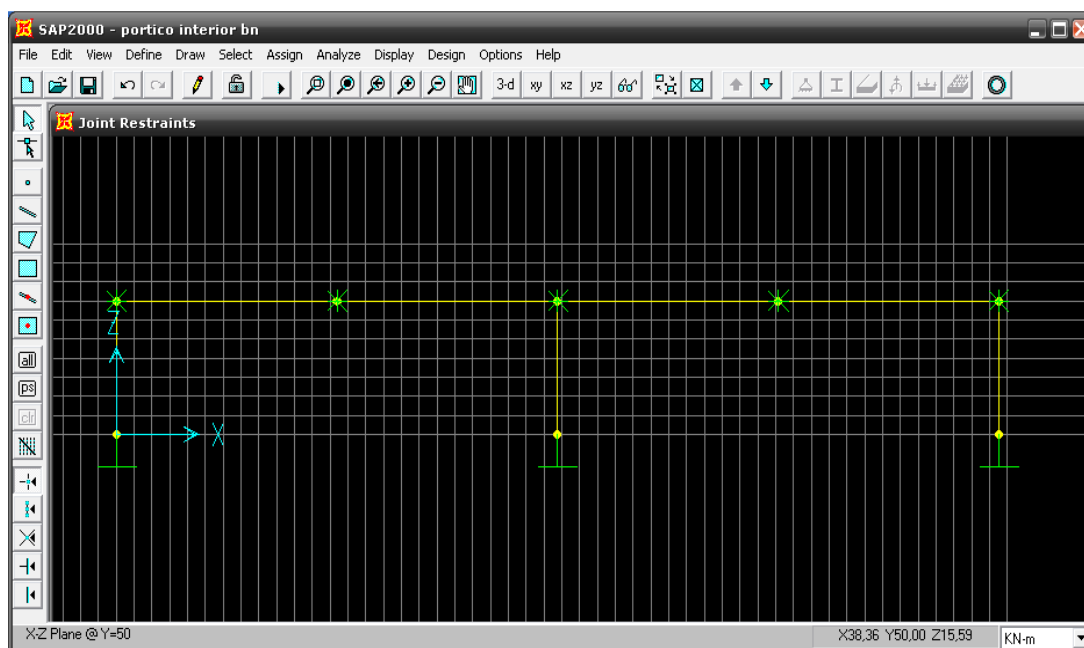


Figura 4.1.8 Ventana SAP2000, donde se observa el pórtico intermedio dibujado una vez se han definido los nudos.

Para definir el material del que se va hacer la estructura, se irá al menú *Define* → *Materials*, como la nave será de hormigón se seleccionará CONC (Concrete).

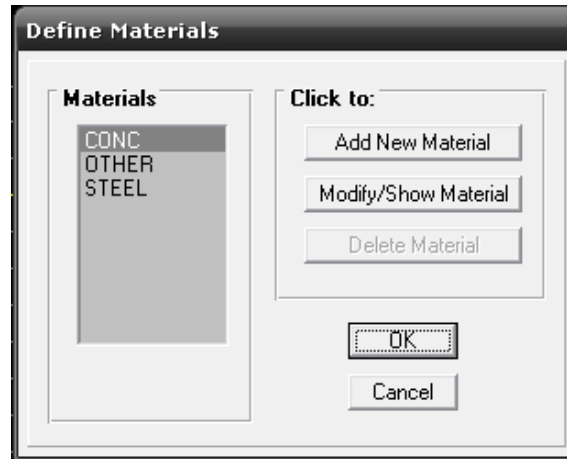


Figura 4.1.9 Ventana SAP2000 "Define Materials".

A continuación se deberá definir el material correspondiente para los pilares, para ello en *Define* → *Frame Sections* y aparecerá:

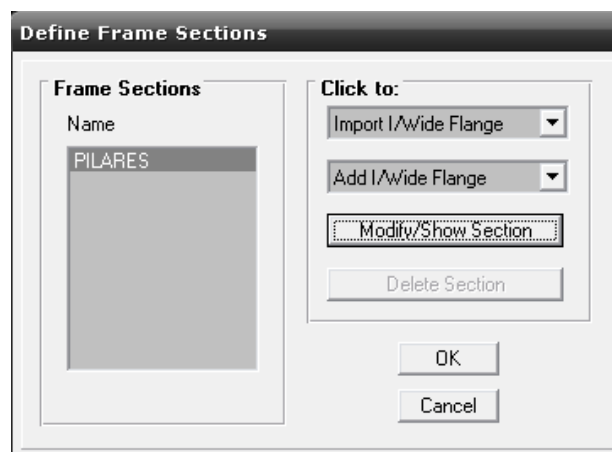


Figura 4.1.10 Ventana SAP2000 donde se definirá el material de los pilares.



En la pantalla que aparecerá se marcará *Modify/Show Section* y se abrirá una ventana como la siguiente.

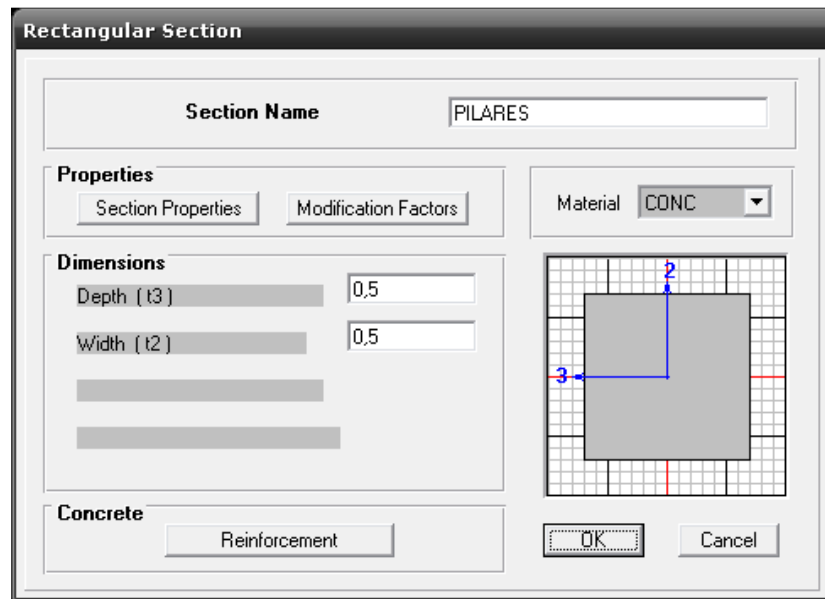


Figura 4.1.11 Ventana SAP2000 donde se introducirán las dimensiones de los pilares.

En *Section Name*, se introducirá el nombre que se le quiere asignar “PILARES”. En la opción de *Material* se seleccionará CONC ya que los pilares serán de hormigón; y en el apartado de *Dimensions* se deberán introducir las dimensiones del pilar. En *Depth* se pondrá la profundidad del pilar y en *Width* la medida del ancho del pilar.

De igual forma, ahora se definirá el material para la jácena.

En los pórticos intermedios, la jácena es del tipo viga Delta, por tanto antes de proceder a introducir las dimensiones se calcularán, para una sección de la viga, el momento de inercia, el valor de la profundidad y de la anchura de dicha sección.

En este caso se desplegará la pestaña *Add/Wide Flange* y se seleccionará *Add rectangular*, para añadir otro elemento, al que se le denominará “JÁCENA”.

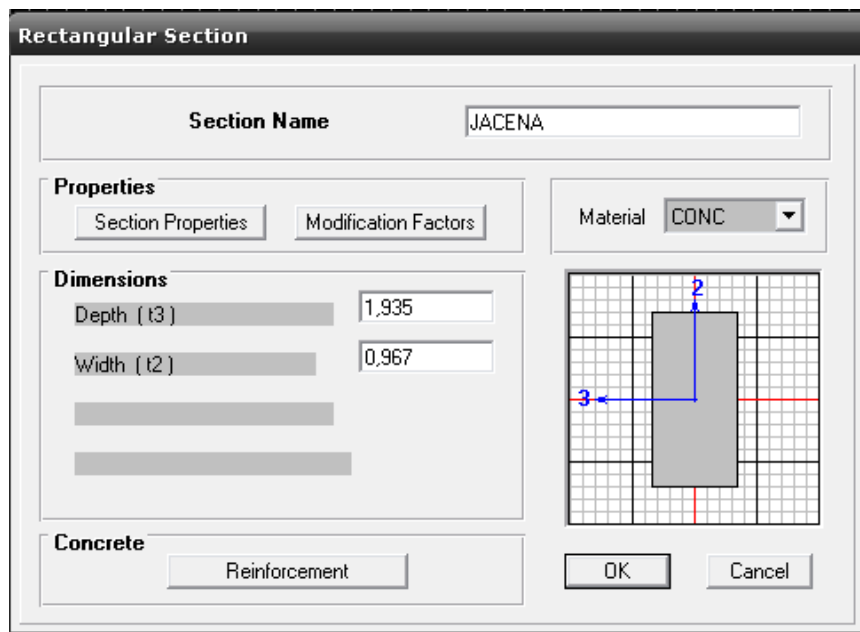


Figura 4.1.12 Ventana SAP2000 donde se introducirán las dimensiones de la viga Delta.

En *Section Name*, se introducirá el nombre que se le quiera asignar “JÁCENA”. En la opción de *Material* se deberá seleccionar CONC ya que la viga Delta también será de hormigón. Y en el apartado de *Dimensions* se introducirán los valores de *Depth* (profundidad) y *Width* (la anchura) que se habrán calculado anteriormente.

De esta manera en la pantalla principal de *Define Frame Sections* quedarán definidos los perfiles que se tendrán en la estructura.

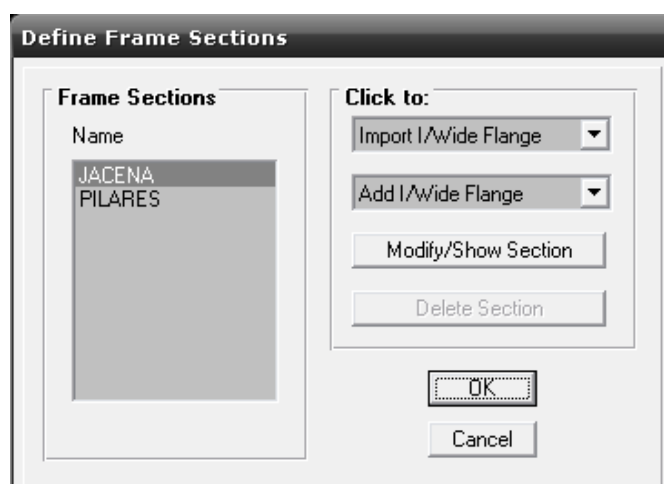


Figura 4.1.13 Ventana SAP2000 “Define Frame Sections”.

Una vez se hayan definido los perfiles, tanto para los pilares como para la jácena, solo quedará asignar a cada elemento del SAP su correspondiente perfil.

Para ello se marcarán los pilares de la figura y mediante *Assign* → *Frame* → *Sections* se le podrá asignar su perfil correspondiente.

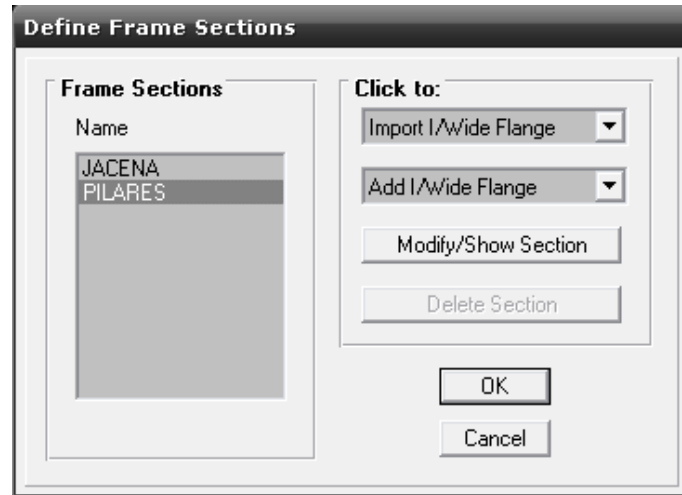


Figura 4.1.14 Ventana SAP2000 "Define Frame Sections".

Marcando las barras de la jácena, con el mismo procedimiento anterior, se le asignará el perfil.

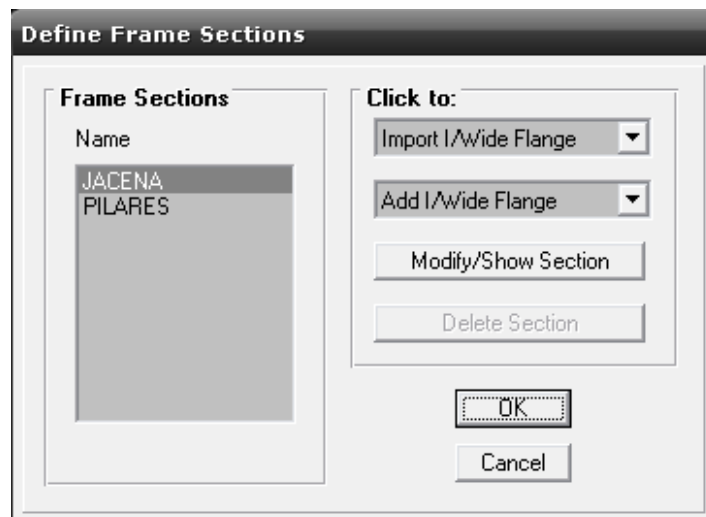


Figura 4.1.15 Ventana SAP2000 "Define Frame Sections".

Una vez definidas todas las barras y todos los pilares, en la pantalla de trabajo del SAP aparecerá un pórtico intermedio de la siguiente forma:

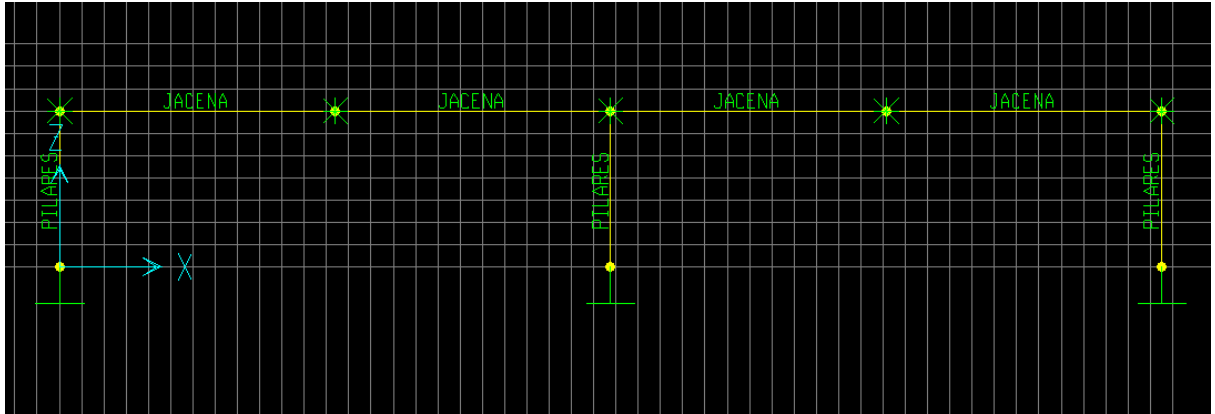


Figura 4.1.16 Ventana SAP2000 con la nomenclatura de las partes del pórtico intermedio.

Para definir las cargas que van a actuar sobre la nave, se irá al menú *Define* → *Static load cases* y aparecerá una ventana igual que la siguiente.

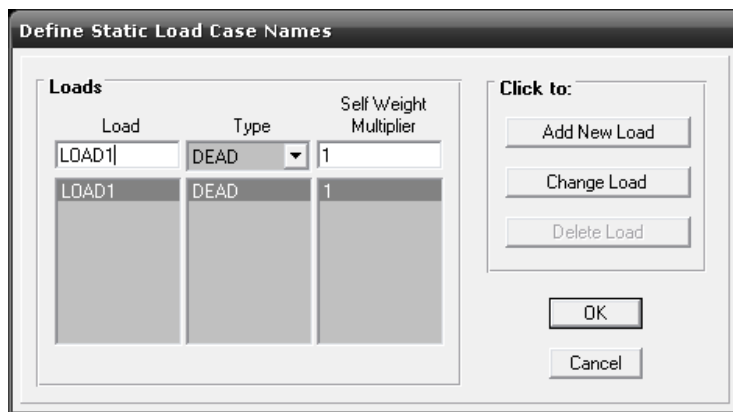


Figura 4.1.17 Ventana SAP2000 "Define Static Load Case Names" donde se definirán las cargas que actuarán sobre el pórtico intermedio.

Se introducirán las nuevas cargas, en este caso, la carga permanente (PERMANEN), la carga de nieve (NIEVE), la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  con sus dos hipótesis (VIENTO00A y VIENTO00B) y la carga de viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$  (VIENTO90).

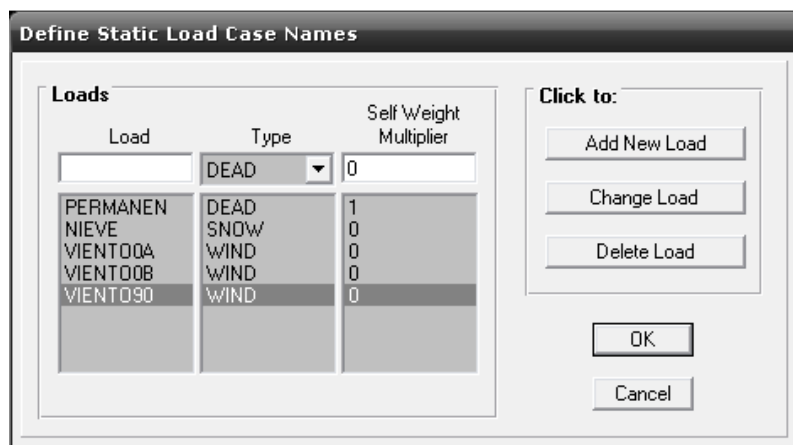


Figura 4.1.18 Ventana SAP2000 "Define Static Load Case Names" con las cargas en cuestión.

Para añadir las cargas se cumplimentarán los distintos campos:

En el campo *Load* se escribirá el nombre de la carga, por ejemplo VIENTO00A (viento  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  Hipótesis "A") y en el campo *Type* se deberá seleccionar cada tipo de carga con su correspondiente.

- Para la carga debida al viento "WIND".

- Para la carga de nieve "SNOW".
- Para la carga permanente "DEAD".

Para añadir una nueva carga se pulsará el botón *Add New Load*.

El coeficiente *Self Weight Multiplier* de valores 1 ó 0, sirve para considerar en la carga el peso del perfil que se habrá asignado a cada barra. Si es un 1 se tendrá en cuenta el peso del perfil y si es un 0 no.

Por tanto en todas las cargas se introducirá un 0, excepto en la carga permanente que será un 1.

El valor correspondiente a la sobrecarga de uso no se introducirá porque su valor es menor que el de la carga nieve, por lo tanto las combinaciones se harán con viento y nieve.

Una vez estén definidas las cargas que se tendrán, ya se podrán colocar todas las cargas, que en este caso habrán sido calculadas en apartados anteriores manualmente.

#### 4.1.1 JÁCENA

Se seleccionarán las barras que forman la jácena de la estructura, como se muestra en la figura siguiente aparecerán punteadas (- - - -).

Una vez seleccionadas las barras se irá a la pestaña del menú *Assign* → *Frame Static Loads* → *Point and Uniform*.

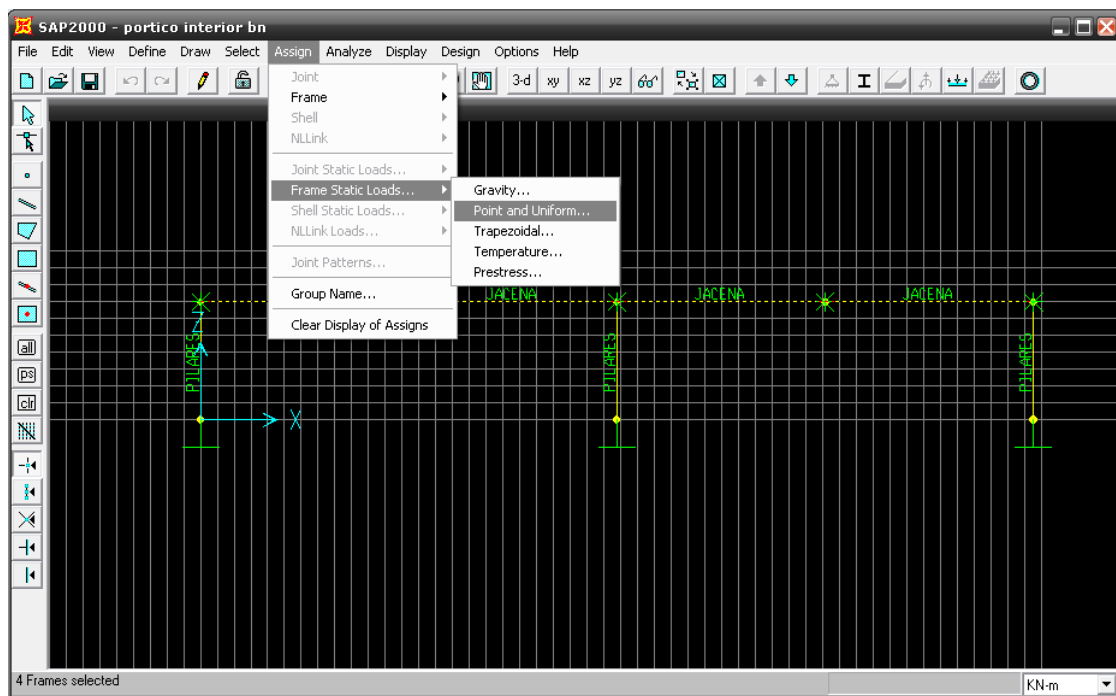


Figura 4.1.19 Ventana SAP2000 para introducir las cargas.

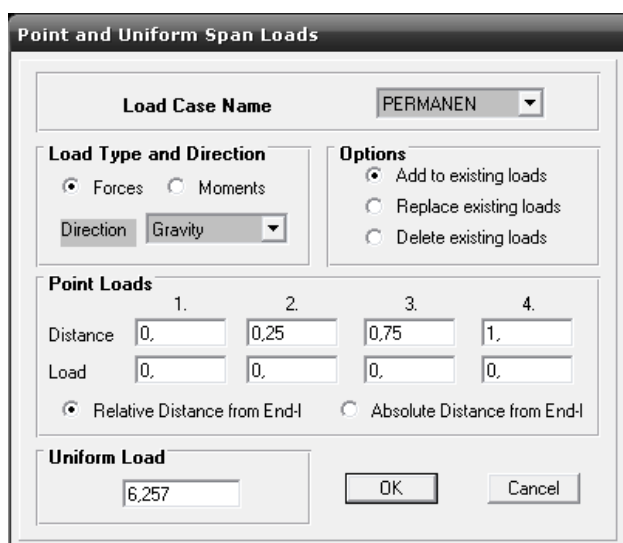


Figura 4.1.20 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga que va a introducirse.

La primera carga que se introducirá es la Carga Permanente, para ello en *Load Cases Name*, desplegando la pestaña, se marcará la carga correspondiente. En este caso PERMANEN.

En el campo *Load Type and Direction*, se marcará la opción Forces.

La dirección elegida será Gravity para las cargas situadas en la jácena. Como la carga es uniforme, estará distribuida de igual forma a lo largo de toda la barra.

En el campo *Uniform Load* se introducirá el valor de la carga donde, dependiendo de si es carga de succión o de presión, se pondrá su signo correspondiente.

Una vez pulsado OK aparecerá en la pantalla del programa SAP el dibujo de la estructura del pórtico intermedio con la carga permanente.

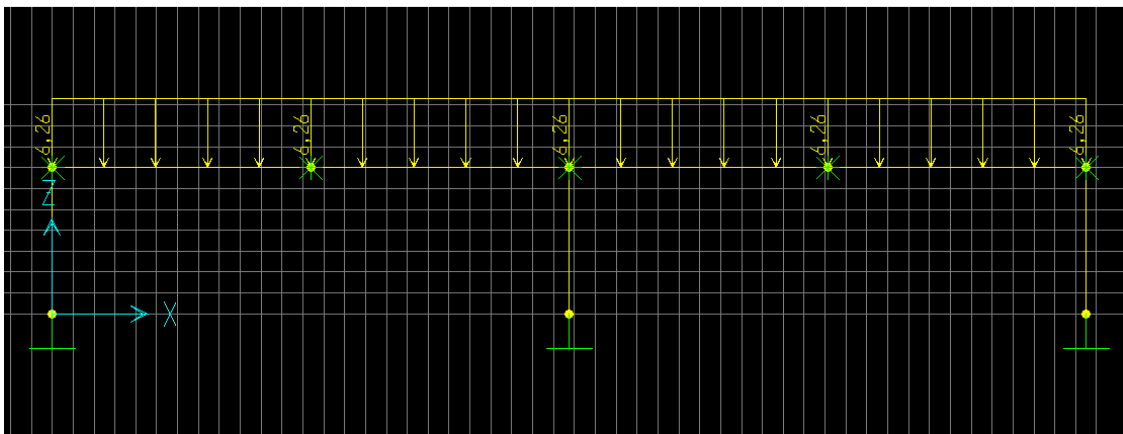


Figura 4.1.21 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga permanente.

Se deberá realizar este paso con todas las cargas de las que se dispone.  
Para el caso de la carga de nieve.

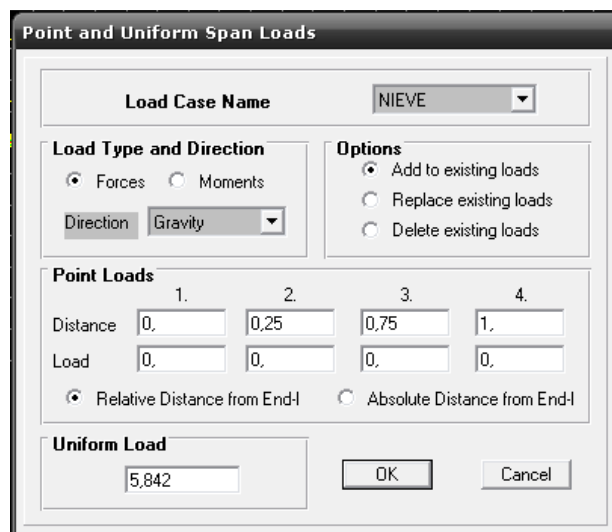


Figura 4.1.22 Ventana SAP 2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.



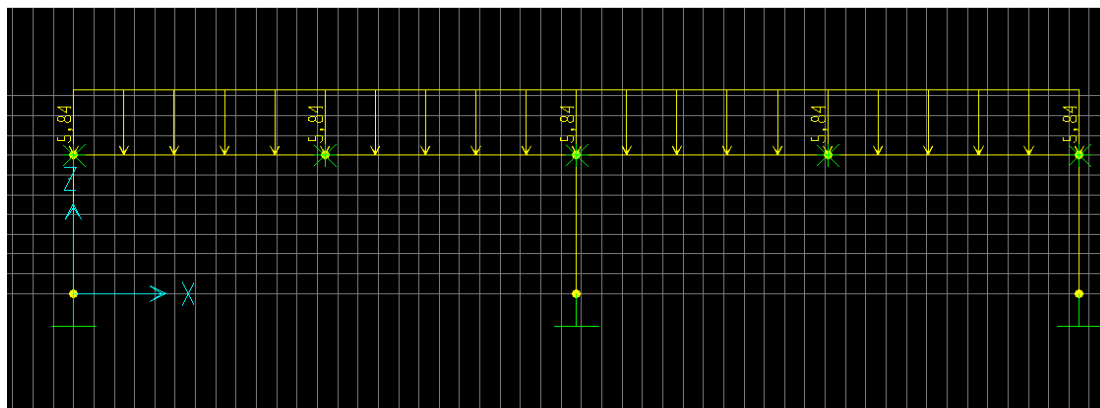


Figura 4.1.23 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de nieve.

Para el viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A) de los faldones izquierdos 1 y 2.

Figura 4.1.24 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

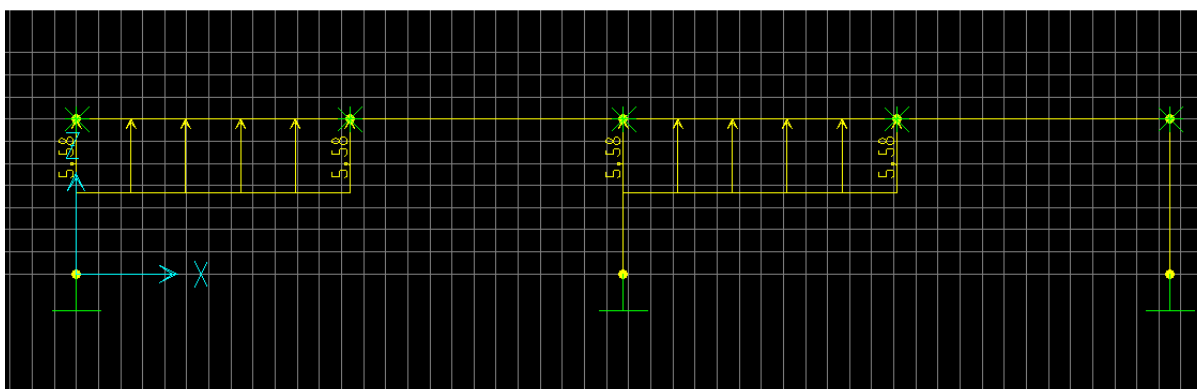


Figura 4.1.25 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A), para el faldón izquierdo.

Para el viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A) del faldón derecho 1.

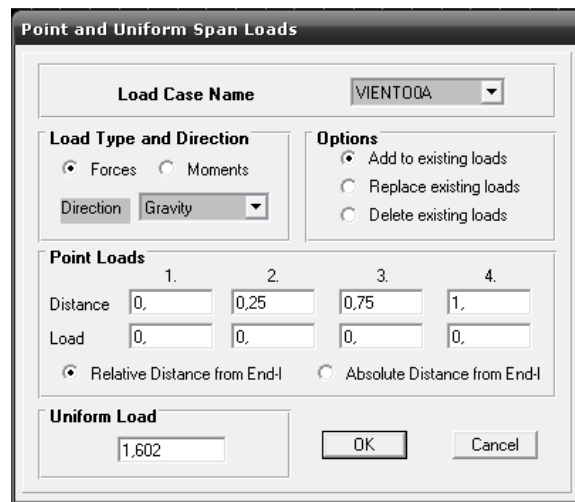


Figura 4.1.26 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

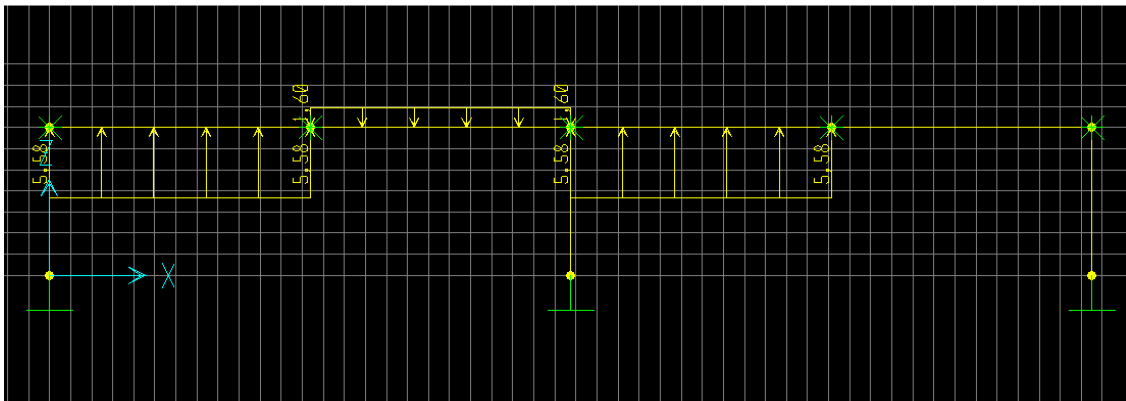


Figura 4.1.27 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A), para el faldón derecho de la nave de la izquierda.

Para el viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A) del faldón derecho 2.

Figura 4.1.28 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

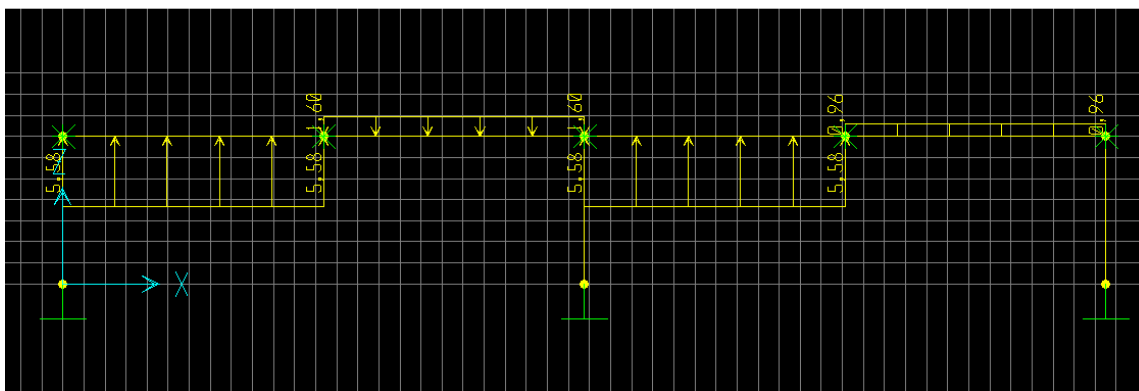


Figura 4.1.29 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A), para el faldón derecho de la nave de la derecha.

Para el viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis B) en el faldón derecho 1.

Figura 4.1.30 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

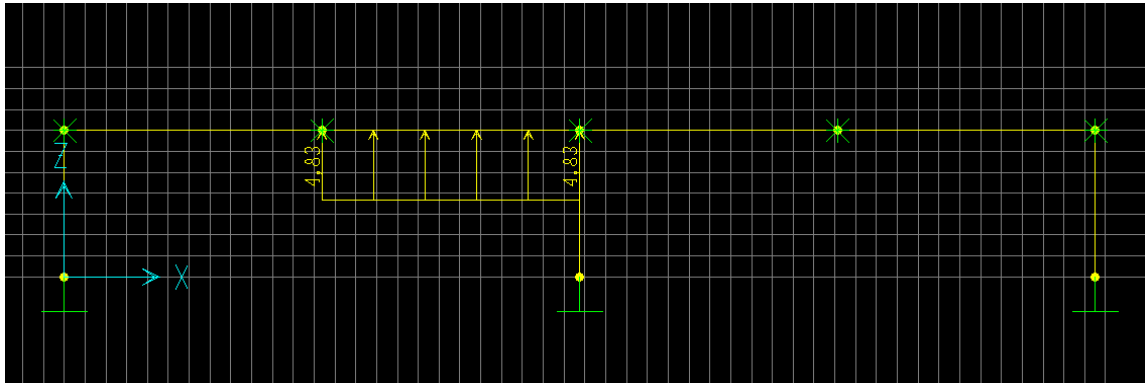


Figura 4.1.31 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis B), para el faldón derecho de la nave de la izquierda.

Para el viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis B) en el faldón derecho 2.

Point Loads				
	1.	2.	3.	4.
Distance	0,	0,25	0,75	1,
Load	0,	0,	0,	0,

Uniform Load: -2,899

Figura 4.1.32 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

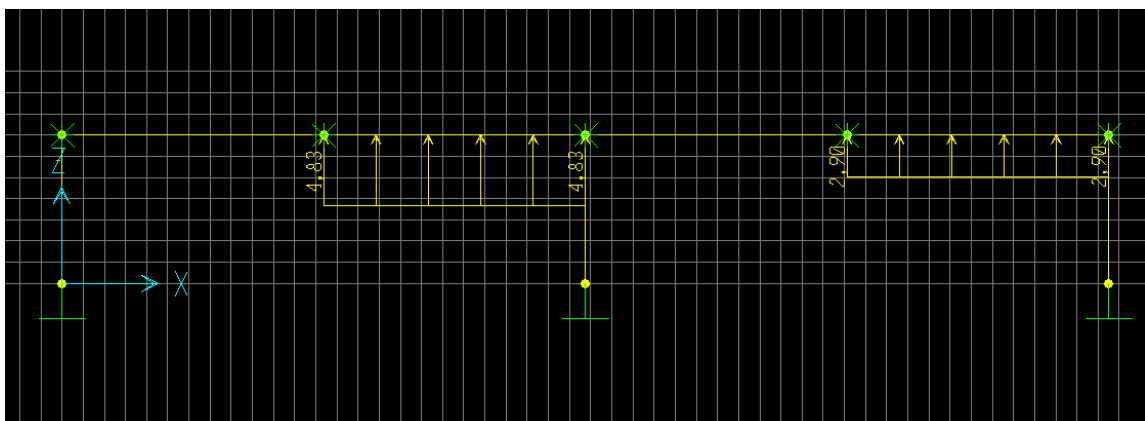


Figura 4.1.33 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis B), para el faldón derecho de la nave de la derecha.

Para el viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$

Point Loads		1.	2.	3.	4.
Distance		0.	0,25	0,75	1.
Load		0.	0.	0.	0.

☒ Relative Distance from End-I   
 ☐ Absolute Distance from End-I

Uniform Load: -5.164

Figura 4.1.34 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

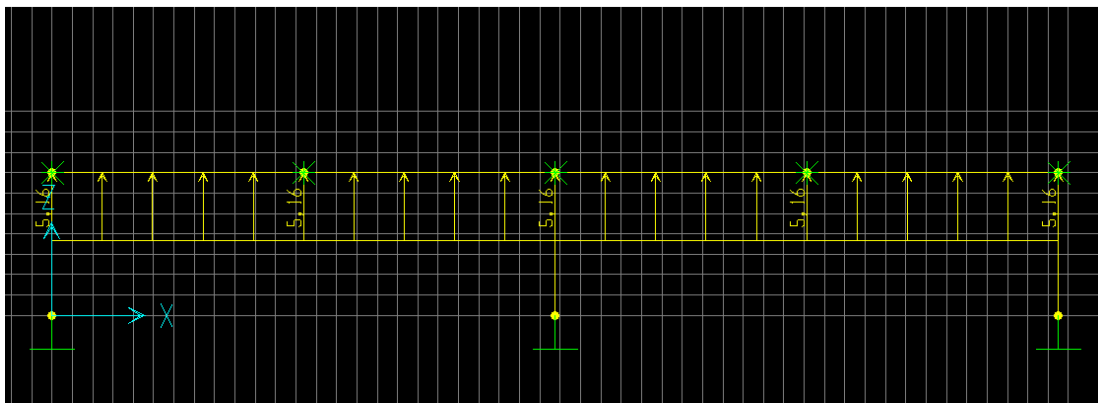


Figura 4.1.35 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$ .

#### 4.1.2 PILARES

Ahora se seleccionarán los pilares del pórtico intermedio. Una vez estén seleccionados, se irá a la pestaña del menú *Assign* → *Frame Static Loads* → *Point and Uniform*.

Para el viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$

Figura 4.1.36 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

Lo primero que se hará en la ventana anterior es seleccionar la carga en *Load Cases Name*, desplegando la pestaña se podrá marcar la carga correspondiente. En este caso VIENTO00A.

En el campo *Load Type and Direction*, se marcará la opción *Forces*.

La dirección elegida será *Global X* en el caso de introducir la carga en los pilares, ya que las cargas son perpendiculares a la barra de cubierta.

Como la carga es uniforme, está distribuida de igual forma a lo largo de toda la barra, en el campo *Uniform Load* se introducirá el valor de la carga donde dependiendo de si es carga de succión o de presión se pondrá su signo correspondiente.

Una vez pulsado *OK* aparecerá en la pantalla del programa SAP el dibujo de la estructura con la carga permanente.

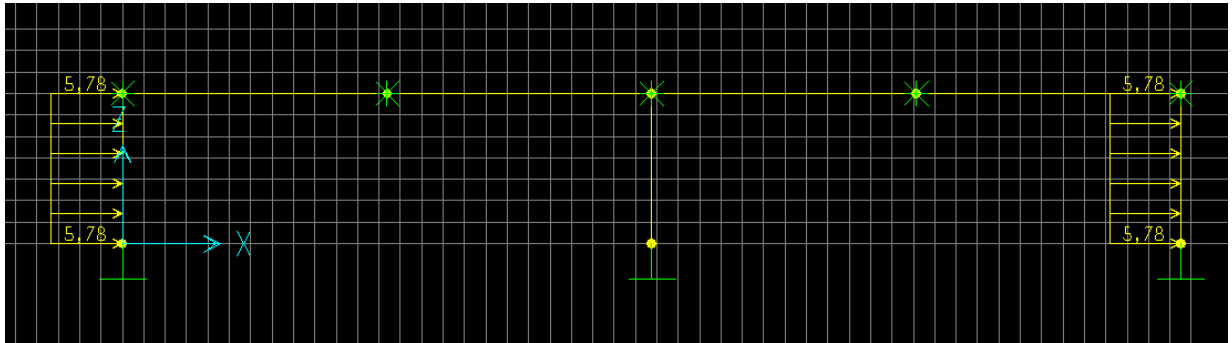


Figura 4.1.37 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  en los pilares de la nave para la zona D.

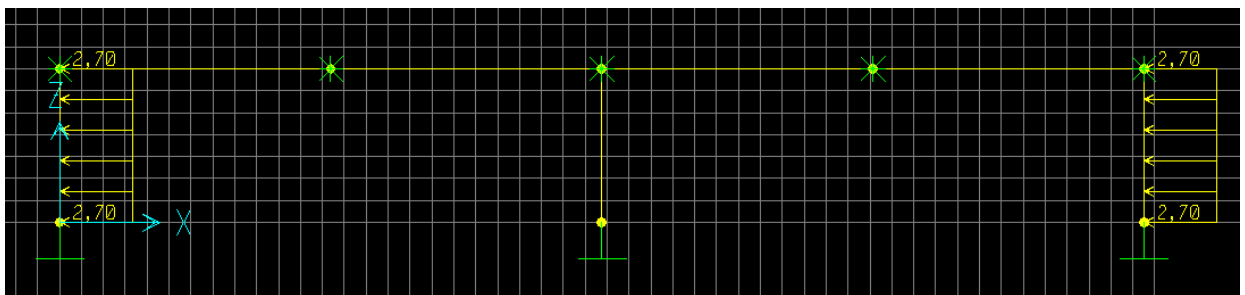


Figura 4.1.38 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  en los pilares de la nave para la zona E.

Para el viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$

Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads".

**Load Case Name:** VIENTO90

**Load Type and Direction:** Forces (seleccionado), Moments. Direction: Global X.

**Options:** Add to existing loads (seleccionado), Replace existing loads, Delete existing loads.

**Point Loads:**

	1.	2.	3.	4.
Distance	0,	0,25	0,75	1,
Load	0,	0,	0,	0,

☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

**Uniform Load:** -5,072

Botones: OK, Cancel.

Figura 4.1.39 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

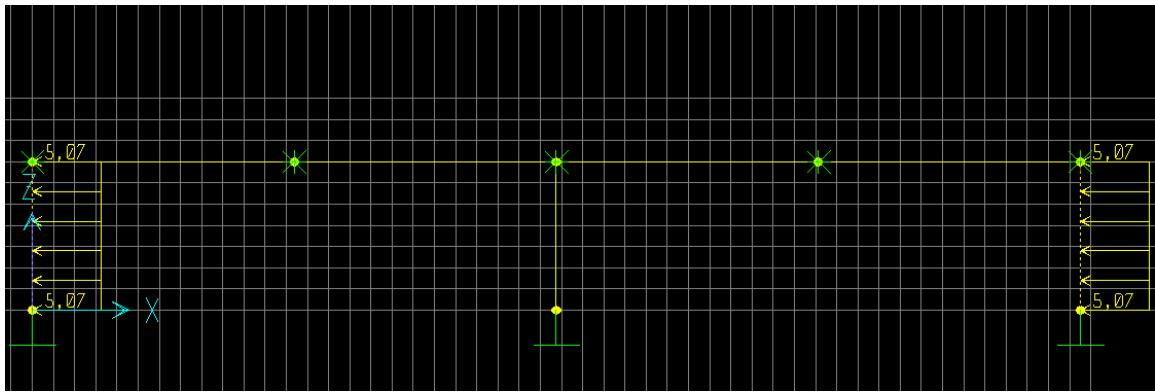


Figura 4.1.40 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico intermedio con la carga de viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$  en los pilares de la nave.



Para poder visualizar todas las cargas que se hayan introducido en el pórtico interior se irá a la opción *Display* → *Show Loads* → *Frame*.

Si se quiere tener una vista del pórtico interior en 3D solo habrá que ir a *View* → *Set Elements*, donde aparecerá la siguiente ventana.

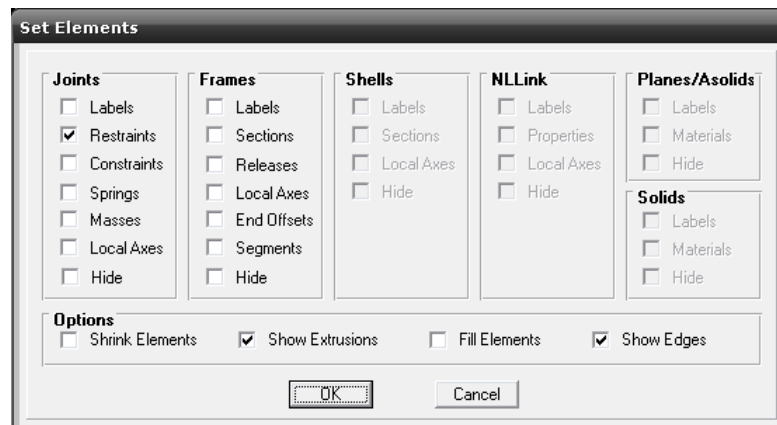


Figura 4.1.41 Ventana SAP2000 "Set Elements".

La ventana muestra distintos grupos de elementos que pueden ser visualizados.

- En el grupo *Joints*: La opción *Labels* sirve para ver u ocultar el número que tiene asignado cada nudo, la opción *Restraints* visualiza simbólicamente las restricciones al movimiento que tienen los distintos nudos.
- En el grupo *Frames*: La opción *Labels* para ver u ocultar el número asignado a cada barra, la opción *Sections* para ocultar o visualizar el tipo de perfil definido para cada barra.

Si se seleccionará la *Options* → *Show Extrusions* de la ventana de *Set Elements* y después se marcará la pestaña de 3D en la barra de herramientas superior, de esta forma se asegurará que los perfiles están puestos de forma correcta.

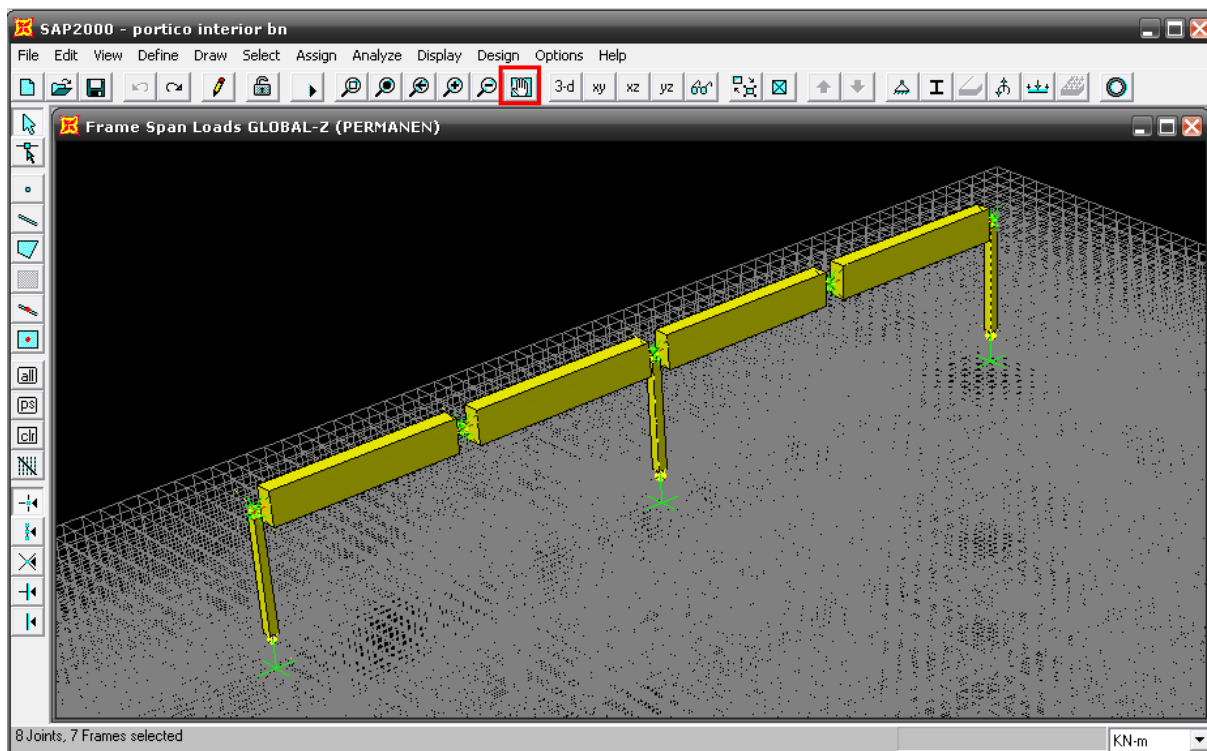


Figura 4.1.42 Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico intermedio en 3D.

**4.1.3 COMBINACIONES**

Se introducirán en el programa las combinaciones que se querrán hacer, teniendo en cuenta los valores de las tablas del CTE.

**Coeficientes de seguridad según DB-SE**

Tipo de verificación		Desfavorable	Favorable
Resistencia	Permanente	1,35	0,80
	Variable	1,50	0
Estabilidad	Permanente	1,35	0,80
	Variable	1,50	0

**Coeficientes de seguridad según EHE**

Tipo de verificación		Desfavorable	Favorable
Resistencia	Permanente	1,50	1
	Variable	1,60	0
Estabilidad	Permanente	1,50	1
	Variable	1,60	0

**Coeficientes de simultaneidad según DB-SE**

Sobrecargas de uso	$\psi_0 = 0,70$	$\psi_1 = 0,50$	$\psi_2 = 0,30$
Sobrecargas de nieve	$\psi_0 = 0,50$	$\psi_1 = 0,20$	$\psi_2 = 0$
Sobrecargas de viento	$\psi_0 = 0,60$	$\psi_1 = 0,50$	$\psi_2 = 0$

Las combinaciones en este caso ayudaran a encontrar:

## - EN JÁCENA:

El mayor momento flector positivo y su correspondiente axil.

El mayor momento flector negativo y su correspondiente axil.

## - EN PILARES:

El mayor axil de compresión (negativo) con su correspondiente momento.

Mayor momento positivo con su correspondiente axil.

Mayor momento negativo con su correspondiente axil.

$$COMB1 = 1,35 \cdot P + 1,5 \cdot N + 0,6 \cdot 1,5 \cdot V0A$$

$$COMB2 = 1,35 \cdot P + 1,5 \cdot N + 0,6 \cdot 1,5 \cdot V0B$$

$$COMB3 = 1,35 \cdot P + 1,5 \cdot N + 0,6 \cdot 1,5 \cdot V90$$

$$COMB4 = 1,35 \cdot P + 0,5 \cdot 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot V0A$$

$$COMB5 = 1,35 \cdot P + 0,5 \cdot 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot V0B$$

$$COMB6 = 1,35 \cdot P + 0,5 \cdot 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot V90$$

$$COMB7 = 0,8 \cdot P + 1,5 \cdot V0A$$

$$COMB8 = 0,8 \cdot P + 1,5 \cdot V0B$$

$$COMB9 = 0,8 \cdot P + 1,5 \cdot V90$$

Para introducir estas combinaciones en el SAP se irá al menú *Define* → *Load Combination*.

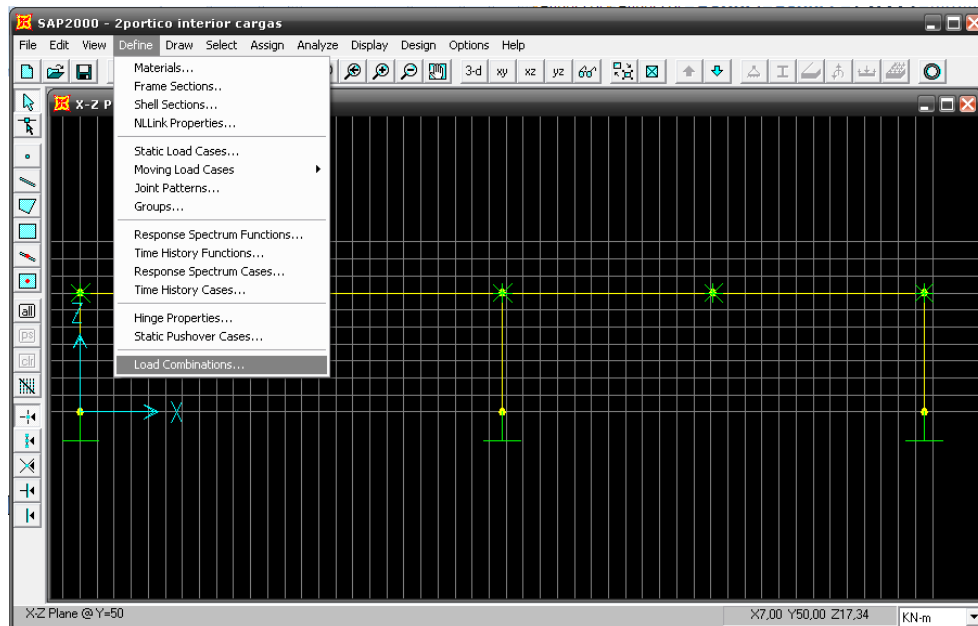


Figura 4.1.43 Ventana SAP2000 Menú "Define".

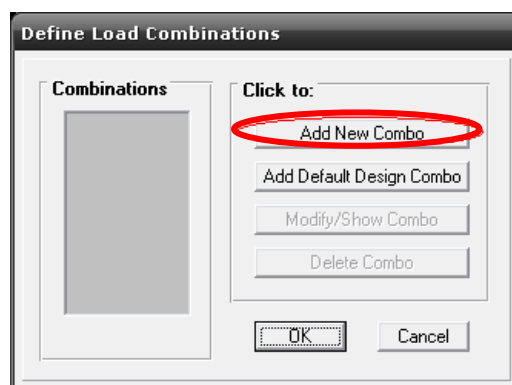


Figura 4.1.44 Ventana SAP2000 "Define Load Combinations" para definir las combinaciones.

Una vez se esté dentro de la ventana *Define Load Combinations*, se pinchará sobre la opción *Add New Combo*.

Se abrirá en ese instante una nueva ventana como la siguiente, donde se verán una serie de campos que se deben completar.

En *Load Combination Name* se introducirá el nombre de la combinación. En *Define combination*, en Case Name se seleccionará el nombre de la carga y en Scale Factor el factor de escala aplicable según las tablas del CTE.

Como la nave es de hormigón se tendrá que marcar también la casilla de Use for Concrete Design.

Figura 4.1.45 Ventana SAP2000 "Load Combination Data" para introducir las combinaciones.

Deberá repetirse esta operación para las 9 combinaciones que se tienen. Una vez introducidas todas las combinaciones la ventana de *Define Load Combinations*, quedará definida de la siguiente manera.

Figura 4.1.46 Ventana SAP2000 "Define Load Combinations" donde aparecen todas las combinaciones que se hayan introducido.

Se pondrán una serie de restricciones a las barras de la jácena. Se seleccionará el faldón al que se quiera destinar la restricción, a continuación se irá a *Assign* → *Frame* → *Releases* y aparecerá una ventana donde habrá un campo *Frame Releases* en él se marcará la restricción que se quiera aplicar a dicha barra.

Para el faldón derecho de la nave 1 la restricción será:

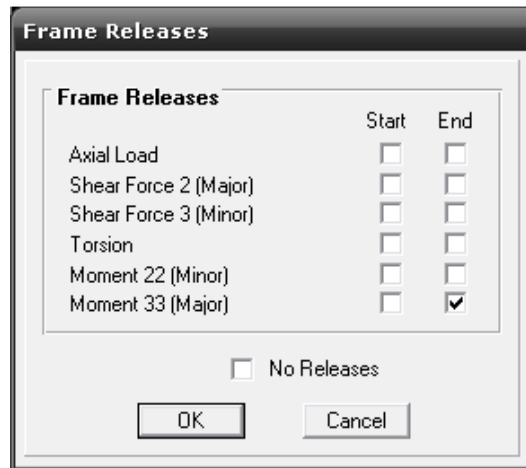


Figura 4.1.47 Ventana SAP2000 "Frame Releases" donde se introduce algún tipo de restricción.

En el faldón izquierdo de la nave 2 la restricción será:

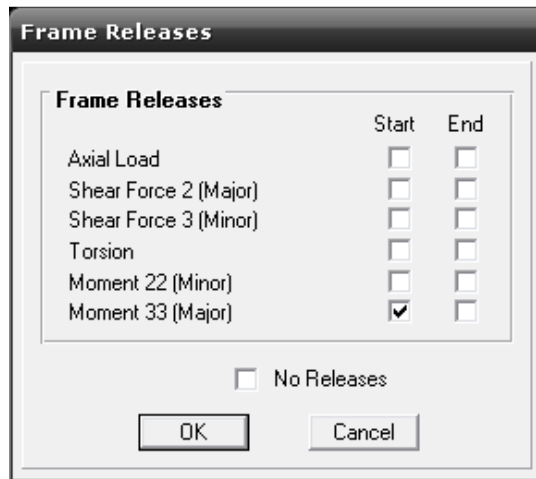


Figura 4.1.48 Ventana SAP2000 "Frame Releases" donde se introduce algún tipo de restricción.

De manera que la pantalla del SAP se muestra de la siguiente manera, después de introducir la restricción.

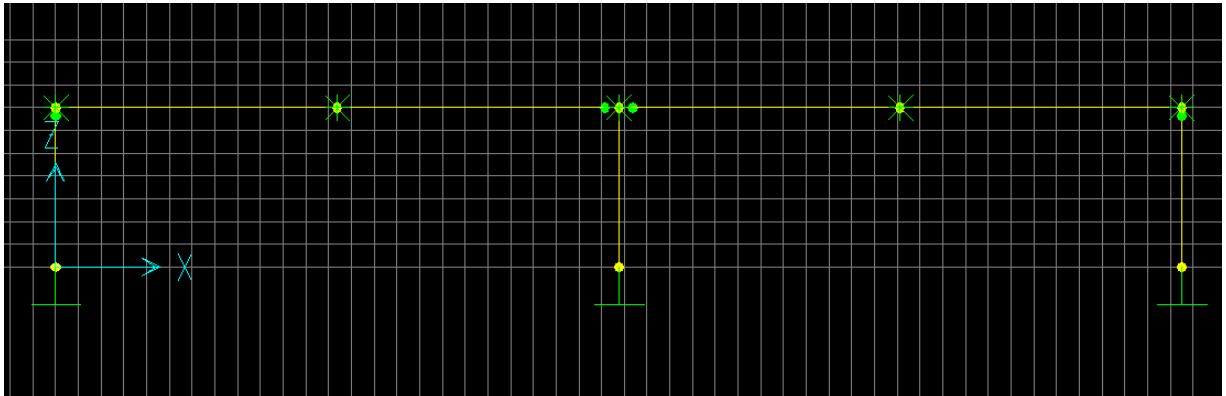


Figura 4.1.49 Ventana SAP2000 pórtico intermedio una vez introducidas las restricciones.

Una vez introducidos los datos suficientes para que el programa pueda llevar a cabo el cálculo del modelo. Dicho cálculo se ejecutará mediante la orden del menú *Analyze* → *Run*.

Durante el cálculo aparecerá una ventana en la que quedarán registradas las fases del mismo y los posibles errores que se hayan producido. Por lo que se deberá revisar siempre la ventana para comprobar que no hay ningún error.

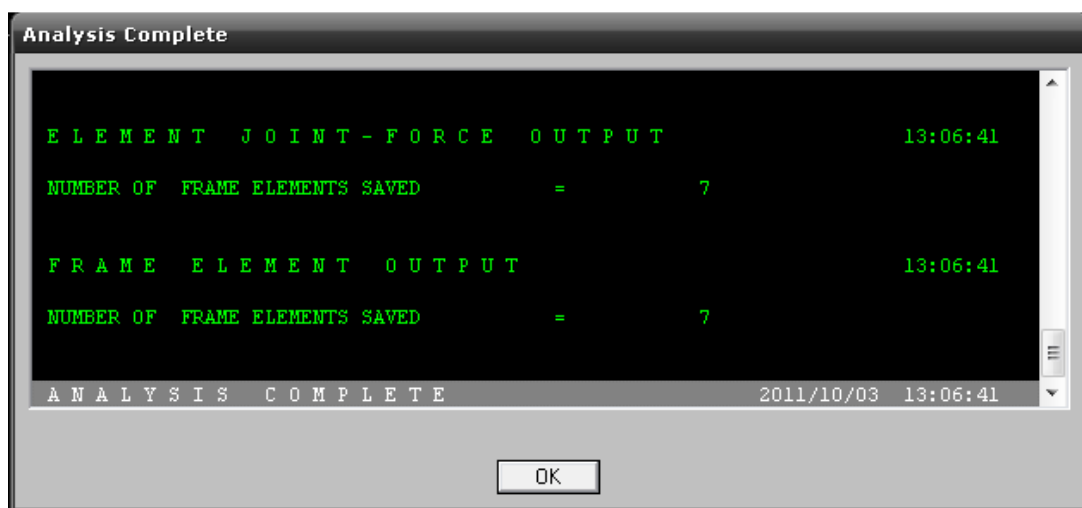


Figura 4.1.50 Ventana SAP2000 una vez se completa el análisis.

Si el análisis ha sido correcto aparecerá en la pantalla gráfica la deformada de la estructura.

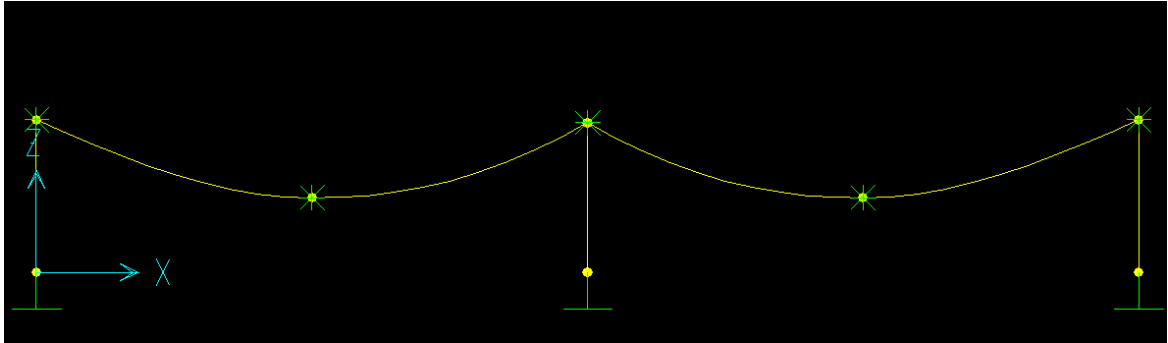


Figura 4.1.51 Pantalla Sap2000 donde se muestra la gráfica de la deformada de la estructura.

Una vez obtenido el resultado, se podrán visualizar los resultados. Para verlos, existen comandos como por ejemplo *Display* → *Show Element Forces* → *Stresses* → *Frame*. Aparecerá la ventana *Member Force Diagram for Frames*, donde se podrán seleccionar las combinaciones que se quieran visualizar en *Load*. En el cuadro *Component* se seleccionará *Axial*, para visualizar los esfuerzos axiales, ó *Shear 2-2*, para visualizar el esfuerzo cortante ó se seleccionará *Moment 3-3*, para observar el momento flector.

En este caso, como ejemplo, se ha seleccionado la carga permanente.

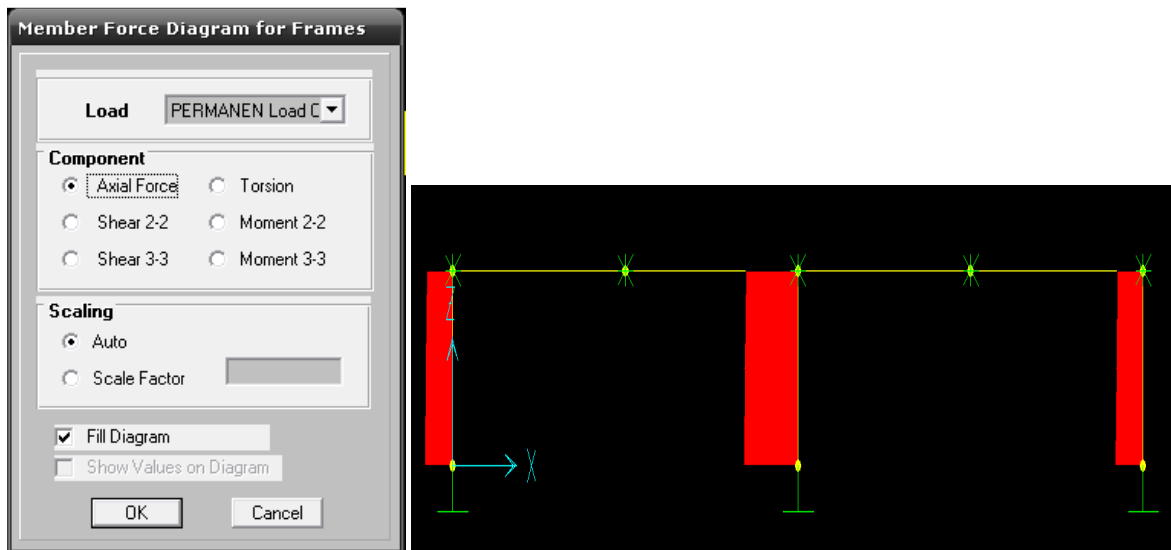


Figura 4.1.52 Ventana SAP2000 donde se representa la fuerza axial para la carga permanente.



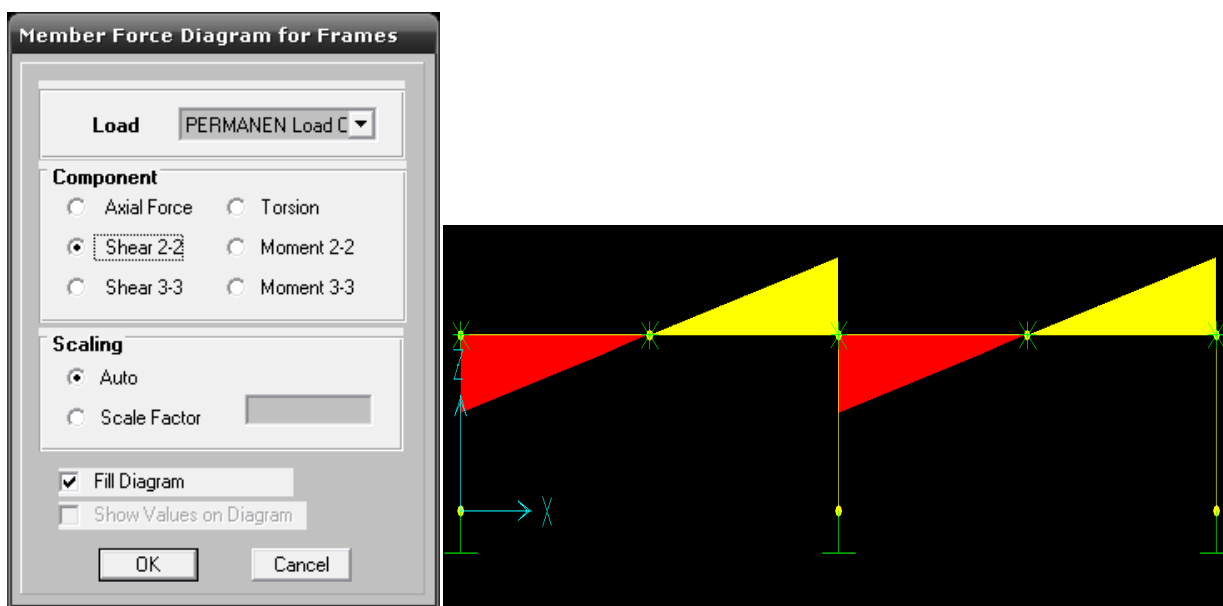


Figura 4.1.53 Ventana SAP2000 donde se representa la fuerza cortante para la carga permanente.

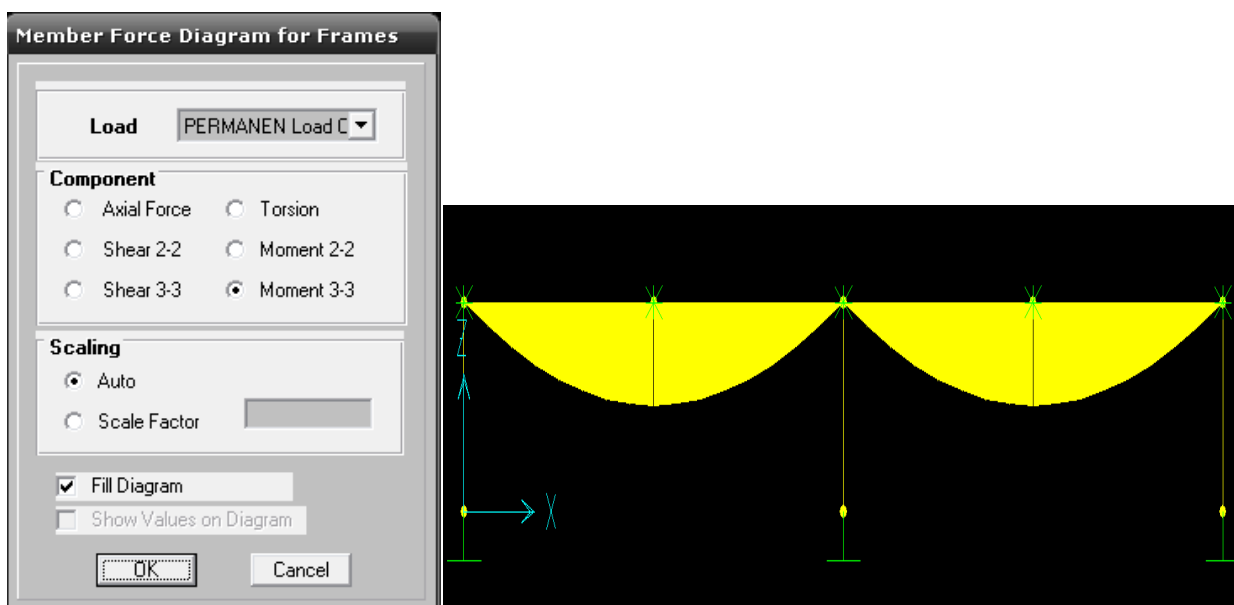


Figura 4.1.54 Ventana SAP2000 donde se representa el momento para la carga permanente.

Una vez se haya ejecutado el comando *Analyze, Run Analysis*, que inicia el proceso de cálculo del programa SAP 2000, para ver los resultados en forma de tablas se pulsará *File → Print Output Tables*.

Se seleccionará en *Type of Analysis Results → Frame Forces* y la opción *Print to File* para que lo exporte a un archivo.

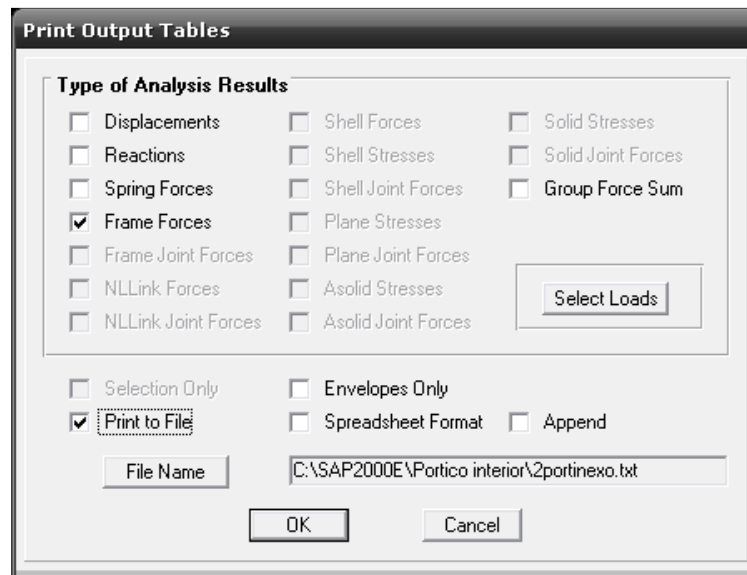


Figura 4.1.55 Ventana SAP2000 "Print Output Tables" donde se pueden seleccionar los datos que quieren exportarse.

Con los datos obtenidos del SAP :

**JÁCENA**

Mayor momento flector positivo	5775,17 kN.m
En la barra	4
Combinación	2
El valor de su esfuerzo axil	0 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	8,97 kN.m
Mayor momento flector positivo	5775,17 kN.m
En la barra	6
Combinación	2
El valor de su esfuerzo axil	0 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	8,97 kN.m
Mayor momento flector negativo	-395,41 kN.m
En la barra	2
Combinación	VIENTO90
El valor de su esfuerzo axil	4,44 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	0 kN.m
Mayor momento flector negativo	-395,41 kN.m
En la barra	3
Combinación	VIENTO90
El valor de su esfuerzo axil	4,44 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	0 kN.m

Mayor momento flector negativo	-395,41 kN.m
En la barra	4
Combinación	VIENTO90
El valor de su esfuerzo axil	-4,44 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	0 kN.m

Mayor momento flector negativo	-395,41 kN.m
En la barra	6
Combinación	VIENTO90
El valor de su esfuerzo axil	-4,44 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	0 kN.m

### **PILARES**

Mayor momento axil de compresión	-1908,56 kN.m
En la barra	8
Combinación	1
El valor de su esfuerzo cortante	-2,54 kN.m
El valor de su esfuerzo flector	17,79 kN.m

Mayor momento flector positivo	44,42 kN.m
En la barra	1
Combinación	4
El valor de su esfuerzo cortante	14,81 kN.m
El valor de su esfuerzo axil	-880,67 kN.m

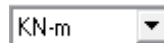
Mayor momento flector positivo	44,42 kN.m
En la barra	1
Combinación	7
El valor de su esfuerzo cortante	14,81 kN.m
El valor de su esfuerzo axil	-461,12 kN.m
Mayor momento flector positivo	44,42 kN.m
En la barra	7
Combinación	4
El valor de su esfuerzo cortante	-14,81 kN.m
El valor de su esfuerzo axil	-938,42 kN.m
Mayor momento flector positivo	44,42 kN.m
En la barra	7
Combinación	7
El valor de su esfuerzo cortante	-14,81 kN.m
El valor de su esfuerzo axil	-518,87 kN.m
Mayor momento flector negativo	-139,75 kN.m
En la barra	1
Combinación	9
El valor de su esfuerzo cortante	-46,59 kN.m
El valor de su esfuerzo axil	-435,54 kN.m
Mayor momento flector negativo	-139,75 kN.m
En la barra	1

Combinación	6
El valor de su esfuerzo cortante	-46,59 kN.m
El valor de su esfuerzo axil	-855,09 kN.m
Mayor momento flector negativo	-139,75 kN.m
En la barra	7
Combinación	9
El valor de su esfuerzo cortante	46,59 kN.m
El valor de su esfuerzo axil	-435,54 kN.m
Mayor momento flector negativo	-139,75 kN.m
En la barra	7
Combinación	6
El valor de su esfuerzo cortante	46,59 kN.m
El valor de su esfuerzo axil	-855,09 kN.m

## 4.2 PÓRTICO HASTIAL SAP2000

Se inicia el programa SAP2000.

Primero se seleccionarán las unidades apropiadas en la lista desplegable de la línea de estado (abajo a la derecha). En este caso se emplearán metros (m) y kilonewton (kN). Debe recordarse que el sistema de unidades de SAP2000 es un sistema técnico que utiliza como magnitudes fundamentales longitud, fuerza y tiempo.



Se abrirá un nuevo modelo mediante *File*→*New model*, aparecerá la ventana *Coordinate System Definition* (Definición del sistema de referencia). El programa SAP creará una retícula de líneas auxiliares, cuyo conjunto se denominará rejilla, que servirán para la definición geométrica de la estructura. Deberá definirse el número de espacios de la rejilla (*Number of Grid Spaces*) y el espaciamiento de las líneas Grid (*Grid Spacing*).

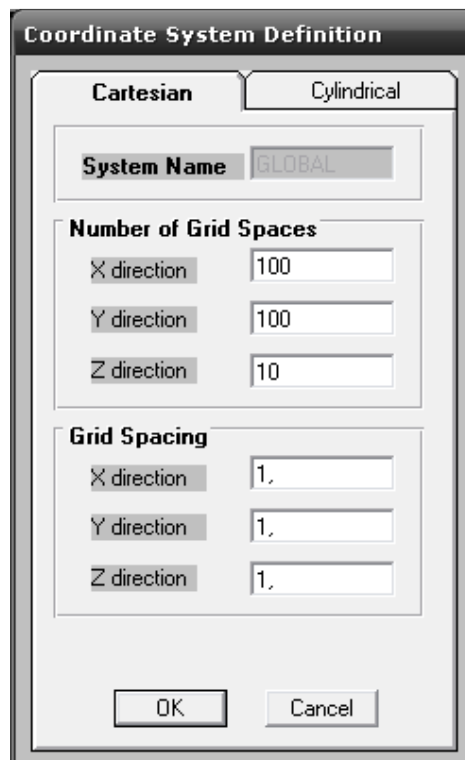


Figura 4.2.1 Ventana inicial para definir el sistema.

Una vez se haya definido el número de espacios de la rejilla y se acepte, se creará una pantalla donde se seleccionará la vista del plano XZ para trabajar en él.

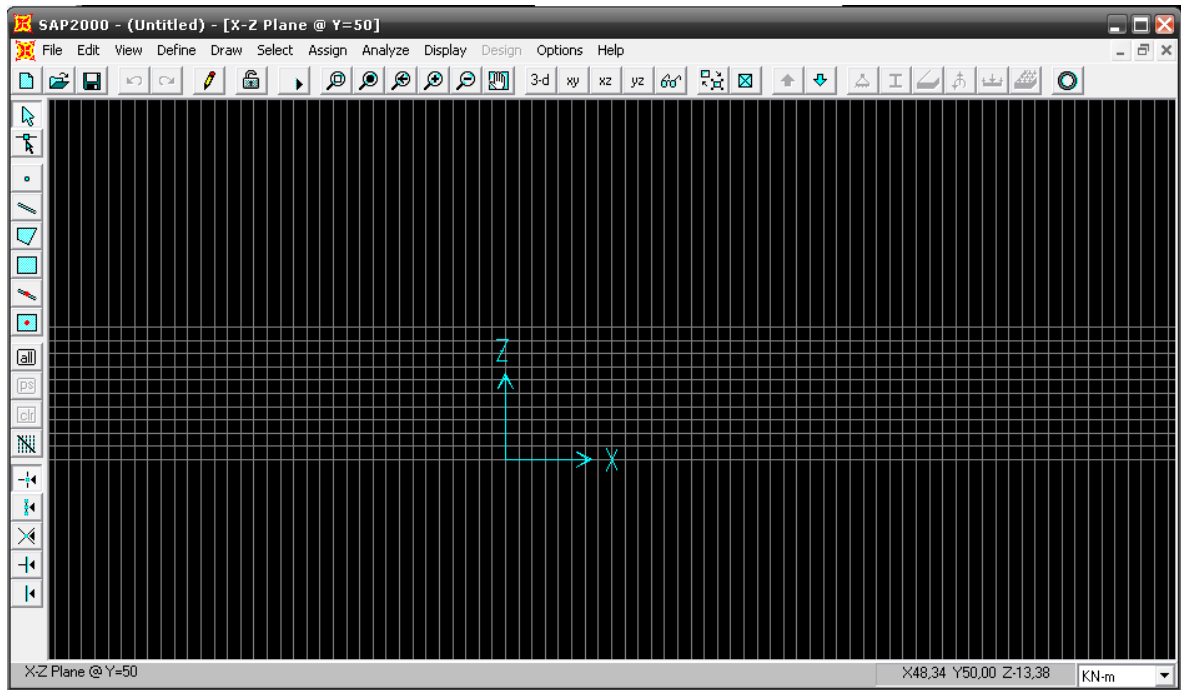


Figura 4.2.2 Ventana de trabajo SAP2000.

El pórtico hastial tiene 49,5 metros de luz entre ejes de pilares exteriores, se trata de una cubierta a dos aguas múltiple, en este caso en vez de ser una Viga Delta es una jácena rectangular. Por lo que los pilares exteriores tendrán una altura de 7 metros, bajo la jácena rectangular, aunque habrá dos pilares intermedios que tendrán una altura superior a 7 metros.

Se introducirán las barras para dibujar el modelo con *Draw Frame Element*, que se podrá encontrar en el menú de herramientas de la izquierda.

Se observará que el programa SAP asigna por defecto una sección predefinida a cada barra.



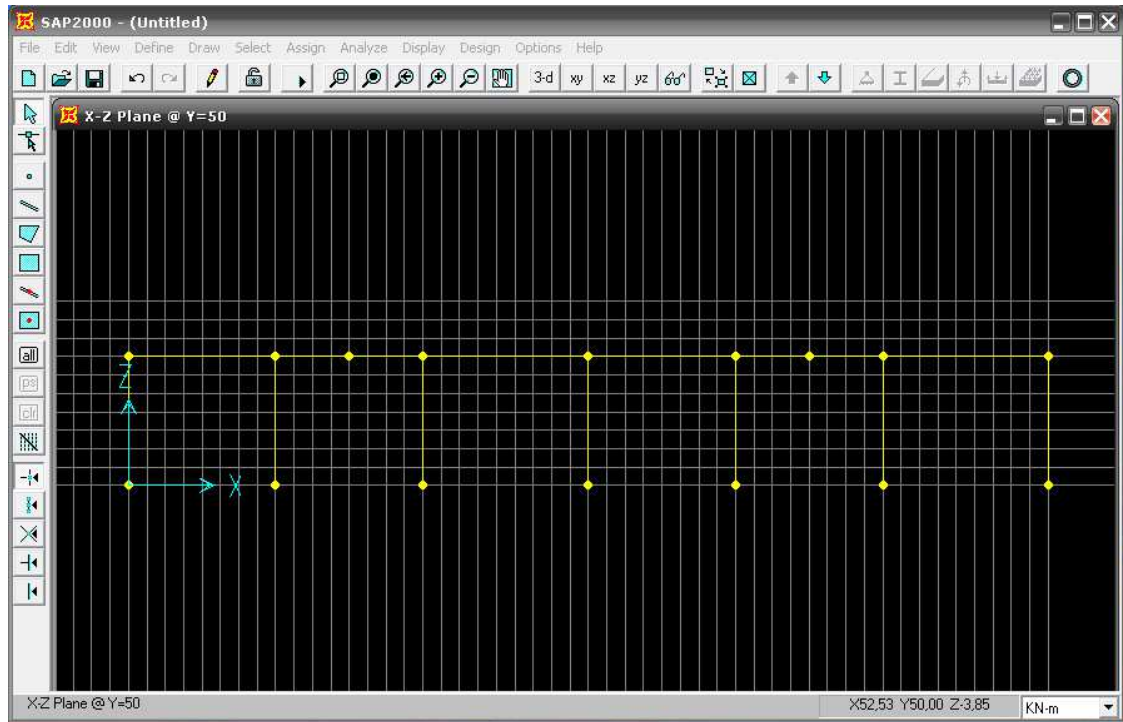


Figura 4.2.3 Ventana SAP2000 con el pórtico hastial dibujado.

Una vez esté la estructura del pórtico hastial dibujada se podrá modificar la posición de los nudos, variando automáticamente la longitud de las barras.

Para cambiar la posición de los nudos no hay más que pulsar con el botón derecho del ratón en un nudo y aparecerá una ventana como la siguiente.

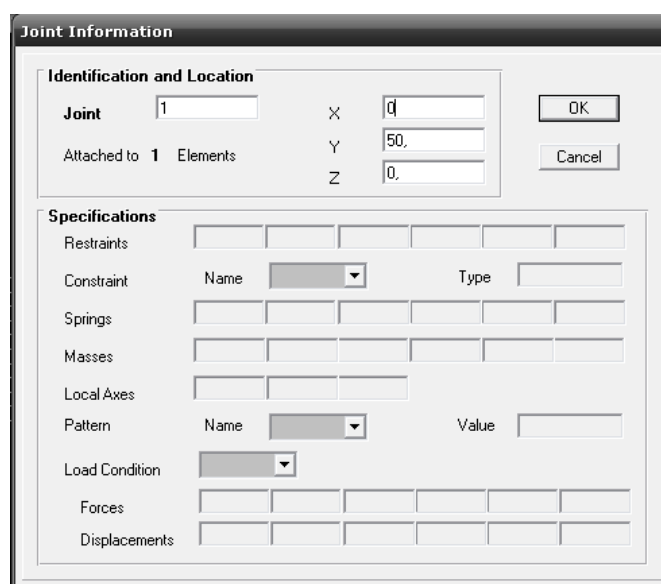


Figura 4.1.4 Ventana SAP2000 para definir los nudos del pórtico hastial.

La posición de cada coordenada en cada nudo para el pórtico hastial será la siguiente:

Nudo 1:	X=0;	Y=50;	Z=0
Nudo 2:	X=0;	Y=50;	Z=7
Nudo 3:	X=8,15;	Y=50;	Z=7,825
Nudo 4:	X=12,375;	Y=50;	Z=8,237
Nudo 5:	X=16,5;	Y=50;	Z=7,825
Nudo 6:	X=24,75;	Y=50;	Z=7
Nudo 7:	X=24,75;	Y=50;	Z=0
Nudo 8:	X=8,25;	Y=50;	Z=0
Nudo 10:	X=16,5;	Y=50;	Z=0
Nudo 11:	X=33;	Y=50;	Z=7,825
Nudo 12:	X=33;	Y=50;	Z=0
Nudo 13:	X=37,125;	Y=50;	Z=8,237
Nudo 14:	X=41,25;	Y=50;	Z=7,825
Nudo15:	X=41,25;	Y=50;	Z=0
Nudo 16:	X=49,5;	Y=50;	Z=7
Nudo 17:	X=49,5;	Y=50;	Z=0

Una vez se hayan modificado las posiciones de los nudos, el aspecto del pórtico hastial en la pantalla del programa será como la que se muestra a continuación.

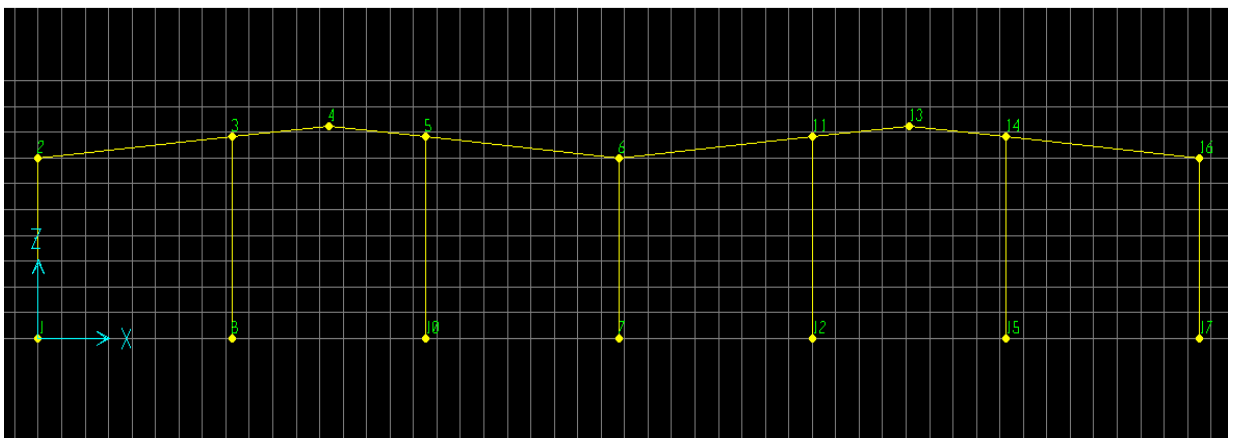


Figura 4.2.5 Ventana SAP2000 con la numeración de los nudos del pórtico hastial.

Se seleccionarán aquellos nudos que tengan las mismas condiciones de contorno, y en *Assign* → *Joint* → *Restraints*, se podrán definir los nudos que estén en el suelo. Aparecerá una pantalla como la siguiente.

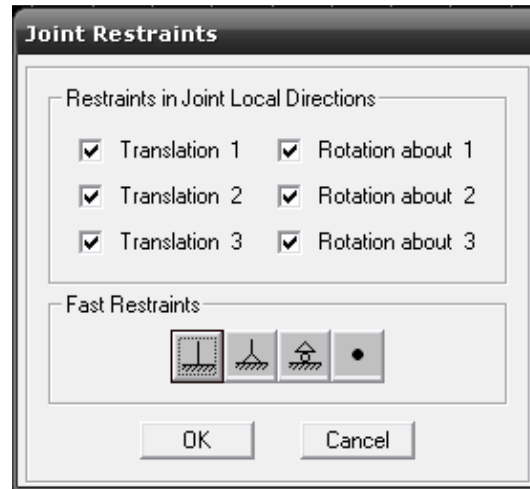


Figura 4.2.6 Ventana SAP2000 para introducir las restricciones de los nudos de la base del pórtico hastial.

En dicha ventana se marcarán las seis restricciones, ya que los nudos situados en el suelo son empotramientos, de esta forma se eliminará por completo la posibilidad de movimiento de un sólido respecto a otro.

De la misma manera se seleccionarán los nudos de la barra de cubierta y los pilares, se irá a *Assign* → *Joint* → *Restraints* donde aparecerá:

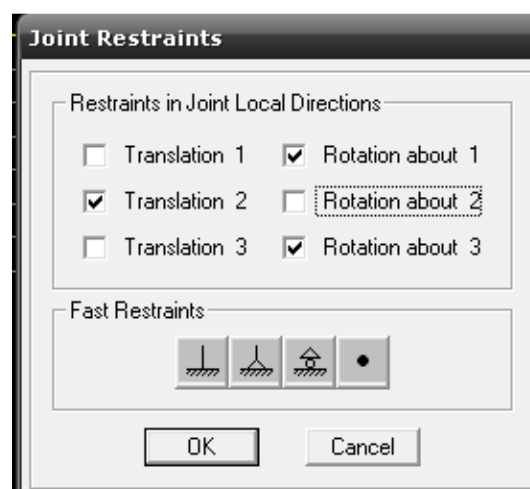


Figura 4.2.7 Ventana SAP2000 para introducir las restricciones de los nudos del pórtico hastial.

En este caso se seleccionarán Translation 2, y Rotation 1 y 3, puesto que son nudos rígidos. La restricción de estos nudos hace que la estructura no gire y garantice estabilidad frente a acciones horizontales.

Los nudos rígidos permiten utilizar la prefabricación de elementos de hormigón armado para construir las estructuras de cualquier edificio de modo eficaz.

Una vez definidos todos los nudos para el pórtico hastial, la pantalla de trabajo del SAP aparecerá de la siguiente manera.

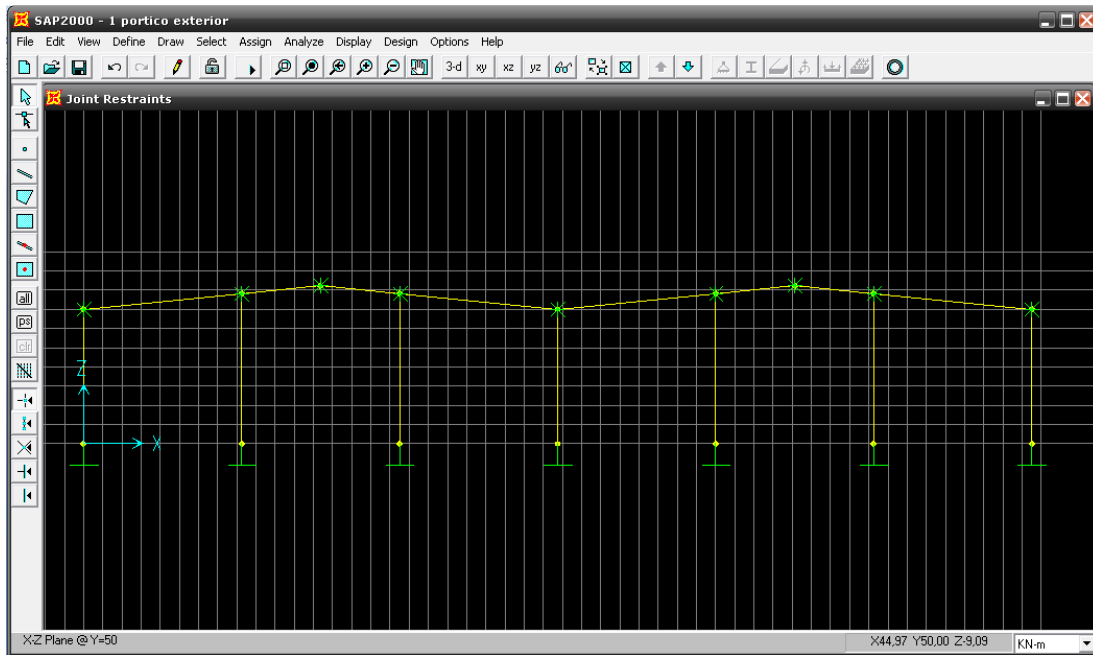


Figura 4.2.8 Ventana SAP2000 con el pórtico hastial dibujado una vez determinada la posición de todos los nudos.

Para definir el material del que se va realizar la estructura, se irá a *Define* → *Materials*, en este caso como la nave será de hormigón se seleccionará CONC (Concrete).

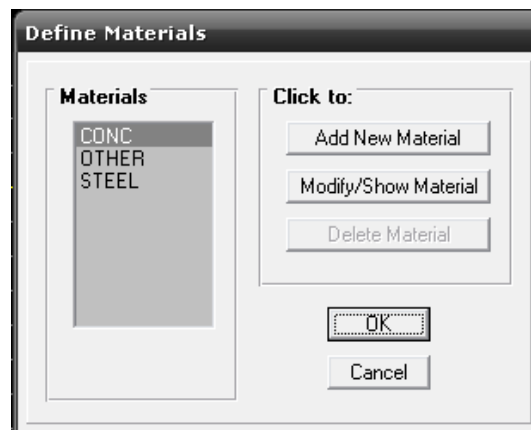


Figura 4.1.9 Ventana SAP2000 para definir el material.

A continuación se deberá definir el material para los pilares del pórtico hastial, para ello en *Define* → *Frame Sections*, aparecerá la siguiente ventana.

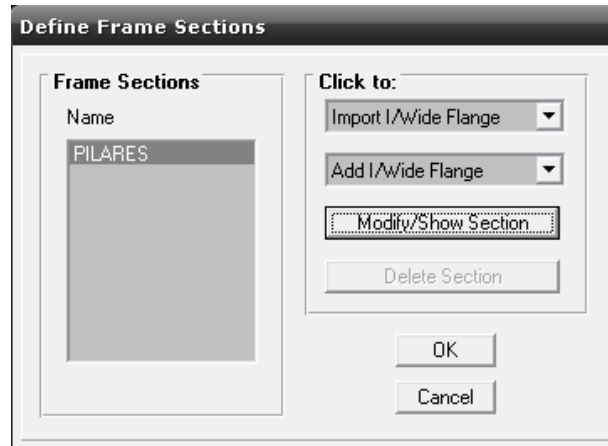


Figura 4.2.10 Ventana SAP2000 para definir el material de los pilares del pórtico hastial.

En la ventana anterior se marcará *Modify/Show Section* y se abrirá otra como la que se muestra en la imagen siguiente.

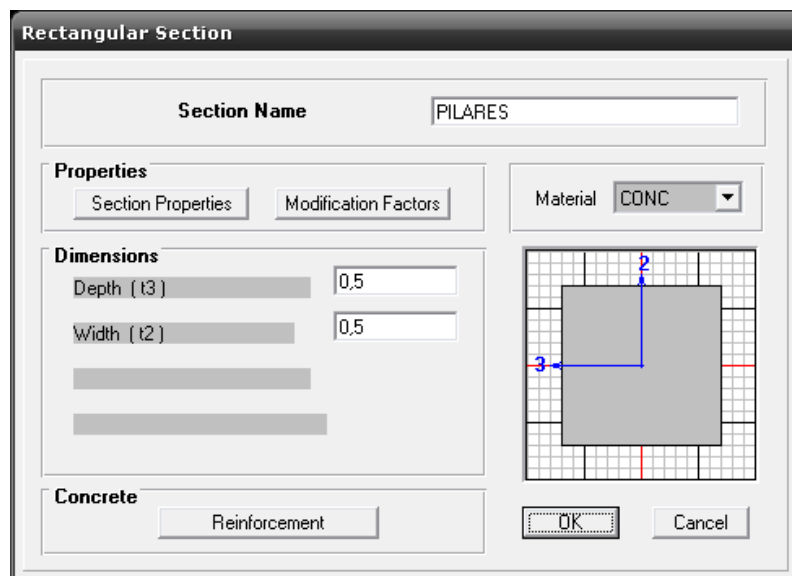


Figura 4.2.11 Ventana SAP2000 para introducir las dimensiones de los pilares del pórtico hastial.

En *Section Name* se introducirá el nombre que se le quiere asignar "PILARES". En la opción de *Material* se seleccionará CONC ya que los pilares serán de hormigón y en el apartado de *Dimensions* se deberá introducir las dimensiones del pilar. En *Depth* se pondrá la profundidad del pilar y en *Width* la medida del ancho del pilar.

Ahora se definirá el material para la jácena rectangular del pórtico hastial.

Para los pórticos hastiales la jácena es armada y rectangular 20/60 del fabricante Prainsa, por tanto antes de introducir las dimensiones se deberá consultar el catálogo de la empresa para saber las medidas de la jácena.

En este caso se desplegará la pestaña *Add/Wide Flange* y se seleccionará *Add rectangular*, para añadir otro elemento, al que se le llamará “JÁCENA”.

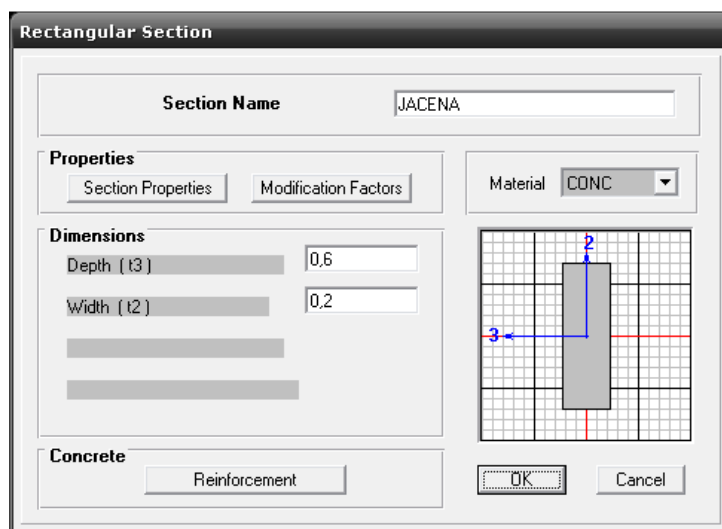


Figura 4.2.12 Ventana SAP2000 para introducir las dimensiones de la jácena del pórtico hastial.

En *Section Name*, se introducirá el nombre que se le quiera asignar “JÁCENA”. En la opción de *Material* deberá seleccionarse CONC, ya que la jácena armada también será de hormigón y en el apartado de *Dimensions* se introducirán los valores de *Depth* (profundidad) y *Width* (la anchura) que indica el catálogo.

De esta manera, en la pantalla principal de *Define Frame Sections* quedarán definidos los perfiles que se tendrán en la estructura.

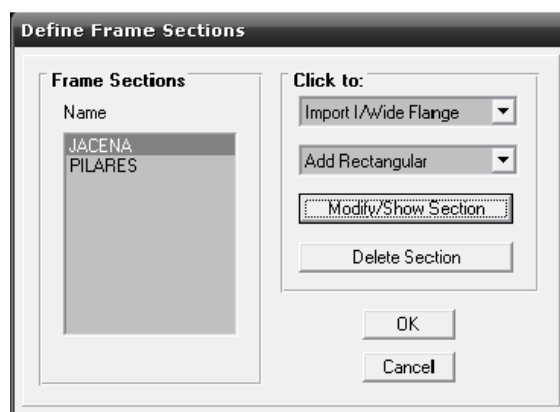


Figura 4.2.13 Ventana SAP2000 “Define Frame Sections”.

Una vez se tienen definidos los perfiles, tanto para los pilares como para la jácena, sólo quedará asignar a cada elemento del pórtico hastial su correspondiente perfil.

Para ello se seleccionarán los pilares de la figura y mediante *Assign* → *Frame* → *Sections*, se le podrá asignar su perfil correspondiente.

Lo mismo se hará con las barras de la jácena.

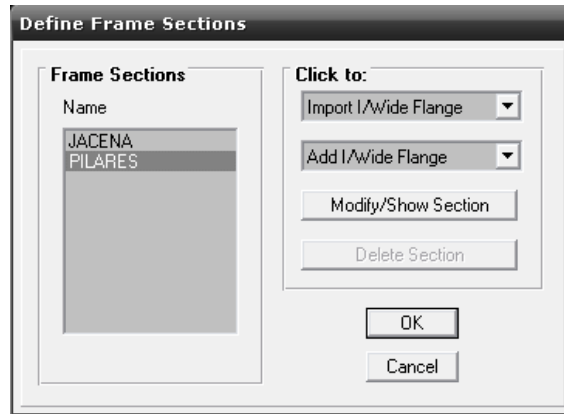


Figura 4.2.14 Ventana SAP2000 "Define Frame Sections".

Una vez definidas todas las barras y pilares, en la pantalla del SAP aparecerá la figura del pórtico hastial de la forma siguiente.

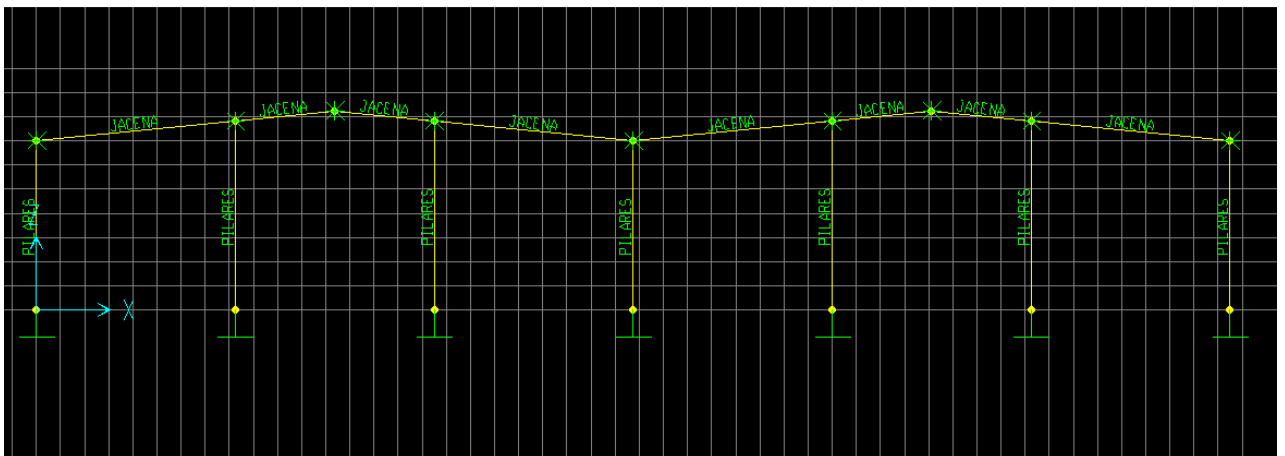


Figura 4.2.15 Ventana SAP2000 con la nomenclatura de las partes del pórtico hastial.

Para definir las cargas que van a actuar sobre el pórtico hastial, se irá al menú *Define* → *Static load cases* y aparecerá una ventana igual que la siguiente.

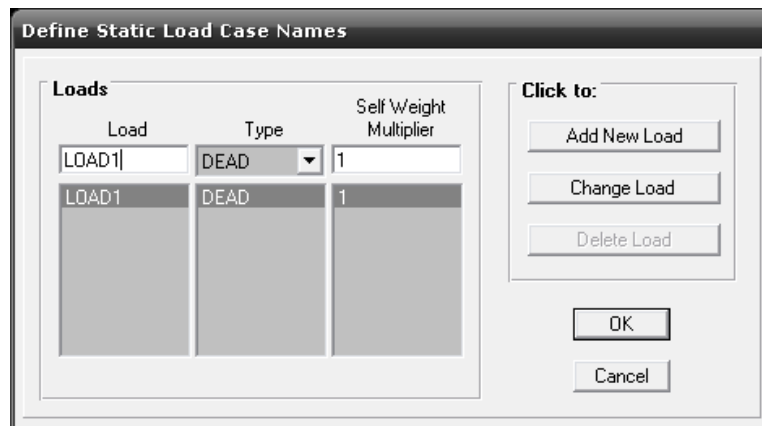


Figura 4.2.16 Ventana SAP2000 "Define Static Load Case Names" donde se definirán todas las cargas que actuarán sobre el pórtico hastial.

Se introducirán las nuevas cargas, en este caso, la carga permanente (PERMANEN), la carga de nieve (NIEVE), la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  con sus dos hipótesis (VIENTO00A y VIENTO00B) y la carga de viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$  (VIENTO90).

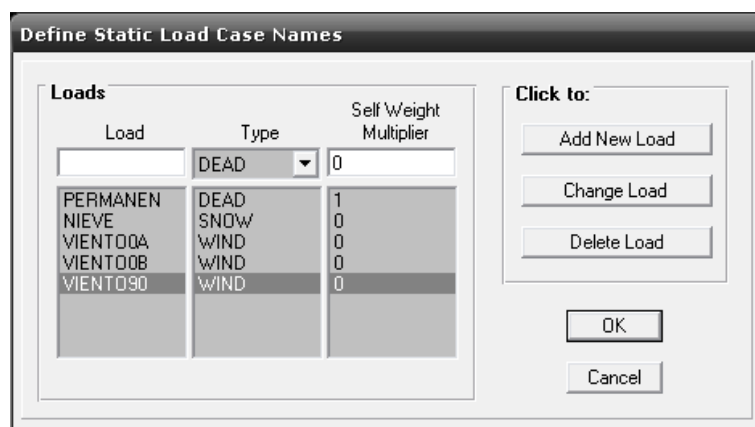


Figura 4.2.17 Ventana SAP2000 "Define Static Load Case Names" con las cargas que afectan al pórtico hastial.

Para añadir las cargas se cumplimentarán los distintos campos:

En el campo *Load* se escribirá el nombre de la carga, por ejemplo VIENTO00A (viento  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  Hipótesis "A") y en el campo *Type* se deberá seleccionar cada tipo de carga con su correspondiente.

- Para la carga de viento "WIND".
- Para la carga de nieve "SNOW".
- Para la carga permanente "DEAD".

Para añadir una nueva carga se pulsará el botón *Add New Load*.



El coeficiente *Self Weight Multiplier* de valores 1 ó 0 sirve para considerar en la carga el peso del perfil que se haya asignado a cada barra. Si es un 1 se tendrá en cuenta el peso del perfil y si es un 0 no.

Por tanto en todas las cargas se introducirá un 0, excepto en la carga permanente que será un 1.

La sobrecarga de uso no se introducirá ya que tiene un valor menor que el de la carga de nieve y por lo tanto las combinaciones se harán con la carga de viento y nieve.

Una vez estén definidas todas las cargas que se tendrán, se podrán colocar las cargas, que en este caso habrán sido calculadas en apartados anteriores manualmente.

#### 4.2.1 JACENA

Se seleccionarán las barras que forman la jácena del pórtico hastial.

Una vez seleccionadas las barras se irá a la pestaña del menú *Assign* → *Frame Static Loads* → *Point and Uniform*.

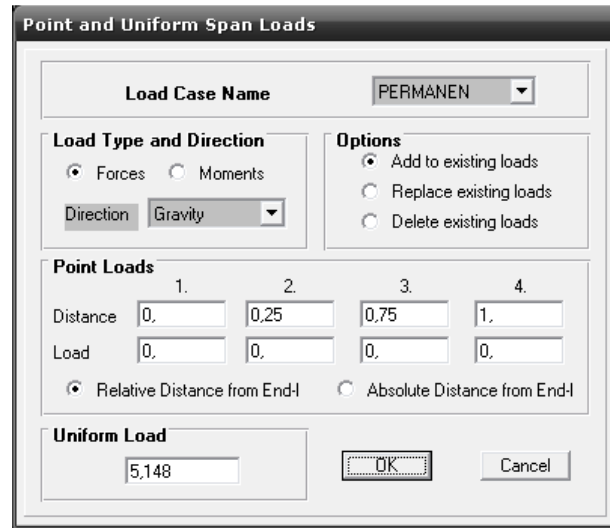


Figura 4.2.18 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

La primera carga que se introducirá es la Carga Permanente, para ello en *Load Cases Name*, desplegando la pestaña, se marcará la carga correspondiente. En este caso PERMANEN.

En el campo *Load Type and Direction*, se marcará la opción *Forces*.

La dirección elegida será *Gravity*, para las cargas situadas en la jácena del pórtico hastial. Como la carga es uniforme, está distribuida de igual forma a lo largo de toda la barra.

En el campo *Uniform Load* se introducirá el valor de la carga donde dependiendo de si es carga de succión o de presión se pondrá su signo correspondiente.

Una vez pulsado OK aparecerá en la pantalla de trabajo del programa SAP el dibujo de la estructura con la carga permanente.

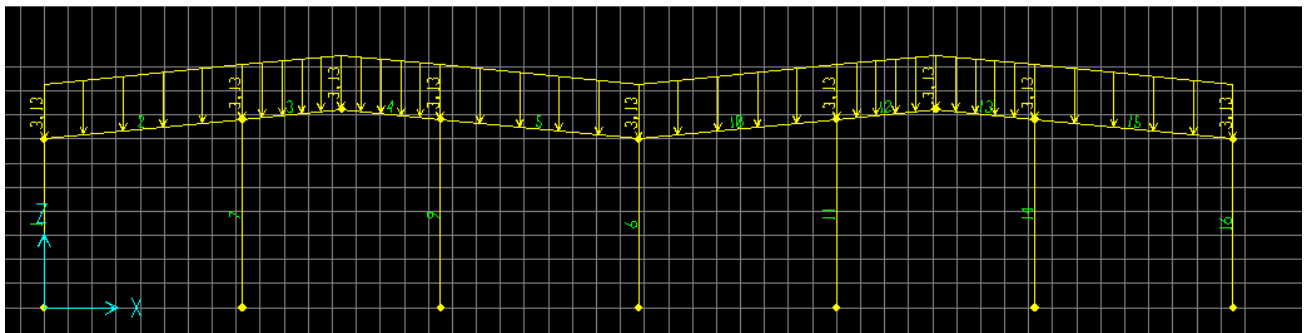


Figura 4.2.19 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga permanente.

Se deberá realizar este paso con todas las cargas que actuarán sobre el pórtico hastial.

Para el caso de la carga de nieve.

**Point and Uniform Span Loads**

Load Case Name: NIEVE

Load Type and Direction:  
☒ Forces ☐ Moments  
 Direction: Gravity

Options:  
☒ Add to existing loads  
☐ Replace existing loads  
☐ Delete existing loads

Point Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.25	0.75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

Uniform Load: 2.921

OK Cancel

Figura 4.2.20 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

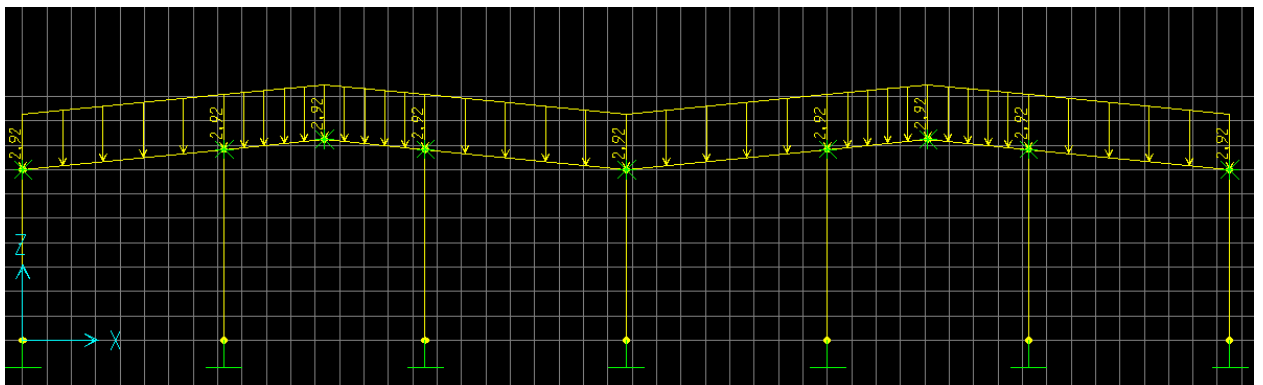


Figura 4.2.21 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de nieve.

Para el viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A) de los faldones izquierdos 1 y 2.

Figura 4.2.22 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

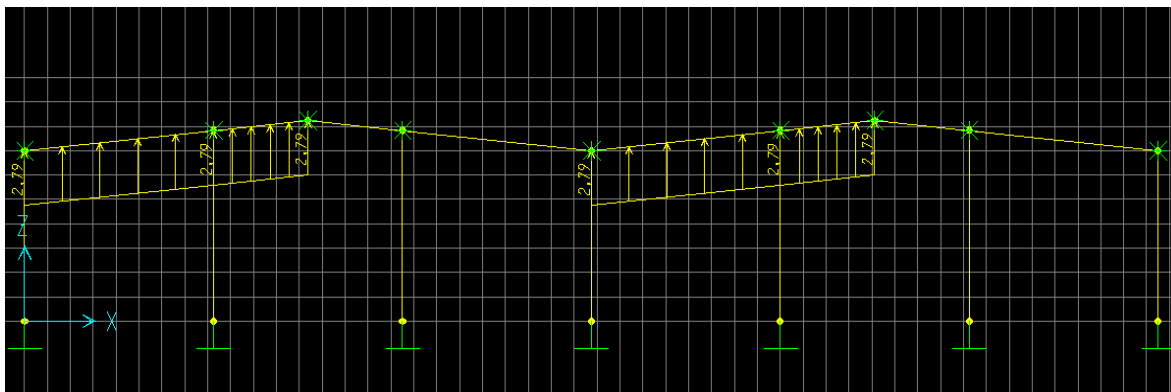


Figura 4.2.23 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A), para el faldón izquierdo.

Para el viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A) del faldón derecho 1.

Figura 4.2.24 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

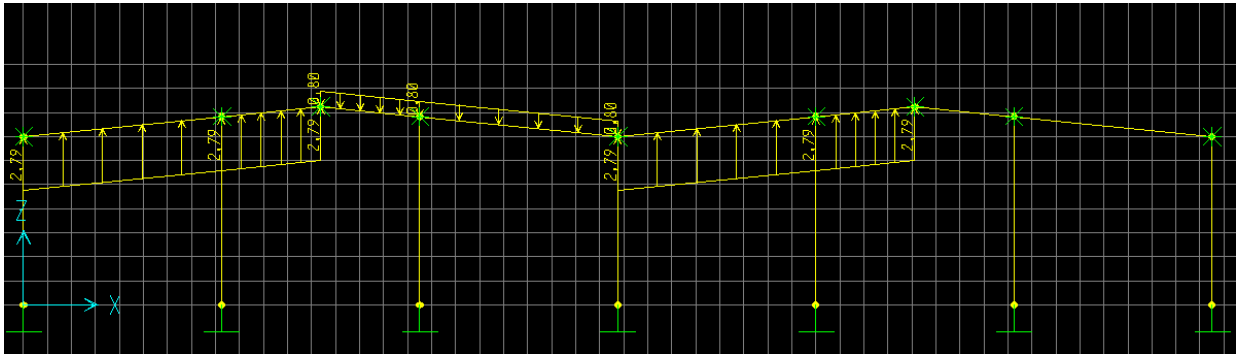


Figura 4.2.25 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$  (Hipótesis A), para el faldón derecho de la nave de la izquierda.

Para el viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A) del faldón derecho 2.

**Point and Uniform Span Loads**

**Load Case Name** VIENTOQA

**Load Type and Direction**

☒ Forces ☐ Moments

Direction Gravity

**Options**

☒ Add to existing loads  
☐ Replace existing loads  
☐ Delete existing loads

**Point Loads**

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.25	0.75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

**Uniform Load**

0.481

OK Cancel

Figura 4.2.26 Ventana SAP2000 “Point and Uniform Span Loads” donde se elegirá la carga y su valor.

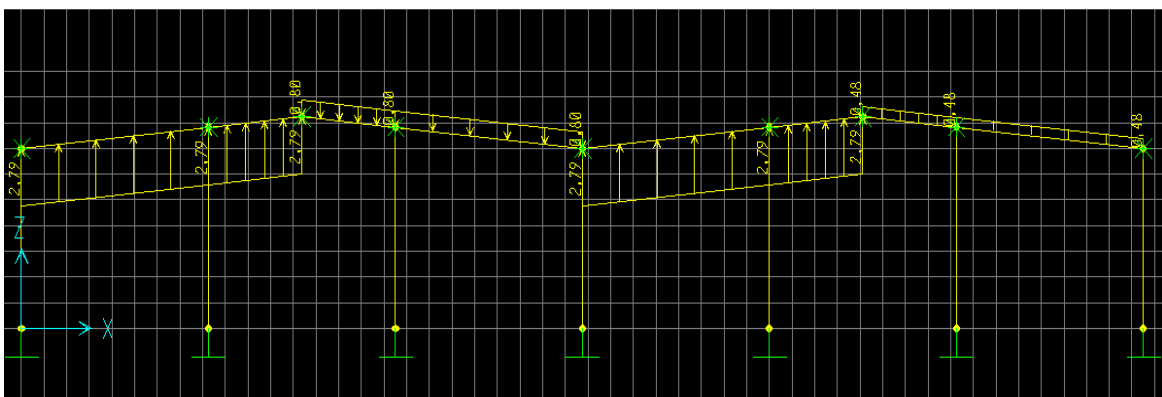


Figura 4.2.27 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis A), para el faldón derecho de la nave de la derecha.

Para el viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis B) en el faldón derecho 1.

Figura 4.2.28 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

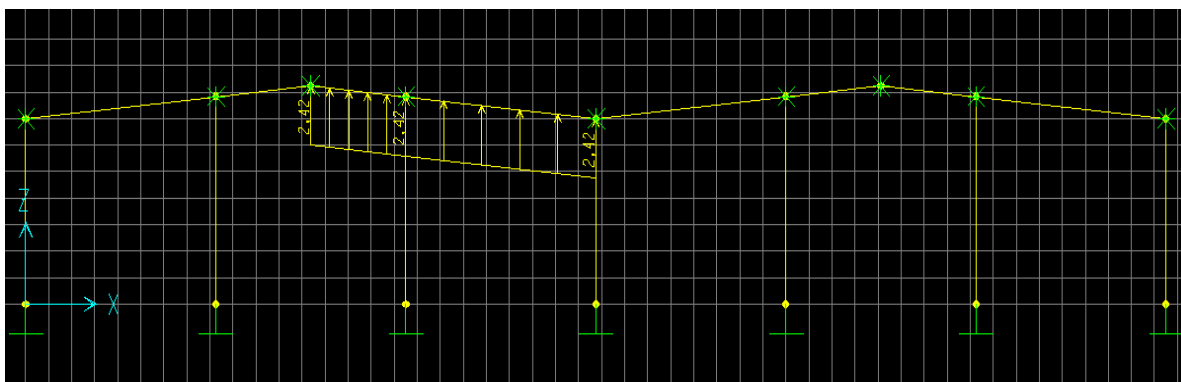


Figura 4.2.29 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis B), para el faldón derecho de la nave de la izquierda.

Para el viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis B) en el faldón derecho 2.

Figura 4.2.30 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

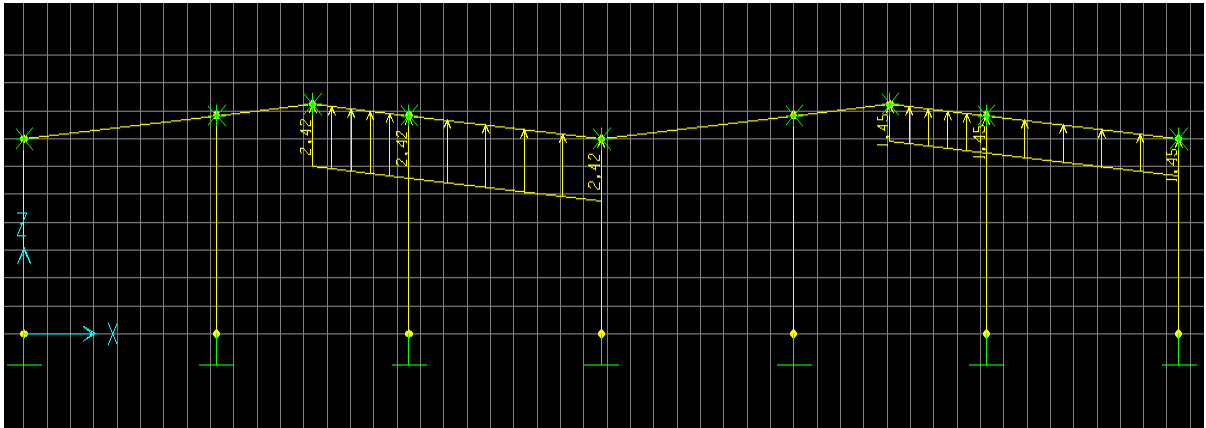


Figura 4.2.31 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  (Hipótesis B), para el faldón derecho de la nave de la derecha.

Para el viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$

Figura 4.2.32 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

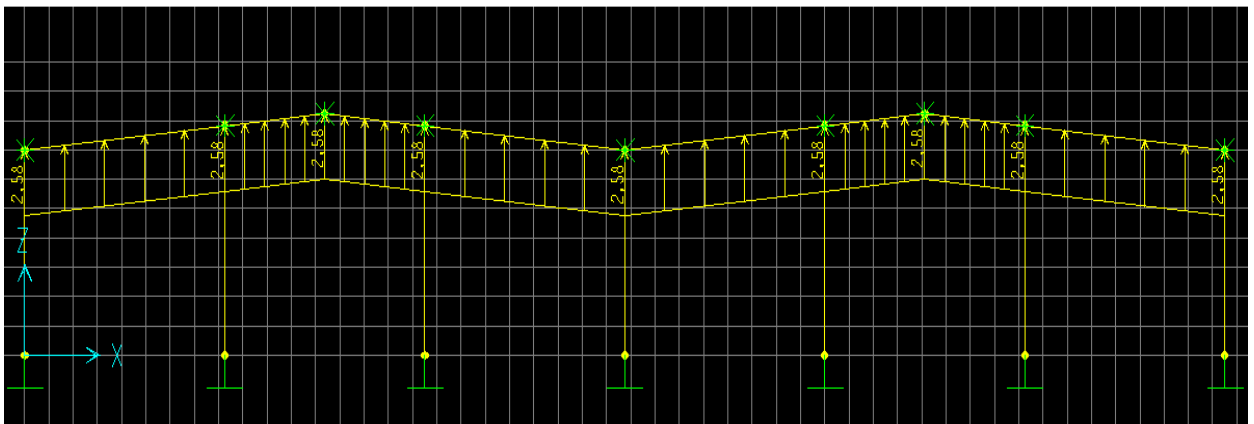


Figura 4.2.33 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$ .

#### 4.2.2 PILARES

Ahora se seleccionarán los pilares del pórtico hastial. Una vez estén seleccionados los pilares se irá a la pestaña del menú *Assign* → *Frame Static Loads* → *Point and Uniform*.

Para el caso del viento a  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ .

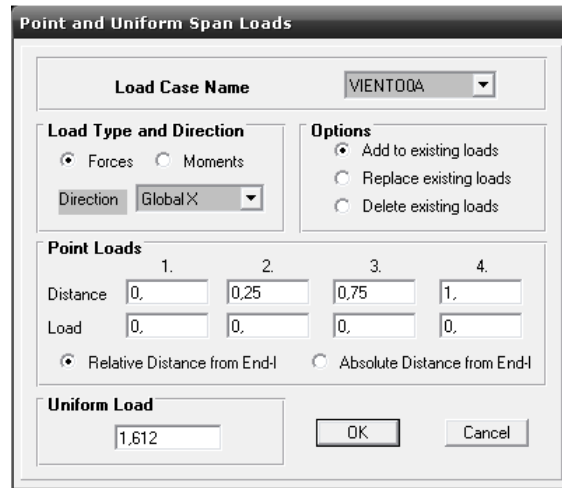


Figura 4.2.34 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

Lo primero que se hará en la ventana anterior será seleccionar la carga en *Load Cases Name*, desplegando la pestaña se podrá marcar la carga correspondiente. En este caso VIENTO00A.

En el campo *Load Type and Direction*, se marcará la opción *Forces*.

La dirección elegida será *Global X* en el caso de introducir la carga en los pilares, ya que las cargas son perpendiculares a la barra de cubierta. Como la carga es uniforme, estará distribuida de igual forma a lo largo de toda la barra, en el campo *Uniform Load* se introducirá el valor de la carga donde dependiendo si la carga es de succión o de presión se indicará su signo correspondiente.

Una vez pulsado OK aparecerá en la pantalla del programa SAP el dibujo de la estructura del pórtico hastial con la carga permanente.

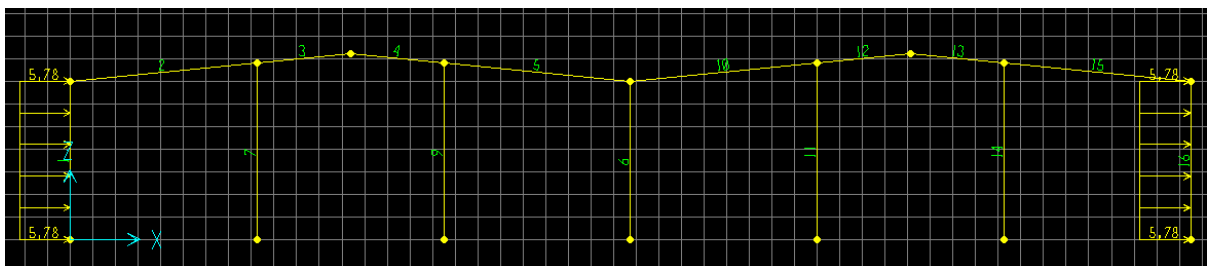


Figura 4.2.35 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$  en los pilares de la nave para la zona D.



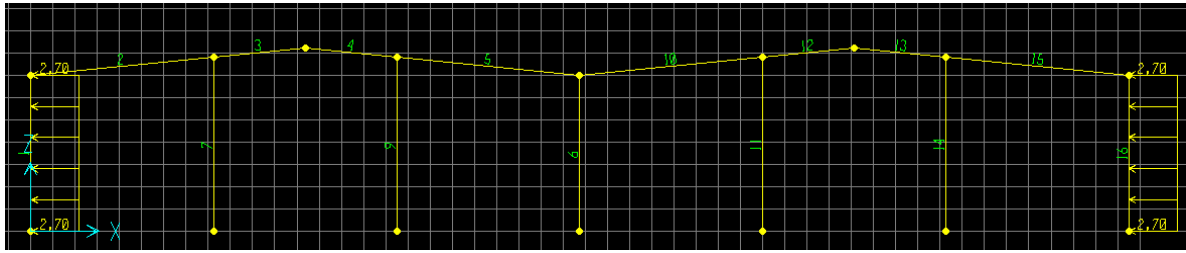


Figura 4.2.36 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$  en los pilares de la nave para la zona E.

Para el viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$  se tendrá que distinguir entre los pilares exteriores y pilares intermedios del pórtico hastial.

Para el primer caso, pilares exteriores del pórtico.

Figura 4.2.37 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

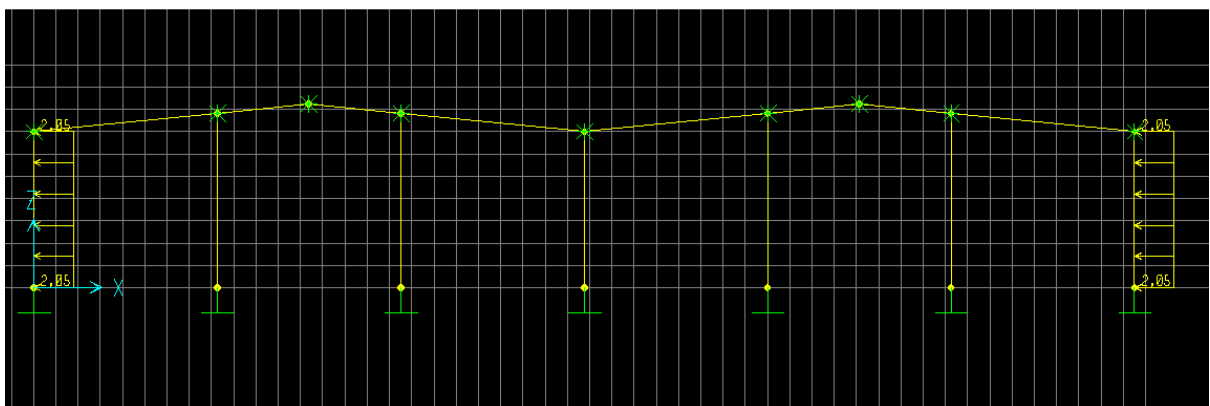


Figura 4.2.38 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$  en los pilares exteriores de la nave.

Para el caso de los pilares intermedios del pórtico hastial.

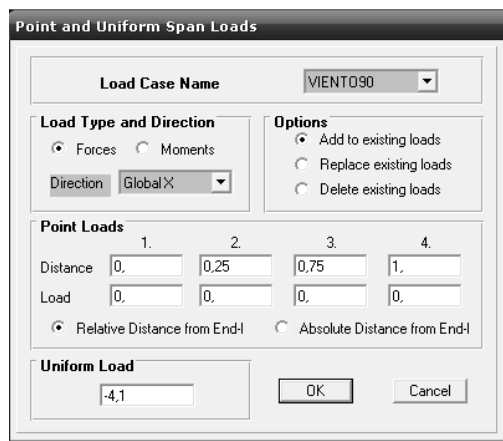


Figura 4.2.39 Ventana SAP2000 "Point and Uniform Span Loads" donde se elegirá la carga y su valor.

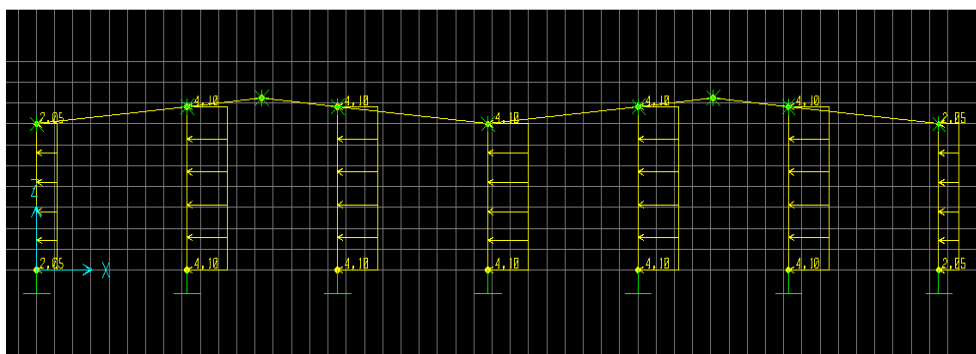


Figura 4.2.40 Ventana SAP2000 donde aparece el pórtico hastial con la carga de viento a  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$  en los pilares internos de la nave.

Para poder visualizar todas las cargas que se hayan introducido en el pórtico hastial se irá a la opción *Display* → *Show Loads* → *Frame*.

Si se quiere tener una vista del pórtico hastial en 3D solo hay que ir a *View* → *Set Elements* donde aparecerá:

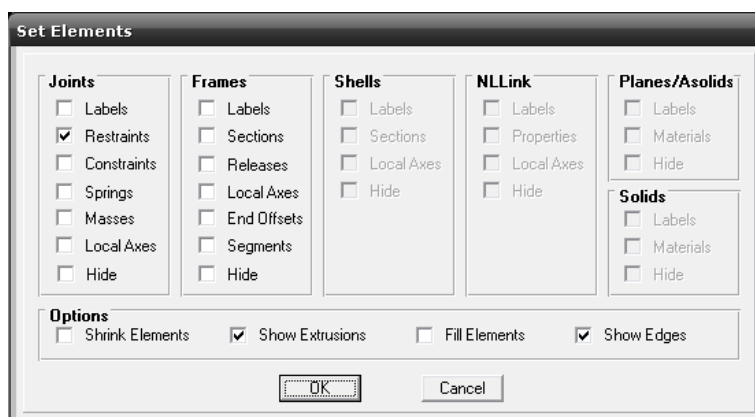


Figura 4.2.41 Ventana SAP2000 "Set Elements".

La ventana muestra distintos grupos de elementos que podrán ser visualizados.

- En el grupo *Joints*:

La opción *Labels* sirve para ver u ocultar el número que tiene asignado cada nudo, la opción *Restraints* visualiza simbólicamente las restricciones al movimiento que tienen los distintos nudos.

- En el grupo *Frames*

La opción *Labels* para ver u ocultar el número asignado a cada barra, la opción *Sections* es para ocultar o visualizar el tipo de perfil definido para cada barra.

Si se selecciona la *Options* → *Show Extrusions* de la ventana de *Set Elements* y después se marcará la pestaña de 3D en la barra de herramientas superior, de esta forma se asegurará que los perfiles están puestos de forma correcta.

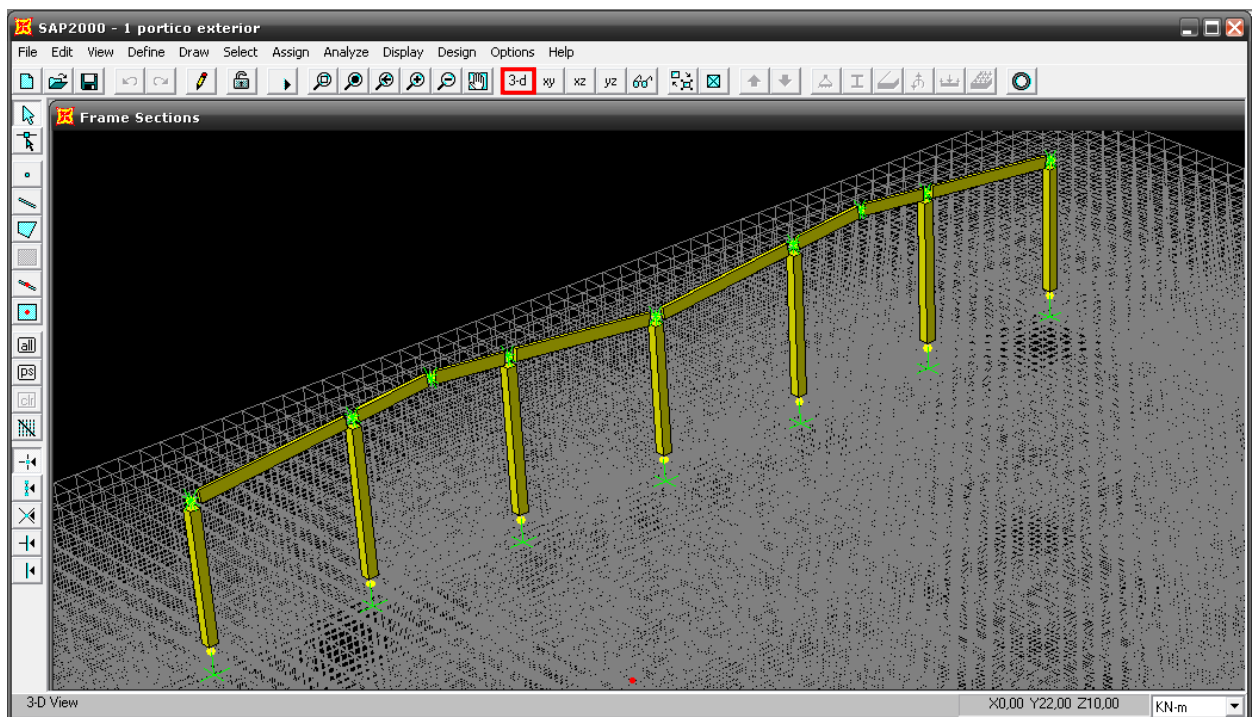


Figura 4.2.42 Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico hastial en 3D.

**4.2.3 COMBINACIONES**

Se introducirán en el programa las combinaciones que se quieren hacer, teniendo en cuenta los valores de las tablas del CTE.

**Coeficientes de seguridad según DB-SE**

Tipo de verificación		Desfavorable	Favorable
Resistencia	Permanente	1,35	0,80
	Variable	1,50	0
Estabilidad	Permanente	1,35	0,80
	Variable	1,50	0

**Coeficientes de seguridad según EHE**

Tipo de verificación		Desfavorable	Favorable
Resistencia	Permanente	1,50	1
	Variable	1,60	0
Estabilidad	Permanente	1,50	1
	Variable	1,60	0

**Coeficientes de simultaneidad según DB-SE**

Sobrecargas de uso	$\psi_0 = 0,70$	$\psi_1 = 0,50$	$\psi_2 = 0,30$
Sobrecargas de nieve	$\psi_0 = 0,50$	$\psi_1 = 0,20$	$\psi_2 = 0$
Sobrecargas de viento	$\psi_0 = 0,60$	$\psi_1 = 0,50$	$\psi_2 = 0$

Las combinaciones en este caso ayudaran a encontrar:

- EN JÁCENA:
  - El mayor momento flector positivo y su correspondiente axil.
  - El mayor momento flector negativo y su correspondiente axil.
- EN PILARES:
  - El mayor axil de compresión (negativo) con su correspondiente momento.
  - Mayor momento positivo con su correspondiente axil.
  - Mayor momento negativo con su correspondiente axil.

$$COMB1 = 1,35 \cdot P + 1,5 \cdot N + 0,6 \cdot 1,5 \cdot V0A$$

$$COMB2 = 1,35 \cdot P + 1,5 \cdot N + 0,6 \cdot 1,5 \cdot V0B$$

$$COMB3 = 1,35 \cdot P + 1,5 \cdot N + 0,6 \cdot 1,5 \cdot V90$$

$$COMB4 = 1,35 \cdot P + 0,5 \cdot 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot V0A$$

$$COMB5 = 1,35 \cdot P + 0,5 \cdot 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot V0B$$

$$COMB6 = 1,35 \cdot P + 0,5 \cdot 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot V90$$

$$COMB7 = 0,8 \cdot P + 1,5 \cdot V0A$$

$$COMB8 = 0,8 \cdot P + 1,5 \cdot V0B$$

$$COMB9 = 0,8 \cdot P + 1,5 \cdot V90$$

Para introducir estas combinaciones en el SAP se irá al menú *Define* → *Load Combination*.

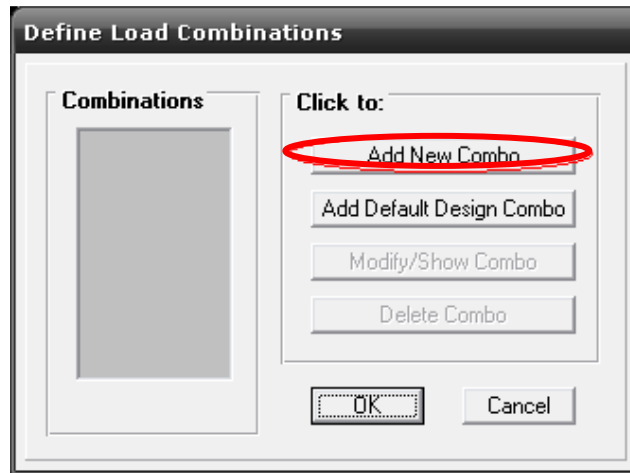


Figura 4.2.43 Ventana SAP2000 "Define Load Combinations" para definir las combinaciones.

Una vez dentro de la ventana *Define Load Combinations*, se pinchará sobre la opción *Add New Combo*.

Se abrirá en ese instante una nueva ventana como la siguiente, donde se verán una serie de campos que se deberán completar.

En *Load Combination Name* se introducirá el nombre de la combinación.

En *Define combination*, en *Case Name* se seleccionará el nombre de la carga y en *Scale Factor* el factor de escala aplicable según las tablas del CTE.

Como la nave es de hormigón armado se tendrá que marcar la casilla de *Use for Concrete Design*.

Case Name	Scale Factor
VIENTOQA Load C	0.9
PERMANEN Load Cas	1.35
NIEVE Load Case	1.5

Figura 4.2.44 Ventana SAP2000 "Load Combination Data" para introducir las combinaciones.

Deberá repetirse la operación anterior para las nueve combinaciones.

Una vez introducidas todas las combinaciones la ventana de *Define Load Combinations* quedará definida de la siguiente manera.

Figura 4.2.45 Ventana SAP2000 "Define Load Combinations" donde aparecen las combinaciones que se hayan introducido.

Una vez introducidos los datos suficientes, el programa podrá llevar a cabo el cálculo del modelo. Dicho cálculo se ejecutará mediante la orden del menú *Analyze* → *Run*.

Durante el cálculo aparecerá una ventana en la que quedarán registradas las fases del mismo y los errores encontrados. Por tanto se deberá revisar siempre dicha ventana para comprobar que no hay ningún error.

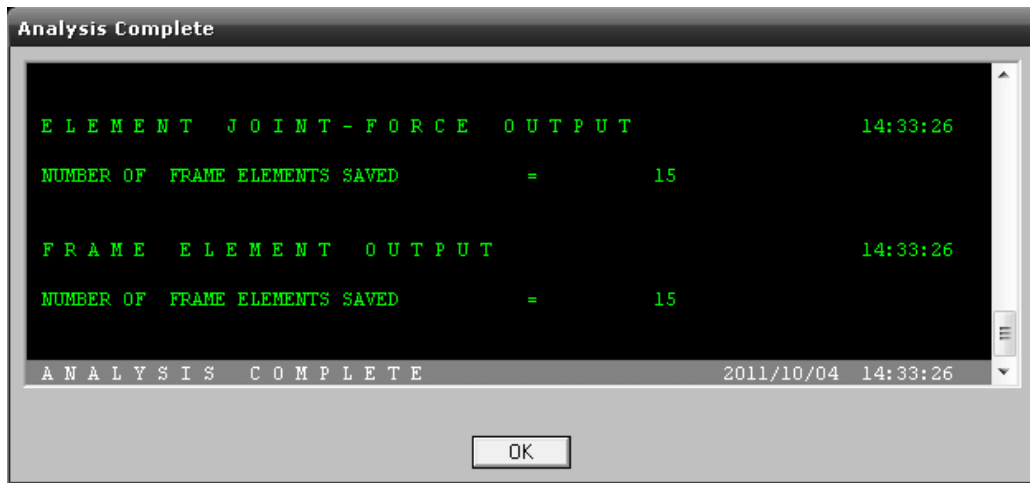


Figura 4.2.46 Ventana SAP2000 una vez se completa el análisis.

Si el análisis ha sido correcto aparecerá en la pantalla gráfica la deformada de la estructura.

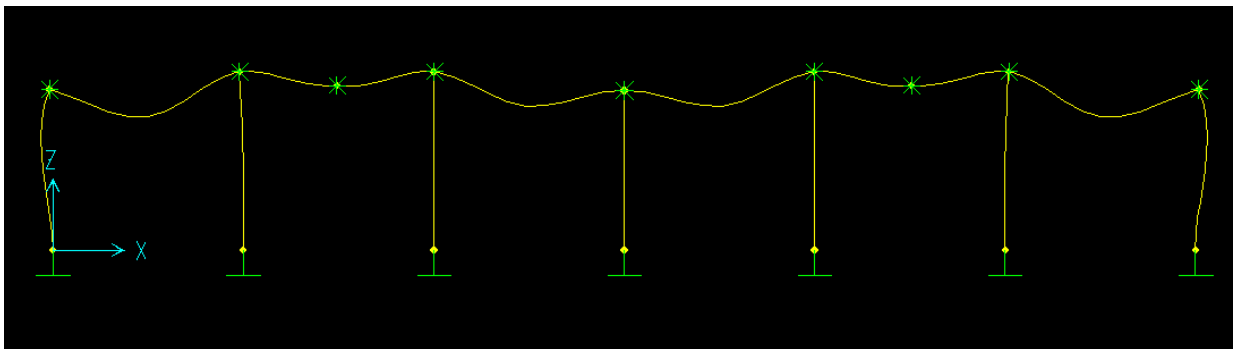


Figura 4.2.47 Pantalla SAP2000 gráfica de la deformada de la estructura.

Una vez se haya realizado el análisis se pondrán una serie de restricciones a las barras de la jácena. Se seleccionará el faldón al que se quiera destinar la restricción y a continuación se irá a *Assign* → *Frame* → *Releases* y aparecerá una ventana donde habrá un campo *Frame Releases* en el que se marcará la restricción que se quiera aplicar a dicha barra. De la misma forma con la que anteriormente se ha realizado con el pórtico intermedio.

De esta manera se relajarán los extremos de la jácena en aquellos nudos en los que coincide con los pilares, pero no en el nudo de cumbrera.

Quedando en la pantalla de trabajo de SAP lo siguiente.

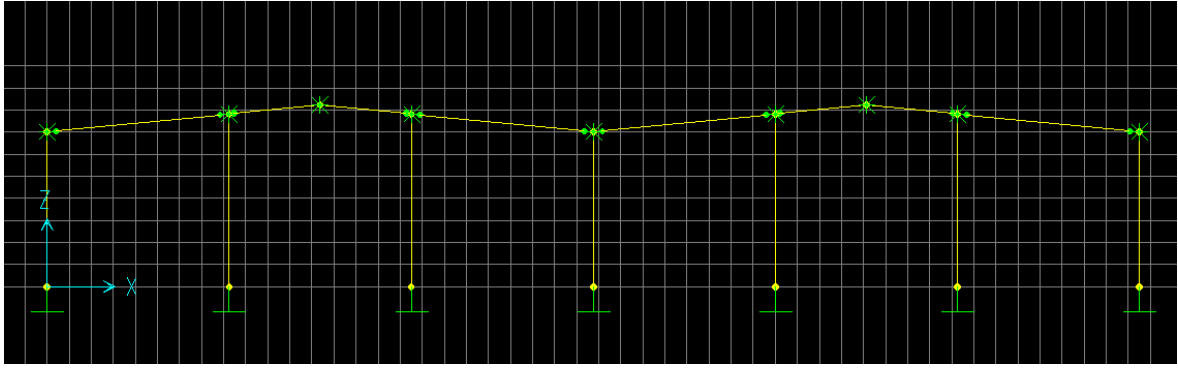


Figura 4.2.48 Ventana SAP2000 una vez introducidas las restricciones.

Una vez se hayan aplicado las restricciones se volverá a ejecutar el cálculo mediante la orden del menú *Analyze* → *Run*.

En este caso la deformada nos sale de la siguiente manera.

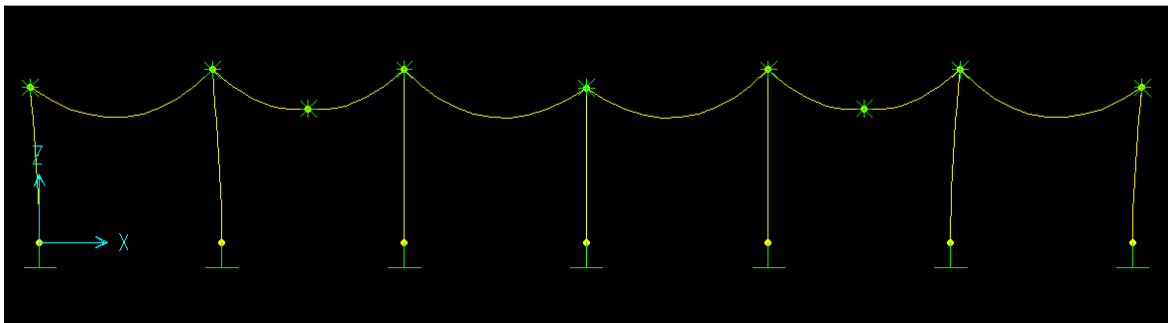


Figura 4.2.49 Ventana SAP2000 gráfica de la deformada de la estructura.

Una vez finalizado se podrán visualizar los resultados. Para ver los resultados obtenidos, existen comandos como por ejemplo *Display* → *Show Element Forces* → *Stresses* → *Frames*. Aparecerá la ventana *Member Force Diagram for Frames*, donde se podrán seleccionar las combinaciones que se quieran visualizar en *Load*. En el cuadro *Component* se seleccionará *Axial*, para visualizar los esfuerzos axiales, o *Shear 2-2*, para visualizar el esfuerzo cortante o se seleccionará *Moment 3-3*, para observar el momento flector.



En este caso, como ejemplo, se ha seleccionado la carga permanente.

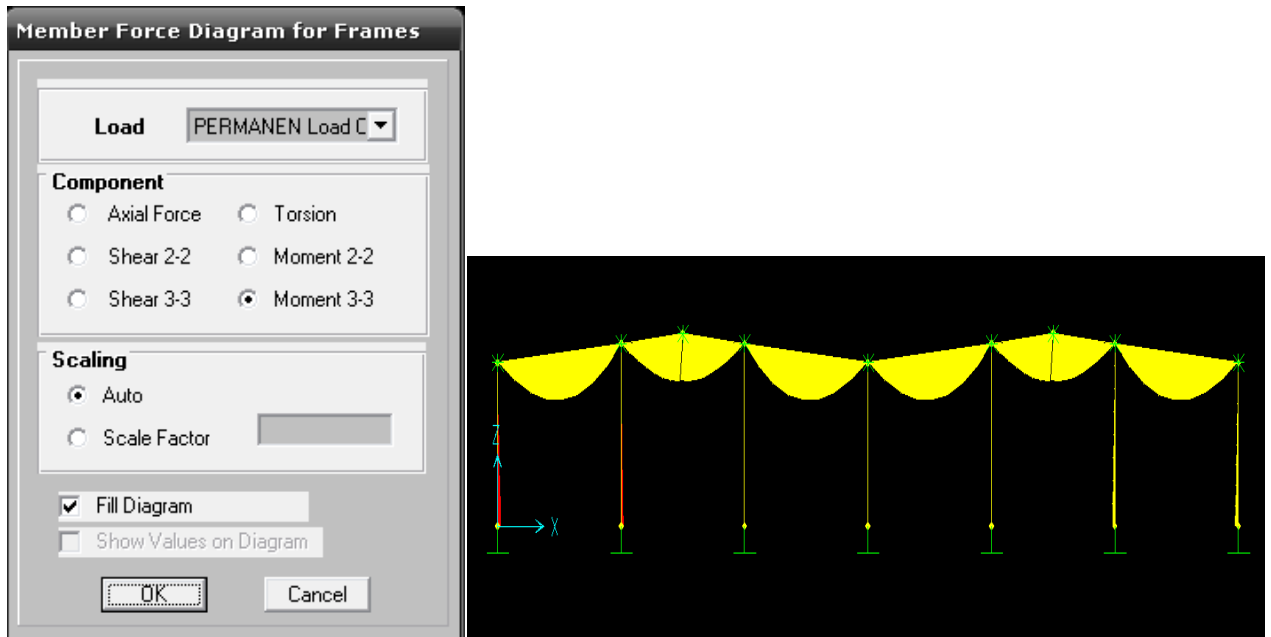


Figura 4.2.50 Ventana SAP2000 donde se representa el momento para la carga permanente.

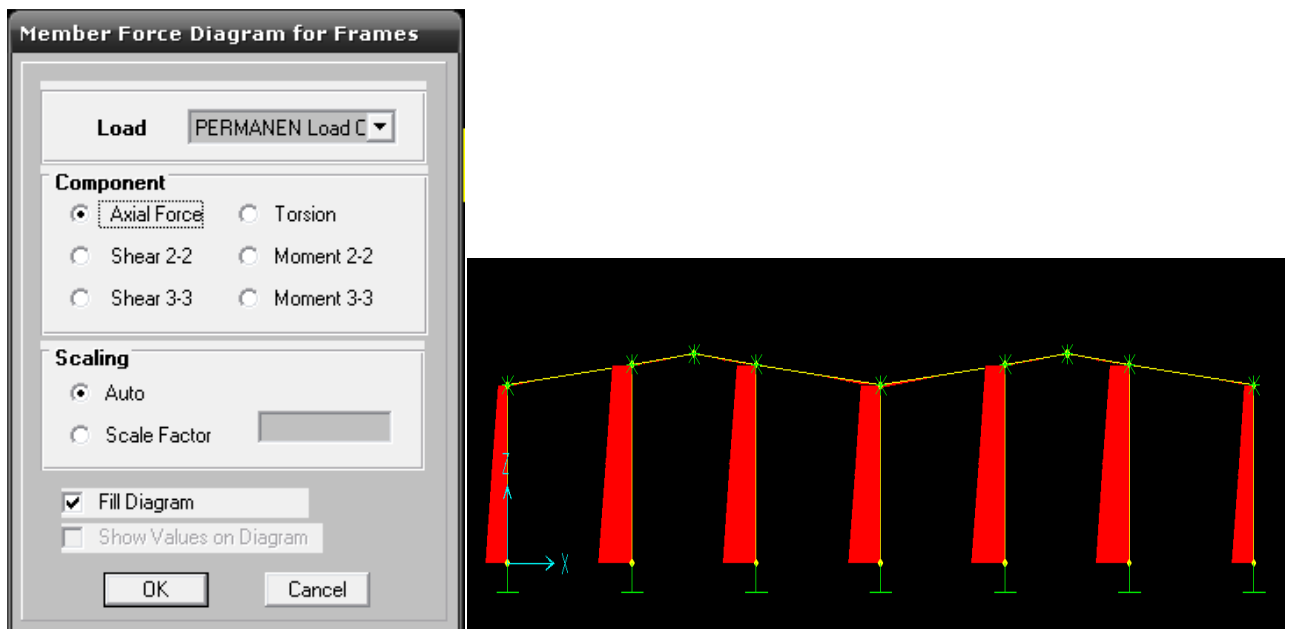


Figura 4.2.51 Ventana SAP2000 donde se representa la fuerza axial para la carga permanente.

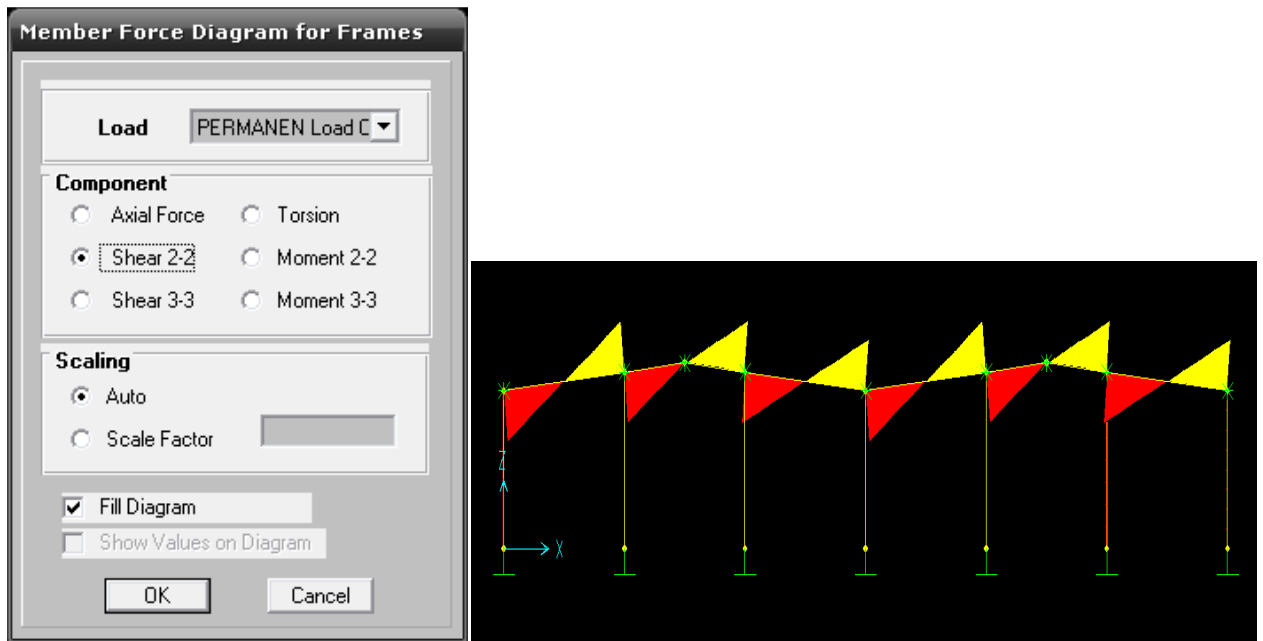


Figura 4.2.52 Ventana SAP2000 donde se representa la fuerza cortante para la carga permanente.

Una vez se haya ejecutado el comando *Analyze, Run Analysis*, que inicia el proceso de cálculo del programa SAP 2000, para ver los resultados en forma de tablas se pulsará *File → Print Output Tables*.

Se seleccionará en *Type of Analysis Results → Frame Forces* y la opción *Print to File* para que lo exporte a un archivo.

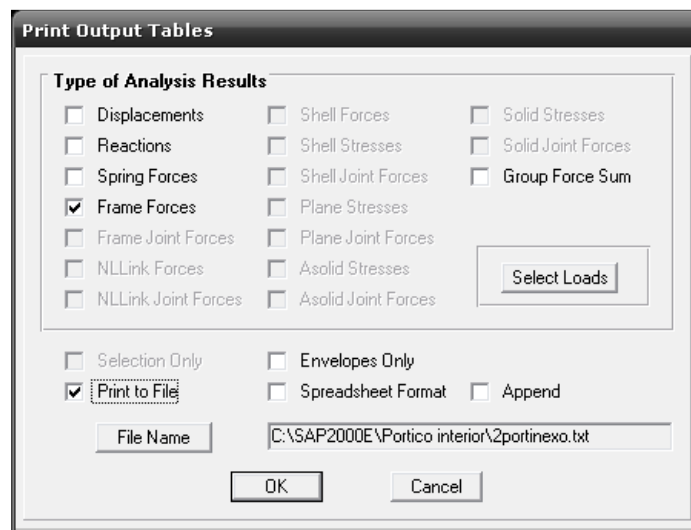


Figura 4.2.53 Ventana SAP2000 "Print Output Tables" donde se pueden seleccionar los datos que quieren exportarse.

Con los datos obtenidos del SAP:

**JÁCENA**

Mayor momento flector positivo	135,68 kN.m
En la barra	5
Combinación	1
El valor de su esfuerzo axil	-4,36 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	0 kN.m
Mayor momento flector negativo	-23,86 kN.m
En la barra	2
Combinación	VIENTO0A
El valor de su esfuerzo axil	-2,63 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	0 kN.m
Mayor momento flector negativo	-23,86 kN.m
En la barra	10
Combinación	VIENTO0A
El valor de su esfuerzo axil	1 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	0 kN.m

**PILARES**

Mayor axil de compresión ( negativo )	-190,01 kN.m
En la barra	9
Combinación	1
El valor de su esfuerzo flector	7,31 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	-9,35E-01 kN.m
Mayor momento flector positivo	-23,86 kN.m
En la barra	16
Combinación	4
El valor de su esfuerzo axil	-112,13 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	-14,47 kN.m
Mayor momento flector negativo	-162,56 kN.m
En la barra	6
Combinación	6
El valor de su esfuerzo axil	-131.46 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	44,75 kN.m
Mayor momento flector negativo	-162,56 kN.m
En la barra	6
Combinación	9
El valor de su esfuerzo axil	-53,91 kN.m
El valor de su esfuerzo cortante	44,75 kN.m

## **5. LOS CIMIENTOS**

El cimiento es aquella parte de la estructura encargada de transmitir las cargas al terreno. Dado que la resistencia y rigidez del terreno son, salvo en casos raros, muy inferiores a las de la estructura, la cimentación posee un área en planta muy superior a la suma de las áreas de todos los pilares y muros.

Lo anterior conduce a que los cimientos son, en general, piezas de volumen considerable, con respeto al volumen de las piezas de la estructura. Los cimientos se construyen básicamente de hormigón armado.

Las estructuras de cimentación son, con frecuencia, elementos tridimensionales, e incluso cuando están constituidos por elementos lineales, suelen ser altamente hiperestáticas. Su cálculo preciso resulta muy complejo y raras veces posible. El ordenador ha venido a suministrar una gran ayuda para algunos casos, que el conocimiento todavía imperfecto de las características del suelo, del hormigón y de las piezas de hormigón armado, hacen ilusorio el pretender una gran precisión en los resultados.

Por todo ello, el proyectista de cimientos ha de ser especialmente cuidadoso con los métodos de cálculo que elija y especialmente prudente al aplicarlos.

Para su dimensionamiento y comprobación hay que tomar como datos de partida la resistencia admisible del terreno y a las cargas sobre la zapata y, a partir de ahí, estudiar tanto las tensiones del terreno como la estabilidad. Al ser elementos de hormigón armado es necesario también el cálculo de la armadura necesaria, generalmente, la armadura inferior que trabajará bajo flexión simple.

A continuación se tratará solo el cálculo de zapatas aisladas con carga centrada. Solo se considerarán en cada cálculo las cargas aplicadas dentro del mismo plano.

### Cargas

El estudio de una zapata se hace desde un punto del pilar, a este punto llegan una serie de cargas exteriores que se reducen a una fuerza vertical o esfuerzo axial (N), una fuerza horizontal o esfuerzo cortante (V) y un momento (M).

Además de las fuerzas exteriores hay otras fuerzas intrínsecas al terreno y a la zapata, que son:

- Peso de la zapata: Es una fuerza vertical que pasa por el centro de la zapata, igual al volumen de hormigón de la zapata más la parte de pedestal considerada por la densidad del hormigón.
- Peso de las tierras sobre la zapata: Es una fuerza vertical que pasa por el centro de la zapata, igual al volumen de tierras por la densidad. En el caso que se estudia no consideraremos dicho peso, ya que la zapata estará construida al nivel de la solera.

### Estabilidad

En el cálculo de zapatas es necesario comprobar la estabilidad de las mismas de manera que el apoyo sobre el terreno sea estable. Esta estabilidad se basa en que la zapata no deslice sobre el terreno, no vuelque y que las tensiones que transmite al terreno no superen un valor máximo.

Sea una zapata con unas dimensiones determinadas, situación que se indica en la figura, sometida a unos esfuerzos en base de pilar  $N_0$ ,  $M_0$  y  $V_0$ .

Se estudia, para el caso más desfavorable, la superficie de contacto entre la zapata y el suelo (figura). En esta superficie actúa:

$$M = N_0 \cdot e_0 + V_0 \cdot h$$

Siendo:

- $N_0$ : La reacción del esfuerzo axial en la base del pilar.
- $e_0$ : La excentricidad mecánica.
- $V_0$ : La reacción del esfuerzo cortante en la base del pilar.
- $h$ : La altura de la zapata.

$$N = N_0 + P_z + P_t$$

Siendo:

- $N_0$ : La reacción del esfuerzo axial en la base del pilar.
- $P_z$ : Peso propio de la zapata.
- $P_t$ : Peso del terreno que descansa sobre la zapata, que en nuestro caso será 0.

$$V = V_0$$

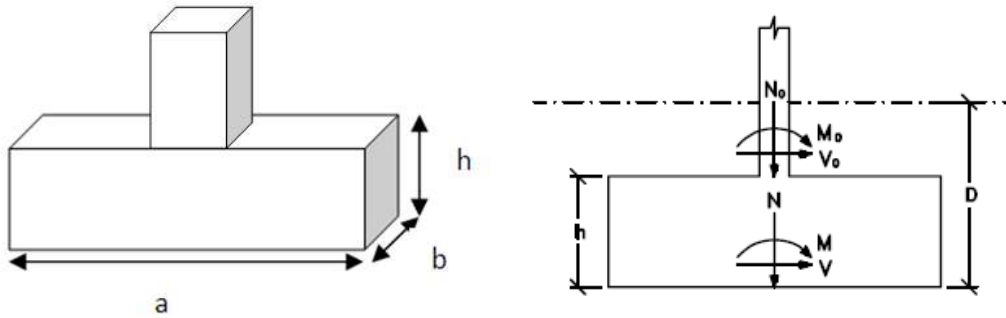


Figura 5.0.1 Dibujo zapata indicando sus dimensiones.

Figura 5.0.2 Esquema zapata indicando los esfuerzos que soporta.

### Verificaciones

La comprobación para verificar que una cimentación superficial cumple los requisitos necesarios se basa en el método de los estados límite (Estados Límite Últimos y Estados Límite de Servicio)

#### Estados Límites Últimos

Se debe verificar que el coeficiente de seguridad disponible con relación a las cargas que producirían el agotamiento de la resistencia del terreno para cualquier mecanismo posible de rotura, sea adecuado. Los estados límite últimos que siempre habrán de verificarse para las cimentaciones directas son:

- Tensiones del terreno.
- Hundimiento.
- Vuelco.
- Deslizamiento.

#### Estados Límites de Servicio

Son todas aquellas situaciones de la estructura para las que no se cumplen los requisitos de funcionalidad, de comodidad, de durabilidad o de aspecto requerido. Estos Estados Límites de Servicio no se calcularán en este caso.

### Tensiones sobre el terreno

Para el cálculo de las tensiones sobre el terreno se consideran todas las posibles situaciones de carga sin ponderar. Estas situaciones pueden generar diferentes tipos de leyes de tensiones sobre el terreno dependiendo de la excentricidad.

La tensión admisible del terreno se determina en función de los parámetros que definen la resistencia a la rotura de los suelos para las cargas principales tales como el peso propio y sobrecargas.

Se calculará la excentricidad, que es la desviación de un pilote con respecto a la vertical en el terreno, por lo que su capacidad portante se ve reducida.

$$e = \frac{M}{N}$$

La distribución de tensiones bajo una zapata no es uniforme ni igual según la rigidez de la zapata y la naturaleza del suelo, tal y como se muestra en la figura:

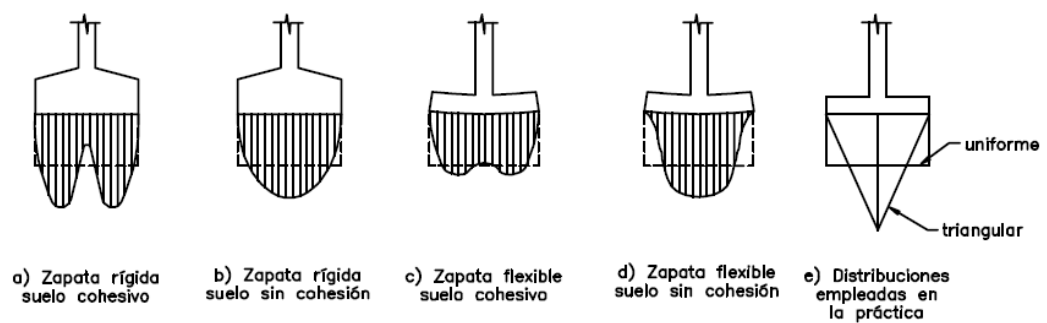


Figura 5.0.3 Distintas tensiones bajo una zapata.

En la práctica, para evitar cálculos complejos, se adoptan distribuciones uniformes o lineales.

Pueden representarse los siguientes casos:

- a)  $e = \frac{M}{N} = 0$  Corresponde a una distribución uniforme de tensiones.
- b)  $e = \frac{M}{N} \leq \frac{a}{6}$  Corresponde a una distribución trapecial de tensiones.

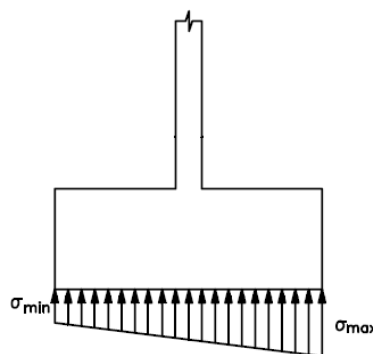


Figura 5.0.4 Distribución trapecial de tensiones.



- c)  $e = \frac{M}{N} > \frac{a}{6}$  Corresponde a una distribución triangular con una zona comprimida y traccionada.

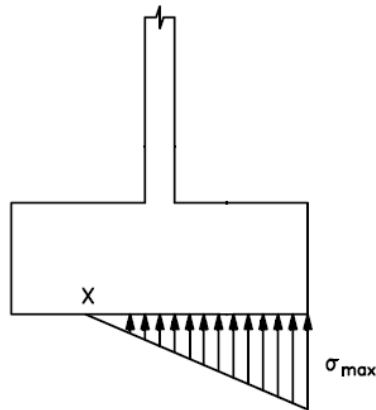


Figura 5.0.5 Distribución triangular de tensiones.

### Hundimiento

También hay que tener en cuenta la carga de hundimiento. La tensión máxima sobre el terreno debe de ser inferior a la carga de hundimiento.

El hundimiento se alcanzará cuando la presión actuante sobre el terreno bajo la cimentación supere la resistencia característica del terreno frente a este modo de rotura, también llamada presión de hundimiento.

Debe cumplirse que  $q$  (carga repartida) sea menor que la resistencia a la cimentación, siendo:

$$q = \frac{N}{a \cdot b}$$

La resistencia de cálculo a la cimentación  $200 \frac{kN}{m^2}$ .



Figura 5.0.6 Hundimiento.

### Vuelco

Se podrá producir este modo de rotura en cimentaciones que hayan de soportar cargas horizontales y momentos importantes cuando, siendo pequeño el ancho equivalente de la cimentación, el movimiento predominante sea el giro de la cimentación.

La verificación frente al vuelco debe realizarse en todos los elementos de la cimentación tanto de forma aislada como conjunta, del edificio completo o de todo elemento estructuralmente independiente, cuando en el equilibrio intervengan acciones o reacciones procedentes del terreno.

Debe cumplirse que  $\frac{N \cdot \frac{a}{2}}{M} > 2$

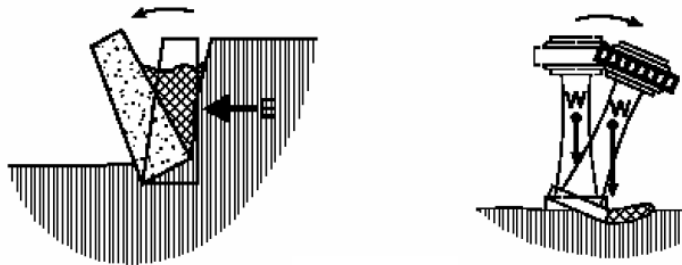


Figura 5.0.7 Vuelco.

### Deslizamiento

Se podrá producir este modo de rotura cuando, en elementos que hayan de soportar cargas horizontales, las tensiones de corte en el contacto de la cimentación con el terreno superen la resistencia de ese contacto.

El deslizamiento es el coeficiente entre la resistencia por rozamiento y las fuerzas horizontales. La resistencia por rozamiento se obtiene a partir de las cargas verticales y el coeficiente de rozamiento. Este factor no suele ser importante en el caso de las zapatas donde el vuelco y las tensiones sobre el terreno suelen poner los límites.

Para suelos sin cohesión (Arenas) se tendrá que cumplir:  $\frac{N \cdot \operatorname{tg} \frac{2}{3}\theta}{V} \geq Y_s$

Siendo:  $Y_s$ : coeficiente de seguridad de deslizamiento que tiene un valor de 1,5.

$\theta$ : ángulo de rozamiento interno de cálculo minorado, en este caso  $\theta=45^\circ$ .

$$\operatorname{tg} \frac{2}{3}\theta = 0,58$$

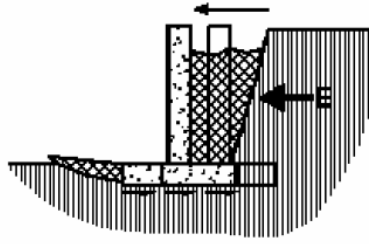


Figura 5.0.8 Deslizamiento.

### Cálculo de la armadura a flexión

Las cargas principales sobre una zapata, en la mayoría de los casos son verticales y por ello los esfuerzos sobre la misma producen una flexión con tracciones en la parte inferior. La armadura principal de flexión en una zapata es la inferior.

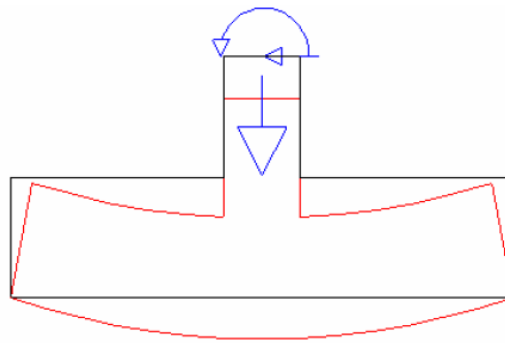


Figura 5.0.9 Esquema zapata sometida a cargas.

Para el cálculo de los esfuerzos actuantes hay que tener en cuenta que las cargas de peso propio de la zapata producen esfuerzos de flexión.

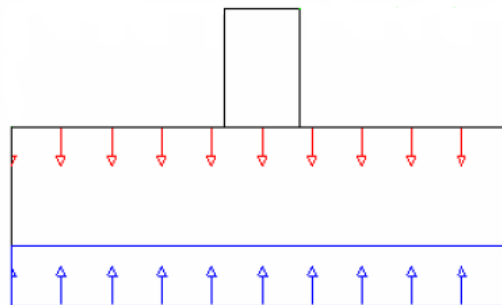


Figura 5.0.10 Esquema zapata sometida a cargas.

Para el cálculo de los esfuerzos sobre la zapata, a partir de las cargas actuantes, se obtienen las leyes de tensiones sobre el terreno. A partir de estas últimas se obtienen las fuerzas y momentos resultantes dentro de los límites necesarios y se aplican sobre la sección de la zapata.

La forma de calcular estas tensiones es considerando todas las cargas con sus coeficientes correspondientes y obtener así unas resultantes. Luego se obtienen las resultantes exclusivamente con los pesos propios de la zapata y demás cargas uniformes sobre la zapata.

La Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) distingue dos tipos de zapatas dependiendo de las dimensiones, con métodos de cálculo diferentes: zapatas rígidas y zapatas flexibles.

Zapatas de la nave

La nave en cuestión tendrá cinco tipos de zapatas distintas que en el gráfico posterior se podrán observar.

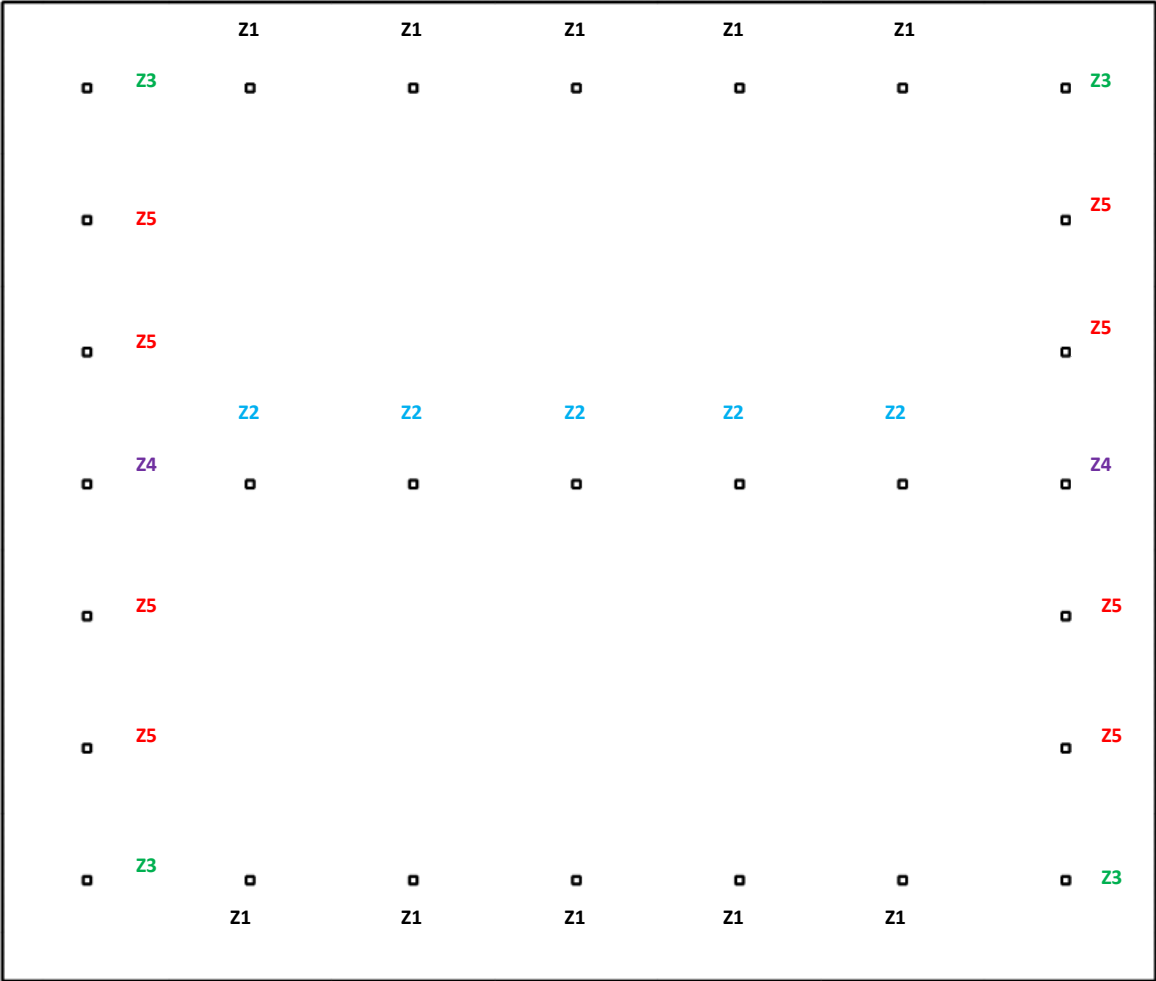


Figura 5.0.11    Planta de la nave.

## 5.1 ZAPATAS DEL PÓRTICO INTERMEDIO

En primer lugar, habrá que acudir al documento del programa SAP2000 en el que se encontrarán los valores de las reacciones en cada nudo. Se sabe que el valor de  $F_1$  corresponde al valor del esfuerzo cortante,  $F_3$  al valor del esfuerzo axial y  $M_2$  al valor del momento flector.

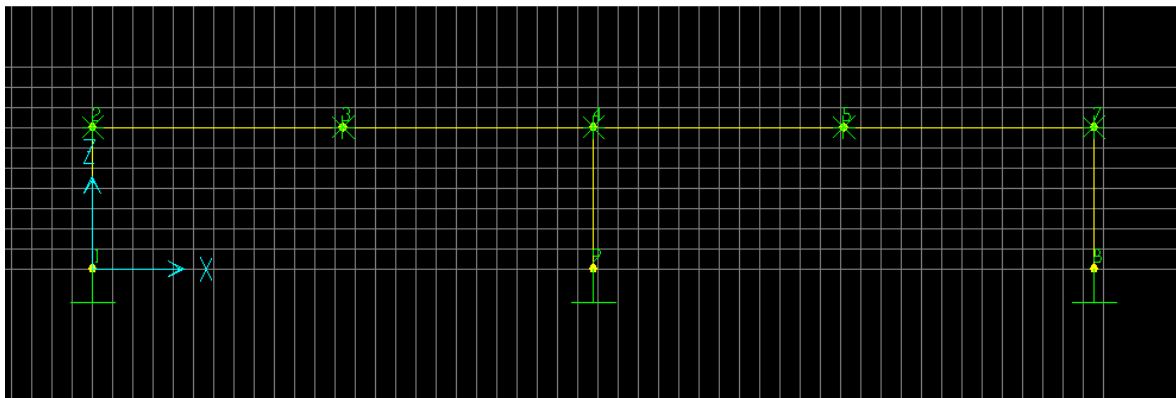


Figura 5.1.1 Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico intermedio con la numeración de los nudos de dicho pórtico.

JOINT REACTIONS							
JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	PERMANEN	0,0000	0,0000	664,2419	0,0000	0,0000	0,0000
1	NIEVE	0,0000	0,0000	72,2947	0,0000	0,0000	0,0000
1	VIENTO0A	-9,8721	0,0000	-46,8517	0,0000	-29,6104	0,0000
1	VIENTO0B	0,0000	0,0000	-14,9521	0,0000	0,0000	0,0000
1	VIENTO90	31,0615	0,0000	-63,9045	0,0000	93,1663	0,0000
2	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	PERMANEN	0,0000	0,0000	664,2419	0,0000	0,0000	0,0000
8	NIEVE	0,0000	0,0000	72,2947	0,0000	0,0000	0,0000
8	VIENTO0A	-9,8721	0,0000	-8,3500	0,0000	-29,6104	0,0000
8	VIENTO0B	0,0000	0,0000	-26,9063	0,0000	0,0000	0,0000
8	VIENTO90	31,0615	0,0000	-63,9045	0,0000	93,1663	0,0000
9	PERMANEN	0,0000	0,0000	1287,2510	0,0000	0,0000	0,0000
9	NIEVE	0,0000	0,0000	144,5895	0,0000	0,0000	0,0000
9	VIENTO0A	-2,8239	0,0000	-51,2356	0,0000	-19,7671	0,0000
9	VIENTO0B	0,0000	0,0000	-53,8251	0,0000	0,0000	0,0000
9	VIENTO90	8,8851	0,0000	-127,8090	0,0000	62,1954	0,0000

A continuación se combinarán todas las cargas sin ponderar en la base de cada pilar. El objetivo es obtener el mayor momento flector (M) con su correspondiente esfuerzo axil (N) y esfuerzo cortante (V).

### Nudo 1. Base del pilar izquierdo

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor momento flector ( $M_0$ ).

$$M_{carga\ permanente} + M_{nieve} = 0\ kN \cdot m + 0\ kN \cdot m = 0\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{vientoOA} = 0\ kN \cdot m + (-29,6104\ kN \cdot m) = -29,6104\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{vientoOB} = 0\ kN \cdot m + 0\ kN \cdot m = 0\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 0\ kN \cdot m + 93,1663\ kN \cdot m = 93,1663\ kN \cdot m$$

Mayor momento flector (M):

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 0\ kN \cdot m + 93,1663\ kN \cdot m = 93,1663\ kN \cdot m$$

Esfuerzo axil (N) correspondiente:

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 664,2419\ kN + (-63,9045\ kN) = 600,3374\ kN$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = 0\ kN + 31,0615\ kN = 31,0615\ kN$$

### Nudo 8. Base del pilar derecho.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor momento flector ( $M_0$ ).

$$M_{carga\ permanente} + M_{nieve} = 0\ kN \cdot m + 0\ kN \cdot m = 0\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{vientoOA} = 0\ kN \cdot m + (-29,6104\ kN \cdot m) = -29,6104\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{vientoOB} = 0\ kN \cdot m + 0\ kN \cdot m = 0\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 0\ kN \cdot m + 93,1663\ kN \cdot m = 93,1663\ kN \cdot m$$

Mayor momento flector (M):

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 0\ kN \cdot m + 93,1663\ kN \cdot m = 93,1663\ kN \cdot m$$

Esfuerzo axil (N) correspondiente:

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 664,2419\ kN + (-63,9045\ kN) = 600,3374\ kN$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = 0\ kN + 31,0615\ kN = 31,0615\ kN$$

#### Nudo 9. Base del pilar central.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor momento flector ( $M_0$ ).

$$M_{carga\ permanente} + M_{nieve} = 0\ kN \cdot m + 0\ kN \cdot m = 0\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento0A} = 0\ kN \cdot m + (-19,7671\ kN \cdot m) = -19,7671\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento0B} = 0\ kN \cdot m + 0\ kN \cdot m = 0\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 0\ kN \cdot m + 62,1954\ kN \cdot m = 62,1954\ kN \cdot m$$

Mayor momento flector (M):

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 0\ kN \cdot m + 62,1954\ kN \cdot m = 62,1954\ kN \cdot m$$

Esfuerzo axil (N) correspondiente:

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 1287,2510\ kN + (-127,8090\ kN) = 1159,442\ kN$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = 0\ kN + 8,8851\ kN = 8,8851\ kN$$



Posteriormente se combinarán todas las cargas sin ponderar en la base de cada pilar con el objetivo de obtener el mayor esfuerzo axil (N) con su correspondiente momento flector (M) y esfuerzo cortante (V).

#### Nudo 1. Base del pilar izquierdo.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor esfuerzo axil ( $N_0$ ).

$$N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 664,2419\ kN + 72,2947\ kN = 736,5366\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{vientoOA} = 664,2419\ kN - 46,8517\ kN = 617,3902\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{vientoOB} = 664,2419\ kN - 14,9521\ kN = 649,2898\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento9OB} = 664,2419\ kN - 63,9045\ kN = 600,3374\ kN$$

Mayor esfuerzo axil (N):

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 664,2419\ kN + 72,2947\ kN = 736,5366\ kN$$

Momento flector (M) correspondiente:

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento9OB} = 0\ kN \cdot m + 0\ kN \cdot m = 0\ kN \cdot m$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento9OB} = 0\ kN + 0\ kN = 0\ kN$$

#### Nudo 8. Base del pilar derecho.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor esfuerzo axil ( $N_0$ ).

$$N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 664,2419\ kN + 72,2947\ kN = 736,5366\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{vientoOA} = 664,2419\ kN - 8,35\ kN = 655,8919\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{vientoOB} = 664,2419\ kN - 26,9063\ kN = 637,3356\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento9OB} = 664,2419\ kN - 63,9045\ kN = 600,3374\ kN$$

Mayor esfuerzo axil (N):

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 664,2419\ kN + 72,2947\ kN = 736,5366\ kN$$

Momento flector (M) correspondiente:

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento9OB} = 0\ kN \cdot m + 0\ kN \cdot m = 0\ kN \cdot m$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = 0\ kN + 0\ kN = 0\ kN$$

#### Nudo 9. Base del pilar central.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor esfuerzo axial ( $N_0$ ).

$$N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 1287,2510\ kN + 144,5895\ kN = 1431,8405\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento0A} = 1287,2510\ kN - 51,2356\ kN = 1236,0154\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento0B} = 1287,2510\ kN - 53,8251\ kN = 1233,4259\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 1287,2510\ kN - 127,8090\ kN = 1159,442\ kN$$

Mayor esfuerzo axial (N):

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 1287,2510\ kN - 127,8090\ kN = 1159,442\ kN$$

Momento flector (M) correspondiente:

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 0\ kN \cdot m + 0\ kN \cdot m = 0\ kN \cdot m$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = 0\ kN + 0\ kN = 0\ kN$$

### 5.1.1 DIMENSIONES DE LA ZAPATA

A continuación se determinarán las dimensiones de las zapatas; para comenzar, se decidirá cuantas zapatas distintas se distinguirán en el pórtico, en este caso, para el pórtico intermedio se diferencian dos tipos de zapatas.

- El Tipo 1 corresponderá a las zapatas de los pilares exteriores.
- El Tipo 2 corresponderá a la zapata del pilar central de la nave.

Por lo tanto la zapata Tipo 1 se construirá en los nudos 1 y 8 ya que son los correspondientes a los pilares exteriores. Para el dimensionado de la zapata se irán probando distintas medidas hasta que se cumplan todos los criterios de estabilidad.

En el caso de construir una zapata para dos nudos diferentes, se deberán elegir de entre todas las posibilidades las reacciones de aquel que tenga mayor momento flector (M) y mayor esfuerzo axil (N).

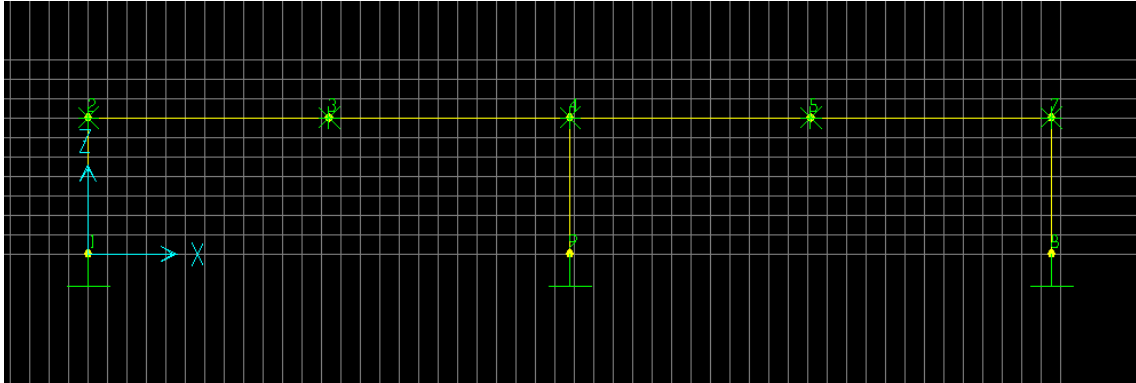


Figura 5.1.2 Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico intermedio con la numeración de los nudos de dicho pórtico.

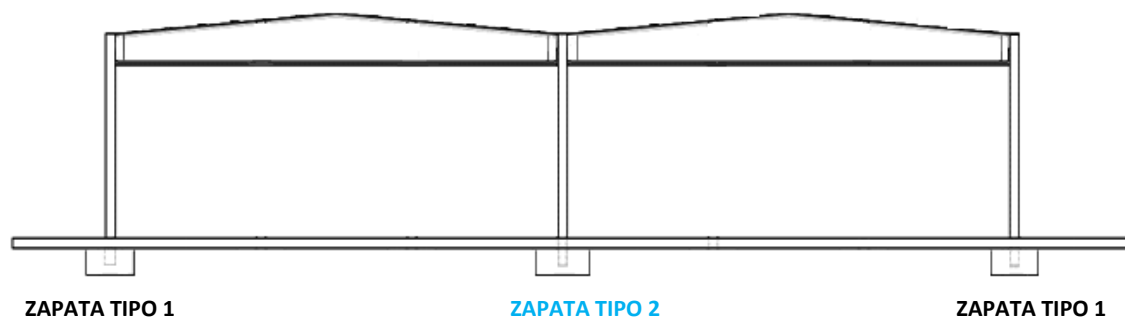


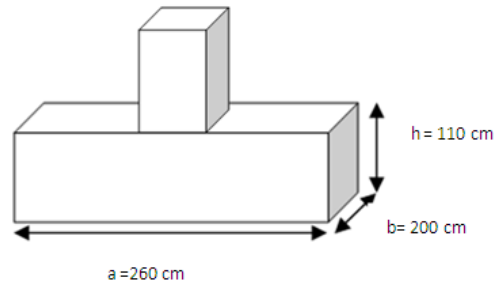
Figura 5.1.3 Gráfico del pórtico intermedio de la nave indicando el tipo de zapata.

**Zapata Tipo 1: 260 cm x 200 cm x 110 cm**

$$M_0 = 93,1663 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_0 = 600,3374 \text{ kN}$$

$$V_0 = 31,0616 \text{ kN}$$



$$M = N_0 \cdot e_0 + V_0 \cdot h$$

$$e_0 = \frac{M_0}{N_0} = 0,1552 \text{ m}$$

$$h = 1,1 \text{ m}$$

$$M = 127,34 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N = N_0 + P_z + P_t$$

$$P_z = (2,6 \cdot 2 \cdot 1,1) \text{ m}^3 \cdot 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 14300 \text{ Kg} \text{ (143 kN)}$$

$$P_t = 0 \text{ kN}$$

$$N = 743,3374 \text{ kN}$$

$$V = V_0$$

$$V = 31,0615 \text{ kN}$$

Tensiones del Terreno

Se calcula el valor de la excentricidad

$$e = \frac{M}{N} = 0,1713 \text{ m}$$

Y también el coeficiente de  $\frac{a}{6}$

$$\frac{a}{6} = 0,4333 \text{ m}$$

De esta forma se comprueba que  $e \leq \frac{a}{6}$  por tanto la distribución de tensiones corresponde a una distribución trapecial.

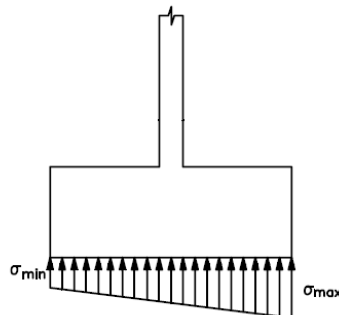


Figura 5.1.4 Distribución de tensiones trapecial.

El cálculo de esas tensiones viene determinado por las siguientes fórmulas:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{a \cdot b} + \left( \frac{6}{b} \cdot \frac{M}{a^2} \right) \quad \sigma_{min} = \frac{N}{a \cdot b} - \left( \frac{6}{b} \cdot \frac{M}{a^2} \right)$$

$$\sigma_{max} = 199,4613 \frac{kN}{m^2} \quad \sigma_{min} = 86,4376 \frac{kN}{m^2}$$

Se llegaría a producir el hundimiento de una zapata si en algún punto de la tensión máxima sobre el terreno se supera la capacidad portante del terreno ( $250 \frac{kN}{m^2}$ ).

Al observar los resultados de las tensiones del terreno en este caso, se ve que no se produciría dicho hundimiento.

#### Comprobación a hundimiento

Debe cumplirse que q (carga repartida) sea menor que la resistencia a la cimentación, siendo:

$$q = \frac{N}{a \cdot b} \quad \left. \vphantom{\frac{N}{a \cdot b}} \right\} q = 142,95 \frac{kN}{m^2}$$

La resistencia de cálculo a la cimentación  $200 \frac{kN}{m^2}$ .

**SE CUMPLE** que  $142,95 \frac{kN}{m^2} < 200 \frac{kN}{m^2}$

#### Comprobación a vuelco

Debe cumplirse  $\frac{N \cdot \frac{a}{2}}{M} > 2$

**SE CUMPLE** que  $7,6 > 2$

En esta comprobación si se observa una gran diferencia entre los valores, y todos los criterios de estabilidad se cumplen, se podrán reducir las dimensiones de la zapata, para ajustar más los valores de la comprobación.

#### Comprobación a deslizamiento

En este caso esta comprobación se hará para suelos sin cohesión (Arenas). Y deberá cumplirse

$$\frac{N \cdot \operatorname{tg} \frac{2}{3} \theta}{V} \geq Y_s$$

Siendo:  $Y_s = 1,5$ .

$$\theta = 45^\circ.$$

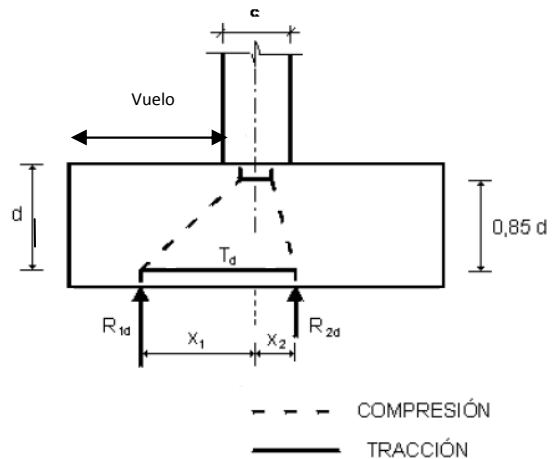
**SE CUMPLE** que  $13,88 > 1,5$

Cálculo de la armadura: Se trata de una zapata rectangular y rígida, por tanto la relación volado-peralte  $V \leq 2h$ .

$$V = \text{vuelo} = 1,05 \text{ m}$$

$$2h = 2,2 \text{ m}$$

**SE CUMPLE** que  $1,05 \text{ m} \leq 2,2 \text{ m}$ .



Para zapatas rectangulares sometidas a flexo-compresión recta, siempre que se pueda se despreciará el efecto del peso de la zapata y de las tierras situadas sobre ésta.

La armadura principal se obtendrá para resistir la tracción  $T_d$ .

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot c) = A_s \cdot f_{yd}$$

- Cálculo de  $R_{1d}$ .

$$R_{1d} = \frac{N}{2} + \frac{3 \cdot M}{2 \cdot a}$$

$$R_{1d} = 445,1341 \text{ kN}$$

- Cálculo de  $x_1$ .

$$x_1 = \frac{\frac{N}{2} + \frac{4 \cdot M}{a}}{\frac{N}{2} + \frac{3 \cdot M}{2 \cdot a}}$$

$$x_1 = 0,83 \text{ m}$$

- Cálculo de  $T_d$ .

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot c)$$

$$d = 1,05 \text{ m}$$

$$T_d = 351,6187 \text{ kN}$$

$$c = 0,5 \text{ m}$$

- Cálculo del área de la sección de la armadura que trabaja a tracción  $A_s$ .

$$T_d = A_s \cdot f_{yd}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

Siendo:  $f_{yd}$ : resistencia de cálculo del acero.  
 $f_{yk}$ : límite elástico del acero del proyecto.  
 $\gamma_s$ : Coeficiente de minoración del acero.

En este caso se dispondrá de acero B 500 S. Para saber el coeficiente de minoración se irá a la tabla de coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límite Últimos.

Situación de proyecto	Hormigón $\gamma_c$	Acero pasivo y activo $\gamma_s$
Persistente o transitoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,0

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,7826 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (43,378 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2})$$

$$A_s = \frac{T_d}{f_{yd}}$$

$$\left. \vphantom{\frac{T_d}{f_{yd}}} \right\} A_s = 8,087 \text{ cm}^2$$

El Ministerio de Fomento en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) obliga a comprobar mediante otros dos métodos el cálculo del área de la sección de la armadura que trabaja a tracción ( $A_s$ ).

$$\text{Para secciones rectangulares de hormigón armado: } A_s > 0,04 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot A_c$$

Siendo:  $A_c$ : área de la sección total de hormigón.  
 $f_{yd}$ : resistencia de cálculo del acero.  
 $f_{cd}$ : resistencia de cálculo del hormigón.

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

Siendo:  $f_{cd}$ : resistencia de cálculo del hormigón.  
 $f_{ck}$ : límite elástico del hormigón del proyecto.  
 $\gamma_c$ : Coeficiente de minoración del hormigón.

Se tendrá hormigón HA/25/B/20/IIA. Para saber el coeficiente de minoración se tiene la tabla de coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límite Últimos.

Situación de proyecto	Hormigón $\gamma_c$	Acero pasivo y activo $\gamma_s$
Persistente o transitoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,0

$$f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{25}{1,5} = 16,66 \frac{N}{mm^2} \quad (1,666 \frac{kN}{cm^2})$$

- Cálculo de  $A_c$ .

$$A_c = b \cdot h$$

$$b = 2 \text{ m}$$

$$h = 1,1 \text{ m}$$

$$A_c = 2,2 \text{ m}^2 \quad (22000 \text{ cm}^2)$$

- Cálculo de  $A_s$ .

$$A_s > 0,04 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot A_c$$

$$A_s > 33,72 \text{ cm}^2$$

El otro método para el cálculo del área de la sección de la armadura que trabaja a tracción ( $A_s$ ) es el siguiente:

En la tabla siguiente se tienen las cuantías geométricas mínimas, en tanto por 1000, referidas a la sección total de hormigón

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		B 400 S	B 500 S
Pilares		4,0	4,0
Losas (*)		2,0	1,8
Vigas (**)		3,3	2,8
Muros (***)	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

(\*) Cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Las losas apoyadas sobre el terreno requieren un estudio especial.

(\*\*) Cuantía mínima correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.

(\*\*\*) La cuantía mínima vertical es la correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.



La armadura mínima horizontal deberá repartirse en ambas caras. Para muros vistos por ambas caras debe disponerse el 50% en cada cara. Para muros vistos por una sola cara podrán disponerse hasta 2/3 de la armadura total en la cara vista. En el caso en que se dispongan juntas verticales de contracción a distancias no superiores a 7,5 m, con la armadura horizontal interrumpida, las cuantías geométricas horizontales mínimas pueden reducirse a la mitad.

$$A_s > \frac{1,8}{1000} \cdot A_c \quad \left. \vphantom{A_s} \right\} A_s > 39,6 \text{ cm}^2$$

De los tres valores para el área de la sección de la armadura que trabaja a tracción ( $A_s$ ) se seleccionará aquel que tenga mayor valor, en este caso,  $A_s = 39,6 \text{ cm}^2$ .

El diámetro de la armadura que se elegirá en este caso es de  $\varnothing 16 \text{ mm}$  que tendrá una sección de  $2,01 \text{ cm}^2$ .

Por tanto salen 20 barras de acero.

La armadura pasiva longitudinal resistente, o la de piel, ha de quedar distribuida convenientemente para evitar que queden zonas de hormigón sin armadura, de forma que la distancia entre dos barras longitudinales consecutivas cumpla las siguientes limitaciones:

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

$$s \leq 3 \text{ veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento en las que vayan situadas.}$$

En este caso la separación va a ser de 10 cm que cumple las dos limitaciones impuestas por la Instrucción de Hormigón Estructural.

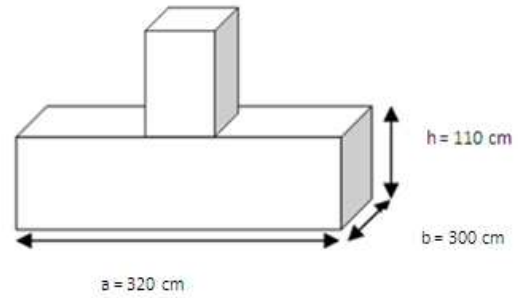
**Zapata Tipo 1:** **260 cm x 200 cm x 110 cm**  
**20 barras de acero B 500 S de  $\varnothing 16 \text{ mm}$  separadas 10 cm**

**Zapata Tipo 2: 320 cm x 300 cm x 110 cm**

$$M_0 = 62,1954 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_0 = 1159,442 \text{ kN}$$

$$V_0 = 8,8851 \text{ kN}$$



$$M = N_0 \cdot e_0 + V_0 \cdot h$$

$$e_0 = \frac{M_0}{N_0} = 0,0536 \text{ m}$$

$$h = 1,1 \text{ m}$$

$$M = 71,9197 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N = N_0 + P_z + P_t$$

$$P_z = (3,2 \cdot 3 \cdot 1,1) \text{ m}^3 \cdot 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 26400 \text{ Kg} \text{ (264 kN)}$$

$$P_t = 0 \text{ kN}$$

$$N = 1423,442 \text{ kN}$$

$$V = V_0$$

$$V = 8,8851 \text{ kN}$$

Tensiones del Terreno

Se calcula el valor de la excentricidad

$$e = \frac{M}{N} = 0,0505 \text{ m}$$

Y también el coeficiente de  $\frac{a}{6}$

$$\frac{a}{6} = 0,5333 \text{ m}$$

De esta forma se comprueba que  $e \leq \frac{a}{6}$ , por tanto la distribución de tensiones corresponde a una distribución trapecial.

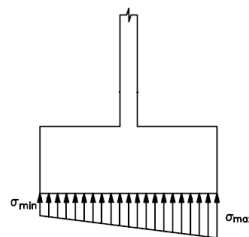


Figura 5.1.5 Distribución de tensiones trapecial.

El cálculo de esas tensiones viene determinado por las siguientes fórmulas:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{a \cdot b} + \left( \frac{6}{b} \cdot \frac{M}{a^2} \right)$$

$$\sigma_{max} = 162,322 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_{min} = \frac{N}{a \cdot b} - \left( \frac{6}{b} \cdot \frac{M}{a^2} \right)$$

$$\sigma_{min} = 134,2284 \frac{kN}{m^2}$$

#### Comprobación a hundimiento

Debe cumplirse que q (carga repartida) sea menor que la resistencia a la cimentación, siendo:

$$q = \frac{N}{a \cdot b} \quad \left. \vphantom{\frac{N}{a \cdot b}} \right\} q = 148,275 \frac{kN}{m^2}.$$

La resistencia de cálculo a la cimentación  $200 \frac{kN}{m^2}$ .

**SE CUMPLE** que  $148,275 \frac{kN}{m^2} < 200 \frac{kN}{m^2}$

#### Comprobación a vuelco

Debe cumplirse  $\frac{N \cdot \frac{a}{2}}{M} > 2$

**SE CUMPLE** que  $31,6674 > 2$

#### Comprobación a deslizamiento

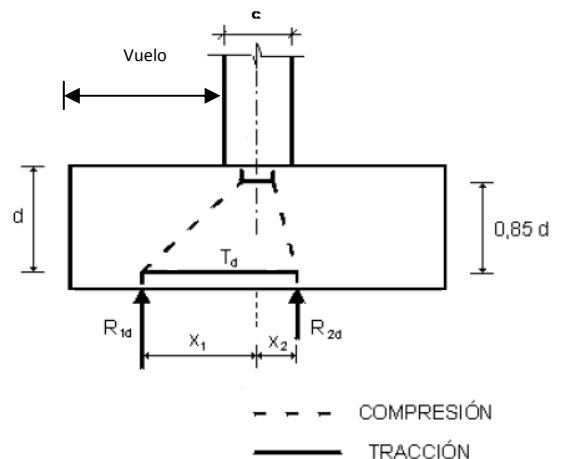
En este caso esta comprobación se hará para suelos sin cohesión (Arenas). Y debe cumplirse

$$\frac{N \cdot \tan \frac{2}{3}\theta}{V} \geq Y_s$$

**SE CUMPLE** que  $92,9191 > 1,5$

Cálculo de la armadura: Se trata de una zapata rectangular y rígida, por tanto la relación volado-peralte  $V \leq 2h$ .

$V = \text{vuelo} = 1,35 \text{ m}$



$$2h = 2,2 \text{ m}$$

**SE CUMPLE** que  $1,35 \text{ m} \leq 2,2 \text{ m}$ .

La armadura principal se obtendrá para resistir la tracción  $T_d$ .

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot c) = A_s \cdot f_{yd}$$

- Cálculo de  $R_{1d}$ .

$$R_{1d} = \frac{N}{2} + \frac{3 \cdot M}{2 \cdot a}$$

$$\left. \vphantom{\frac{N}{2} + \frac{3 \cdot M}{2 \cdot a}} \right\}$$

$$R_{1d} = 745,4334 \text{ kN}$$

- Cálculo de  $x_1$ .

$$x_1 = \frac{\frac{N}{2} + \frac{4 \cdot M}{a}}{\frac{N}{2} + \frac{3 \cdot M}{2 \cdot a}}$$

$$\left. \vphantom{\frac{\frac{N}{2} + \frac{4 \cdot M}{a}}{\frac{N}{2} + \frac{3 \cdot M}{2 \cdot a}}} \right\}$$

$$x_1 = 2,6754 \text{ m}$$

- Cálculo de  $T_d$ .

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot c)$$

$$\left. \vphantom{\frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot c)} \right\}$$

$$T_d = 2130,1438 \text{ kN}$$

- Cálculo del área de la sección de la armadura que trabaja a tracción  $A_s$ .

$$T_d = A_s \cdot f_{yd}$$

$$f_{yd} = 43,378 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\left. \vphantom{\frac{T_d}{f_{yd}}} \right\}$$

$$A_s = 48,9936 \text{ cm}^2$$

Otra comprobación, para secciones rectangulares de hormigón armado:

$$A_s > 0,04 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot A_c$$

$$A_c = 3,3 \text{ m}^2 \text{ (33000 cm}^2\text{)}$$

$$f_{cd} = 1,666 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\left. \vphantom{\frac{0,04 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot A_c}} \right\}$$

$$A_s > 50,58 \text{ cm}^2$$

El otro método para el cálculo del área de la sección de la armadura que trabaja a tracción ( $A_s$ ) es el siguiente:

$$A_s > \frac{1,8}{1000} \cdot A_c$$

$$\left. \vphantom{\frac{1,8}{1000} \cdot A_c} \right\}$$

$$A_s > 59,4 \text{ cm}^2$$

De los tres valores para el área de la sección de la armadura que trabaja a tracción ( $A_s$ ) se seleccionará aquel que tenga mayor valor, en este caso,  $A_s = 59,4 \text{ cm}^2$ .

El diámetro de la armadura que se elegirá en este caso es de  $\varnothing 16 \text{ mm}$  que tendrá una sección de  $2,01 \text{ cm}^2$ .

Por tanto nos salen 20 barras de acero.

La armadura pasiva longitudinal resistente, o la de piel, ha de quedar distribuida convenientemente para evitar que queden zonas de hormigón sin armadura, de forma que la distancia entre dos barras longitudinales consecutivas cumpla las siguientes limitaciones:

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

$$s \leq 3 \text{ veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento en las que vayan situadas.}$$

En este caso la separación va a ser de 10 cm que cumple las dos limitaciones impuestas por la Instrucción de Hormigón Estructural.

<b>Zapata Tipo 2:</b>	<b>320 cm x 300 cm x 110 cm</b>
<b>30 barras de acero B 500 S de <math>\varnothing 16 \text{ mm}</math> separadas 10 cm</b>	

## 5.2 ZAPATAS DEL PÓRTICO HASTIAL

En primer lugar, habrá que acudir al documento del programa SAP2000 en el que se encuentran los valores de las reacciones en cada nudo. Se sabe que el valor de  $F_1$  corresponde al valor del esfuerzo cortante,  $F_3$  al valor del esfuerzo axial y  $M_2$  al valor del momento flector.

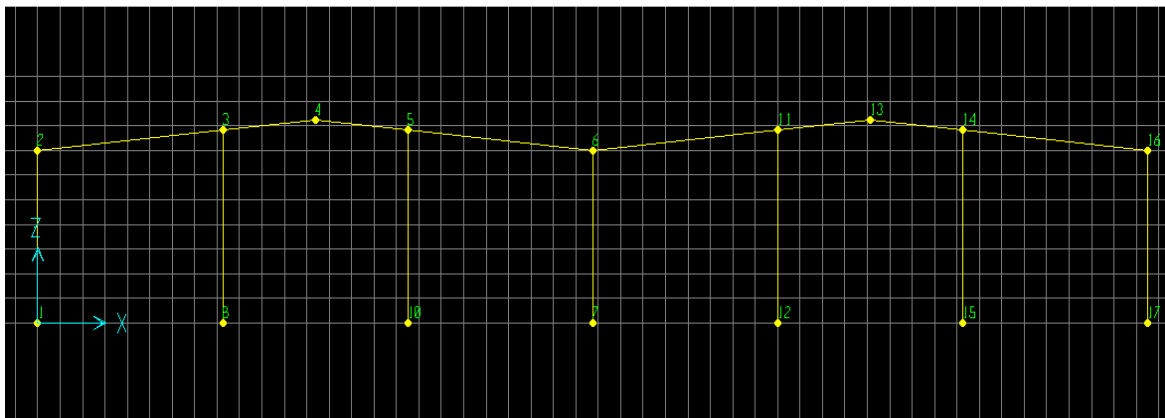


Figura 5.2.1 Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico hastial con la numeración de los nudos de dicho pórtico.

### JOINT REACTIONS

JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	PERMANEN	1,2113	0,0000	74,4165	0,0000	8,4792	0,0000
1	NIEVE	0,4432	0,0000	12,1535	0,0000	3,1022	0,0000
1	VIENTO0A	-8,6629	0,0000	-11,3082	0,0000	-21,1465	0,0000
1	VIENTO0B	-0,1619	0,0000	-0,0162	0,0000	-1,1335	0,0000
1	VIENTO90	20,4326	0,0000	-10,0956	0,0000	92,8029	0,0000
2	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	PERMANEN	0,0000	0,0000	107,7728	0,0000	0,0000	0,0000
7	NIEVE	0,0000	0,0000	24,3702	0,0000	0,0000	0,0000
7	VIENTO0A	-1,4387	0,0000	-8,3097	0,0000	-10,0707	0,0000
7	VIENTO0B	0,0225	0,0000	-10,0659	0,0000	0,1578	0,0000
7	VIENTO90	29,8322	0,0000	-21,5419	0,0000	108,3753	0,0000
8	PERMANEN	0,8664	0,0000	112,0960	0,0000	6,7794	0,0000
8	NIEVE	0,3171	0,0000	24,1740	0,0000	2,4817	0,0000
8	VIENTO0A	-1,1505	0,0000	-19,6809	0,0000	-9,0027	0,0000
8	VIENTO0B	-0,1161	0,0000	-2,4877	0,0000	-0,9087	0,0000
8	VIENTO90	28,2724	0,0000	-22,0159	0,0000	95,7084	0,0000

10	PERMANEN	-3,587E-03	0,0000	112,0097	0,0000	-0,0281	0,0000
10	NIEVE	-1,484E-03	0,0000	24,1424	0,0000	-0,0116	0,0000
10	VIENTO0A	-1,0306	0,0000	2,8672	0,0000	-8,0646	0,0000
10	VIENTO0B	0,0159	0,0000	-17,5012	0,0000	0,1243	0,0000
10	VIENTO90	28,5732	0,0000	-21,2839	0,0000	98,0627	0,0000
11	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
12	PERMANEN	3,587E-03	0,0000	112,0097	0,0000	0,0281	0,0000
12	NIEVE	1,484E-03	0,0000	24,1424	0,0000	0,0116	0,0000
12	VIENTO0A	-1,0317	0,0000	-19,6495	0,0000	-8,0730	0,0000
12	VIENTO0B	0,0148	0,0000	-1,4788	0,0000	0,1161	0,0000
12	VIENTO90	28,5706	0,0000	-21,3971	0,0000	98,0422	0,0000
13	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
13	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
13	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
13	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
13	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
14	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
14	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
14	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
14	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
14	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15	PERMANEN	-0,8664	0,0000	112,0960	0,0000	-6,7794	0,0000
15	NIEVE	-0,3171	0,0000	24,1740	0,0000	-2,4817	0,0000
15	VIENTO0A	-0,9170	0,0000	0,8917	0,0000	-7,1755	0,0000
15	VIENTO0B	0,0937	0,0000	-10,5062	0,0000	0,7331	0,0000
15	VIENTO90	28,8330	0,0000	-20,7210	0,0000	100,0958	0,0000
16	PERMANEN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
16	NIEVE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
16	VIENTO0A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
16	VIENTO0B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
16	VIENTO90	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
17	PERMANEN	-1,2113	0,0000	74,4165	0,0000	-8,4792	0,0000
17	NIEVE	-0,4432	0,0000	12,1535	0,0000	-3,1022	0,0000
17	VIENTO0A	-8,3366	0,0000	1,6993	0,0000	-18,8620	0,0000
17	VIENTO0B	0,1311	0,0000	-6,0242	0,0000	0,9177	0,0000
17	VIENTO90	21,2160	0,0000	-11,3905	0,0000	98,2873	0,0000

A continuación se combinarán todas las cargas sin ponderar en la base de cada pilar. El objetivo es obtener el mayor momento flector (M) con su correspondiente esfuerzo axial (N) y esfuerzo cortante (V).

### Nudo 1. Base del pilar izquierdo.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor momento flector ( $M_0$ ).

$$M_{\text{carga permanente}} + M_{\text{nieve}} = 8,4792 \text{ kN} \cdot \text{m} + 3,1022 \text{ kN} \cdot \text{m} = 11,5814 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{carga permanente}} + M_{\text{viento0A}} = 8,4792 \text{ kN} \cdot \text{m} + (-21,1465 \text{ kN} \cdot \text{m}) = -12,6673 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{carga permanente}} + M_{\text{viento0B}} = 8,4792 \text{ kN} \cdot \text{m} - 1,1335 \text{ kN} \cdot \text{m} = 7,3457 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{carga permanente}} + M_{\text{viento90B}} = 8,4792 \text{ kN} \cdot \text{m} + 92,8029 \text{ kN} \cdot \text{m} = 101,2825 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Mayor momento flector (M):

$$M_0 = M_{\text{carga permanente}} + M_{\text{viento90B}} = 8,4792 \text{ kN} \cdot \text{m} + 92,8029 \text{ kN} \cdot \text{m} = 101,2825 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Esfuerzo axial (N) correspondiente:

$$N_0 = N_{\text{carga permanente}} + N_{\text{viento90B}} = 74,4165 \text{ kN} + (-10,0956 \text{ kN}) = 64,3209 \text{ kN}$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = 1,2113\ kN + 20,4326\ kN = 21,6439\ kN$$

#### Nudo 7. Base del pilar central.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor momento flector ( $M_0$ ).

$$M_{carga\ permanente} + M_{nieve} = 0\ kN \cdot m + 0\ kN \cdot m = 0\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento0A} = 0\ kN \cdot m - 10,0707\ kN \cdot m = -10,0707\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento0B} = 0\ kN \cdot m + 0,1578\ kN \cdot m = 0,1578\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 0\ kN \cdot m + 108,3753\ kN \cdot m = 108,3753\ kN \cdot m$$

Mayor momento flector (M):

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 0\ kN \cdot m + 108,3753\ kN \cdot m = 108,3753\ kN \cdot m$$

Esfuerzo axil (N) correspondiente:

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 107,7728\ kN - 21,5419\ kN = 86,2309\ kN$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = 0\ kN + 29,8322\ kN = 29,8322\ kN$$

#### Nudo 8. Base de un pilar intermedio.

Comparamos entre las distintas posibilidades, para encontrar el mayor momento.

$$M_{carga\ permanente} + M_{nieve} = 6,7794\ kN \cdot m + 2,4817\ kN \cdot m = 9,2611\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento0A} = 6,7794\ kN \cdot m - 9,0027\ kN \cdot m = -2,2233\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento0B} = 6,7794\ kN \cdot m - 0,9087\ kN \cdot m = 5,8707\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 6,7794\ kN \cdot m + 95,7084\ kN \cdot m = 102,4878\ kN \cdot m$$

Mayor momento flector (M):

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 6,7794\ kN \cdot m + 95,7084\ kN \cdot m = 102,4878\ kN \cdot m$$

Esfuerzo axil (N) correspondiente:



$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 112,0960\ kN - 22,0159\ kN = 90,0801\ kN$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = 0,8664\ kN + 28,2724\ kN = 29,1388\ kN$$

#### Nudo 10. Base de un pilar intermedio.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor momento flector ( $M_0$ ).

$$M_{carga\ permanente} + M_{nieve} = -0,0281\ kN \cdot m - 0,0116\ kN \cdot m = -0,0397\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{vientoOA} = -0,0281\ kN \cdot m - 8,0646\ kN \cdot m = -8,0927\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{vientoOB} = -0,0281\ kN \cdot m + 0,1243\ kN \cdot m = 0,0962\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = -0,0281\ kN \cdot m + 98,0627\ kN \cdot m = 98,0346\ kN \cdot m$$

Mayor momento flector (M):

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = -0,0281\ kN \cdot m + 98,0627\ kN \cdot m = 98,0346\ kN \cdot m$$

Esfuerzo axil (N) correspondiente:

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 112,0097\ kN - 21,2839\ kN = 90,7258\ kN$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = -3,587 \cdot 10^{-3}\ kN + 28,5732\ kN = 28,5768\ kN$$

#### Nudo 12. Base de un pilar intermedio.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor momento flector ( $M_0$ ).

$$M_{carga\ permanente} + M_{nieve} = 0,0281\ kN \cdot m + 0,0116\ kN \cdot m = 0,0397\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{vientoOA} = 0,0281\ kN \cdot m - 8,0730\ kN \cdot m = -8,0449\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{vientoOB} = 0,0281\ kN \cdot m + 0,1161\ kN \cdot m = 0,1442\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 0,0281\ kN \cdot m + 98,0422\ kN \cdot m = 98,0703\ kN \cdot m$$

Mayor momento flector (M):

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 0,0281\ kN \cdot m + 98,0422\ kN \cdot m = 98,0703\ kN \cdot m$$

Esfuerzo axil (N) correspondiente:

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 112,0097\ kN - 21,3971\ kN = 90,6126\ kN$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = 3,587 \cdot 10^{-3}\ kN + 28,5706\ kN = 28,5742\ kN$$

#### Nudo 15. Base de un pilar intermedio.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor momento flector ( $M_0$ ).

$$M_{carga\ permanente} + M_{nieve} = -6,7794\ kN \cdot m - 2,4817\ kN \cdot m = -9,2611\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{vientoOA} = -6,7794\ kN \cdot m - 7,1755\ kN \cdot m = -13,9549\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{vientoOB} = -6,7794\ kN \cdot m + 0,7331\ kN \cdot m = -6,0463\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = -6,7794\ kN \cdot m + 100,0958\ kN \cdot m = 93,3164\ kN \cdot m$$

Mayor momento flector (M):

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = -6,7794\ kN \cdot m + 100,0958\ kN \cdot m = 93,3164\ kN \cdot m$$

Esfuerzo axil (N) correspondiente:

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 112,0960\ kN - 20,7210\ kN = 91,375\ kN$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = -0,8664\ kN + 28,833\ kN = 27,9666\ kN$$

#### Nudo 17. Base del pilar derecho.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor momento flector ( $M_0$ ).

$$M_{carga\ permanente} + M_{nieve} = -8,4792\ kN \cdot m - 3,1022\ kN \cdot m = -11,5814\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{vientoOA} = -8,4792\ kN \cdot m - 18,8620\ kN \cdot m = -27,3412\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{vientoOB} = -8,4792\ kN \cdot m + 0,9177\ kN \cdot m = -7,5615\ kN \cdot m$$

$$M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = -8,4792\ kN \cdot m + 98,2873\ kN \cdot m = 89,8081\ kN \cdot m$$

Mayor momento flector (M):

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = -8,4792\ kN \cdot m + 98,2873\ kN \cdot m = 89,8081\ kN \cdot m$$

Esfuerzo axil (N) correspondiente:

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 74,4165\ kN - 11,3905\ kN = 63,026\ kN$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = -1,2113\ kN + 0,4432\ kN = 1,6545\ kN$$

Posteriormente se combinarán todas las cargas sin ponderar en la base de cada pilar con el objetivo de obtener el mayor esfuerzo axil (N) con su correspondiente momento flector (M) y esfuerzo cortante (V).

#### Nudo 1. Base del pilar izquierdo.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor esfuerzo axil ( $N_0$ ).

$$N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 74,4165\ kN + 12,1535\ kN = 86,57\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{vientoOA} = 74,4165\ kN - 11,3082\ kN = 63,1083\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{vientoOB} = 74,4165\ kN - 0,0162\ kN = 74,4003\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento9OB} = 74,4165\ kN - 10,0956\ kN = 64,3209\ kN$$

Mayor esfuerzo axil (N):

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 74,4165\ kN + 12,1535\ kN = 86,57\ kN$$

Momento flector (M) correspondiente:

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento9OB} = 8,4792\ kN \cdot m + 3,1022\ kN \cdot m = 11,5814\ kN \cdot m$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento9OB} = 1,2113\ kN + 0,4432\ kN = 1,6545\ kN$$

#### Nudo 7. Base del pilar central.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor esfuerzo axil ( $N_0$ ).

$$N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 107,7728\ kN + 24,3702\ kN = 132,1430\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{vientoOA} = 107,7728\ kN - 8,3097\ kN = 99,4631\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{vientoOB} = 107,7728\ kN - 10,0659\ kN = 97,7069\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento9OB} = 107,7728\ kN - 21,5419\ kN = 86,2309\ kN$$

Mayor esfuerzo axil (N):

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 107,7728\ kN + 24,3702\ kN = 132,1430\ kN$$

Momento flector (M) correspondiente:

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento9OB} = 0\ kN \cdot m + 0\ kN \cdot m = 0\ kN \cdot m$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = 0\ kN + 0\ kN = 0\ kN$$

#### Nudo 8. Base de un pilar intermedio.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor esfuerzo axial ( $N_0$ ).

$$N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 112,0960\ kN + 24,1740\ kN = 136,27\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento0A} = 112,0960\ kN - 19,6809\ kN = 92,4151\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento0B} = 112,0960\ kN - 2,4877\ kN = 109,6083\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 112,0960\ kN - 22,0159\ kN = 90,0801\ kN$$

Mayor esfuerzo axial (N):

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 112,0960\ kN + 24,1740\ kN = 136,27\ kN$$

Momento flector (M) correspondiente:

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 6,7794\ kN \cdot m + 2,4817\ kN \cdot m = 9,2611\ kN \cdot m$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = 0,8664\ kN + 0,3171\ kN = 1,1835\ kN$$

#### Nudo 10. Base de un pilar intermedio de la nave.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor esfuerzo axial ( $N_0$ ).

$$N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 112,0097\ kN + 24,1424\ kN = 136,1521\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento0A} = 112,0097\ kN + 2,8672\ kN = 114,8769\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento0B} = 112,0097\ kN - 17,5012\ kN = 94,5085\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 112,0097\ kN - 21,2839\ kN = 90,7258\ kN$$

Mayor esfuerzo axial (N):

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 112,0097\ kN + 24,1424\ kN = 136,1521\ kN$$

Momento flector (M) correspondiente:

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = -0,0281\ kN \cdot m - 0,0116\ kN \cdot m = -0,0397\ kN \cdot m$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = -3,587 \cdot 10^{-3}\ kN - 1,484 \cdot 10^{-3}\ kN = -5,071 \cdot 10^{-3}\ kN$$

#### Nudo 12. Base de un pilar intermedio.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor esfuerzo axil ( $N_0$ ).

$$N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 112,0097\ kN + 24,1424\ kN = 136,1521\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento0A} = 112,0097\ kN - 19,6495\ kN = 92,3602\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento0B} = 112,0097\ kN - 1,4788\ kN = 110,5309\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 112,0097\ kN - 21,3971\ kN = 90,6126\ kN$$

Mayor esfuerzo axil (N):

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 112,0097\ kN + 24,1424\ kN = 136,1521\ kN$$

Momento flector (M) correspondiente:

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = 0,0281\ kN \cdot m + 0,0116\ kN \cdot m = 0,0397\ kN \cdot m$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = 3,587 \cdot 10^{-3}\ kN + 1,484 \cdot 10^{-3}\ kN = 5,071 \cdot 10^{-3}\ kN$$

#### Nudo 15. Base de un pilar intermedio.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor esfuerzo axil ( $N_0$ ).

$$N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 112,0960\ kN + 24,1740\ kN = 136,27\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento0A} = 112,0960\ kN + 0,8917\ kN = 112,9877\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento0B} = 112,0960\ kN - 10,5062\ kN = 101,5898\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 112,0960\ kN - 20,7210\ kN = 91,375\ kN$$

Mayor esfuerzo axil (N):

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 112,0960\ kN + 24,1740\ kN = 136,27\ kN$$

Momento flector (M) correspondiente:

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = -6,7794\ kN \cdot m - 2,4817\ kN \cdot m = -9,2611\ kN \cdot m$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = -0,8664\ kN - 0,3171\ kN = -1,1835\ kN$$

#### Nudo 17. Base del pilar derecho.

Se combinan todas las cargas sin ponderar para encontrar el mayor esfuerzo axial ( $N_0$ ).

$$N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 74,4165\ kN + 12,1535\ kN = 86,57\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento0A} = 74,4165\ kN + 1,6993\ kN = 76,1158\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento0B} = 74,4165\ kN - 6,0242\ kN = 68,3923\ kN$$

$$N_{carga\ permanente} + N_{viento90B} = 74,4165\ kN - 11,3905\ kN = 63,026\ kN$$

Mayor esfuerzo axial (N):

$$N_0 = N_{carga\ permanente} + N_{nieve} = 74,4165\ kN + 12,1535\ kN = 86,57\ kN$$

Momento flector (M) correspondiente:

$$M_0 = M_{carga\ permanente} + M_{viento90B} = -8,4792\ kN \cdot m - 3,1022\ kN \cdot m = -11,5814\ kN \cdot m$$

Esfuerzo cortante (V) correspondiente:

$$V_0 = V_{carga\ permanente} + V_{viento90B} = -1,2113\ kN - 0,4432\ kN = -1,6545\ kN$$

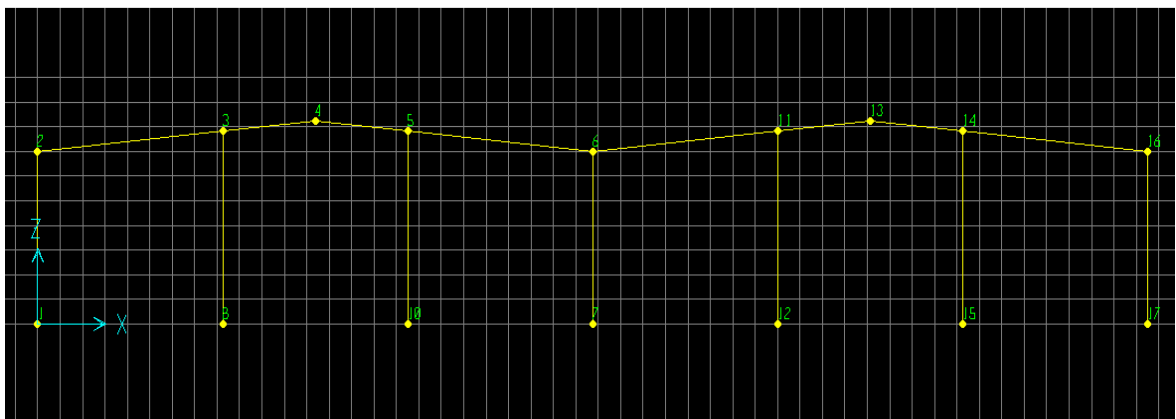
### **5.2.1 DIMENSIONES DE LA ZAPATA**

A continuación se determinarán las dimensiones de las zapatas, para empezar se observará las zapatas distintas que se distinguirán en el pórtico, en este caso, para el pórtico hastial se diferenciarán tres tipos de zapatas.

- El Tipo 3 corresponderá a las zapatas de los pilares exteriores.
- El Tipo 4 corresponderá a la zapata del pilar central de la nave.
- El Tipo 5 corresponderá a las zapatas de los pilares intermedios del pórtico hastial.

Por tanto la zapata Tipo 3 se construirá en los nudos 1 y 17, que son los correspondientes a los pilares exteriores. Para el dimensionado de la zapata se irán probando distintas medidas hasta que se cumplan todos los criterios de estabilidad.

En el caso de construir una zapata para dos nudos diferentes, se deberá elegir, de entre todas las posibilidades, las reacciones de aquel que tenga mayor momento flector (M) y mayor esfuerzo axil (N).



*Figura 5.2.2* Ventana SAP2000 donde se muestra el pórtico hacial con la numeración de los nudos de dicho pórtico.

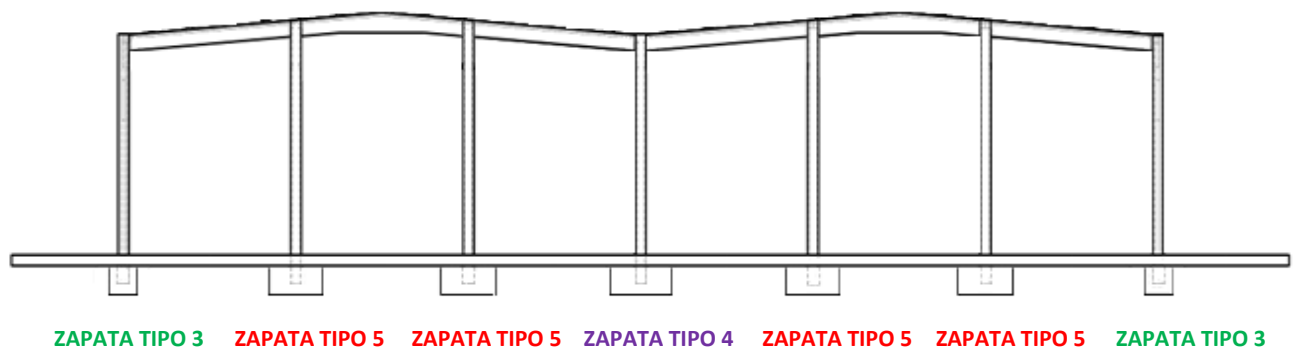


Figura 5.2.3 Gráfico del pórtico hastial de la nave indicando el tipo de zapata.

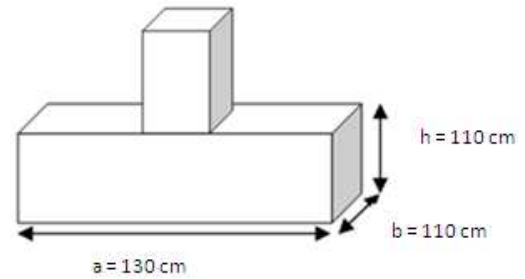


**Zapata Tipo 3: 130 cm x 110 cm x 110 cm**

$$M_0 = 11,5814 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_0 = 86,57 \text{ kN}$$

$$V_0 = 1,6545 \text{ kN}$$



$$M = N_0 \cdot e_0 + V_0 \cdot h$$

$$e_0 = \frac{M_0}{N_0} = 0,1338 \text{ m}$$

$$h = 1,1 \text{ m}$$

$$M = 13,401 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N = N_0 + P_z + P_t$$

$$P_z = (1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,1) \text{ m}^3 \cdot 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 6160 \text{ Kg} \quad (61,6 \text{ kN})$$

$$P_t = 0 \text{ kN}$$

$$N = 125,895 \text{ kN}$$

$$V = V_0$$

$$V = 1,6545 \text{ kN}$$

Tensiones del Terreno

Se calcula el valor de la excentricidad

$$e = \frac{M}{N} = 0,1064 \text{ m}$$

Y también el coeficiente de  $\frac{a}{6}$

$$\frac{a}{6} = 0,2166 \text{ m}$$

De esta forma se comprueba que  $e \leq \frac{a}{6}$ , por tanto la distribución de tensiones corresponde a una distribución trapecial.

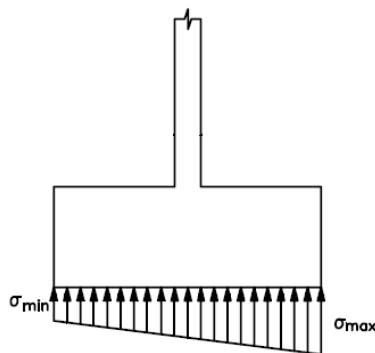


Figura 5.2.4 Distribución de tensiones trapecial.

El cálculo de esas tensiones vendrá determinado por las siguientes fórmulas:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{a \cdot b} + \left( \frac{6}{b} \cdot \frac{M}{a^2} \right)$$

$$\sigma_{max} = 131,2885 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_{min} = \frac{N}{a \cdot b} - \left( \frac{6}{b} \cdot \frac{M}{a^2} \right)$$

$$\sigma_{min} = 44,7885 \frac{kN}{m^2}$$

Se llegará a producir el hundimiento de una zapata si en algún punto de la tensión máxima sobre el terreno se supera la capacidad portante del terreno ( $250 \frac{kN}{m^2}$ ).

Al observar los resultados de las tensiones del terreno en este caso, se observa que no se produciría dicho hundimiento.

#### Comprobación a hundimiento

Deberá cumplirse que  $q$  (carga repartida) sea menor que la resistencia a la cimentación, siendo:

$$q = \frac{N}{a \cdot b} \quad \left. \vphantom{\frac{N}{a \cdot b}} \right\} q = 88,0385 \frac{kN}{m^2}.$$

La resistencia de cálculo a la cimentación  $200 \frac{kN}{m^2}$ .

**SE CUMPLE** que  $88,0385 \frac{kN}{m^2} < 200 \frac{kN}{m^2}$

#### Comprobación a vuelco

Debe cumplirse  $\frac{N \cdot \frac{a}{2}}{M} > 2$

**SE CUMPLE** que  $6,1062 > 2$

En esta comprobación si se observa una gran diferencia entre los valores, y todos los criterios de estabilidad se cumplen, se podrán reducir las dimensiones de la zapata, para ajustar más los valores de la comprobación.

#### Comprobación a deslizamiento

En este caso esta comprobación se hará para suelos sin cohesión (Arenas). Y deberá cumplirse

$$\frac{N \cdot tg \frac{2}{3} \theta}{V} \geq Y_s$$

Siendo:  $Y_s = 1,5$ .

$\theta = 45^\circ$ .

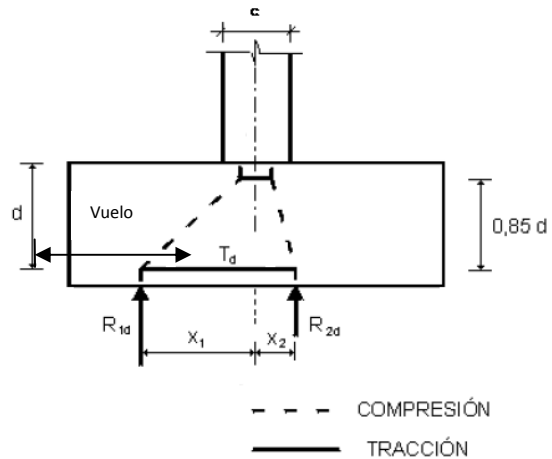
**SE CUMPLE** que  $44,1336 > 1,5$

Cálculo de la armadura: Se trata de una zapata rectangular y rígida por tanto la relación volado-peralte  $V \leq 2h$ .

$V = \text{vuelo} = 0,4 \text{ m}$

$2h = 2,2 \text{ m}$

**SE CUMPLE** que  $0,4 \text{ m} \leq 2,2 \text{ m}$ .



Para zapatas rectangulares sometidas a flexo-compresión recta, siempre que se pueda se despreciará el efecto del peso de la zapata y de las tierras situadas sobre ésta.

La armadura principal se obtendrá para resistir la tracción  $T_d$ .

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot c) = A_s \cdot f_{yd}$$

- Cálculo de  $R_{1d}$ .

$$R_{1d} = \frac{N}{2} + \frac{3 \cdot M}{2 \cdot a}$$

$$R_{1d} = 78,4102 \text{ kN}$$

- Cálculo de  $x_1$ .

$$x_1 = \frac{\frac{N}{2} + \frac{4 \cdot M}{a}}{\frac{N}{2} + \frac{3 \cdot M}{2 \cdot a}}$$

$$x_1 = 0,4318 \text{ m}$$

- Cálculo de  $T_d$ .

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot c)$$

$$d = 1,05 \text{ m}$$

$$c = 0,5 \text{ m}$$

$$T_d = 26,9538 \text{ kN}$$

- Cálculo del área de la sección de la armadura que trabaja a tracción  $A_s$ .

$$T_d = A_s \cdot f_{yd}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

Siendo:  $f_{yd}$ : resistencia de cálculo del acero.  
 $f_{yk}$ : límite elástico del acero del proyecto.  
 $\gamma_s$ : Coeficiente de minoración del acero.

En este caso se utilizará acero B 500 S. Para saber el coeficiente de minoración se irá a la tabla de coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límite Últimos.

Situación de proyecto	Hormigón $\gamma_c$	Acero pasivo y activo $\gamma_s$
Persistente o transitoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,0

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,7826 \frac{N}{mm^2} \quad (43,378 \frac{kN}{cm^2})$$

$$A_s = \frac{T_d}{f_{yd}} \quad \left. \vphantom{\frac{T_d}{f_{yd}}} \right\} A_s = 0,6199 \text{ cm}^2$$

El Ministerio de Fomento en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) obliga a comprobar mediante otros dos métodos el cálculo del área de la sección de la armadura que trabaja a tracción ( $A_s$ ).

Para secciones rectangulares de hormigón armado:  $A_s > 0,04 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot A_c$

Siendo:  $A_c$ : área de la sección total de hormigón.  
 $f_{yd}$ : resistencia de cálculo del acero.  
 $f_{cd}$ : resistencia de cálculo del hormigón.

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

Siendo:  $f_{cd}$ : resistencia de cálculo del hormigón.  
 $f_{ck}$ : límite elástico del hormigón del proyecto.  
 $\gamma_c$ : Coeficiente de minoración del hormigón.

Se dispone de hormigón HA/25/B/20/IIA. Para saber el coeficiente de minoración vamos a la tabla de coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límite Últimos.

Situación de proyecto	Hormigón $\gamma_c$	Acero pasivo y activo $\gamma_s$
Persistente o transitoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,0

$$f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{25}{1,5} = 16,66 \frac{N}{mm^2} \quad (1,666 \frac{kN}{cm^2})$$

- Cálculo de  $A_c$ .

$$A_c = b \cdot h$$

$$b = 1,1 \text{ m}$$

$$h = 1,1 \text{ m}$$

$$A_c = 1,21 \text{ m}^2 \quad (12100 \text{ cm}^2)$$

- Cálculo de  $A_s$ .

$$A_s > 0,04 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot A_c$$

$$A_s > 18,546 \text{ cm}^2$$

Otro método para el cálculo del área de la sección de la armadura que trabaja a tracción ( $A_s$ ) es el siguiente:

En la tabla siguiente se hallan las cuantías geométricas mínimas, en tanto por 1000, referidas a la sección total de hormigón

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		B 400 S	B 500 S
Pilares		4,0	4,0
Losas (*)		2,0	1,8
Vigas (**)		3,3	2,8
Muros (***)	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

(\*) Cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Las losas apoyadas sobre el terreno requieren un estudio especial.

(\*\*) Cuantía mínima correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.

(\*\*\*) La cuantía mínima vertical es la correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.

La armadura mínima horizontal deberá repartirse en ambas caras. Para muros vistos por ambas caras debe disponerse el 50% en cada cara. Para muros vistos por una sola cara podrán disponerse hasta 2/3 de la armadura total en la cara vista. En el caso en que se dispongan juntas verticales de contracción a distancias no superiores a 7,5 m, con la armadura horizontal interrumpida, las cuantías geométricas horizontales mínimas pueden reducirse a la mitad.

$$A_s > \frac{1,8}{1000} \cdot A_c \quad \left. \vphantom{A_s} \right\} A_s > 21,78 \text{ cm}^2$$

De los tres valores calculados para el área de la sección de la armadura que trabaja a tracción ( $A_s$ ) se seleccionará aquel que tenga mayor valor, en este caso,  $A_s = 21,78 \text{ cm}^2$ .

El diámetro de la armadura que se elegirá en este caso es de  $\varnothing 16 \text{ mm}$  que tendrá una sección de  $2,01 \text{ cm}^2$ .

Por tanto nos salen 11 barras de acero.

La armadura pasiva longitudinal resistente, o la de piel, ha de quedar distribuida convenientemente para evitar que queden zonas de hormigón sin armadura, de forma que la distancia entre dos barras longitudinales consecutivas cumpla las siguientes limitaciones:

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

$$s \leq 3 \text{ veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento en las que vayan situadas.}$$

En este caso la separación va a ser de 10 cm que cumple las dos limitaciones impuestas por la Instrucción de Hormigón Estructural.

**Zapata Tipo 3:** **130 cm x 110 cm x 110 cm**

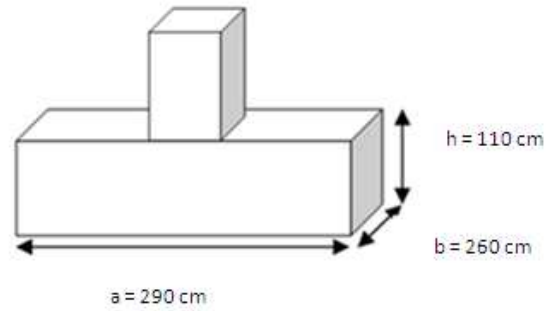
**11 barras de acero B 500 S de  $\varnothing 16 \text{ mm}$  separadas 10 cm**

**Zapata Tipo 4: 290 cm x 260 cm x 110 cm**

$$M_0 = 108,3753 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_0 = 86,2309 \text{ kN}$$

$$V_0 = 29,8322 \text{ kN}$$



$$M = N_0 \cdot e_0 + V_0 \cdot h$$

$$e_0 = \frac{M_0}{N_0} = 1,257 \text{ m}$$

$$h = 1,1 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} M = N_0 \cdot e_0 + V_0 \cdot h \\ e_0 = \frac{M_0}{N_0} = 1,257 \text{ m} \\ h = 1,1 \text{ m} \end{array} \right\} M = 141,19072 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N = N_0 + P_z + P_t$$

$$P_z = (2,9 \cdot 2,6 \cdot 1,1) \text{ m}^3 \cdot 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 20735 \text{ Kg} \quad (207,35 \text{ kN})$$

$$P_t = 0 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{array}{l} N = N_0 + P_z + P_t \\ P_z = (2,9 \cdot 2,6 \cdot 1,1) \text{ m}^3 \cdot 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 20735 \text{ Kg} \quad (207,35 \text{ kN}) \\ P_t = 0 \text{ kN} \end{array} \right\} N = 293,5809 \text{ kN}$$

$$V = V_0$$

$$\left. \begin{array}{l} V = V_0 \end{array} \right\} V = 29,8322 \text{ kN}$$

Tensiones del Terreno

Se calcula el valor de la excentricidad

$$e = \frac{M}{N} = 0,4809 \text{ m}$$

Y también el coeficiente de  $\frac{a}{6}$

$$\frac{a}{6} = 0,4833 \text{ m}$$

De esta forma se comprueba que  $e \leq \frac{a}{6}$ , por tanto la distribución de tensiones corresponde a una distribución trapecial.

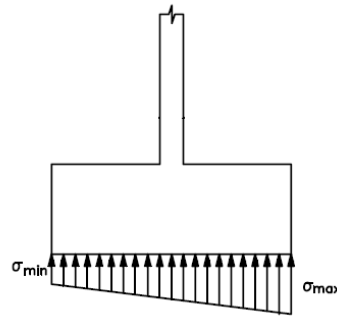


Figura 5.2.5 Distribución de tensiones trapezoidal.

El cálculo de esas tensiones viene determinado por las siguientes fórmulas:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{a \cdot b} + \left( \frac{6}{b} \cdot \frac{M}{a^2} \right)$$

$$\sigma_{min} = \frac{N}{a \cdot b} - \left( \frac{6}{b} \cdot \frac{M}{a^2} \right)$$

$$\sigma_{max} = 77,679 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_{min} = 0,194 \frac{kN}{m^2}$$

#### Comprobación a hundimiento

Deberá cumplirse que q (carga repartida) sea menor que la resistencia a la cimentación, siendo:

$$q = \frac{N}{a \cdot b} \quad \left. \vphantom{\frac{N}{a \cdot b}} \right\} q = 38,9365 \frac{kN}{m^2}.$$

La resistencia de cálculo a la cimentación  $200 \frac{kN}{m^2}$ .

**SE CUMPLE** que  $38,9365 \frac{kN}{m^2} < 200 \frac{kN}{m^2}$

#### Comprobación a vuelco

Debe cumplirse  $\frac{N \cdot \frac{a}{2}}{M} > 2$

**SE CUMPLE** que  $3,015 > 2$



### Comprobación a deslizamiento

En este caso la comprobación se hará para suelos sin cohesión (Arenas). Y deberá cumplirse

$$\frac{N \cdot tg \frac{2}{3}\theta}{V} \geq Y_s$$

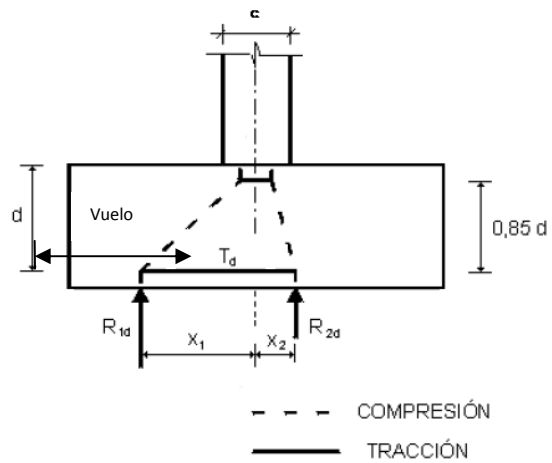
**SE CUMPLE** que  $5,7078 > 1,5$

Cálculo de la armadura: Se trata de una zapata rectangular y rígida, por tanto la relación volado-peralte  $V \leq 2h$ .

$$V = \text{vuelo} = 1,2 \text{ m}$$

$$2h = 2,2 \text{ m}$$

**SE CUMPLE** que  $1,2 \text{ m} \leq 2,2 \text{ m}$ .



La armadura principal se obtendrá para resistir la tracción  $T_d$ .

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot c) = A_s \cdot f_{yd}$$

- Cálculo de  $R_{1d}$ .

$$R_{1d} = \frac{N}{2} + \frac{3 \cdot M}{2 \cdot a}$$

$$R_{1d} = 219,8202 \text{ kN}$$

- Cálculo de  $x_1$ .

$$x_1 = \frac{\frac{N}{2} + \frac{4 \cdot M}{a}}{\frac{N}{2} + \frac{3 \cdot M}{2 \cdot a}}$$

$$x_1 = 2,2529 \text{ m}$$

- Cálculo de  $T_d$ .

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot c)$$

$$T_d = 523,3814 \text{ kN}$$

- Cálculo del área de la sección de la armadura que trabaja a tracción  $A_s$ .

$$T_d = A_s \cdot f_{yd}$$

$$f_{yd} = 43,378 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$A_s = 12,038 \text{ cm}^2$$

Otra comprobación, para secciones rectangulares de hormigón armado:

$$\left. \begin{aligned} A_s &> 0,04 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot A_c \\ A_c &= 2,86 \text{ m}^2 \text{ (28600 cm}^2\text{)} \\ f_{cd} &= 1,666 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \end{aligned} \right\} A_s > 43,836 \text{ cm}^2$$

El otro método para el cálculo del área de la sección de la armadura que trabaja a tracción ( $A_s$ ) es el siguiente:

$$A_s > \frac{1,8}{1000} \cdot A_c \quad \left\} A_s > 51,48 \text{ cm}^2\right.$$

De los tres valores para el área de la sección de la armadura que trabaja a tracción ( $A_s$ ) se seleccionará aquel que tenga mayor valor, en este caso,  $A_s = 51,48 \text{ cm}^2$ .

El diámetro de la armadura que se elegirá en este caso es de  $\varnothing 16 \text{ mm}$  y tendrá una sección de  $2,01 \text{ cm}^2$ .

Por tanto nos salen 26 barras de acero.

La armadura pasiva longitudinal resistente, o la de piel, ha de quedar distribuida convenientemente para evitar que queden zonas de hormigón sin armadura, de forma que la distancia entre dos barras longitudinales consecutivas cumpla las siguientes limitaciones:

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

$$s \leq 3 \text{ veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento en las que vayan situadas.}$$

En este caso la separación va a ser de 10 cm que cumple las dos limitaciones impuestas por la Instrucción de Hormigón Estructural.

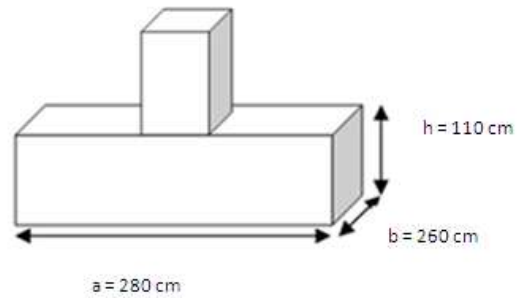
<b>Zapata Tipo 4:</b>	<b>290 cm x 260 cm x 110 cm</b>
<b>26 barras de acero B 500 S de <math>\varnothing 16 \text{ mm}</math> separadas 10 cm</b>	

**Zapata Tipo 5: 280 cm x 260 cm x 110 cm**

$$M_0 = 102,4878 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_0 = 90,0801 \text{ kN}$$

$$V_0 = 29,1388 \text{ kN}$$



$$M = N_0 \cdot e_0 + V_0 \cdot h$$

$$e_0 = \frac{M_0}{N_0} = 1,1377 \text{ m}$$

$$h = 1,1 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} M = N_0 \cdot e_0 + V_0 \cdot h \\ e_0 = \frac{M_0}{N_0} = 1,1377 \text{ m} \\ h = 1,1 \text{ m} \end{array} \right\} M = 134,5405 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N = N_0 + P_z + P_t$$

$$P_z = (2,8 \cdot 2,6 \cdot 1,1) \text{ m}^3 \cdot 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 20020 \text{ Kg} \quad (200,2 \text{ kN})$$

$$P_t = 0 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{array}{l} N = N_0 + P_z + P_t \\ P_z = (2,8 \cdot 2,6 \cdot 1,1) \text{ m}^3 \cdot 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 20020 \text{ Kg} \quad (200,2 \text{ kN}) \\ P_t = 0 \text{ kN} \end{array} \right\} N = 290,2801 \text{ kN}$$

$$V = V_0$$

$$\left. \begin{array}{l} V = V_0 \end{array} \right\} V = 29,1388 \text{ kN}$$

Tensiones del Terreno

Se calcula el valor de la excentricidad

$$e = \frac{M}{N} = 0,4635 \text{ m}$$

Y también el coeficiente de  $\frac{a}{6}$

$$\frac{a}{6} = 0,4666 \text{ m}$$

De esta forma se comprueba que  $e \leq \frac{a}{6}$ , por tanto la distribución de tensiones corresponde a una distribución trapezoidal.

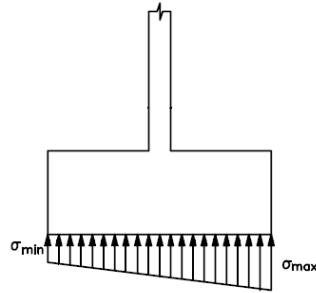


Figura 5.2.6 Distribución de tensiones trapezoidal.

El cálculo de esas tensiones vendrá determinado por las siguientes fórmulas:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{a \cdot b} + \left( \frac{6}{b} \cdot \frac{M}{a^2} \right)$$

$$\sigma_{min} = \frac{N}{a \cdot b} - \left( \frac{6}{b} \cdot \frac{M}{a^2} \right)$$

$$\sigma_{max} = 79,4754 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_{min} = 0,2718 \frac{kN}{m^2}$$

#### Comprobación a hundimiento

Deberá cumplirse que q (carga repartida) sea menor que la resistencia a la cimentación, siendo:

$$q = \frac{N}{a \cdot b} \quad \left. \vphantom{\frac{N}{a \cdot b}} \right\} q = 39,8736 \frac{kN}{m^2}.$$

La resistencia de cálculo a la cimentación  $200 \frac{kN}{m^2}$ .

**SE CUMPLE** que  $39,8736 \frac{kN}{m^2} < 200 \frac{kN}{m^2}$

#### Comprobación a vuelco

Debe cumplirse  $\frac{N \cdot \frac{a}{2}}{M} > 2$

**SE CUMPLE** que  $3,0206 > 2$

#### Comprobación a deslizamiento

En este caso esta comprobación se hará para suelos sin cohesión (Arenas). Y deberá cumplirse

$$\frac{N \cdot \operatorname{tg} \frac{2}{3} \theta}{V} \geq Y_s$$

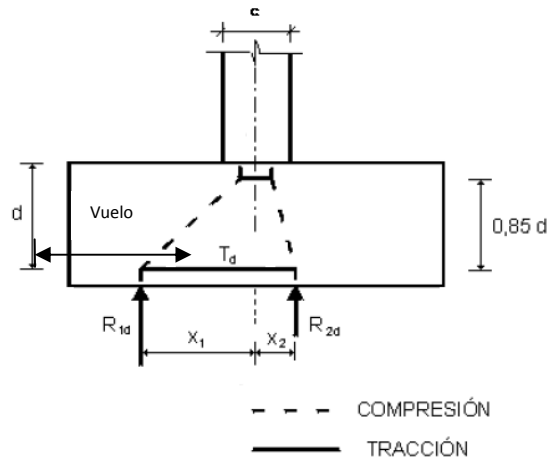
**SE CUMPLE** que  $5,7779 > 1,5$

Cálculo de la armadura: Se trata de una zapata rectangular y rígida, por tanto la relación volado-peralte  $V \leq 2h$ .

$V = \text{vuelo} = 1,15 \text{ m}$

$2h = 2,2 \text{ m}$

**SE CUMPLE** que  $1,15 \text{ m} \leq 2,2 \text{ m}$ .



La armadura principal se obtendrá para resistir la tracción  $T_d$ .

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot c) = A_s \cdot f_{yd}$$

- Cálculo de  $R_{1d}$ .

$$R_{1d} = \frac{N}{2} + \frac{3 \cdot M}{2 \cdot a}$$

$$R_{1d} = 217,2151 \text{ kN}$$

- Cálculo de  $x_1$ .

$$x_1 = \frac{\frac{N}{2} + \frac{4 \cdot M}{a}}{\frac{N}{2} + \frac{3 \cdot M}{2 \cdot a}}$$

$$x_1 = 1,0871 \text{ m}$$

- Cálculo de  $T_d$ .

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot c)$$

$$T_d = 234,154 \text{ kN}$$

- Cálculo del área de la sección de la armadura que trabaja a tracción  $A_s$ .

$$T_d = A_s \cdot f_{yd}$$

$$f_{yd} = 43,378 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$A_s = 5,3855 \text{ cm}^2$$

Otra comprobación, para secciones rectangulares de hormigón armado:

$$\left. \begin{aligned} A_s &> 0,04 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot A_c \\ A_c &= 2,86 \text{ m}^2 \text{ (28600 cm}^2\text{)} \\ f_{cd} &= 1,666 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \end{aligned} \right\} A_s > 43,836 \text{ cm}^2$$

Otro método para el cálculo del área de la sección de la armadura que trabaja a tracción ( $A_s$ ) es el siguiente:

$$A_s > \frac{1,8}{1000} \cdot A_c \quad \left. \right\} A_s > 51,48 \text{ cm}^2$$

De los tres valores para el área de la sección de la armadura que trabaja a tracción ( $A_s$ ) se seleccionará aquel que tenga mayor valor, en este caso,  $A_s = 51,48 \text{ cm}^2$ .

El diámetro de la armadura que se elegirá en este caso es de  $\varnothing 16 \text{ mm}$  que tendrá una sección de  $2,01 \text{ cm}^2$ .

Por tanto nos salen 26 barras de acero.

La armadura pasiva longitudinal resistente, o la de piel, ha de quedar distribuida convenientemente para evitar que queden zonas de hormigón sin armadura, de forma que la distancia entre dos barras longitudinales consecutivas cumpla las siguientes limitaciones:

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

$$s \leq 3 \text{ veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento en las que vayan situadas.}$$

En este caso la separación va a ser de 10 cm que cumple las dos limitaciones impuestas por la Instrucción de Hormigón Estructural.

**Zapata Tipo 4:** **280 cm x 260 cm x 110 cm**  
**26 barras de acero B 500 S de  $\varnothing 16 \text{ mm}$  separadas 10 cm**

5.3 RESUMEN ZAPATAS

ZAPATA	Largo x ancho x alto (cm)
TIPO 1	260 x 200 x 110
TIPO 2	320 x 300 x 110
TIPO 3	130 x 110 x 110
TIPO 4	290 x 260 x 110
TIPO 5	280 x 260 x 110

Figura 5.3.1      Tabla resumen de todos los tipos de zapata.



Figura 5.3.2      Gráfico del pórtico intermedio de la nave indicando el tipo de zapata.

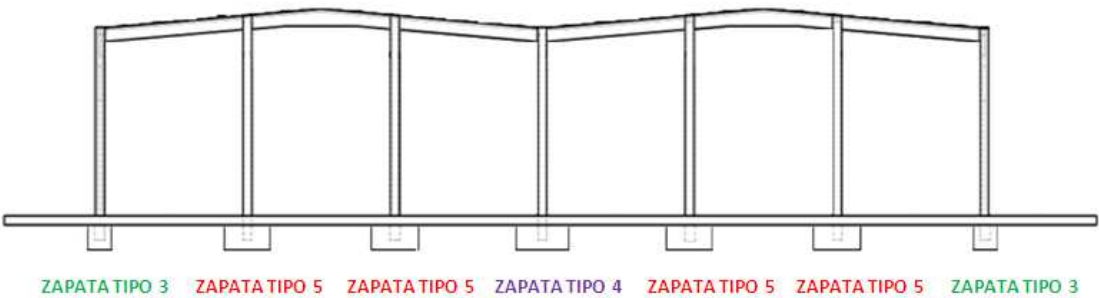


Figura 5.3.3      Gráfico del pórtico hastial de la nave indicando el tipo de zapata.

### **CONDICIONES DE EJECUCIÓN Y ARMADO DE ZAPATAS**

Las zapatas de la nave irán atadas entre sí mediante riostras, que deberán de ser capaces de transmitir en tracción y en compresión un esfuerzo axial igual al 5% de la carga axial de cálculo del soporte más cargado que los une. Además no deberá pandear, ni fisurar, ni transmitir al terreno una tensión superior a la admisible.

En este proyecto no se ha calculado el dimensionado de dichas riostras, pero se ha tenido en cuenta que serán de 50 x 50 cm de sección.

Todas las zapatas irán armadas con parrilla de acero B-500 de diámetro  $\varnothing 16$  c/10x10 cm, acabada en patilla de 20 cm.

La armadura de cáliz estará formada por 12 barras de  $\varnothing 16$  en cajón y estribos  $\varnothing 8$  c/10 cm.

El cajón de alojamiento de pilares tendrá una profundidad de 0,70 m y una holgura de 5 cm a cada lado de la cara de los pilares.

Todas las zapatas se construirán sobre 10 cm de hormigón de limpieza.

Todas las cimentaciones directas sobre la zapata se conciben en la hipótesis de que el suelo situado debajo de las mismas se halle aproximadamente en el mismo estado en que fue encontrado durante las investigaciones realizadas para estudiarlos. Antes de comenzar a realizar un proyecto de este tipo debe realizarse un estudio geotécnico sin el cual no podrán comenzar las obras. Si dentro de la zona que pudiera quedar afectada por la zapata se encuentran puntos excepcionalmente blandos, debe proyectarse de nuevo la zapata.

Todos los elementos encontrados en el fondo de las excavaciones, tales como rocas, restos de cimentaciones antiguas y, de una manera general, todos los materiales resistentes susceptibles de formar puntos duros locales, serán retirados y se rebajará lo suficiente el nivel del fondo de la excavación para que las zapatas apoyen en condiciones homogéneas. De la misma manera, todos los materiales más compresibles que el terreno en conjunto serán excavados y sustituidos por un suelo de compresibilidad sensiblemente equivalente a la del suelo general, o por hormigón en masa. El suelo de relleno debe compactarse convenientemente, pues una simple colocación por vertido no puede asegurar el grado de compresibilidad requerido.

El recubrimiento mínimo de la armadura se ajustará a las especificaciones de la EHE.

Las zapatas se rellenarán de hormigón a sección de excavación completa, después de la limpieza del fondo, si las paredes de la excavación presentan una cohesión suficiente. En caso contrario, el hormigonado se ejecutará entre encofrados que eviten los desprendimientos.



Las armaduras verticales para anclaje de pilares deben penetrar en la zapata hasta el nivel de la capa inferior de armadura de ésta.

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

- El nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico.
- El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas.
- El terreno presenta una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico.
- No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.
- No se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres.

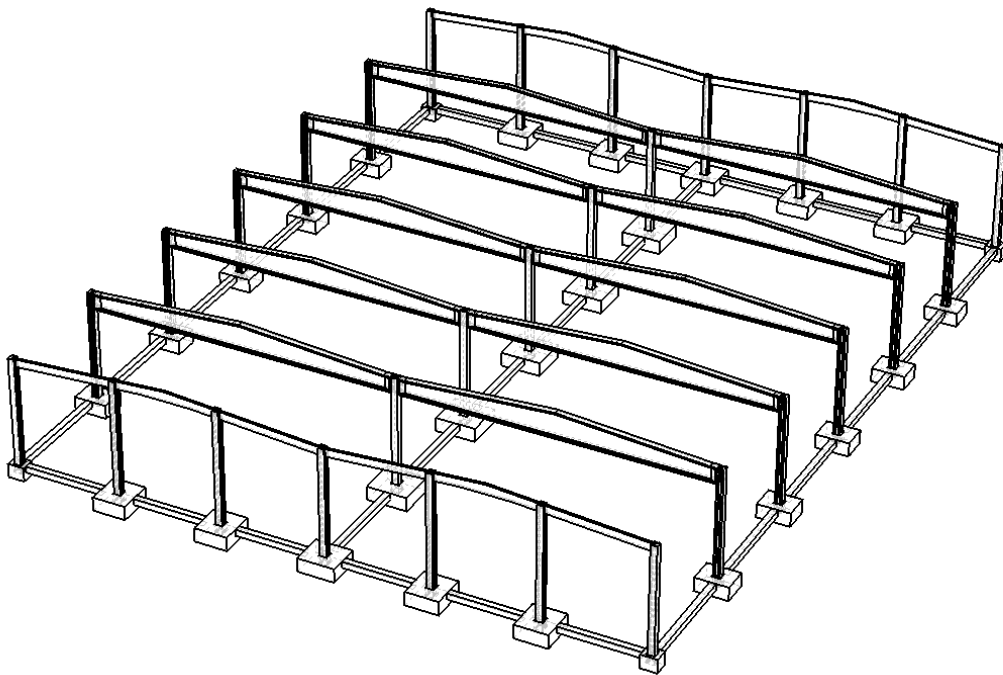


Figura 5.3.4 Colocación de las zapatas y las riostras que las unen.

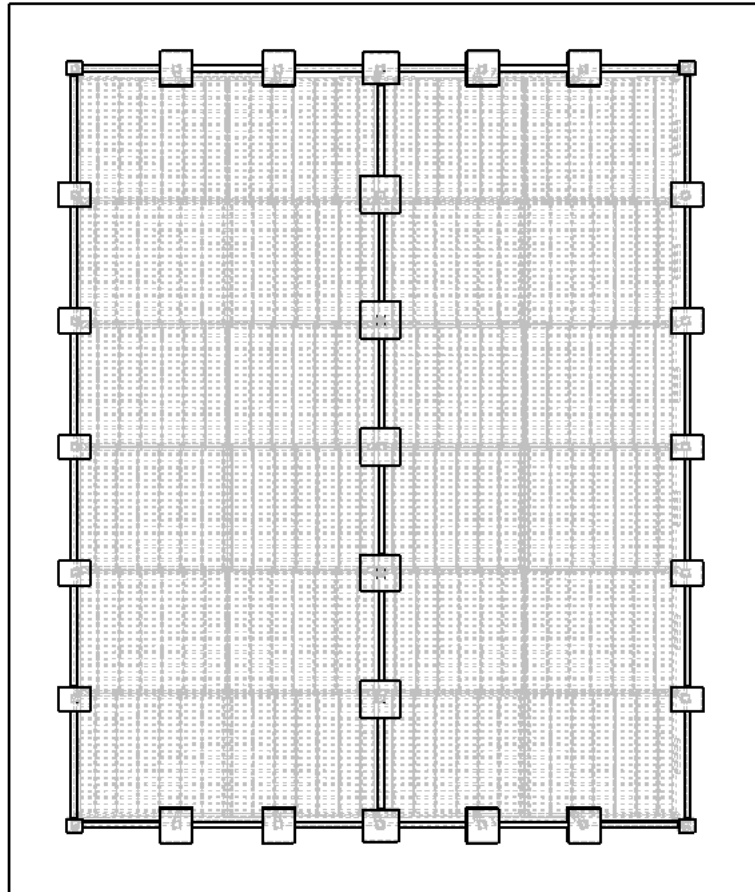


Figura 5.3.5 Vista de la planta de la nave con zapatas y riostras.

## **6. GESTIÓN DE RESIDUOS GENERADOS EN LA CONSTRUCCIÓN**

A la obra civil definida en el presente Proyecto Técnico le es de aplicación el *Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, del Ministerio de la Presidencia, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición*.

En los últimos años, el sector de la construcción ha alcanzado unos índices de actividad muy elevados configurándose como una de las claves del crecimiento de la economía española. Esta situación ha provocado, un auge extraordinario de la generación de residuos procedentes tanto de la construcción de infraestructuras y edificaciones de nueva planta como de la demolición de inmuebles antiguos. Dichos residuos forman la categoría denominada residuos de construcción y demolición.

El problema ambiental que plantean estos residuos se deriva no solo del creciente volumen de su generación, sino de su tratamiento, que todavía hoy es insatisfactorio en la mayor parte de los casos.

Entre los impactos ambientales que ello provoca, cabe destacar la contaminación de suelos y acuíferos en vertederos incontrolados, el deterioro paisajístico y la eliminación de estos residuos sin aprovechamiento de sus recursos valorizables. Esta grave situación debe corregirse, con el fin de conseguir un desarrollo más sostenible de la actividad constructiva.

Se considera *productor de residuos* a la persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición. En este caso el Promotor.

Se considera *poseedor de residuos de construcción y demolición* a la persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la condición de gestor de residuos. En este caso el constructor, los subcontratistas o los trabajadores autónomos encargados de la ejecución de la obra.

**Obligaciones del productor de residuos de construcción (promotor)**

a) Incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición.

b) En obras de demolición, rehabilitación, reparación o reforma, hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generarán, que deberá incluirse en el estudio de gestión a que se refiere la letra a) del apartado 1, así como prever su retirada selectiva, con el fin de evitar la mezcla entre ellos o con otros residuos no peligrosos, y asegurar su envío a gestores autorizados de residuos peligrosos.

c) Disponer de la documentación que acredite que los residuos de construcción y demolición realmente producidos en sus obras han sido gestionados, en su caso, en obra o entregados a una instalación de valorización o de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos recogidos en este real decreto y, en particular, en el estudio de gestión de residuos de la obra o en sus modificaciones. La documentación correspondiente a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.

d) En el caso de obras sometidas a licencia urbanística, constituir, cuando proceda, en los términos previstos en la legislación de las comunidades autónomas, la fianza o garantía financiera equivalente que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha licencia en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra.

### **Obligaciones del poseedor de residuos de construcción.**

1. Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra. El plan, una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

2. El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.

3. La entrega de los residuos de construcción y demolición a un gestor por parte del poseedor habrá de constar en documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, y la identificación del gestor de las operaciones de destino. Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de construcción y demolición efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valorización o de eliminación ulterior al que se destinarán los residuos. En todo caso, la responsabilidad administrativa en relación con la cesión de los residuos de construcción y demolición por parte de los poseedores a los gestores se regirá por lo establecido en el artículo 33 de la Ley 10/1998, de 21 de abril.

4. El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.

5. Los residuos de construcción y demolición deberán separarse en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

- Hormigón: 80 t.
- Ladrillos, tejas, cerámicos: 40 t.
- Metal: 2 t.
- Madera: 1 t.
- Vidrio: 1 t.

- Plástico: 0,5 t.
- Papel y cartón: 0,5 t.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra. Cuando por falta de espacio físico en la obra no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el presente apartado.

6. El órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma en que se ubique la obra, de forma excepcional, y siempre que la separación de los residuos no haya sido especificada y presupuestada en el proyecto de obra, podrá eximir al poseedor de los residuos de construcción y demolición de la obligación de separación de alguna o de todas las anteriores fracciones.

7. El poseedor de los residuos de construcción y demolición estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión y a entregar al productor los certificados y demás documentación acreditativa de la gestión de los residuos, así como a mantener la documentación correspondiente a cada año natural durante los cinco años siguientes.

## 6.1 RESIDUOS GENERADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

No se prevén residuos peligrosos en esta obra.

### Estimación de los residuos generados:

Residuo	Código CER	Cantidad estimada
Hormigón	17 01 01	0,8 tn
Ladrillos y bloques	17 01 02	0,20 tn
Tejas y material cerámico	17 01 03	No se prevén
Madera	17 02 01	0,05 tn
Vidrio	17 02 02	No se prevén
Plástico	17 02 03	0,02 tn
Metal (hierro y acero)	17 04 05	0,20 tn
Materiales de aislamiento	17 06 04	0,05 tn
Restos de yeso	17 08 02	0,01 tn
Papel y cartón	20 01 01	0,05 tn

Figura 6.0.1 Tabla de residuos generados.

### Medidas para la prevención de residuos:

- Todo el hormigón, a ser posible, será elaborado en planta, trasladado y vertido con camión hormigonera.
- El camión hormigonera no limpiará la cuba en la obra.
- Los residuos serán trasladados a vertedero autorizado de residuos inertes.

### Almacenamiento, separación y gestión de los residuos:

Las cantidades estimadas de residuos previstos durante la ejecución de la obra proyectada no exigen separación individualizada para su almacenamiento.

Los residuos se almacenarán en un contenedor metálico de retirada de material sobrante, ubicado en un lugar en la obra donde no molesten el paso peatonal ni de maquinaria, así mismo, se limitará su acceso mediante señalización con cinta visible o similar para evitar accidentes.

Una vez acabadas las tareas, los residuos almacenados y separados se llevarán a vertedero autorizado por un gestor autorizado. Los asimilables a urbanos (plásticos, cartón y papel) se trasladarán a los contenedores del municipio habilitados para tales residuos.

**Valoración del coste de la gestión de los residuos:**

El coste de gestión de los residuos previstos en obra asciende a 1.000 €



## 7. SOLIDWORKS

El SolidWorks es un programa de diseño asistido por ordenador para modelado mecánico desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una subsidiaria de Dassault Systèmes, para el sistema operativo de Microsoft Windows.

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona en base a las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, “construyendo virtualmente” la pieza o conjunto.

Posteriormente todas las extracciones, tanto planos como ficheros de intercambio, se realizan de manera bastante automatizada.

El producto que se va a utilizar en este caso es SolidWorks Premium 2010.



Figura 7.0.1      Icono SolidWorks.

## 7.1 ZAPATAS SOLIDWORKS

SolidWorks presenta tres tipos de módulos que son: Pieza, Ensamble y Dibujo. Cada una de las cuales dispone de herramientas de productividad, comunicación y análisis-simulación.

- El módulo Pieza, permite crear modelos tridimensionales en 3D partiendo de geometrías en 2D o croquis y obtener sólidos.
- El módulo Ensamble, permite la inserción de modelos 3D creados en el módulo Pieza.
- El módulo Dibujo, permite obtener los planos del modelo creado.

Una de las características de SolidWorks es que se trata de un programa asociativo. Esto quiere decir que los archivos de pieza, ensamble y dibujo están vinculados, es decir, la modificación de los parámetros en una pieza, actualiza la información y reconstruye el ensamble y el dibujo automáticamente.

### 7.1.1 LAS ZAPATAS DE LA NAVE

Se abre un nuevo documento.

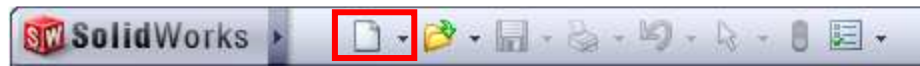


Figura 7.1.1 Parte superior de la pantalla de trabajo del SolidWorks.

En la pantalla siguiente se seleccionará *Pieza*, porque se empezará dibujando el croquis de la zapata.



Figura 7.1.2 Ventana que aparece al iniciar un nuevo documento de SolidWorks.

Una vez aparece la pantalla de trabajo de SolidWorks, el primer paso será seleccionar las unidades en las que posteriormente se va a trabajar. Por defecto, el programa trabaja en metros, pero en este caso se trabajara en milímetros.

Para realizar el cambio de unidades se irá a *Menú → Opciones → Propiedades del documento → Unidades*, aparecerá una ventana como la de la figura siguiente, donde se seleccionará el sistema de unidades MMGS (milímetro, gramo, segundo).

Sistema de unidades

☐ MKS (metro, kilogramo, segundo)  
☐ CGS (centímetro, gramo, segundo)  
☒ MMGS (milímetro, gramo, segundo)  
☐ IPS (pulgada, libra, segundo)  
☐ Personalizado

Tipo	Unidad	Decimales	Fracciones	Más
<b>Unidades básicas</b>				
Longitud	milímetros	.12		...
Longitud de cotas duales	pulgadas	.12		...
Ángulo	grados	.12		
<b>Propiedades físicas/de sección</b>				
Longitud	milímetros	.12		
Masa	gramos			
Por unidad de volumen	milímetros^3			
<b>Unidades de movimiento</b>				
Tiempo	segundo	.12		
Fuerza	newton	.12		
Energía	yatio	.12		
Energía	julio	.12		

Figura 7.1.3 Ventana SolidWorks donde se pueden seleccionar las unidades adecuadas.

El siguiente paso será elegir el plano visto frontalmente en el que se va a trabajar.

En este caso se seleccionará el plano de trabajo, *Planta*.

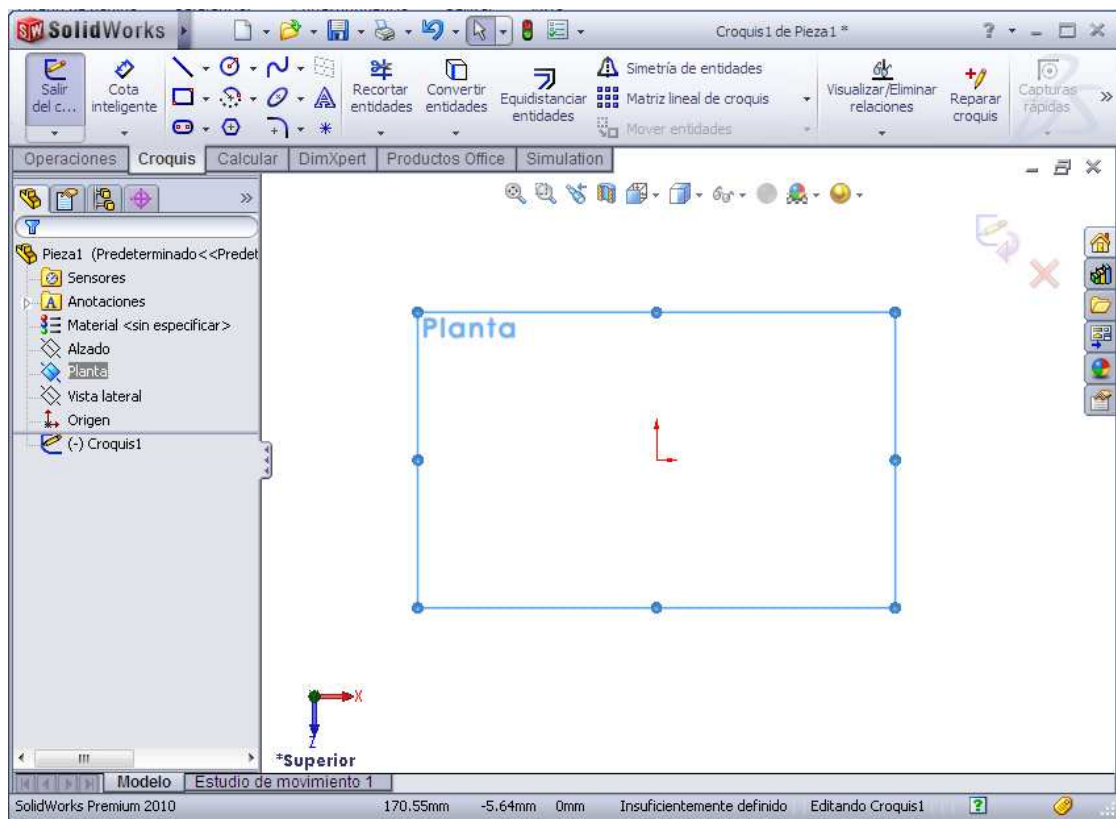


Figura 7.1.4 Selección del plano de croquis.

Posteriormente se creará un croquis, que es un contorno cerrado en 2D creado en el plano de trabajo que está definido.



Figura 7.1.5 Menú del SolidWorks "Croquis".

Dibujar la planta de la Zapata (tipo 1).

El croquis se comenzará mediante el uso de la entidad rectángulo que está disponible en las entidades básicas de croquis.

En la barra de herramientas se seleccionará la opción *Cota Inteligente* para introducir las cotas de la zapata que se está dibujando, quedando de la siguiente manera, siendo las medidas siempre en milímetros.

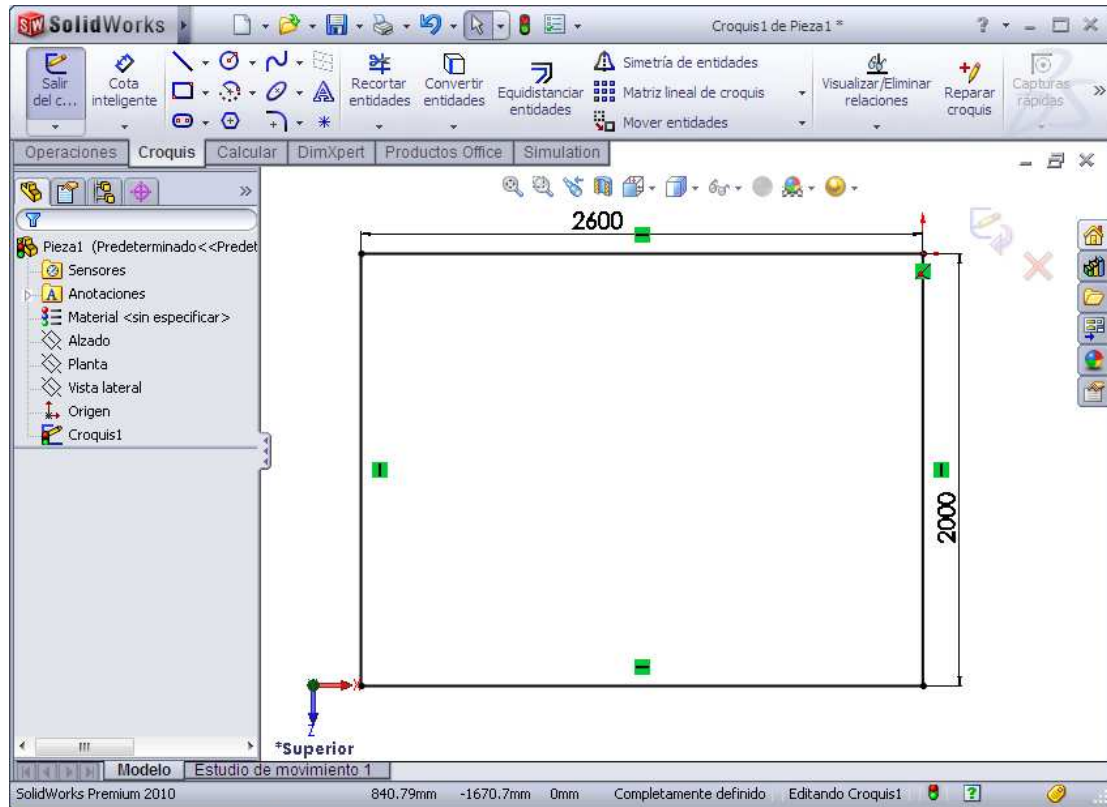


Figura 7.1.6 Construcción de un croquis.

Antes de seguir se deberá situar el croquis de forma que el centro geométrico de la pieza coincida con el origen de coordenadas. Para ello, primero se dibujará una línea constructiva, a continuación se seleccionarán todas las entidades que quieren moverse y gracias a la opción de *Mover entidades* se hará coincidir el centro geométrico y el origen de coordenadas.

Un problema que aparecerá a la hora de mover entidades es que por defecto el programa crea una relación existente "Coincidente0", si se hace click con el botón izquierdo del ratón sobre el punto marcado en la figura, aparecerá el cuadro de relaciones existentes donde se deberá eliminar la relación "Coincidente0" para poder seguir trabajando.

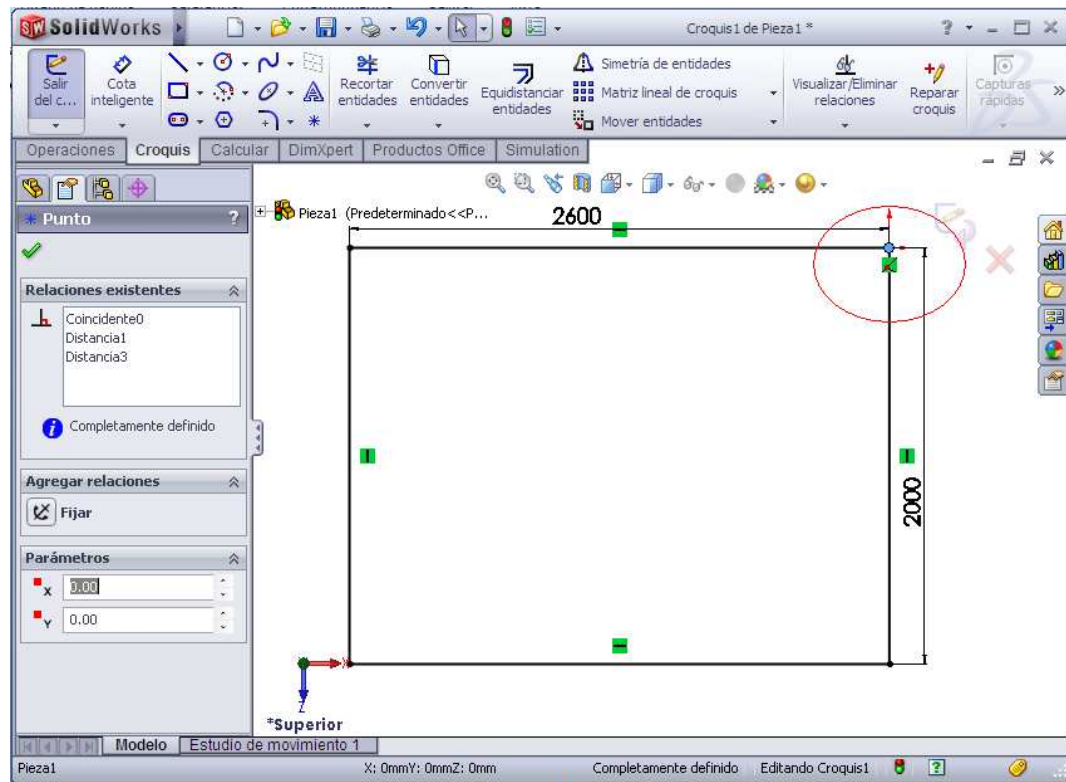


Figura 7.1.7 Construcción de un croquis con un punto coincidente.

Una vez solucionado el problema anterior ya se podrá dibujar la línea constructiva.

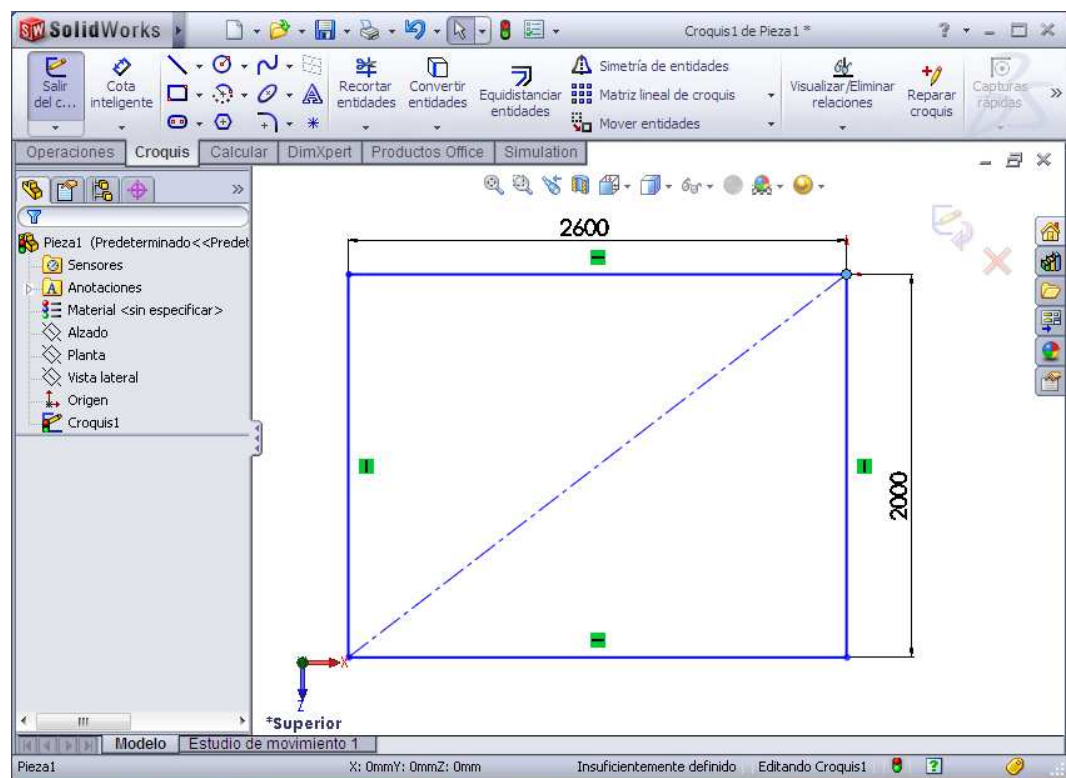


Figura 7.1.8 Construcción de una línea constructiva en el croquis.

Se seleccionarán todas las entidades que quieren moverse y con la opción *Mover entidades* se hará coincidir el centro geométrico y el origen de coordenadas. Quedando el croquis de la siguiente forma:

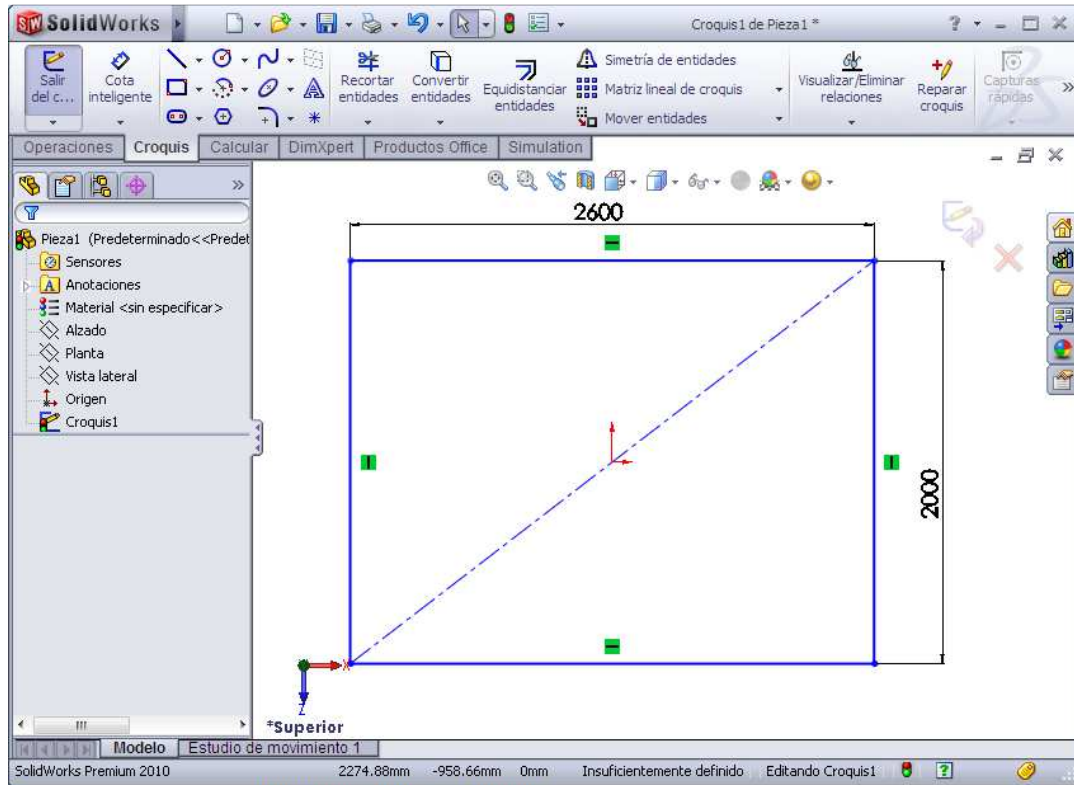


Figura 7.1.9 Croquis con las medidas de la zapata tipo 1.

Una vez construido el croquis de la base de la zapata será necesario definir una operación para crear un sólido.

En este caso se definirá la operación de *Extruir saliente/base*, que creará un sólido al hacer que el croquis dibujado “recorra” una determinada longitud que se tendrá que introducir, quedando de esta manera un sólido que tendrá como base el croquis anterior y como altura la longitud especificada en el menú de la operación seleccionada.



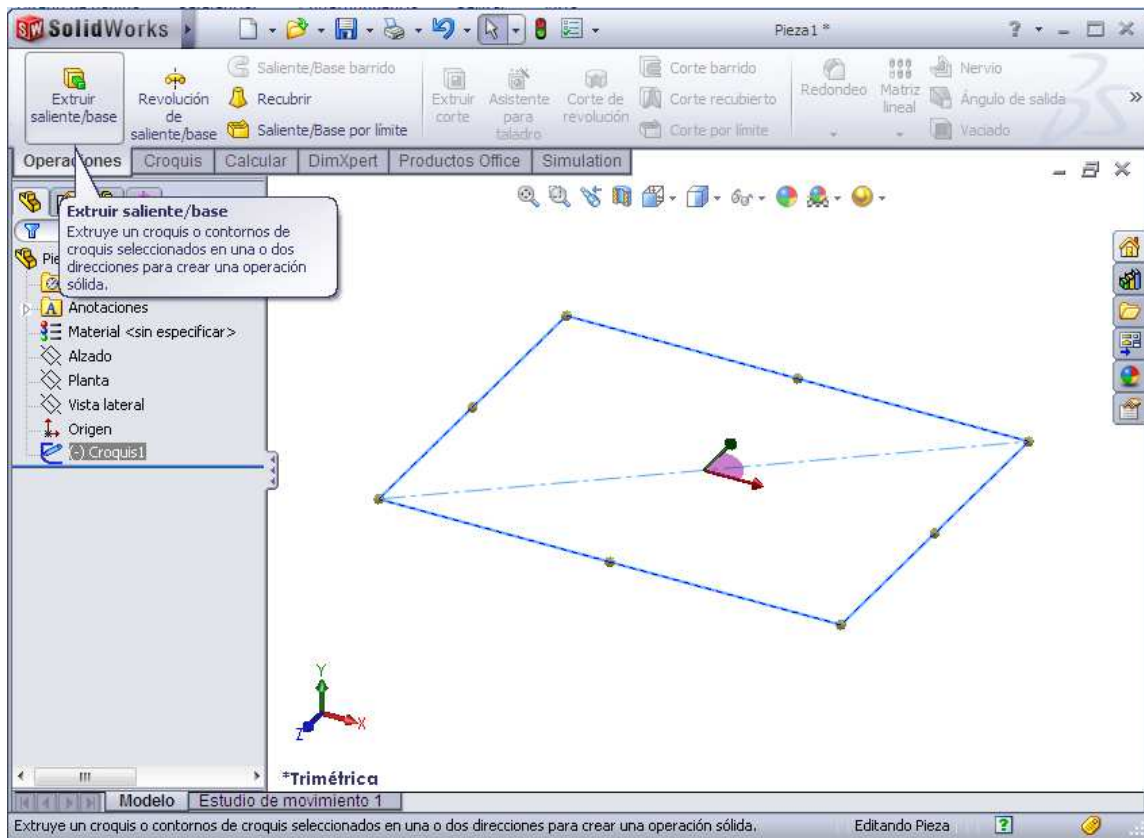


Figura 7.1.10 Extrusión de un croquis.

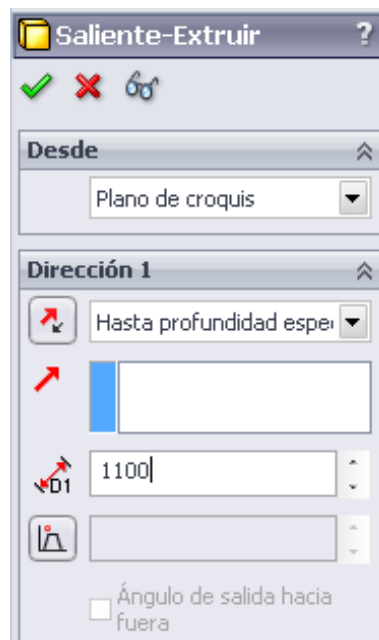


Figura 7.1.11 Ventana donde se introducirá la distancia que debe extruir.



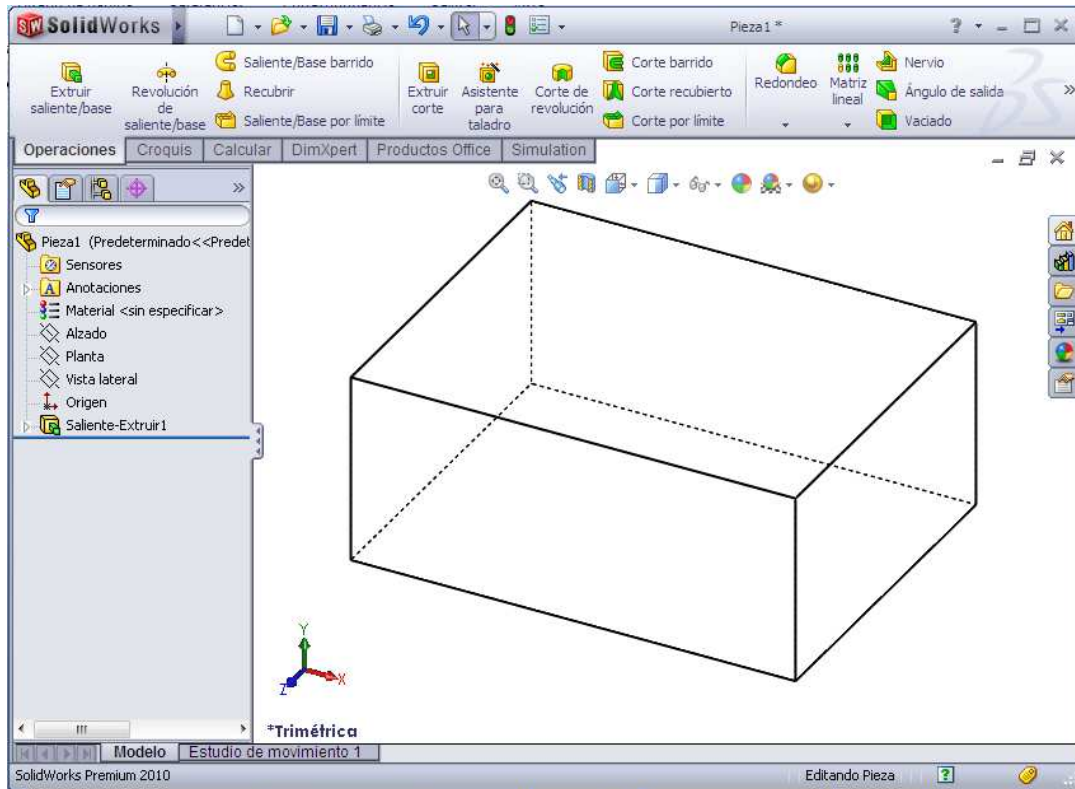


Figura 7.1.12 Sólido extruido.

El siguiente paso será la construcción del hueco donde irá ubicado el pilar. El proceso será el mismo que el descrito anteriormente:

Se seleccionará la opción *Croquis* y el plano donde se dibujará el croquis. Habrá que orientar el dibujo de forma que el croquis se vea en verdadera magnitud, sin deformación.

Se dibujará el croquis, gracias a la herramienta de *Cota inteligente* se introducirán las medidas de la sección en la que irá encajado el pilar.

También se tendrá que situar el croquis de forma que el centro geométrico de la pieza coincida con el origen de coordenadas igual que se ha hecho anteriormente.

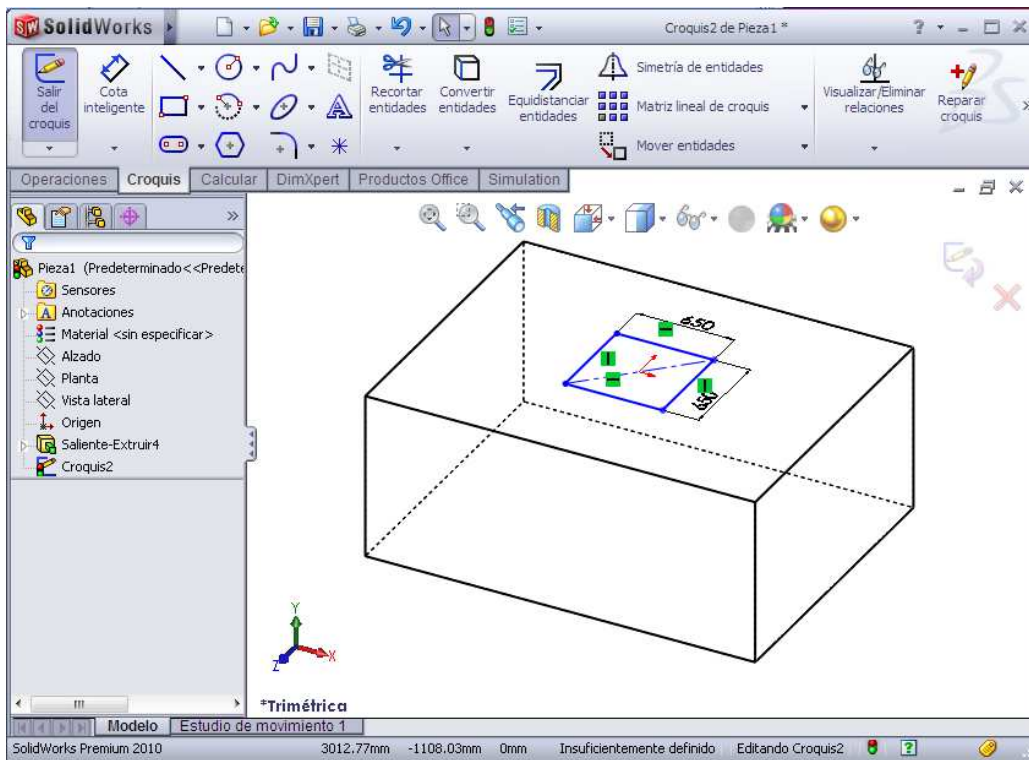


Figura 7.1.13 Construcción del hueco del pilar en la zapata tipo 1.

Una vez se tiene todo lo anterior, habrá que seleccionar la operación específica.

Se seleccionará la opción *Extruir corte*, porque en este caso es un sólido hueco. En el menú de la operación se introducirá la longitud de vaciado que se da en este caso (0,7 metros).



Figura 7.1.14 Ventana SolidWorks donde se introducirá la distancia que debe cortarse.

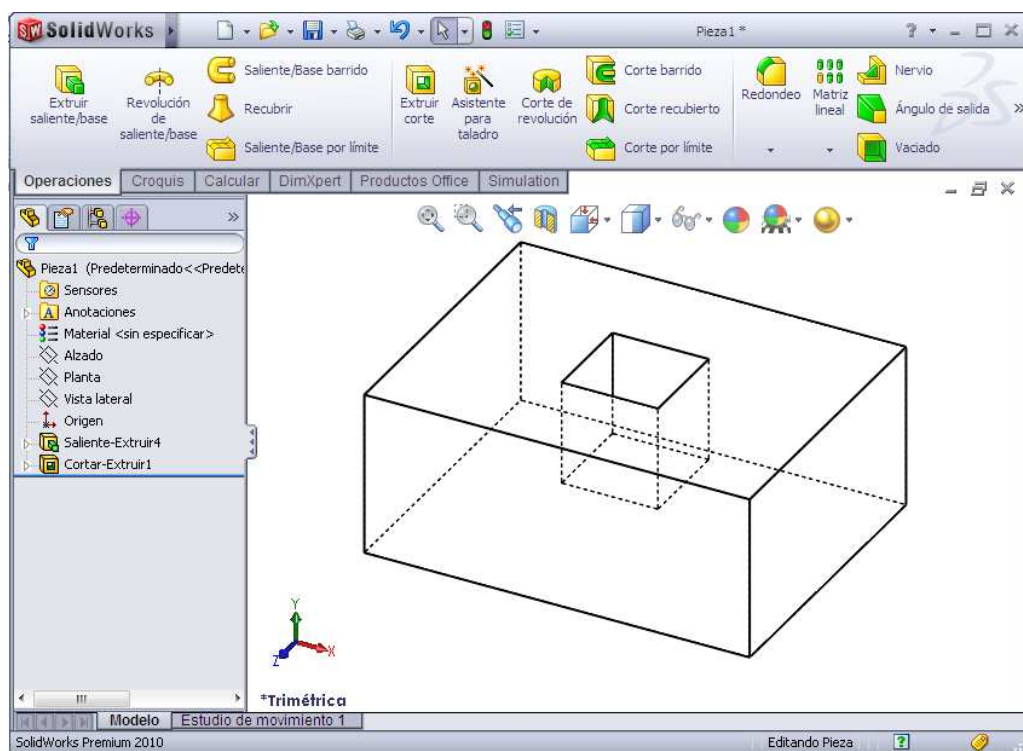


Figura 7.1.15 Zapata tipo 1.

Al final se obtendrá la representación de la zapata (tipo 1) con las medidas en milímetros.

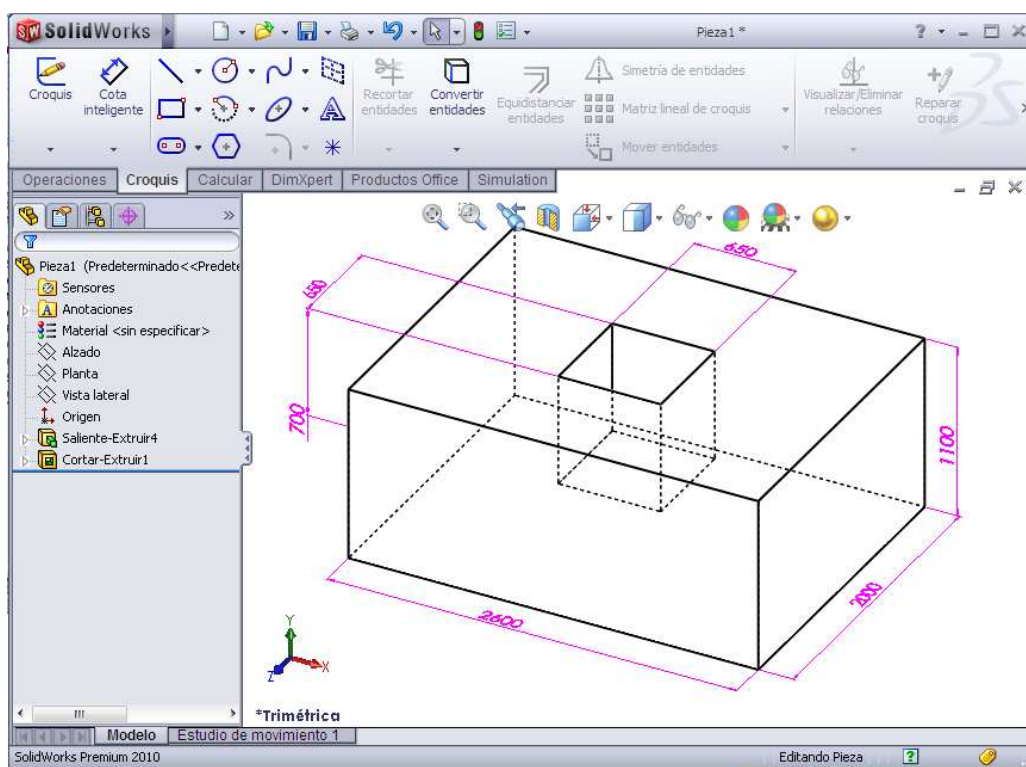


Figura 7.1.16 Zapata tipo 1.

Se realizará de igual manera para el resto de las zapatas quedando definidas como:

### ZAPATA TIPO 1

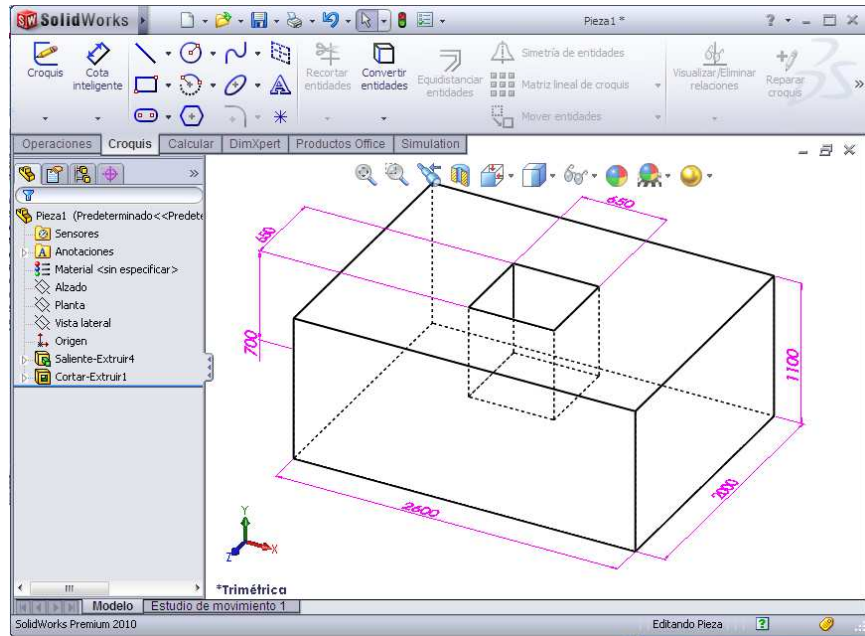


Figura 7.1.17 Zapata tipo 1.

### ZAPATA TIPO 2

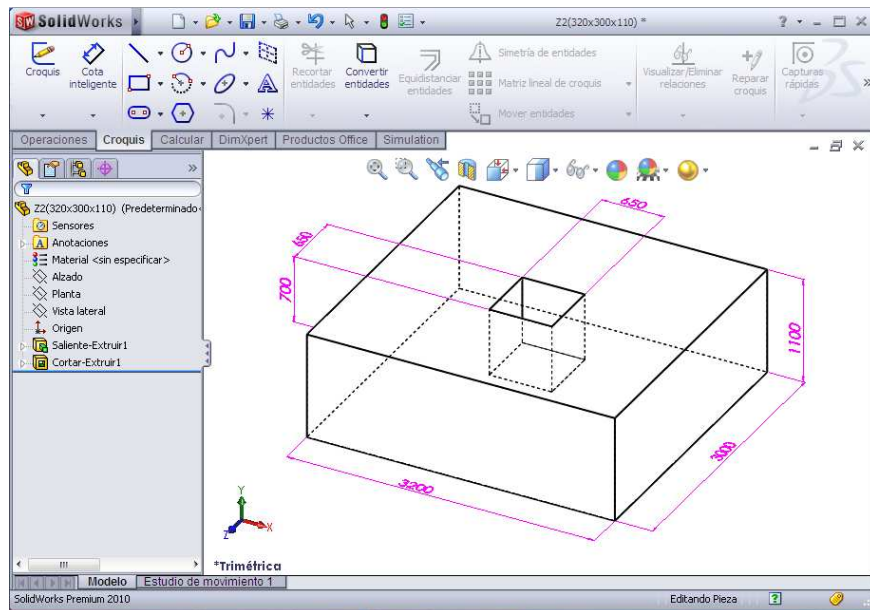


Figura 7.1.18 Zapata tipo 2.

### ZAPATA TIPO 3

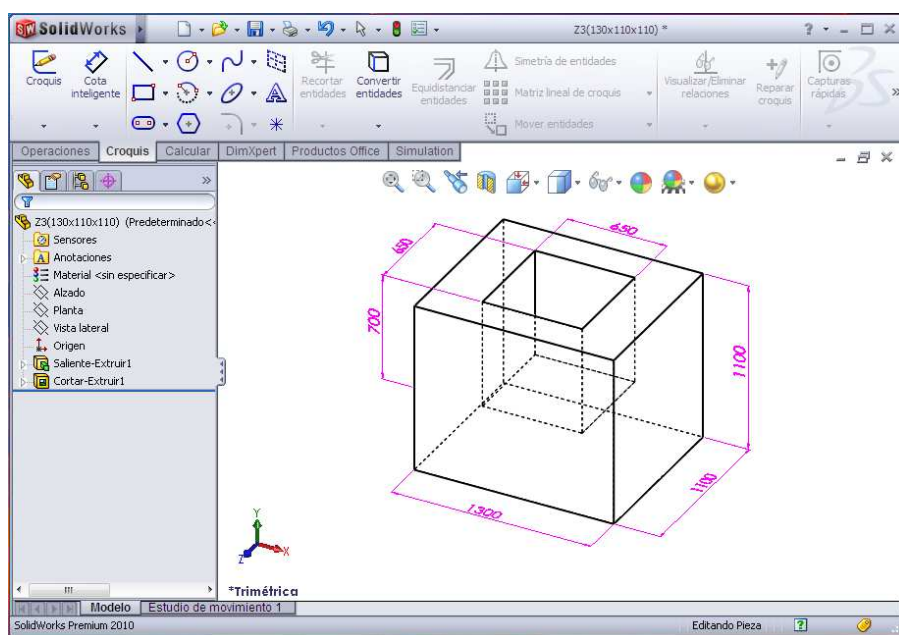


Figura 7.1.19 Zapata tipo 3.

#### ZAPATA TIPO 4

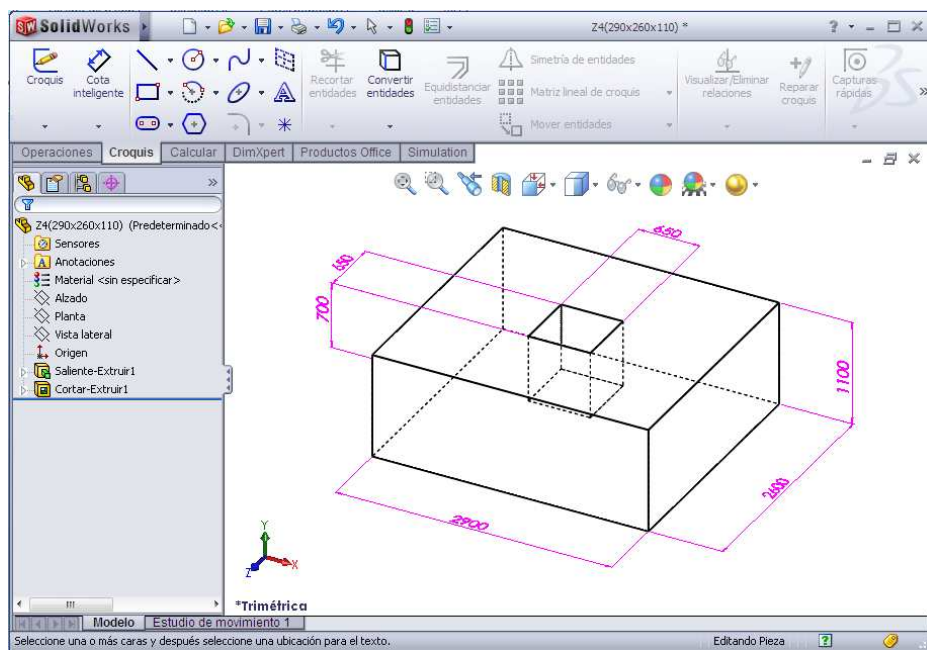


Figura 7.1.20 Zapata tipo 4.

#### ZAPATA TIPO 5



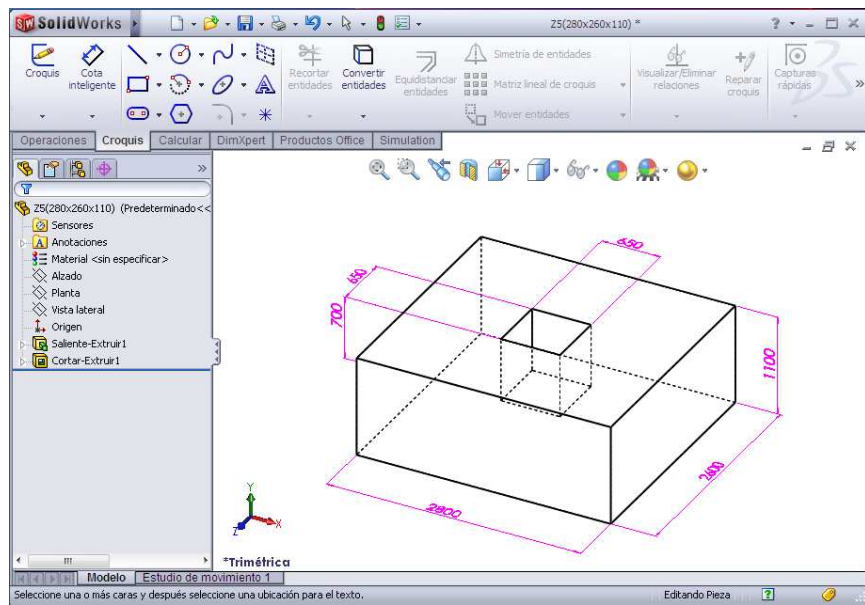


Figura 7.1.21 Zapata tipo 5.

### 7.1.2 PLANOS DE LA ZAPATA (TIPO 1)

Una vez se tiene construida la pieza, se dibujará el plano de la misma.

Para ello se abrirá en el menú, la opción de *Crear dibujo desde pieza/ensamblaje*.

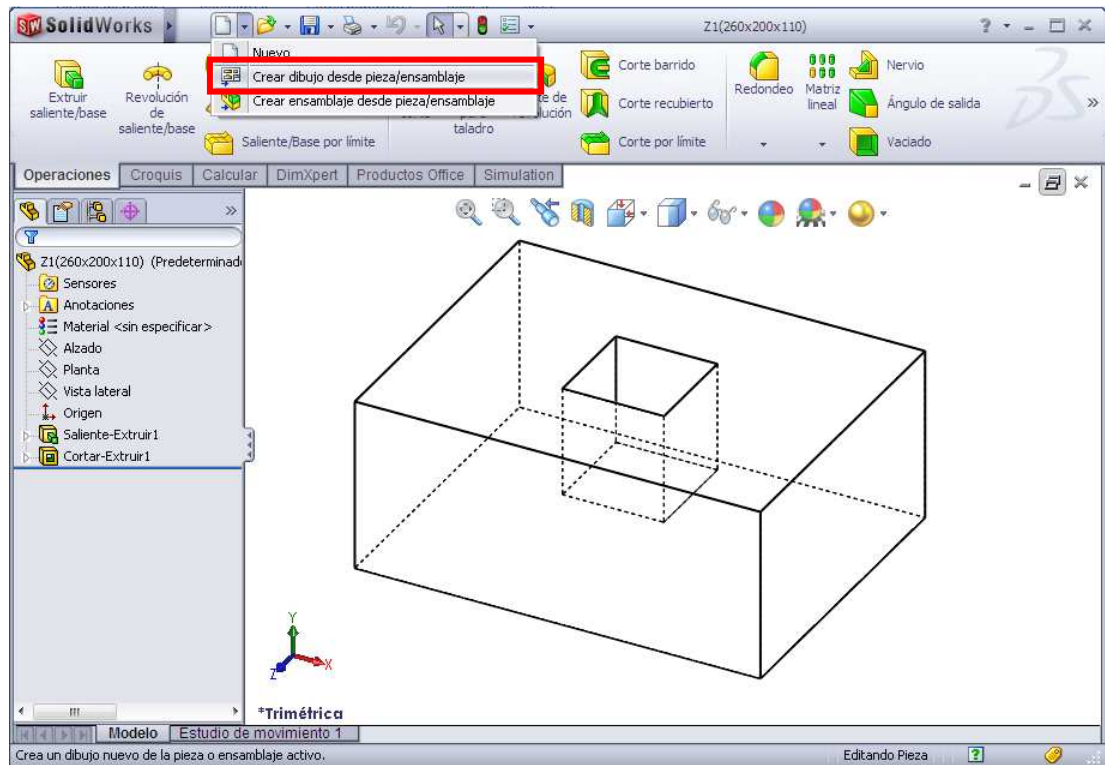


Figura 7.1.22 Opción para la creación del plano de la zapata tipo 1.

Se creará una hoja con el cajetín personalizado para la pieza que se vaya a representar, quedando igual que el que se muestra en la siguiente figura:

				CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO			
				EITO LÓPEZ SARA			ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CARRETERAS UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
		E 1/25 NOVIEMBRE 2011	ZAPATA TIPO 1 (280 cm x 200 cm x 110 cm)				

Figura 7.1.23 Hoja para el plano con cajetín personalizado.



Una vez se ha hecho el cajetín con los datos correspondientes, se abrirá la zapata cuyo plano se quiere realizar.

En el menú *Ver diseño* → *3 vistas estándar* en el campo *Pieza /ensamblaje* para insertar aparecerá la zapata correspondiente.

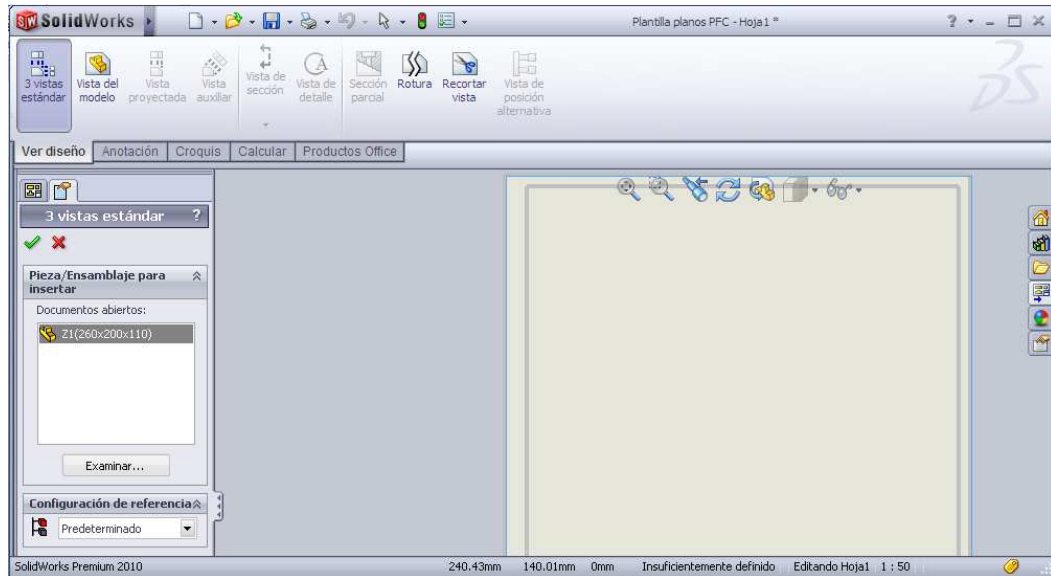


Figura 7.1.24 Ventana donde aparece la opción para insertar la nueva pieza.

Se ajustará la escala que interese en cada caso, al seleccionar la pieza a la izquierda de la pantalla de trabajo SolidWorks aparecerá un cuadro de opciones, como se muestra en la figura siguiente. En escala personalizada se puede elegir la escala que vaya a utilizarse:

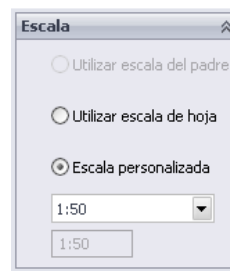


Figura 7.1.25 Ventana para modificar la escala del plano.

Se seleccionarán las vistas que se quiera. En este caso una vista de la planta y otra de la sección de la pieza gracias a la opción de *Ver diseño* → *vista de sección*.

Por último se deberá acotar dicha pieza.

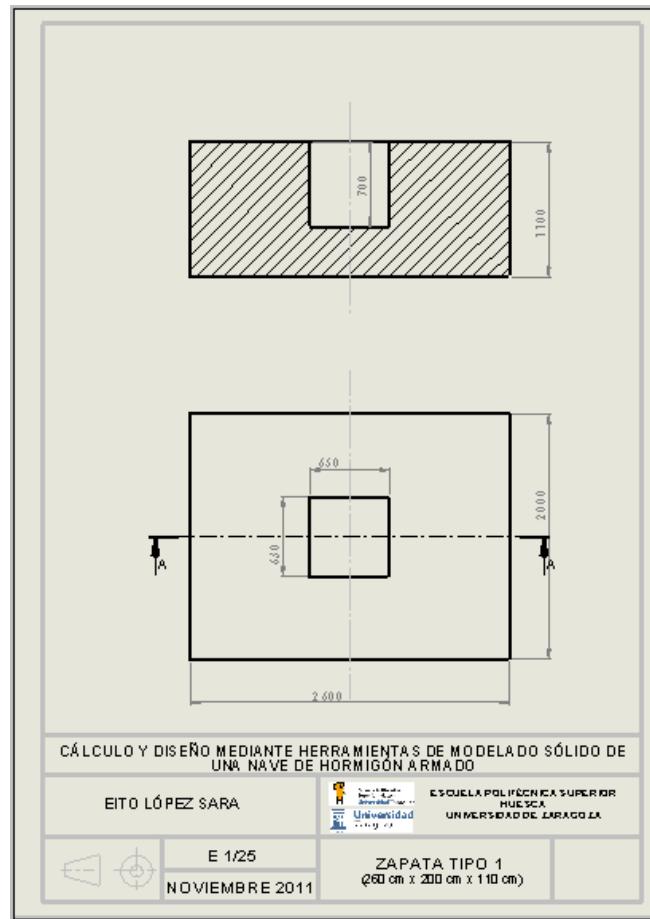


Figura 7.1.26 Vista del plano de la zapata tipo 1.

De la misma manera se realizarán los planos del resto de las zapatas.

## 7.2 PILARES DE LA NAVE

### 7.2.1 PILAR EXTERIOR PÓRTICO INTERMEDIO

Para comenzar a dibujar el pilar exterior del pórtico intermedio se abrirá un nuevo documento sobre el que se trabajará.

En el plano *Planta* se dibuja la base del pilar con la herramienta del croquis:

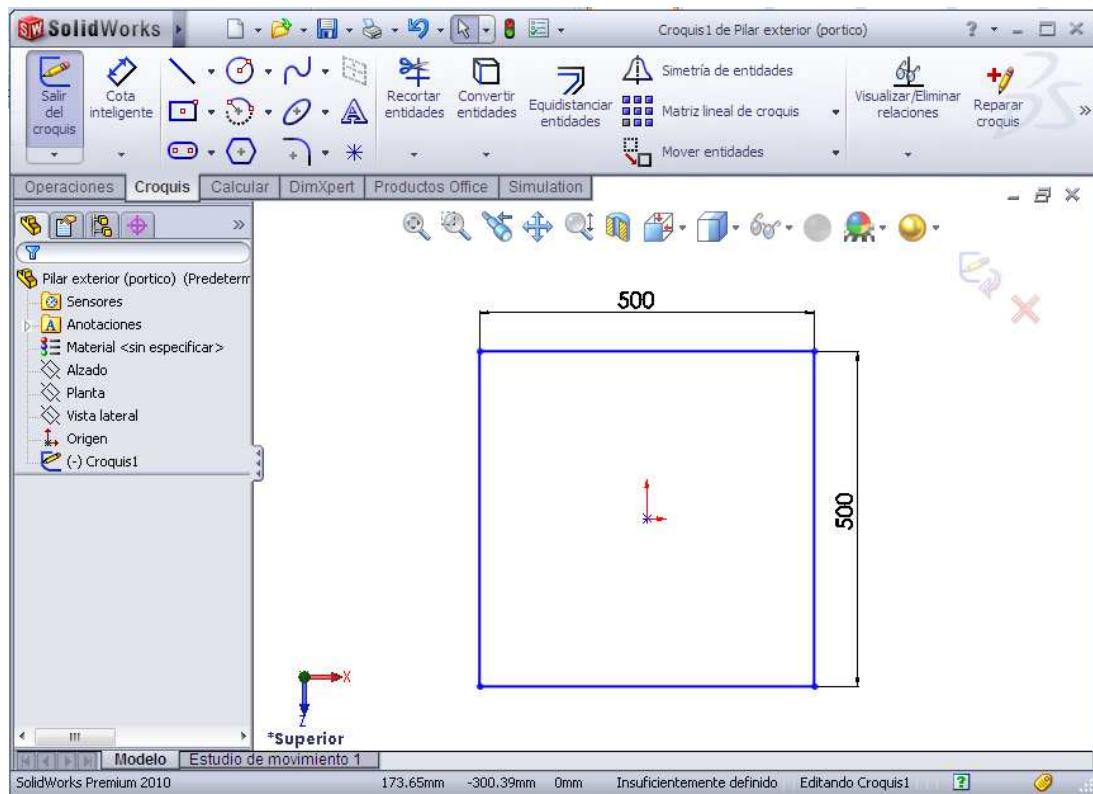


Figura 7.2.1 Construcción de un croquis.

Una vez esté dibujada la base del pilar exterior del pórtico intermedio se irá a *Operaciones* → *Extruir base/saliente*, ahí aparecerá una ventana donde en uno de los campos se introducirá la longitud que va a tener dicho pilar.

Una vez se hayan realizado los pasos anteriores, se obtendrá el pilar exterior correspondiente al pórtico intermedio.

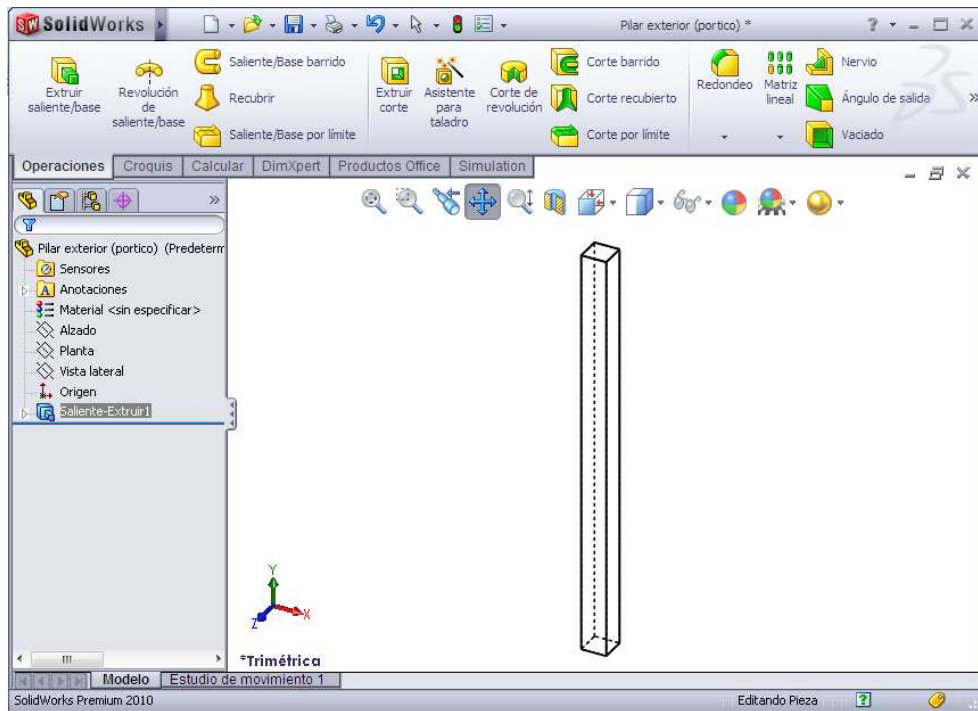


Figura 7.2.2 Extrusión del pilar exterior del pórtico intermedio.

Se tendrá que hacer el detalle de la parte superior donde ira apoyada la viga Delta.

Primero se creará un plano paralelo a la planta donde se dibujará la terminación y después en *Operaciones* → *Extruir saliente / base* se extruirá la distancia correspondiente.

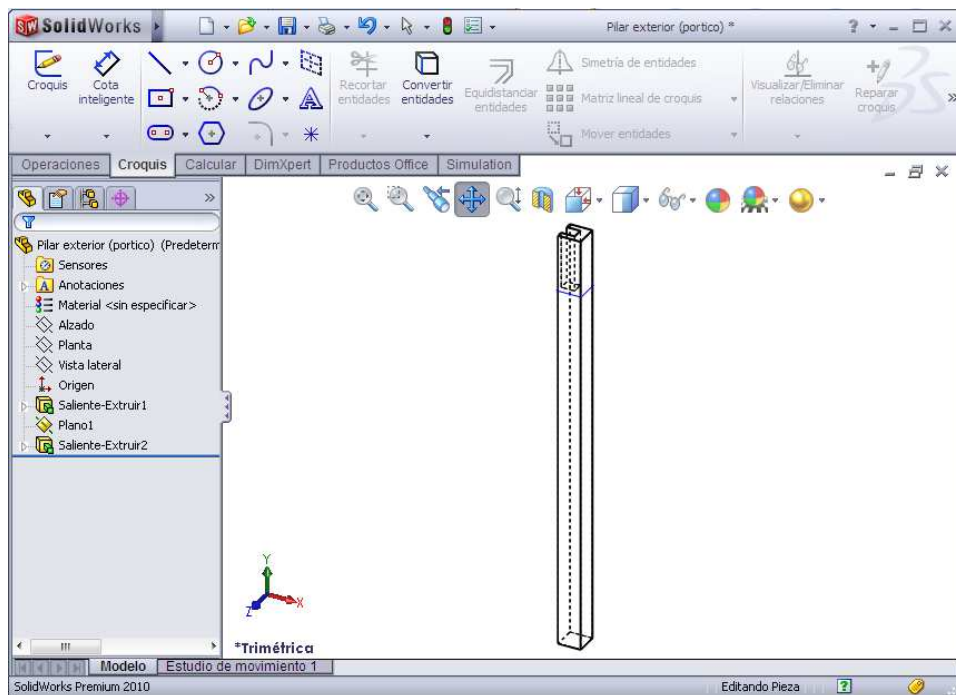


Figura 7.2.3 Ventana SolidWorks con el pilar exterior del pórtico intermedio.

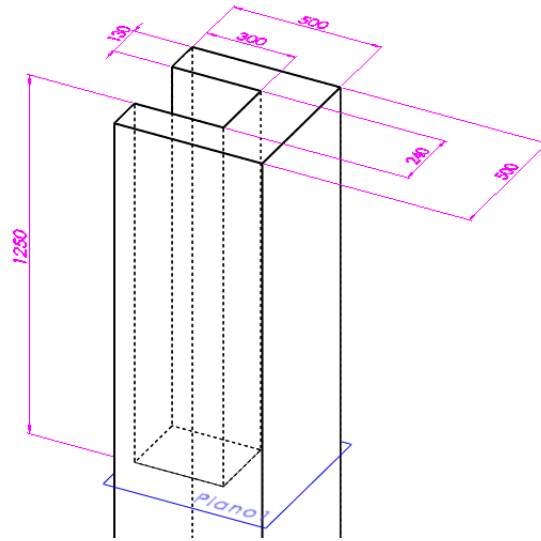


Figura 7.2.4 Detalle del extremo del pilar exterior del pórtico intermedio.

Para finalizar dicho pilar se dibujará el detalle de los laterales del pilar, donde se situará el cerramiento prefabricado de hormigón (paneles de 20 cm de espesor con asilamiento interior de poliestireno expandido).

Se abrirá el *Croquis* de la base del pilar y se dibujará el detalle.

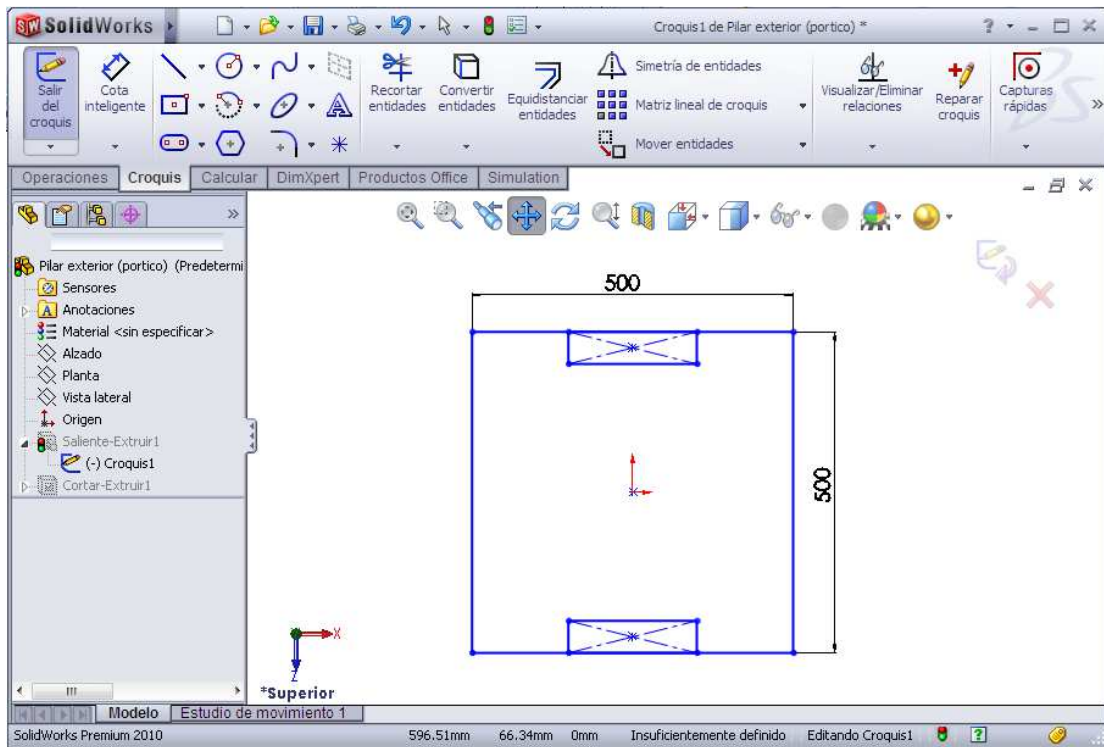


Figura 7.2.5 Construcción de un croquis.

Será necesario recortar entidades para que el croquis quede cerrado, en *Croquis* → *Recortar entidades*.

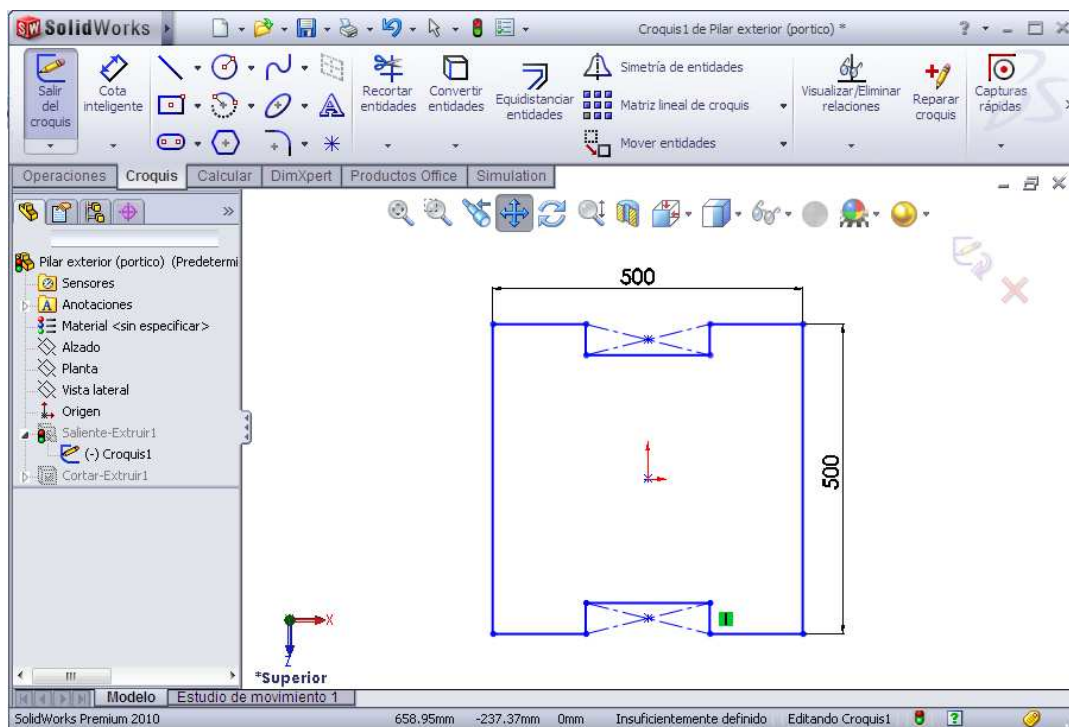


Figura 7.2.6 Construcción de un croquis.

Al salir del *Croquis* quedará la siguiente imagen.

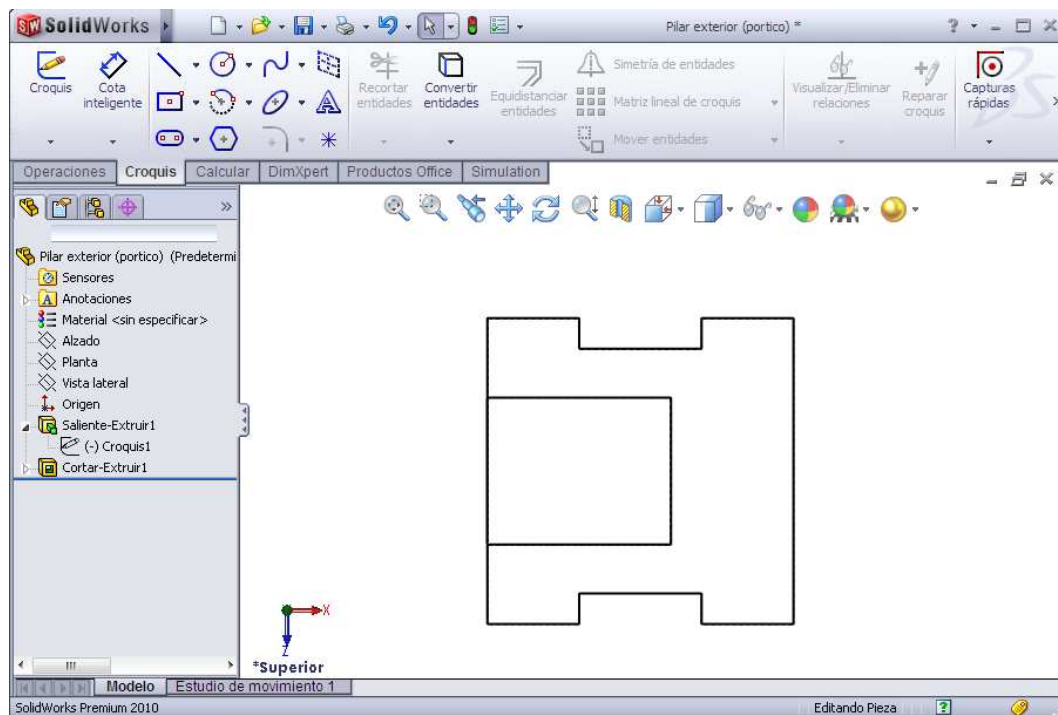


Figura 7.2.7 Vista superior del pilar.

Para terminar el pilar exterior del pórtico intermedio solo quedará ir a *Operaciones* → *Extruir saliente / base*, y extruir dicha pieza a lo largo de todo el pilar.

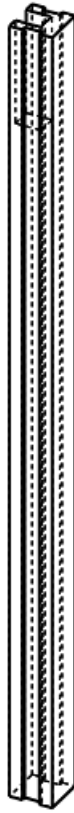


Figura 7.2.8 Pilar exterior del pórtico intermedio y un detalle de la parte superior.

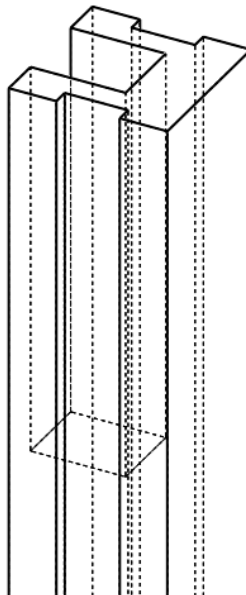


Figura 7.2.9 Detalle pilar exterior del pórtico intermedio.



### 7.2.2 PILAR CENTRAL PÓRTICO INTERMEDIO

En primer lugar se abrirá un nuevo documento sobre el que se dibujará el pilar central del pórtico intermedio.

Después se elegirá el plano que se necesite, en este caso la *Planta*, luego con la herramienta del croquis se dibujará la base del pilar.

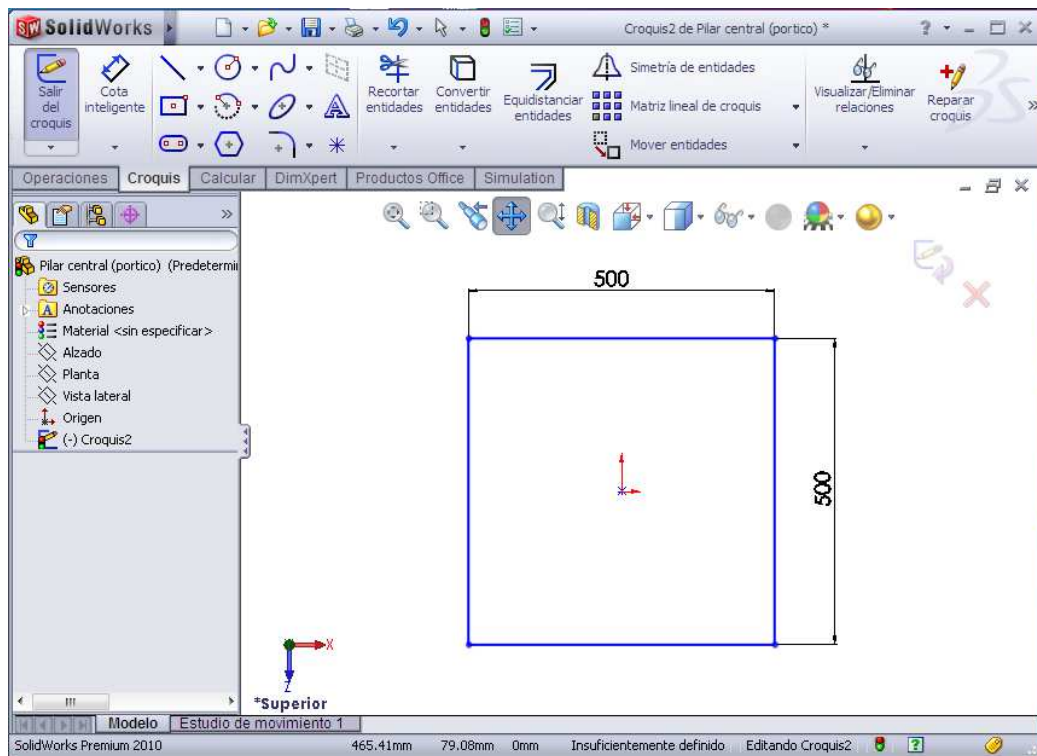


Figura 7.2.10 Construcción de un croquis.

Una vez esté dibujada la base del pilar se irá a *Operaciones* → *Extruir base/saliente*, ahí aparecerá un campo donde se introducirá la longitud que deberá tener dicho pilar.

Una vez se haya realizado lo anterior se obtendrá el pilar central correspondiente al pórtico intermedio.



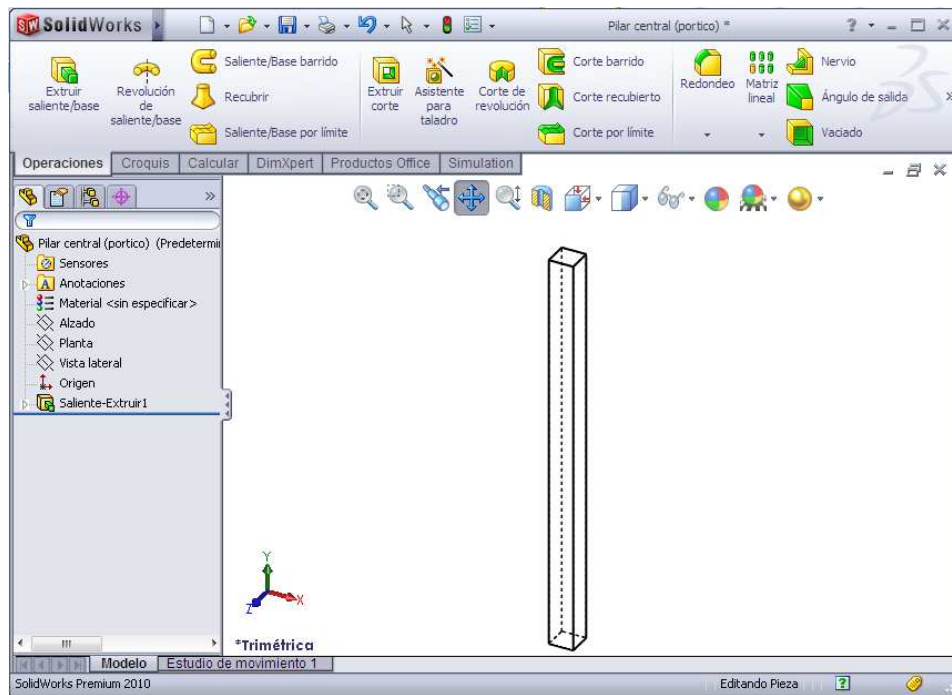


Figura 7.2.11 Extrusión del pilar central del pórtico intermedio.

Para terminar, se tendrá que realizar el detalle de la parte superior donde irá apoyada la viga Delta. Primero se creará un plano paralelo a la planta en dicho plano se dibujará la terminación y después en *Operaciones* → *Extruir saliente / base* lo extruimos la distancia que tendrá.

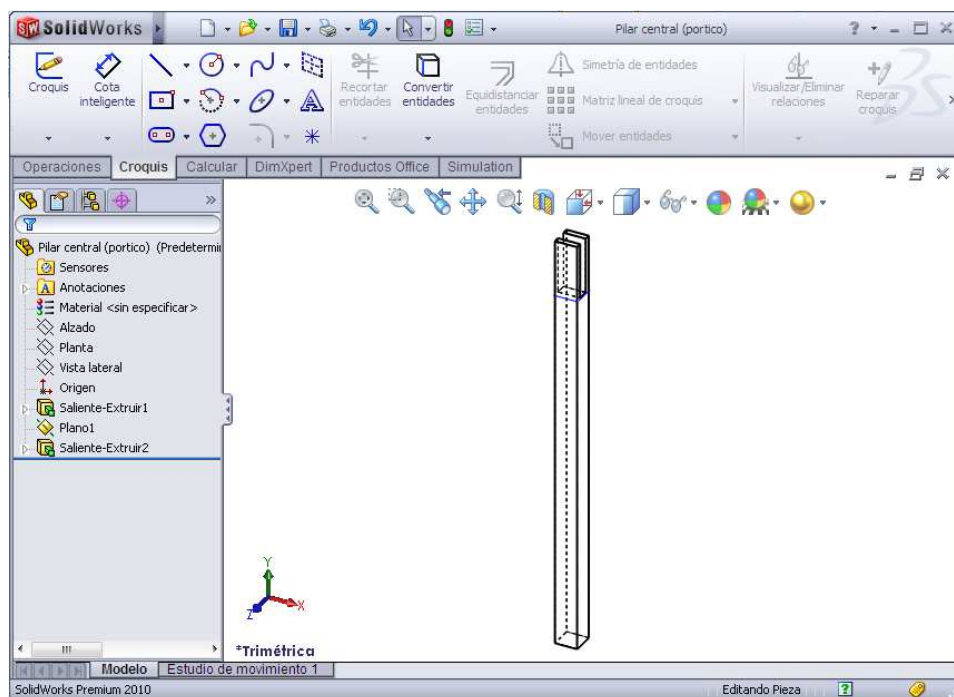


Figura 7.2.12 Ventana SolidWorks con el pilar central del pórtico intermedio.

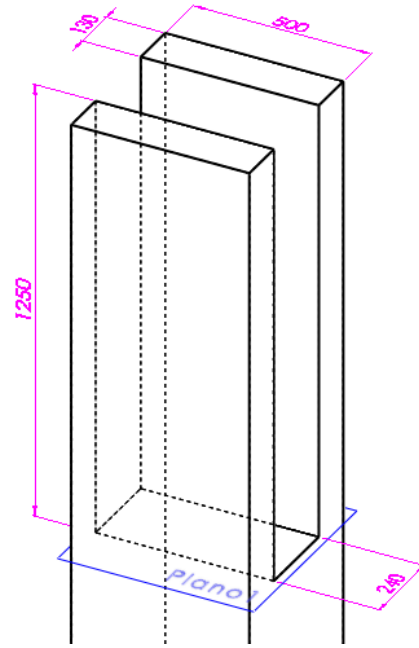


Figura 7.2.13 Detalle del extremo del pilar central del pórtico intermedio.

### 7.2.3 PILAR EXTERIOR PÓRTICO HASTIAL

Para comenzar a dibujar el pilar exterior del pórtico hastial, se abrirá un nuevo documento sobre el que se trabajará y se seleccionará el plano en el que se va a trabajar, en este caso la *Planta*.

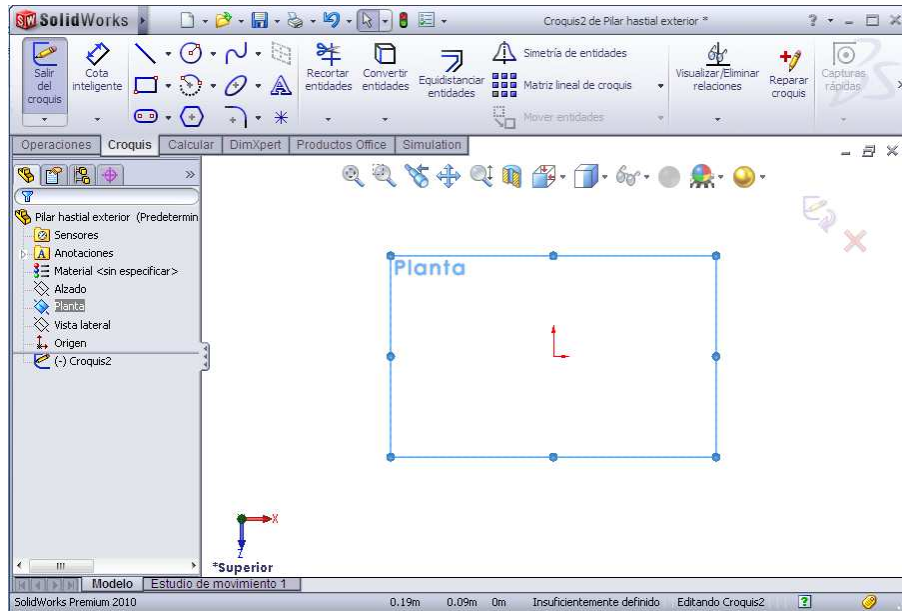


Figura 7.2.14 Selección del plano de croquis.

Se procederá a dibujar la planta del pilar mediante la opción *Croquis* y después con la opción *Operaciones* → *Extruir saliente/base* se le dará volumen al pilar, quedando lo representado en la figura siguiente.

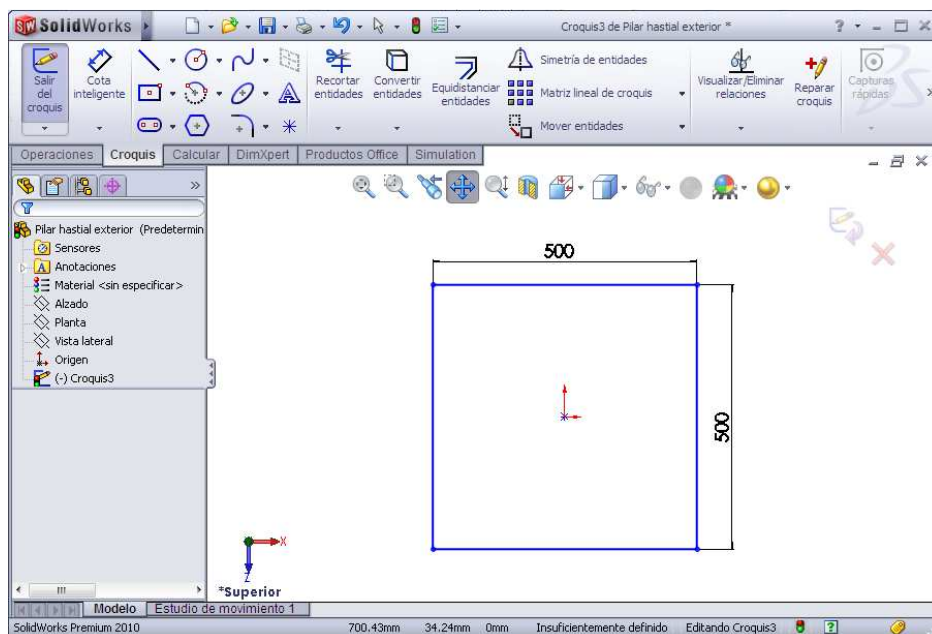


Figura 7.2.15 Construcción de un croquis.

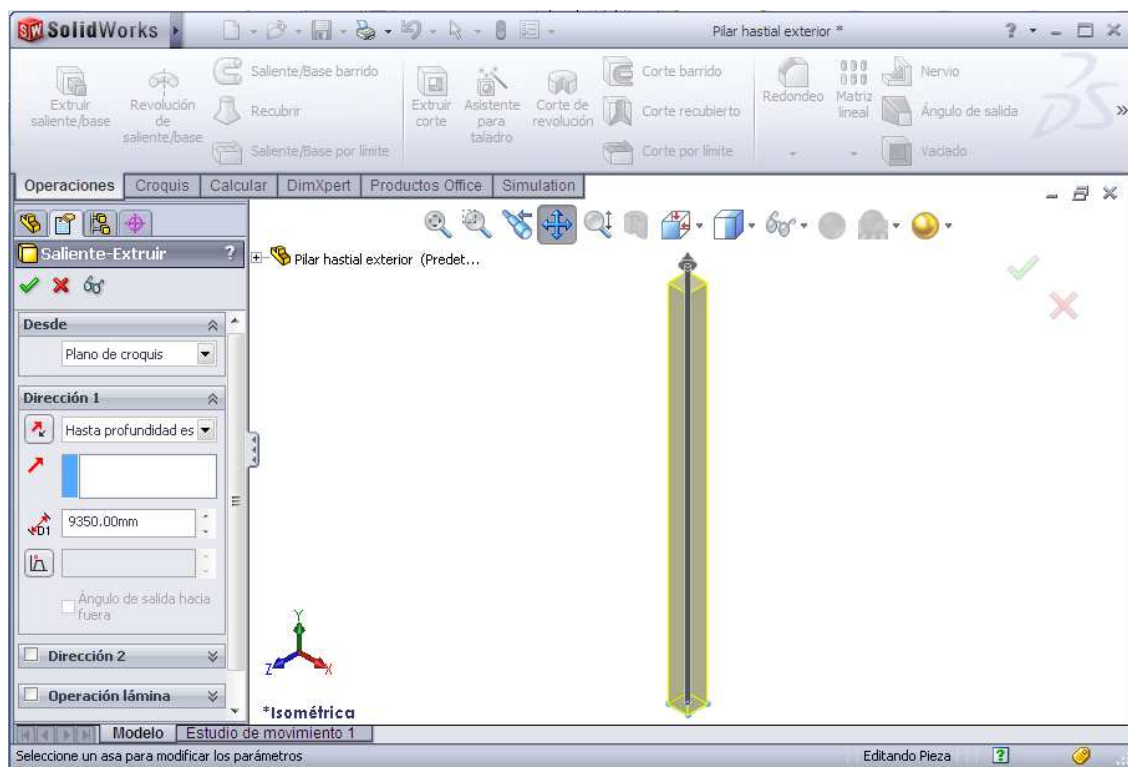


Figura 7.2.16 Extrusión de un croquis.

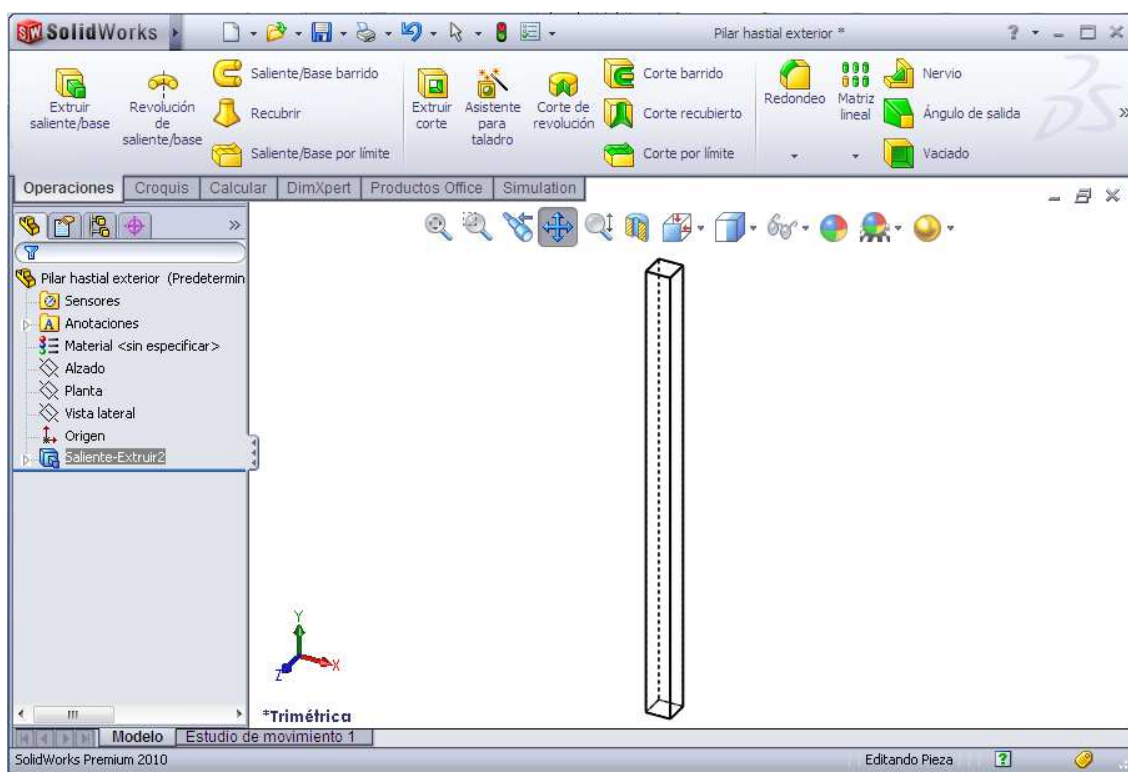


Figura 7.2.17 Extrusión del pilar exterior (izquierdo) del pórtico hastial.

Para ver las distintas formas de realizar los pilares, en este caso, se dará la longitud total al pilar, y posteriormente se realizará la opción *Extruir corte*.

Antes de realizar la operación *Extruir corte*, se deberá crear un plano paralelo a la base del pilar, donde se dibujará el croquis del detalle del pilar que después se extruirá.

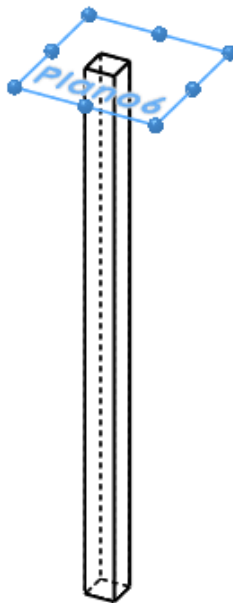


Figura 7.2.18 Creación de un plano paralelo a la planta.

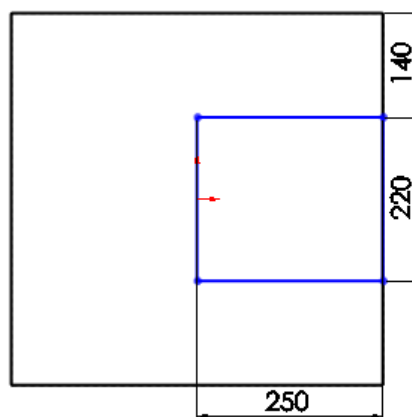


Figura 7.2.19 Construcción de un croquis en el nuevo plano creado.

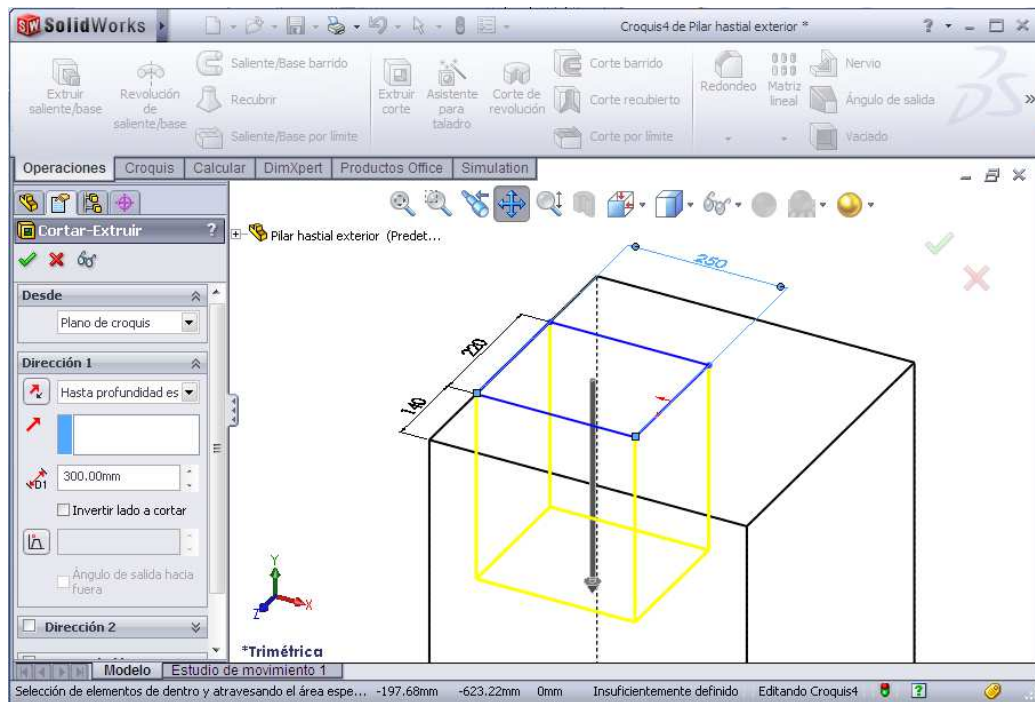


Figura 7.2.20 Extrusión del corte.

Una vez finalizado el pilar quedará como se muestra a continuación.



Figura 7.2.21 Pilar exterior (izquierdo) pórtico hastial.

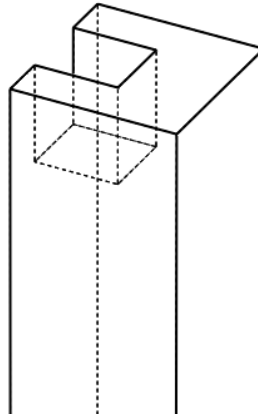


Figura 7.2.22 Detalle del extremo del pilar exterior (izquierdo) del pórtico hastial.

Una vez esté el pilar, para finalizarlo, se deberá hacer el detalle donde irá insertado el cerramiento prefabricado de hormigón con paneles de 20 cm de espesor con asilamiento interior de poliestireno expandido. Para ello, en el plano se dibujará el detalle que posteriormente se extruirá a lo largo de todo el pilar quedando de la siguiente manera.

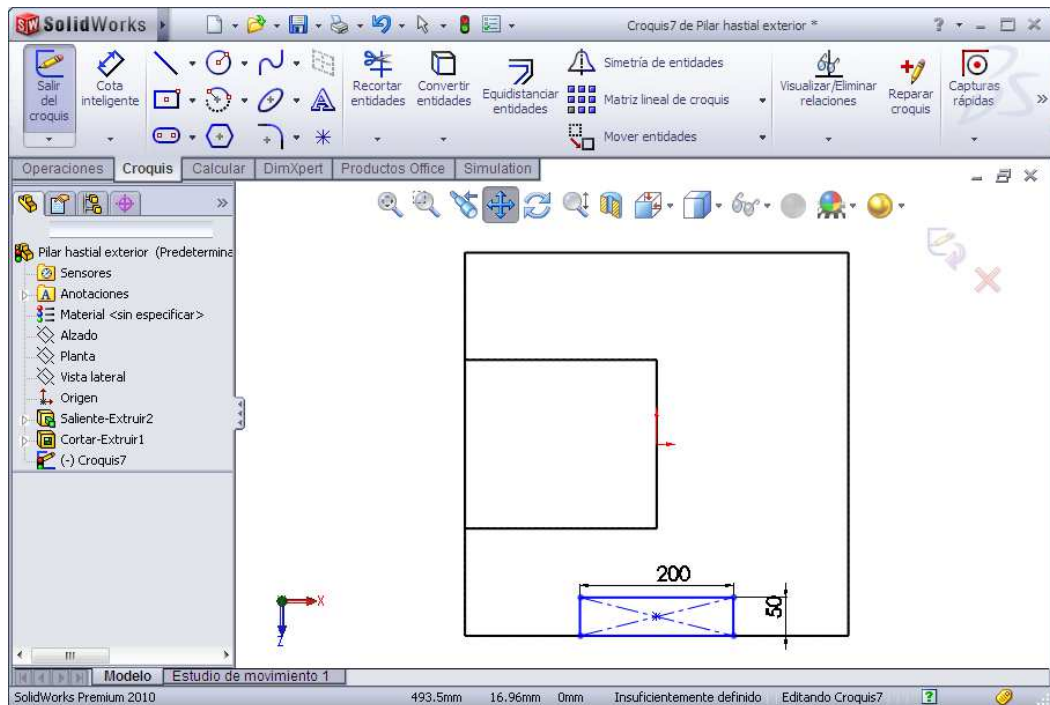


Figura 7.2.23 Construcción de un croquis.



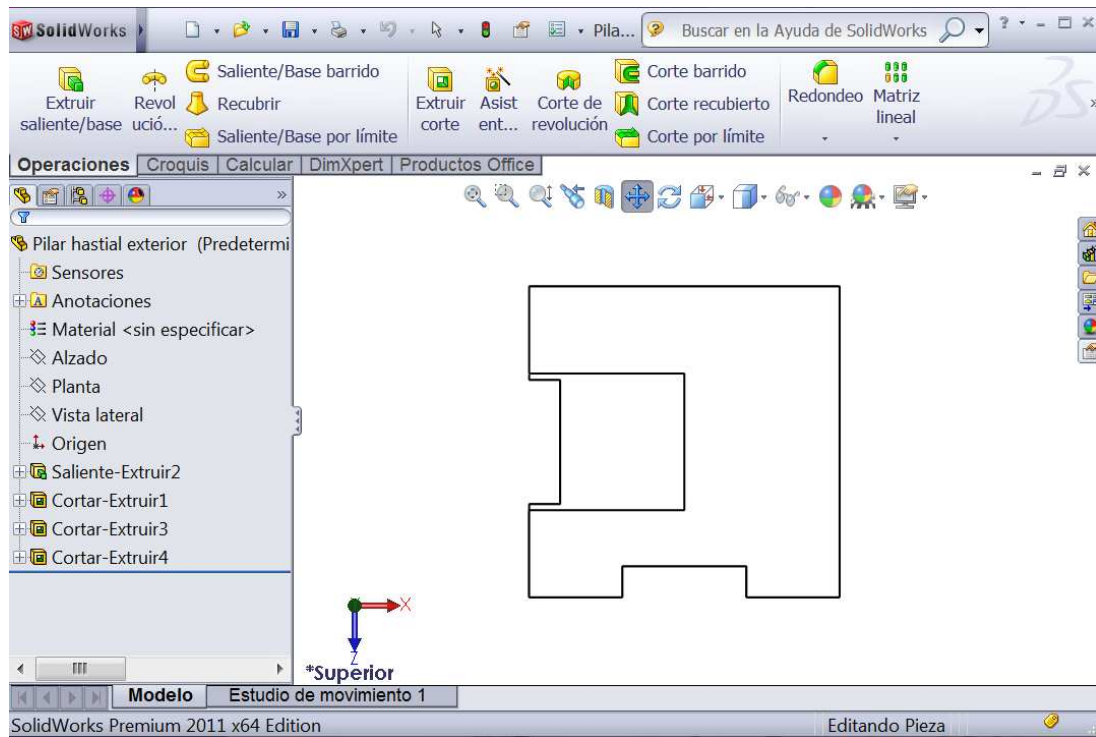


Figura 7.2.24 Construcción de un croquis.

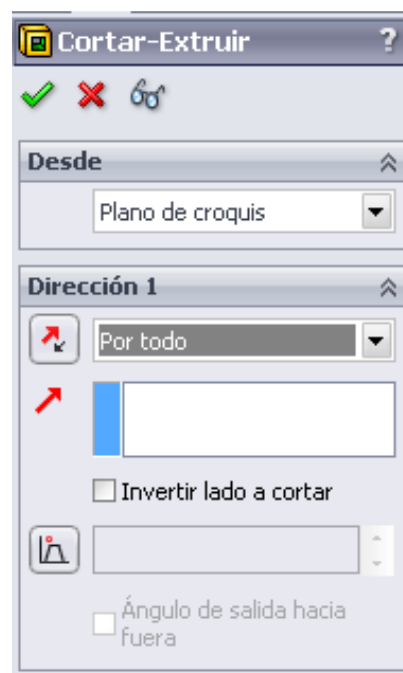


Figura 7.2.25 Ventana donde se puede seleccionar hasta donde se quiere realizar la operación de corte.





Figura 7.2.26 *Pilar exterior (izquierdo) pórtico hastial.*

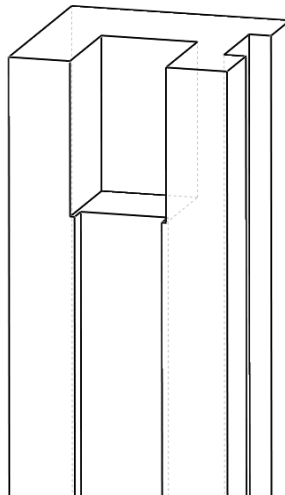


Figura 7.2.27 *Detalle del extremo del pilar exterior (izquierdo) del pórtico hastial.*

El pilar exterior del pórtico hastial de la derecha se ha dibujado como otro elemento independiente.

Para hacerlo, se seguirán los mismos pasos que para la construcción del pilar exterior del pórtico hastial de la izquierda quedando un pilar como se muestra a continuación.

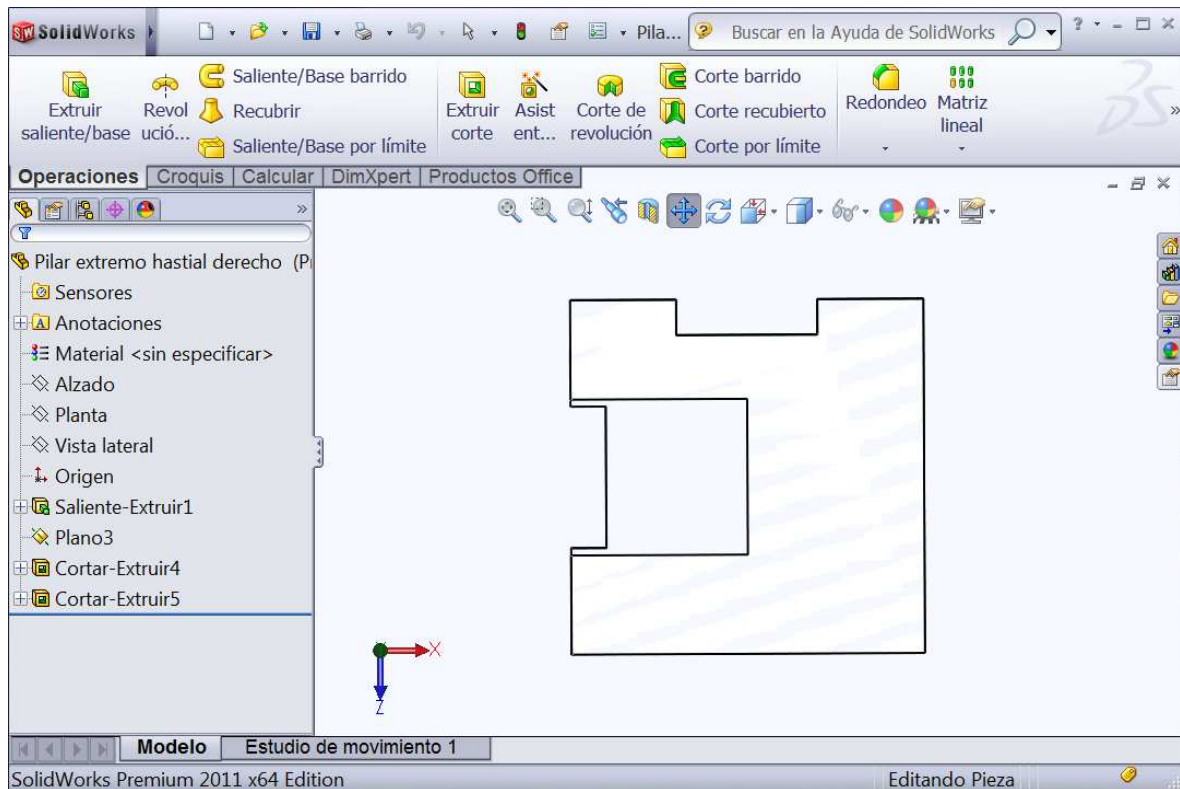
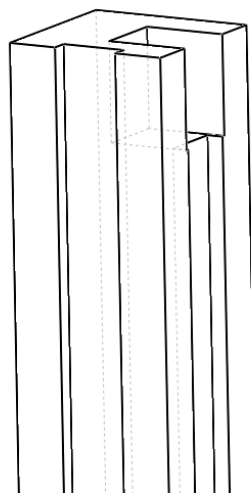


Figura 7.2.28 Construcción de un croquis.



*Figura 7.2.29*    *Pilar exterior (derecho) pórtico hastial.*



*Figura 7.2.30*    *Detalle del extremo del pilar exterior (derecho) del pórtico hastial.*

### 7.2.4 PILAR CENTRAL PÓRTICO HASTIAL

Se abrirá un nuevo documento y se seleccionará el plano en el que se va a trabajar, en este caso la base del pilar se dibujará en la *Planta*.

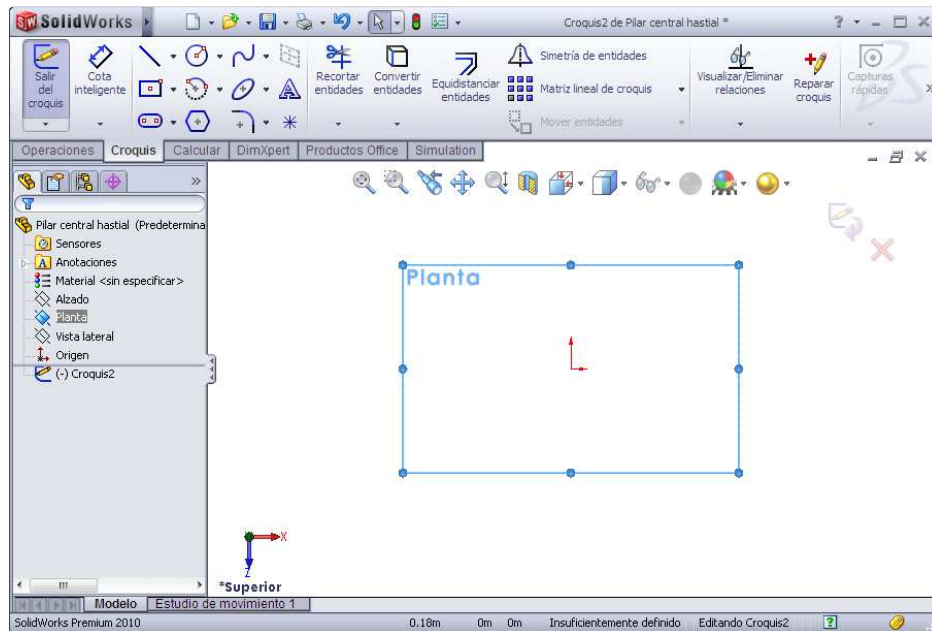


Figura 7.2.31 Selección del plano de croquis.

Se procederá a dibujar la planta del pilar central del pórtico hastial mediante la opción *Croquis* y después con la opción *Operaciones* → *Extruir saliente/base* se le dará volumen al pilar quedando lo representado en las figuras siguientes.

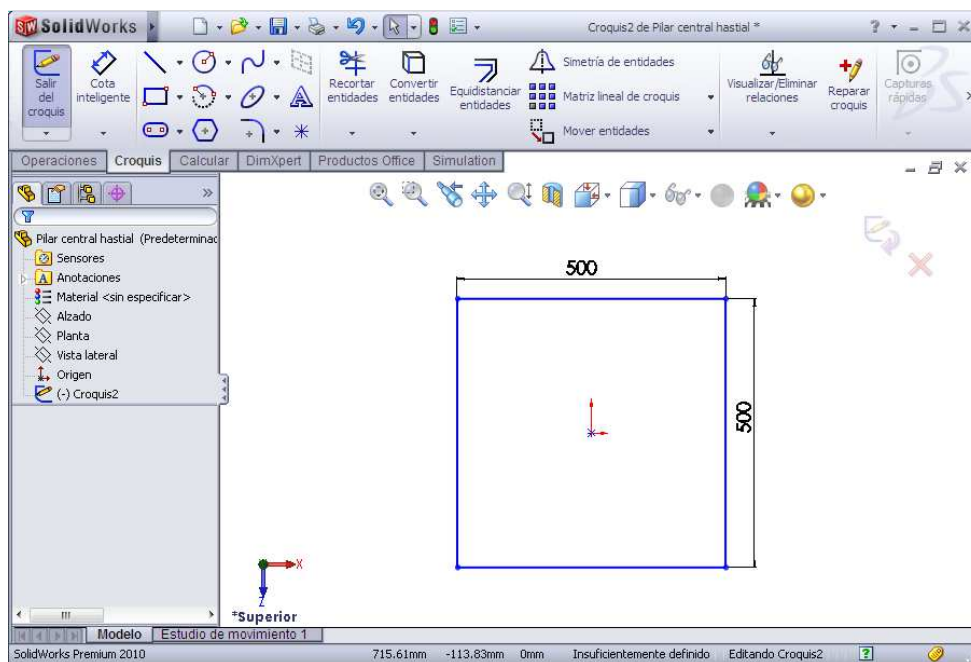


Figura 7.2.32 Construcción de un croquis.

Por ver distintas maneras de realizar los pilares, en este caso, se dará la longitud total al pilar, y posteriormente se realizará la opción *Extruir corte*.

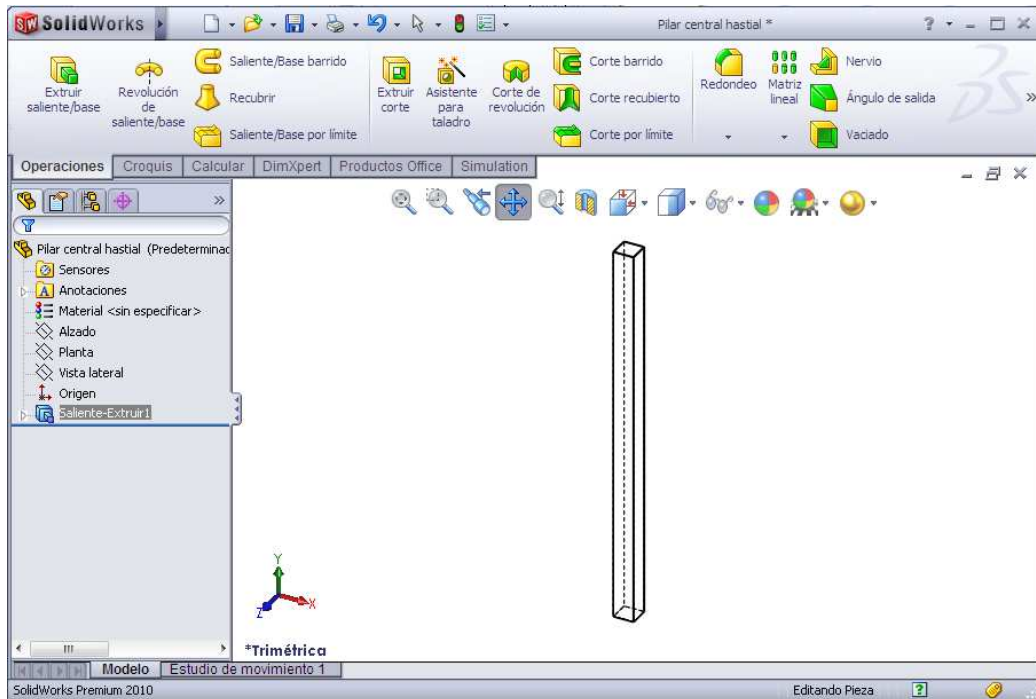


Figura 7.2.33 Extrusión del pilar central del pórtico hastial.

Antes de realizar la operación *Extruir corte*, se deberá crear un plano paralelo a la base del pilar, donde se dibujará en el croquis el detalle del pilar que después y mediante la operación de *Extruir corte*, se extruirá.

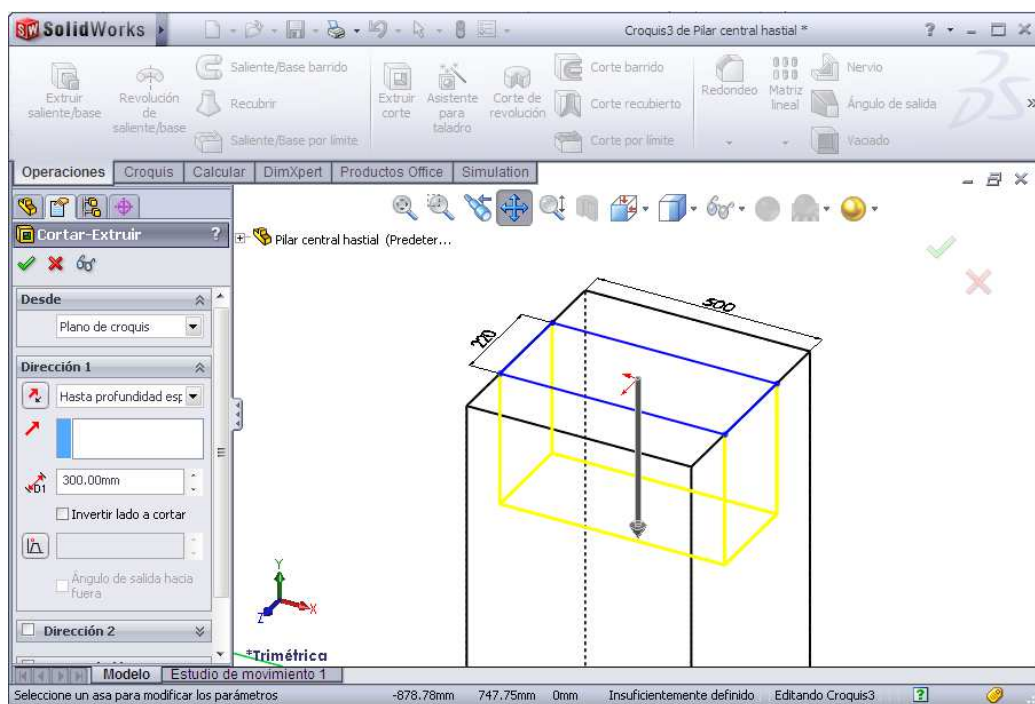


Figura 7.2.34 Extrusión del corte.

Al finalizar las operaciones el resultado es el siguiente.

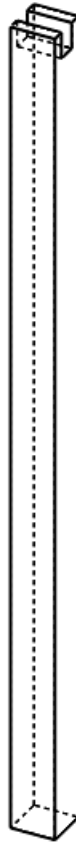


Figura 7.2.35 *Pilar central pórtico hastial.*

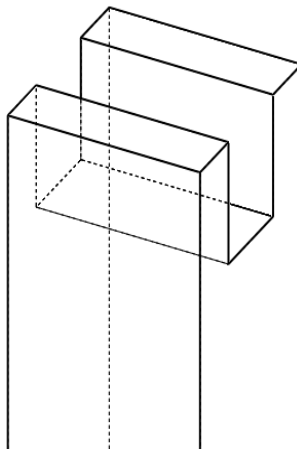


Figura 7.2.36 *Detalle del extremo del pilar central pórtico hastial.*

### 7.2.5 PILAR INTERMEDIO PÓRTICO HASTIAL

Para empezar a dibujar el pilar intermedio del pórtico hastial, se abrirá una nueva hoja de trabajo y se seleccionará, como en casos anteriores, el plano en el que se va a trabajar, la *Planta*.

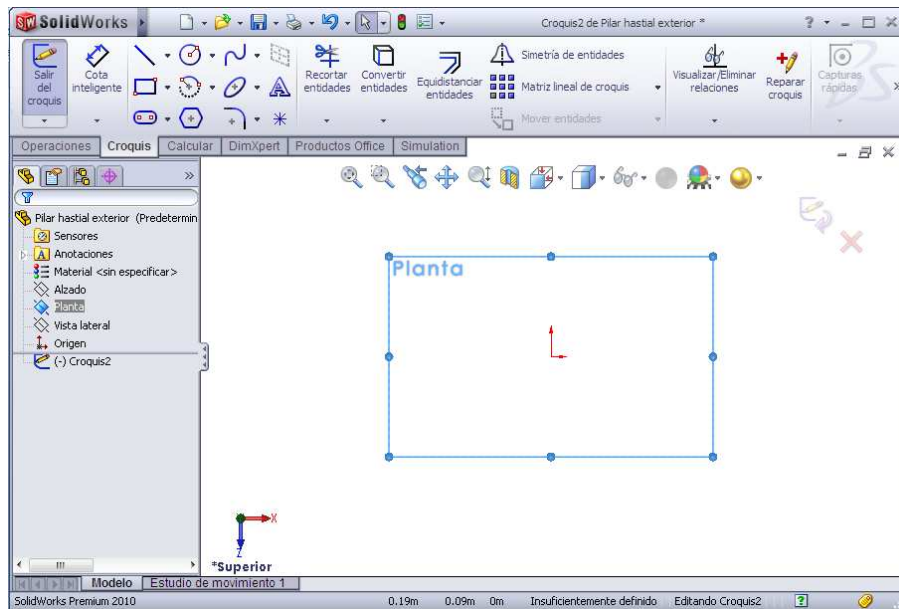


Figura 7.2.37 Selección del plano de croquis.

Se procederá a dibujar la planta del pilar mediante la opción *Croquis* y después con la opción *Operaciones* → *Extruir saliente/base* se le dará volumen al pilar quedando lo representado en la figura siguiente.

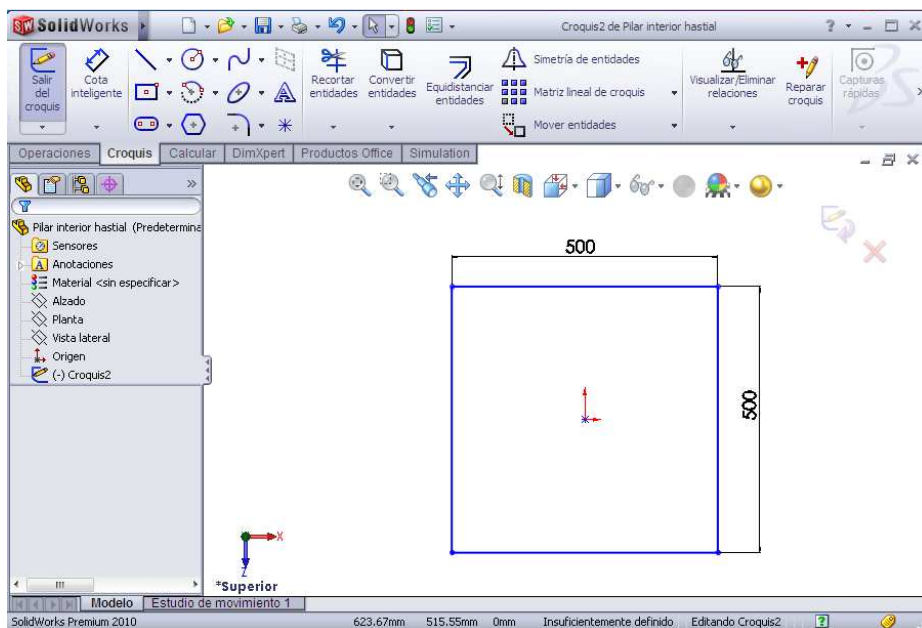


Figura 7.2.38 Construcción de un croquis.

Otra manera de realizar el pilar, será extruir la longitud total al pilar.

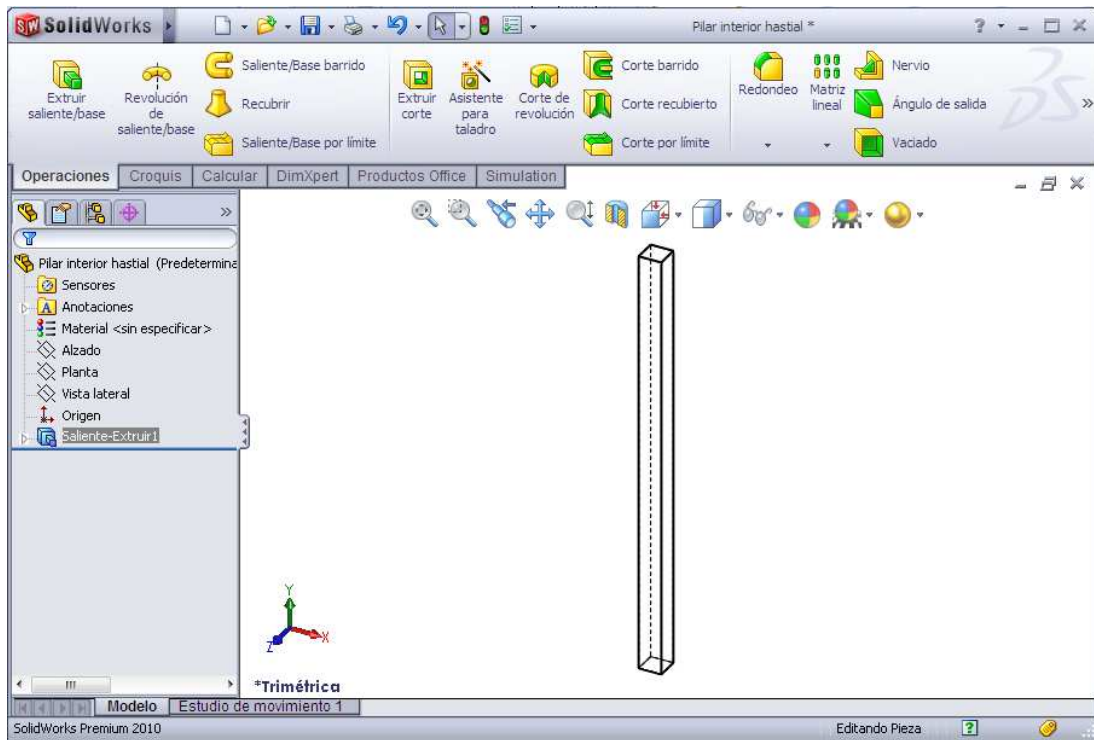


Figura 7.2.39 Extrusión del pilar intermedio del pórtico hastial.

Situándose en el plano de Vista Lateral de la figura se dibujará el detalle del pilar intermedio del pórtico hastial.

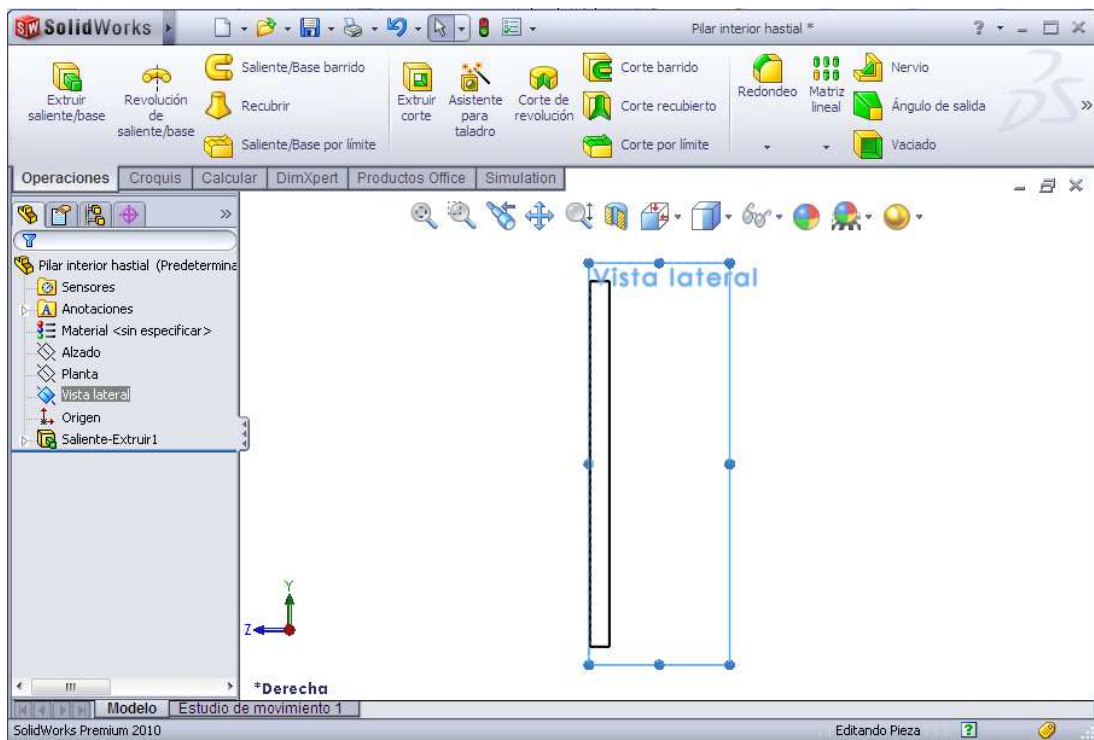


Figura 7.2.40 Ventana SolidWorks donde se muestra el plano "Vista lateral".



Utilizando la opción *Croquis* se dibujará lo que se muestra en las imágenes posteriores.

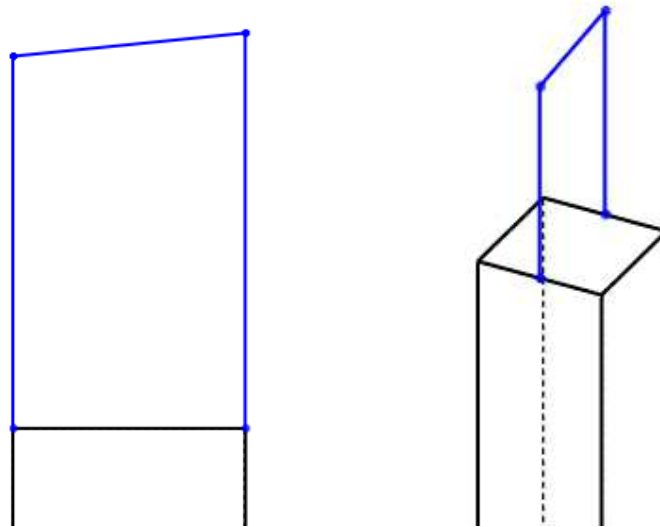


Figura 7.2.41 Detalle del Croquis dibujado en la vista lateral.

Mediante la operación de Extruir saliente/base, hacia las dos direcciones posibles se obtiene:

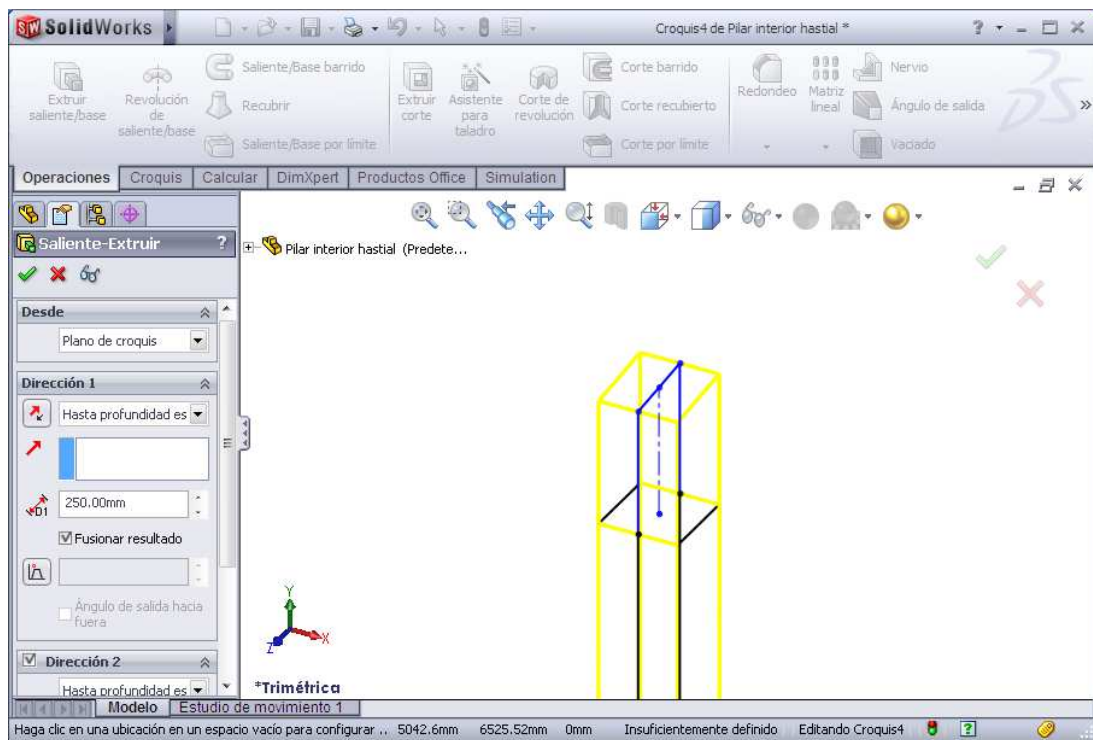


Figura 7.2.42 Ventana SolidWorks una vez se ha realizado la operación de extrusión.

A continuación se deberá ir al plano de la parte superior y se dibujará la base del fragmento que se quiere eliminar.

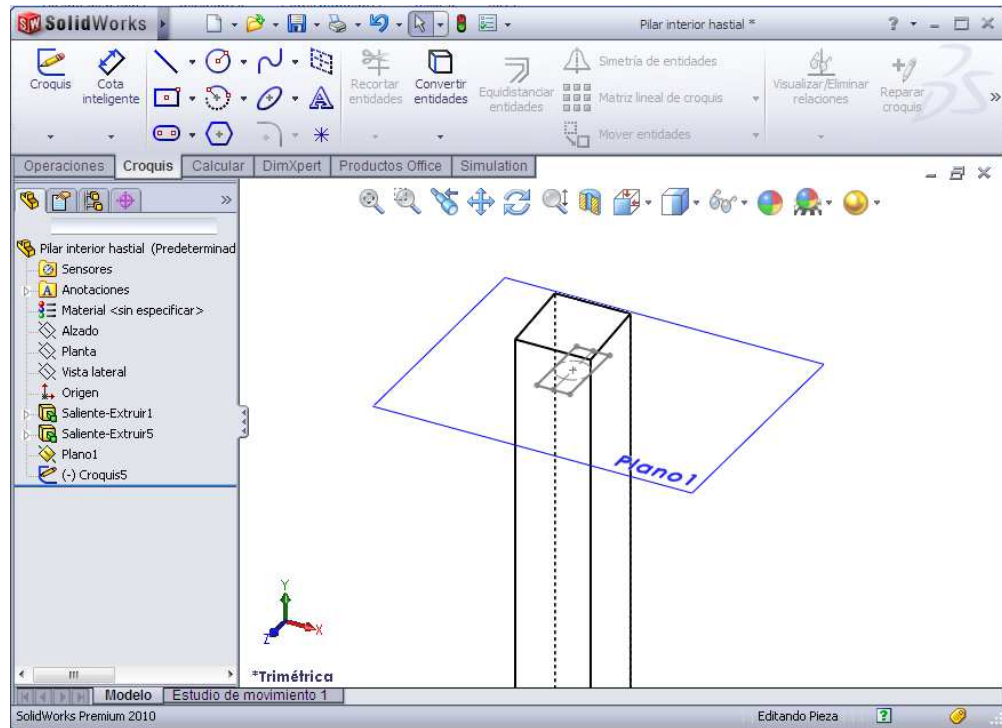
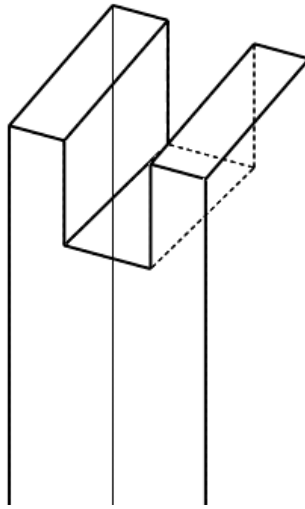


Figura 7.2.43 Ventana SolidWorks donde se ve el croquis del fragmento que va a eliminarse.

Y para terminar utilizando la operación *Extruir corte* quedará finalizado el pilar.



Figura 7.2.44 Pilar intermedio pórtico hastial.



*Figura 7.2.45*      *Detalle del extremo del pilar intermedio del pórtico hastial.*

## 7.3 VIGA DELTA

### 7.3.1 VIGA DELTA

Se comenzará abriendo un nuevo documento sobre el que se trabajará como se ha explicado anteriormente.

Se elegirá el plano donde se va a trabajar. En este caso el plano elegido es *Vista Lateral*, ya que será ahí donde se dibuje la sección central de la viga Delta.

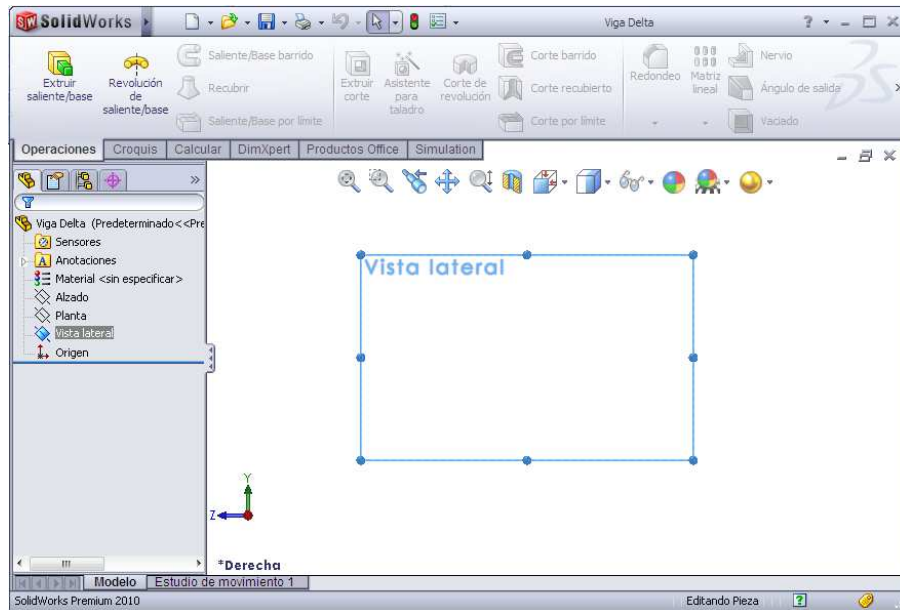


Figura 7.3.1 Selección del plano de croquis.

Para hacer el dibujo de la sección se utilizarán dos simetrías, es decir, se hará una simetría respecto a los dos ejes.

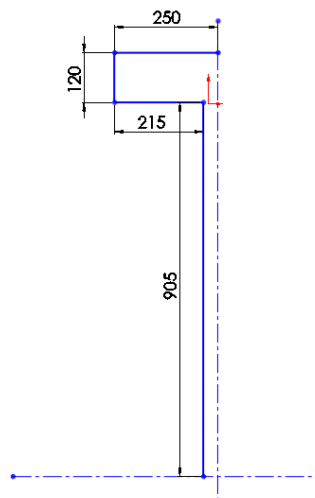


Figura 7.3.2 Una cuarta parte del perfil de la Viga Delta.

Una vez se ha dibujado una cuarta parte de la figura se aplicarán las operaciones de simetría.

En *Opciones* → *Simetría de entidades* se seleccionarán los elementos a los que se quiere aplicar la simetría con respecto a cada eje y quedará dibujada la figura de la sección.

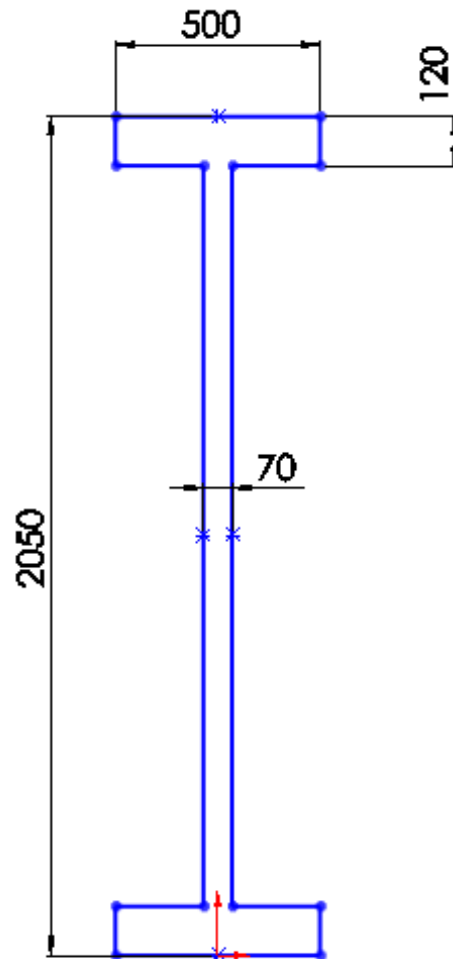


Figura 7.3.3 Perfil de la Viga Delta.

Una vez se tiene dibujada la sección central de la viga Delta se creará un plano paralelo donde se podrá dibujar la sección de uno de los extremos. Al tratarse de una viga Delta con una pendiente del 10%, la altura va cambiando y por tanto la sección será distinta.

La creación del nuevo plano se hará acudiendo en la opción de *Operaciones* → *Geometría de referencia* → *Plano*. De esta forma se seleccionarán los elementos necesarios para que el plano, que vamos a crear, quede completamente definido.

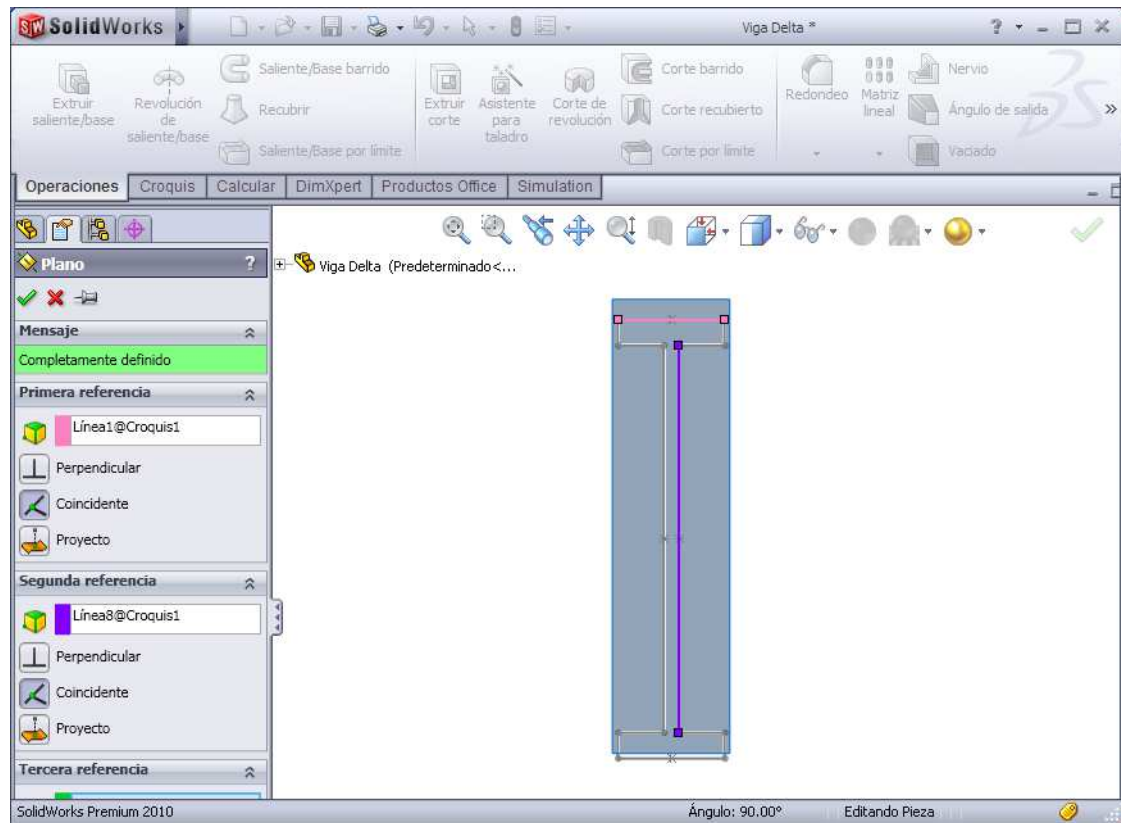


Figura 7.3.4 Creación de un nuevo plano.

Una vez creado, se volverá a la opción *Operaciones* → *Geometría de referencia* → *Plano* y se seleccionará el plano creado anteriormente; en ese instante, aparecerán unos campos donde se podrá introducir la separación que se necesita entre ellos.

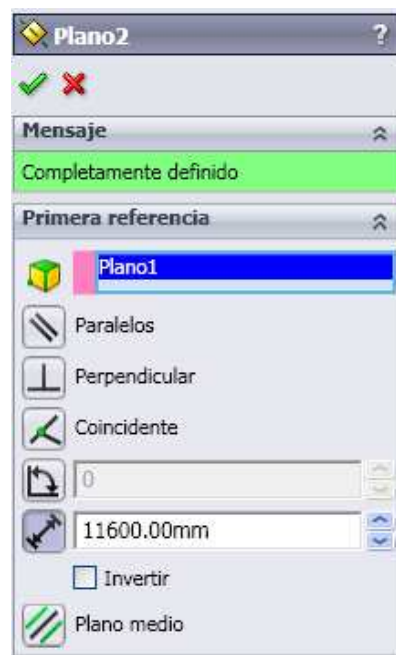


Figura 7.3.5 Ventana SolidWorks donde se podrá introducir la distancia entre ambos planos.  
Una vez creado, aparecerá en la pantalla de trabajo Solidworks lo siguiente:

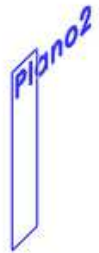


Figura 7.3.6 Imagen de la pantalla de trabajo SolidWorks con los planos.

En el plano 2 se hará el croquis de la sección de la viga Delta con la altura correspondiente en el extremo.



Figura 7.3.7 Imagen de la pantalla de trabajo SolidWorks con el croquis dibujado en ambos planos.

Mediante la opción de *Operaciones* → *Recubrir* se creará:

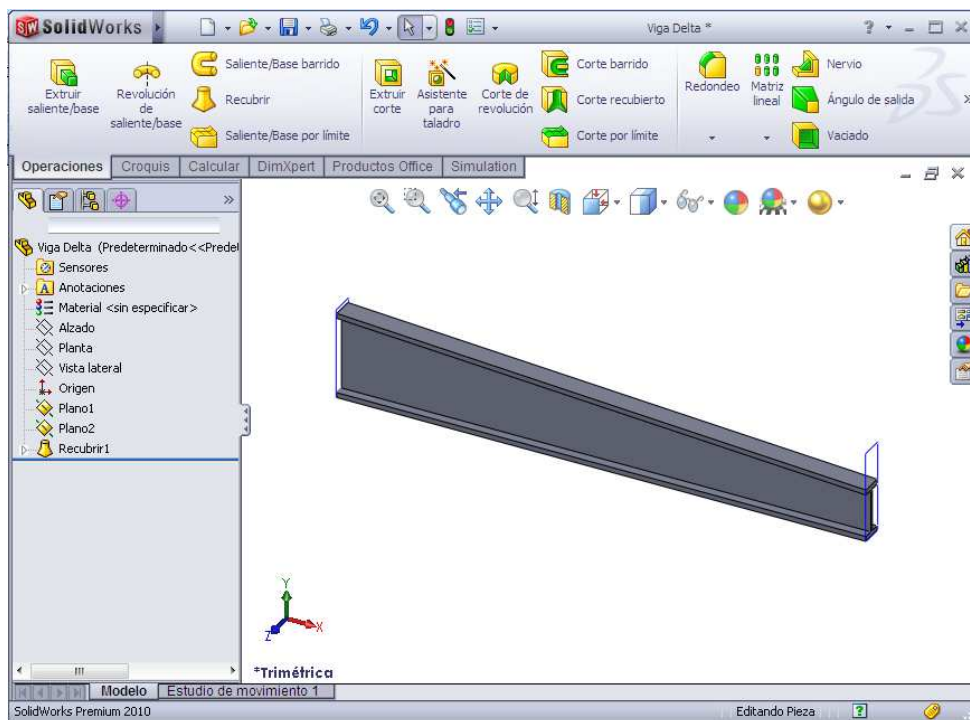


Figura 7.3.8 Ventana de trabajo SolidWorks después de realizar la operación de recubrir.

Se tendrá que dibujar la terminación de la viga Delta para que encaje en los pilares, de manera que se va a trabajar en el plano *Planta*.

Se dibujará en el croquis la planta del saliente que tiene la viga Delta y con una extrusión quedará:

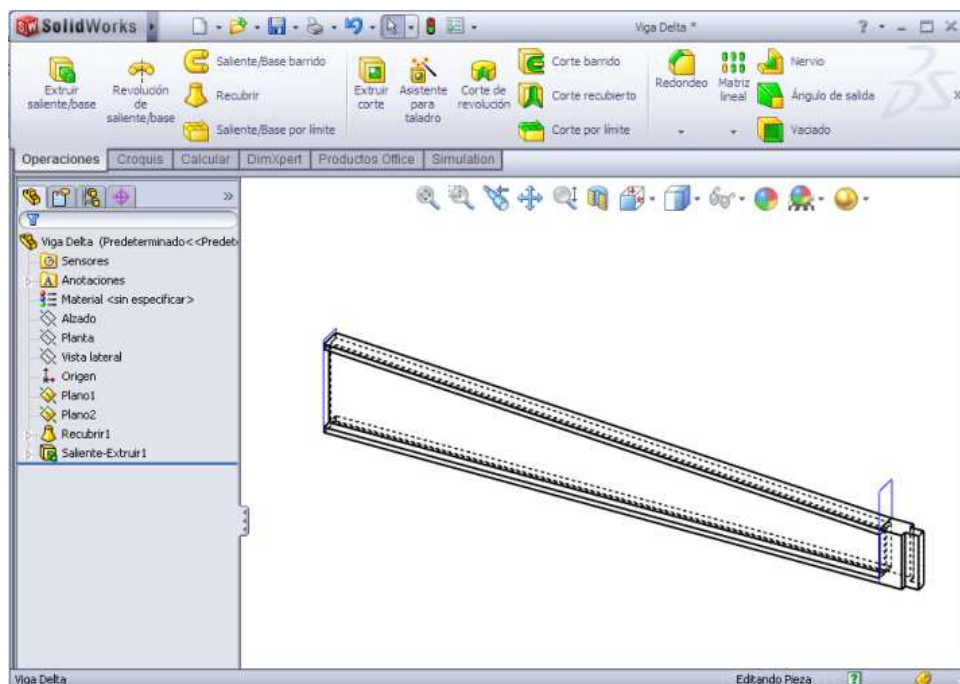


Figura 7.3.9 Ventana SolidWorks después de dibujar la terminación de la Viga Delta.



Vista del detalle:

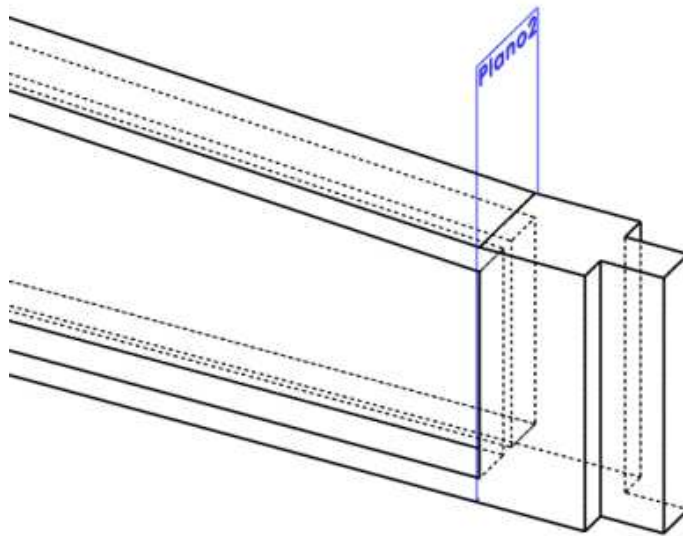


Figura 7.3.10 Vista en detalle de la terminación de la Viga Delta.

Solo faltará hacer los detalles del extremo con la creación de un plano paralelo, con la opción de Operaciones → Geometría de referencia → Planos, a la Planta.

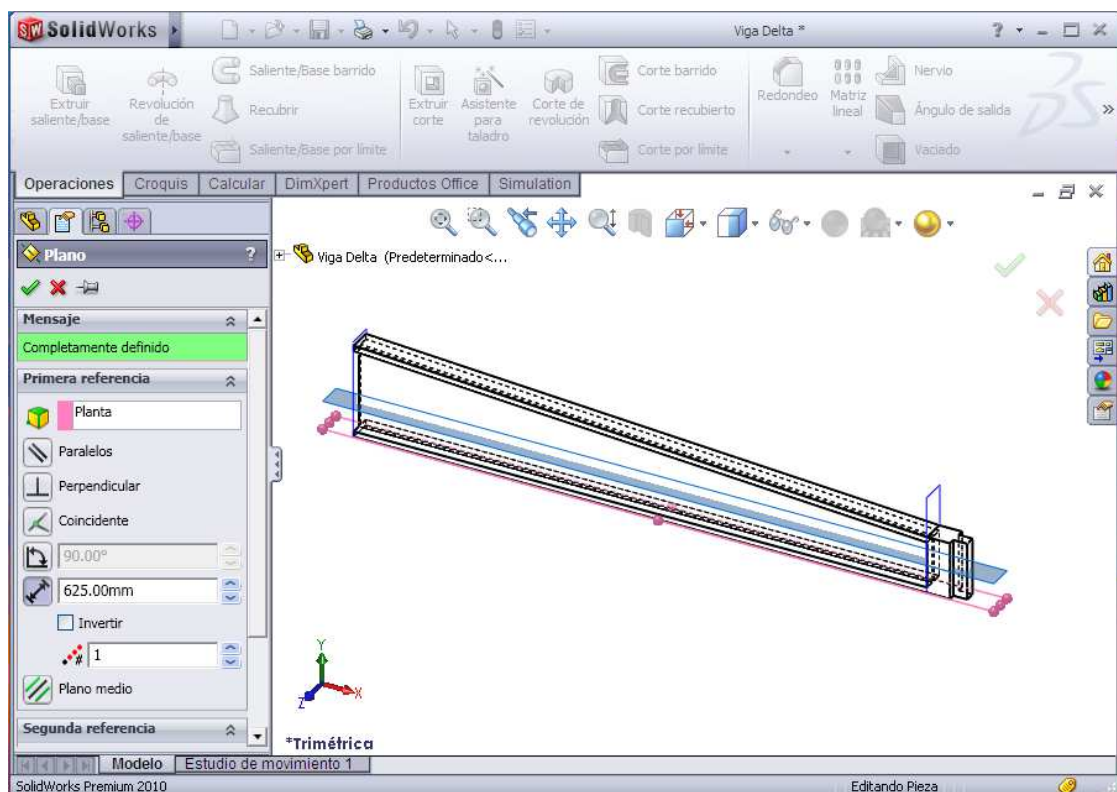


Figura 7.3.11 Ventana de SolidWorks con la creación de un plano paralelo a la vista de la planta.

Mediante las herramientas del croquis se realizará el detalle en el plano que se ha creado.

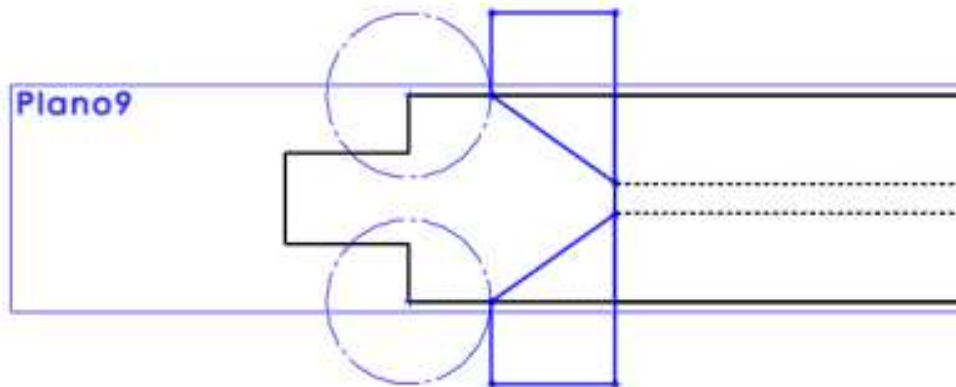


Figura 7.3.12 Vista del detalle del croquis dibujado en el plano paralelo a la planta.

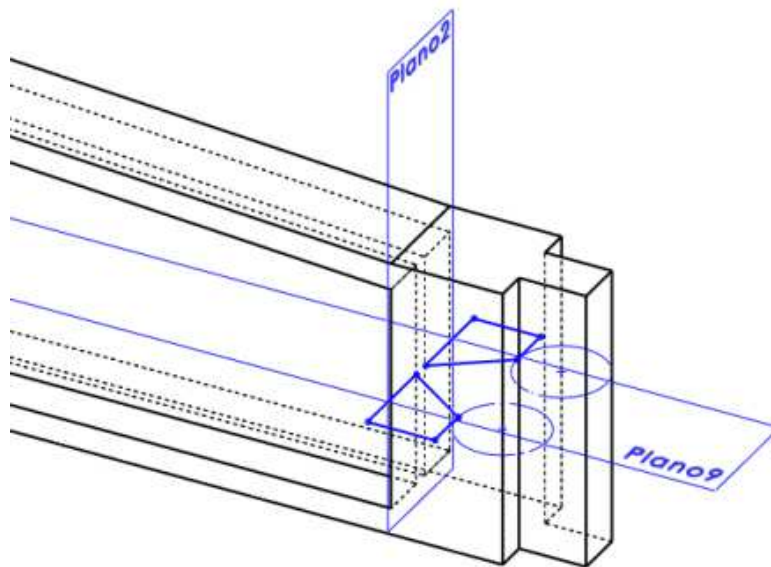


Figura 7.3.13 Vista del detalle del croquis dibujado en el plano paralelo a la planta.

A continuación se irá a *Operaciones* → *Extruir corte* y se especificará la longitud que tendrá la extrusión, hacia arriba y hacia abajo del plano.

En la siguiente figura se puede observar con detalle.

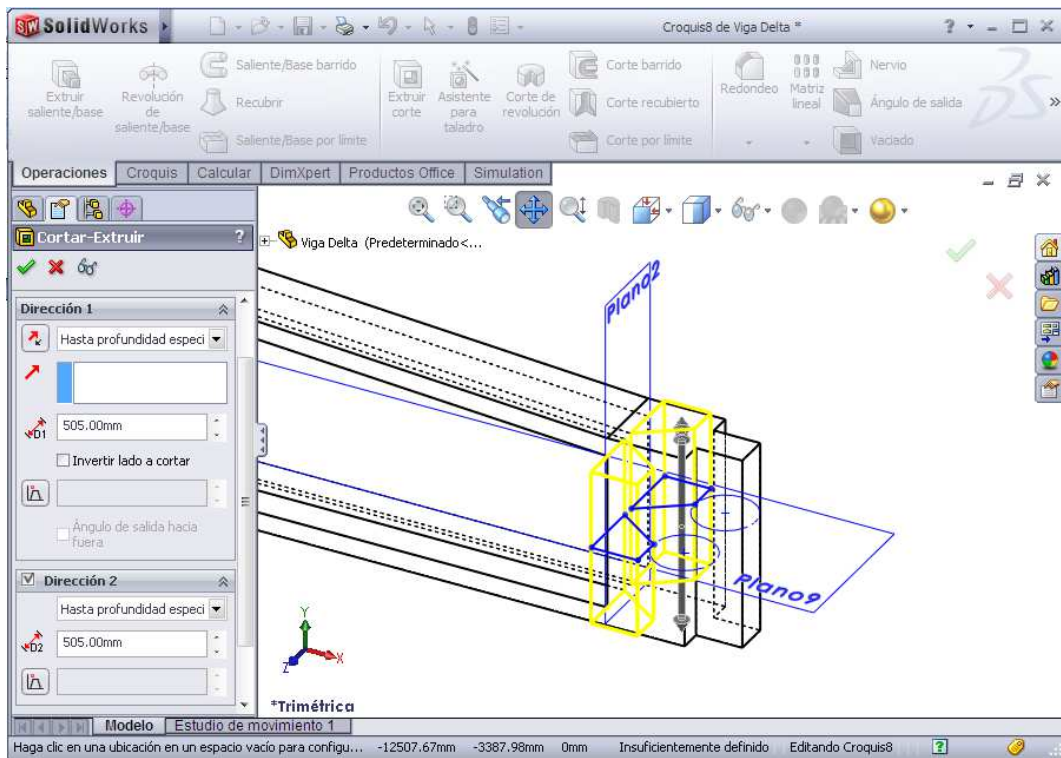


Figura 7.3.14 Vista de la extrusión en el extremo de la Viga Delta.

Si se sale de la operación el resultado es el siguiente.

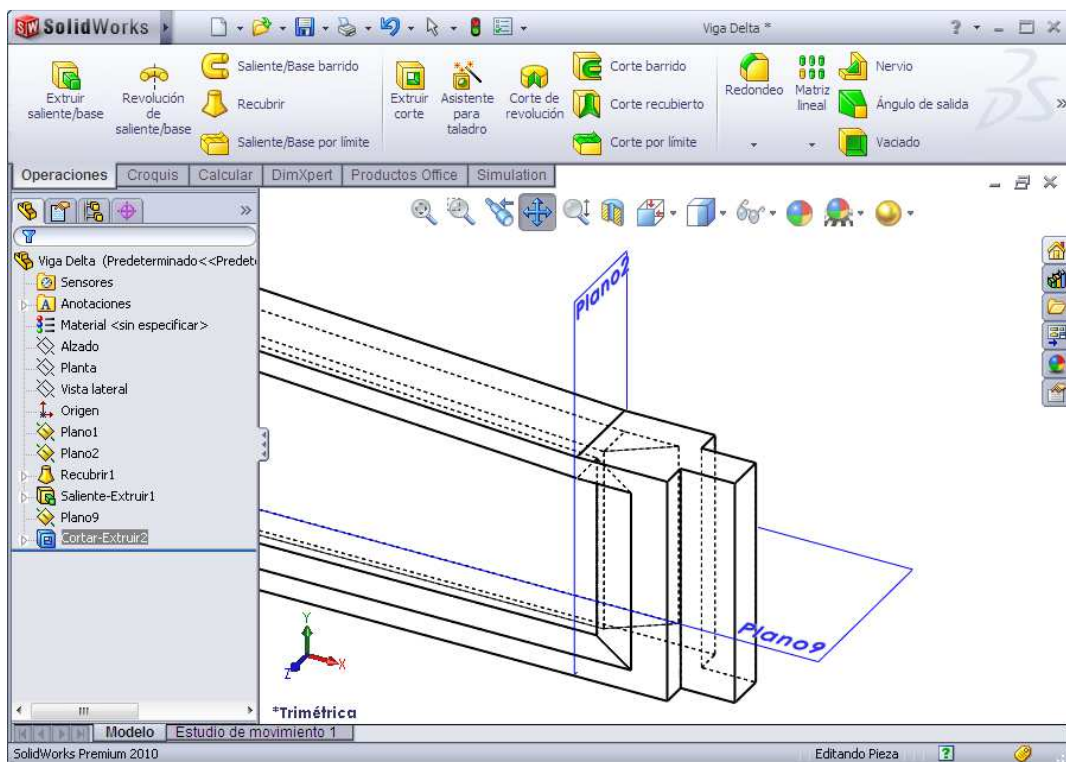


Figura 7.3.15 Ventana SolidWorks donde aparece la terminación de la Viga Delta con el detalle creado.

Por último se hará una simetría de todos los pasos anteriores para obtener la viga Delta completa de este caso.

Se irá a *Operaciones* → *Matriz lineal* → *Simetría* y una vez seleccionado aparecerán los campos siguientes que hay que definir.

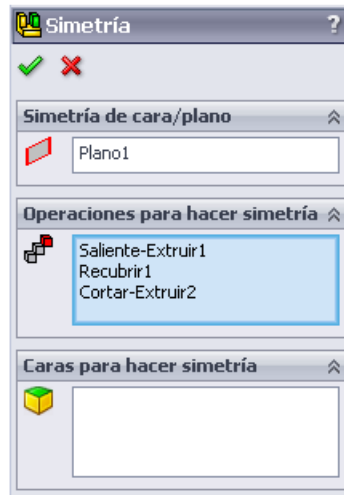


Figura 7.3.16 Ventana de opciones de la operación de simetría.

Una vez se hayan introducido todos los datos aparecerá la pieza en cuestión.

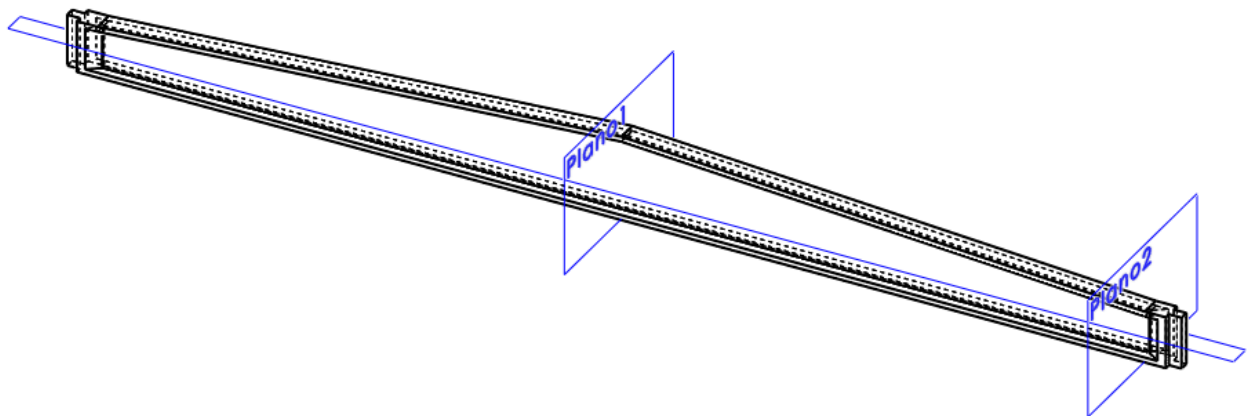


Figura 7.3.17 Viga Delta.

### **7.3.2 PLANO DE LA VIGA DELTA**

Una vez se tiene construida la pieza, se dibujara el plano de la misma.

Para ello se abre en el menú la opción de *Crear dibujo desde pieza/ensamblaje* como se ha indicado en el apartado de la creación del plano de las zapatas.

Se crea una hoja en A3 con el cajetín personalizado para la pieza que se vaya a representar.

Una vez se ha hecho el cajetín con los datos correspondientes, se abrirá la viga Delta cuyo plano se quiere realizar.

En el menú *Ver diseño* → *3 vistas estándar* en el campo Pieza /ensamblaje para insertar aparece la pieza correspondiente.

Se ajustará la escala que interese, al seleccionar la pieza a la izquierda de la pantalla de trabajo SolidWorks aparece un cuadro de opciones, como se muestra en la figura siguiente. En escala personalizada se puede elegir la escala que vaya a utilizarse:

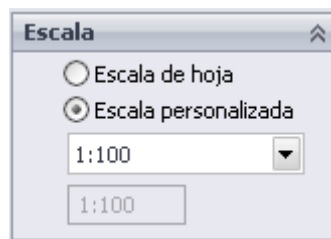


Figura 7.3.18 Ventana para modificar la escala del plano.

Se seleccionarán las vistas que se quiera gracias a la opción de *Ver diseño* → *vista de sección*.

Por último se deberá acotar dicha pieza quedando:

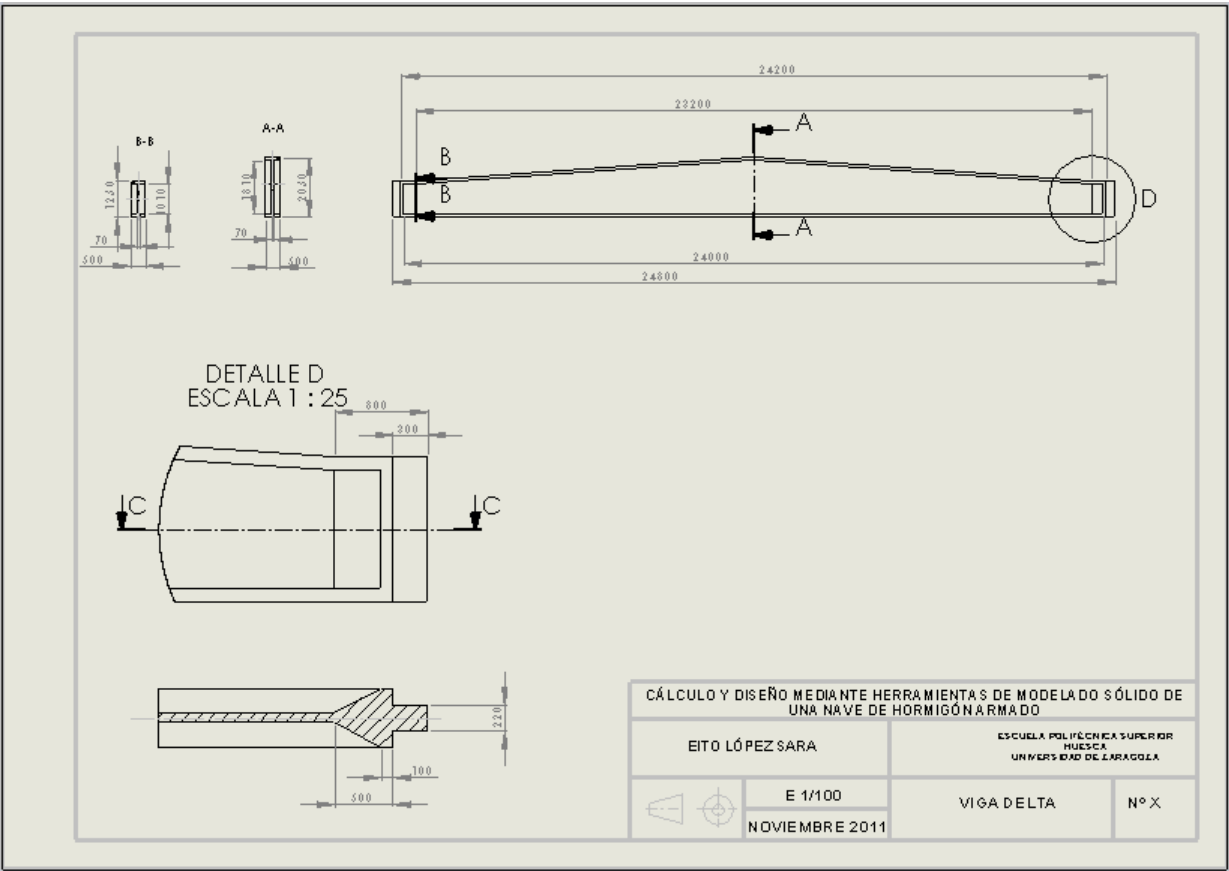


Figura 7.3.19 Vista del plano de la Viga Delta.

## 7.4 JÁCENA PÓRTICO HASTIAL

### 7.4.1 JÁCENA PÓRTICO HASTIAL (PARTE 1)

Lo primero que se deberá hacer es abrir un nuevo documento sobre el que se trabajará y a continuación se seleccionará el plano para trabajar en él, en este caso se elegirá el *Alzado*.

En el caso que se estudia aparecen una serie de problemas que se señalarán en este documento, el primero de ellos es que la jácena se debe calcular con una pendiente del 10%.

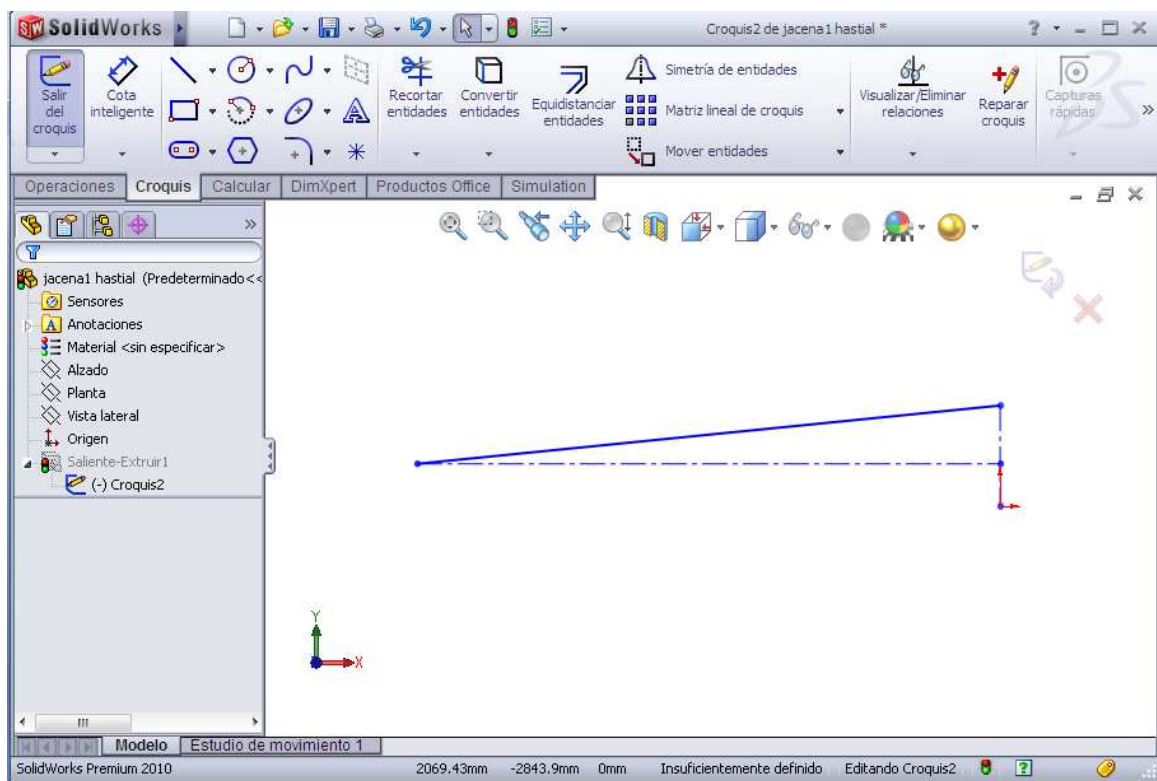


Figura 7.4.1 Construcción de un croquis.

Una vez dibujada la parte superior de la jácena con la pendiente indicada se continuará dibujando los extremos de la jácena.



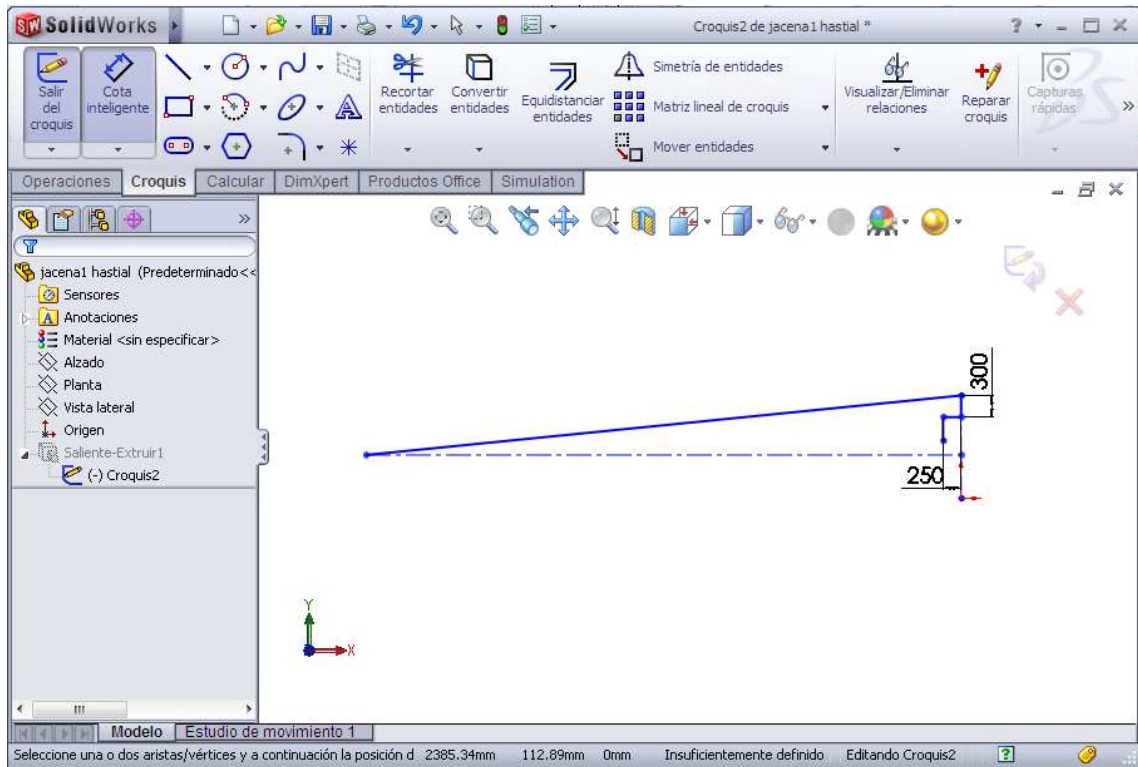


Figura 7.4.2 Construcción de un croquis.

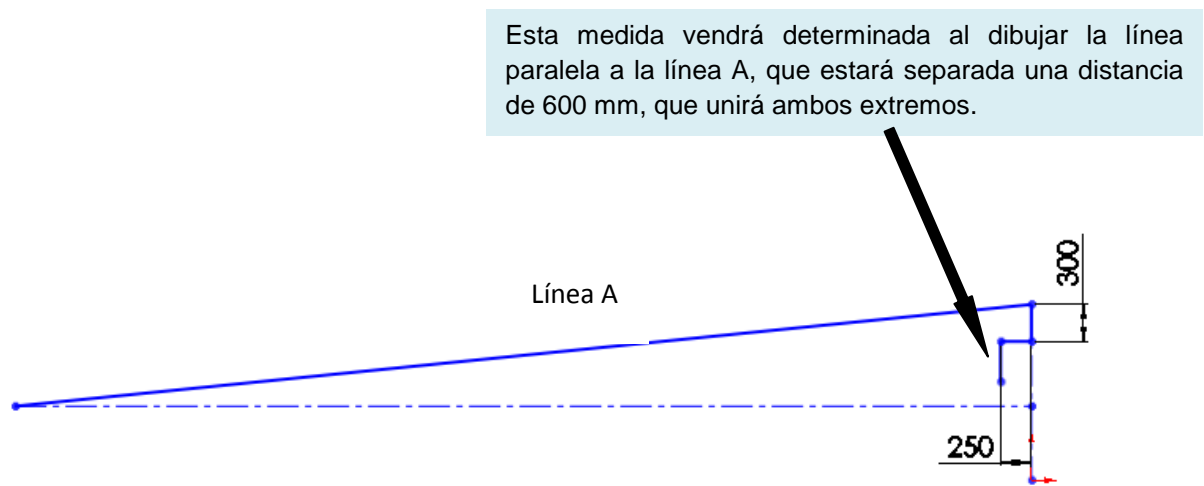


Figura 7.4.3 Detalle del croquis de la jácena del pórtico hastial (Parte 1).



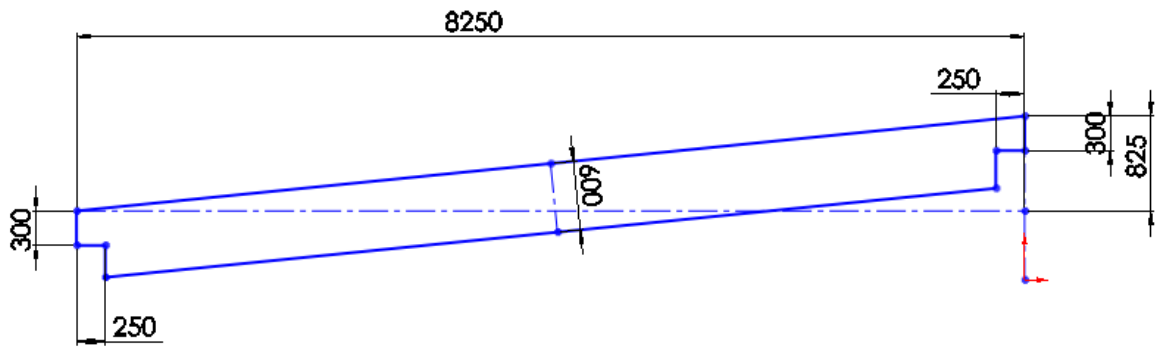


Figura 7.4.4 Detalle del croquis de la jácena del pórtico hastial (Parte 1) con las medidas correspondientes.

Una vez se tiene el croquis se extruye la pieza para darle las dimensiones adecuadas, quedando una pieza como la que se muestra a continuación.

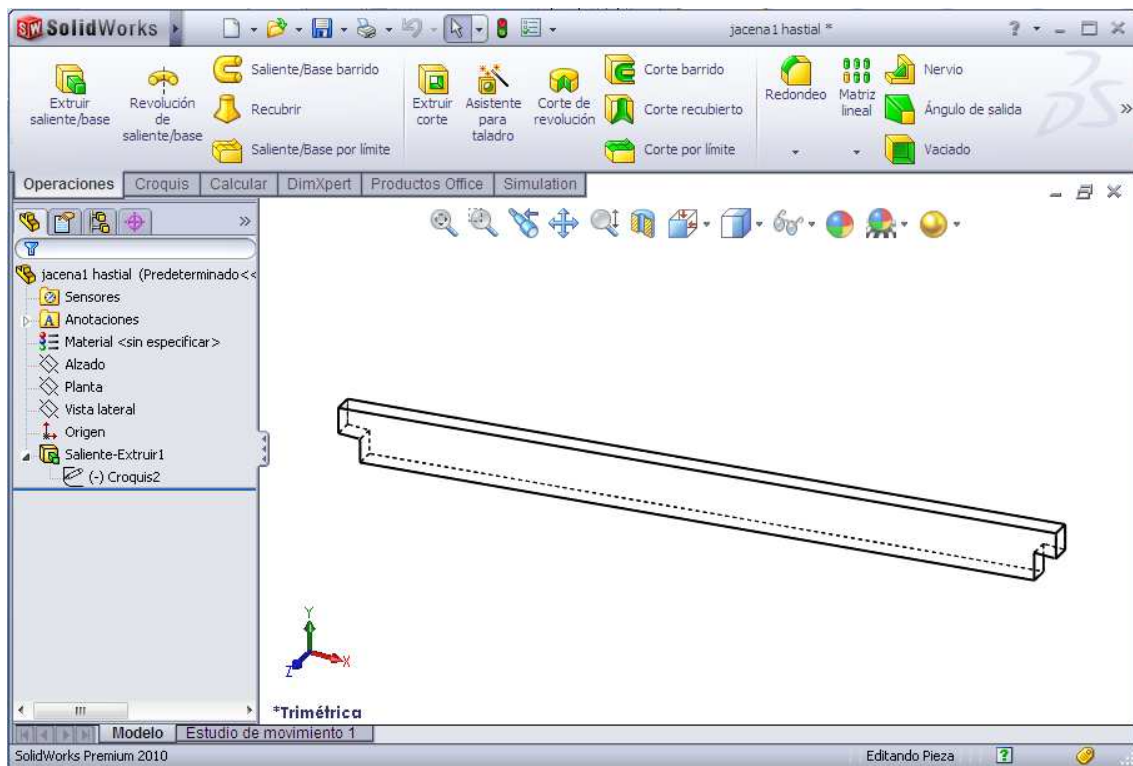
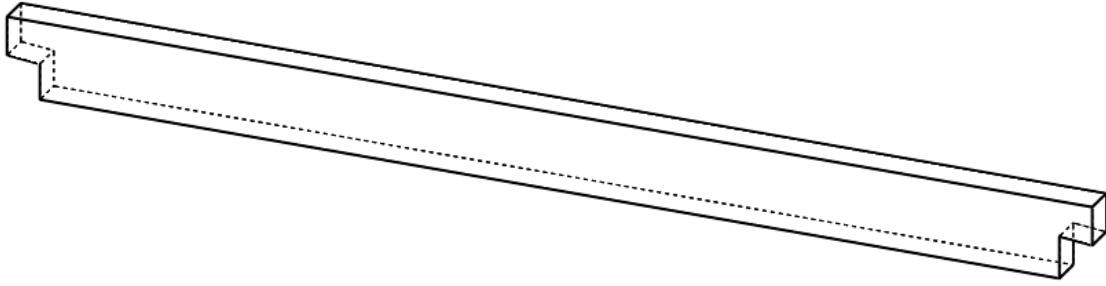


Figura 7.4.5 Ventana SolidWorks donde se muestra una parte de la jácena del pórtico hastial (Parte 1).



*Figura7.4.6 Jácena del pórtico hastial (Parte 1).*

### 7.4.2 JÁCENA PÓRTICO HASTIAL (PARTE 2)

Para empezar a realizar la jácena del pórtico hastial (parte 2) se abrirá un nuevo documento sobre el que se trabajará y se elegirá el plano en el que se comenzará a dibujar, para la parte 2 de la jácena del pórtico hastial se elegirá el plano *Alzado*.

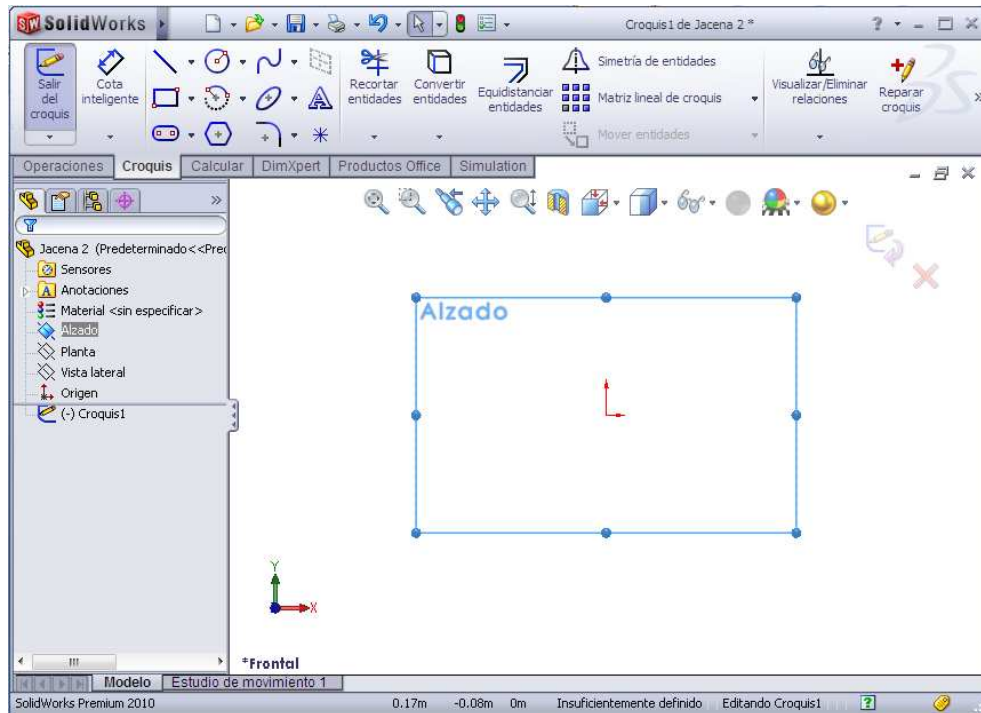


Figura 7.4.7 Selección del plano de croquis.

Con la ayuda de líneas constructivas se dibujará la mitad de la jácena del pórtico hastial, que irá situada entre los pilares intermedios del pórtico hastial.

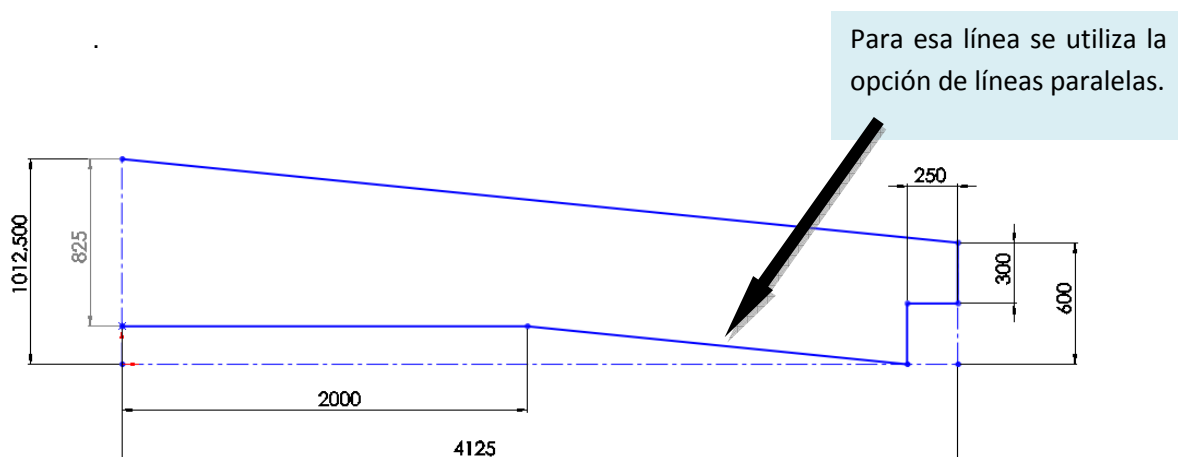


Figura 7.4.8 Detalle del Croquis de la mitad de la jácena del pórtico hastial.

Uno de los problemas que aparecen es que en el catálogo del fabricante no se encuentran todas las medidas de la jácena. Pero gracias a que se sabe que en cubierta hay una pendiente del 10 % y jugando con las distancias que se conocen de la nave en cuestión, se calcularán todos los datos que faltan para poder realizar el dibujo anterior.

El siguiente paso es hacer la simetría para tener la pieza completa.

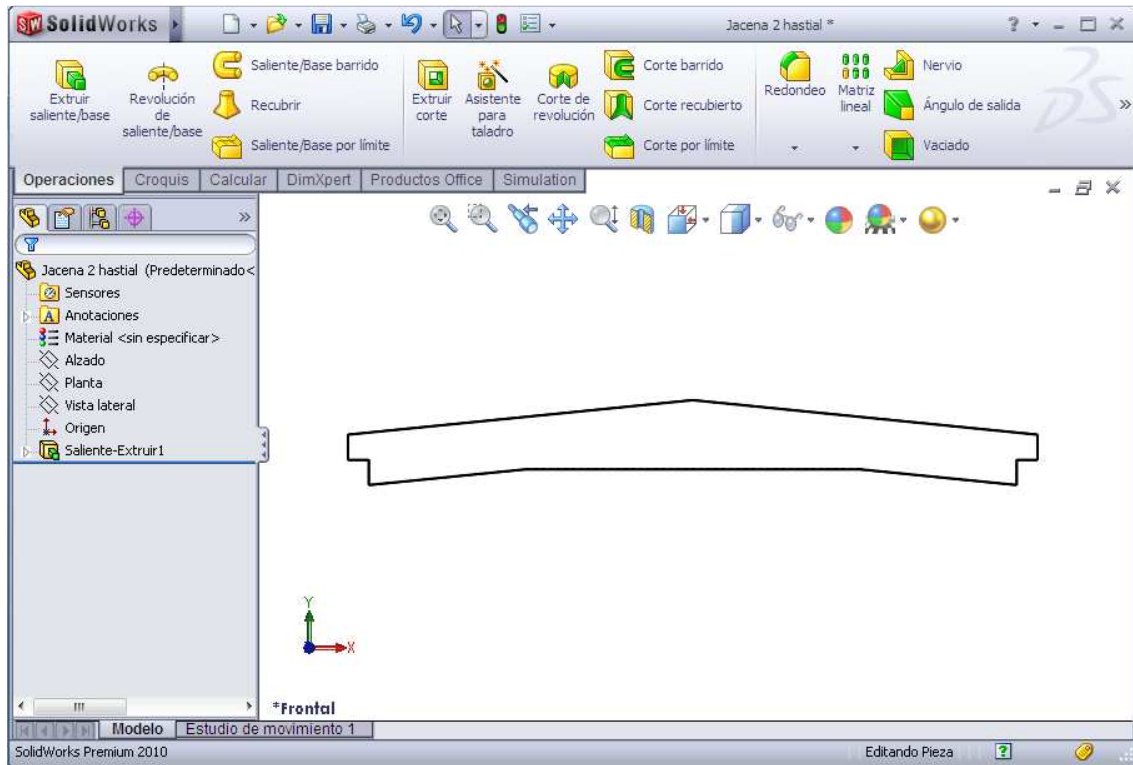


Figura 7.4.9 Ventana SolidWorks donde aparece el Alzado de la jácena del pórtico hastial (Parte 2).

Una vez se tiene el croquis del alzado, se extruirá y le dará la profundidad a la pieza, de forma que quedará la figura siguiente.

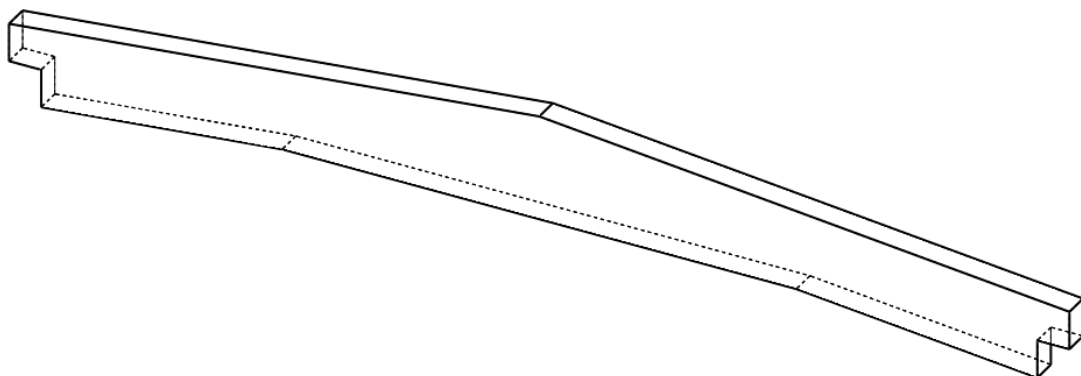


Figura 7.4.10 Jácena del pórtico hastial (Parte 2).

## 7.5 CORREAS TUBULARES

Se abrirá un nuevo archivo para dibujar la correa de la nave y se seleccionará el plano donde se va a trabajar, *Alzado*.

Para comenzar a dibujar se pinchará la opción de *Croquis*.

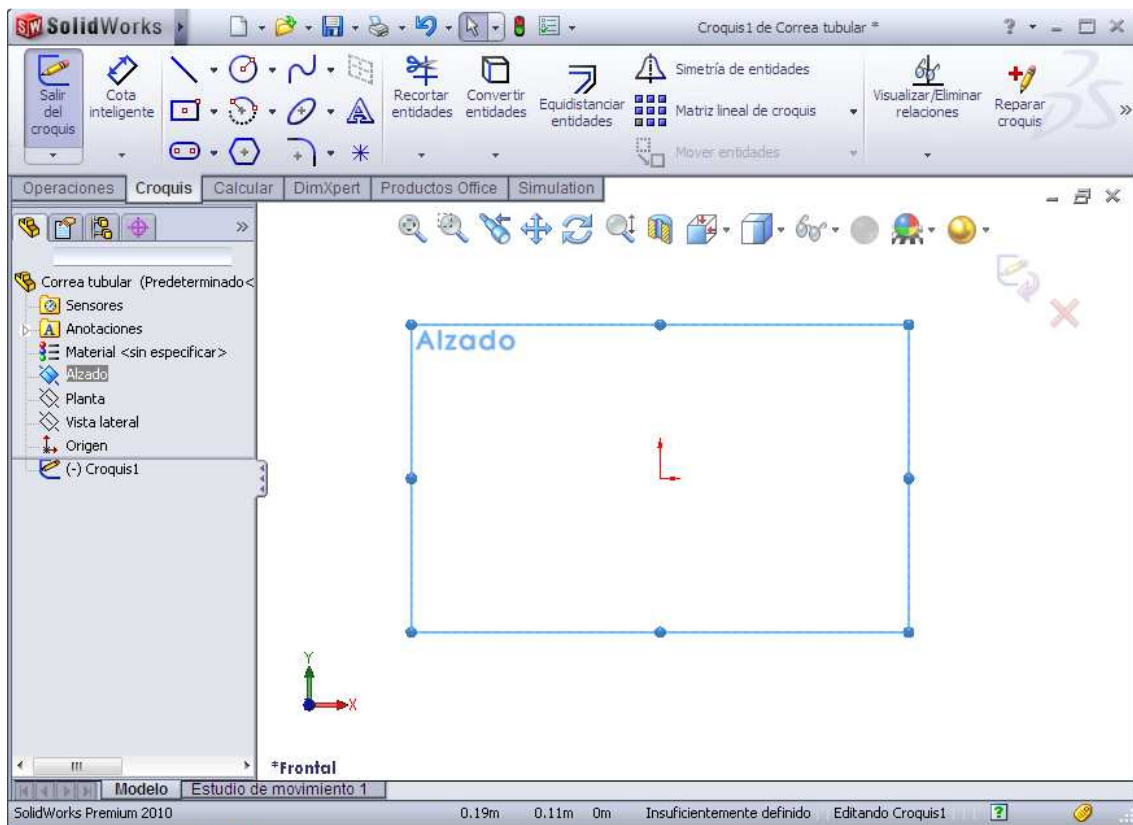
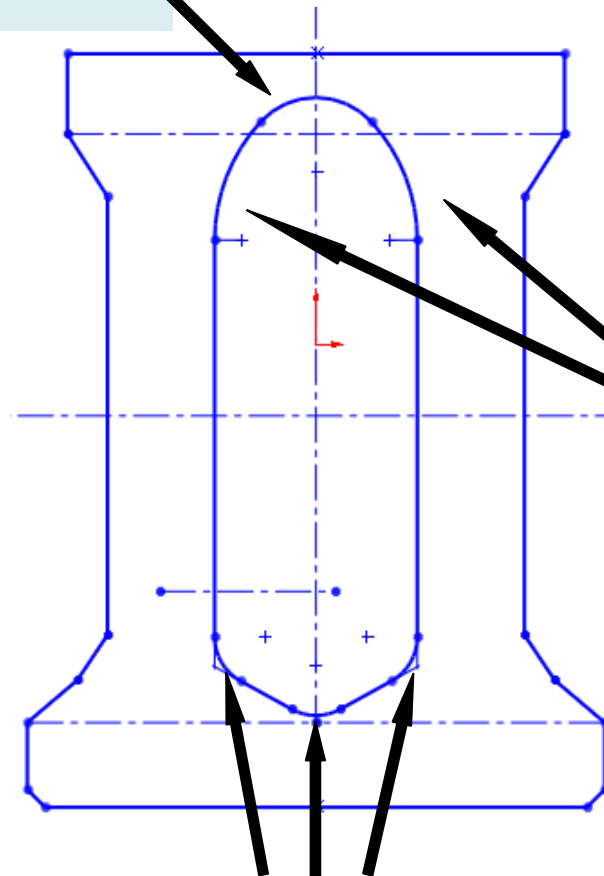


Figura 7.5.1 Selección del plano de croquis.

Una vez abierto un nuevo *Croquis* se podrá comenzar a dibujar; en el caso de la correa, solamente se tendrá que dibujar la mitad de la pieza, ya que se aplicará una operación de simetría con respecto al eje “y”.

Al terminar el Croquis lo que quedará en la pantalla de trabajo SolidWorks será la imagen siguiente.

El radio es de 30 mm



El radio es de 70 mm

Con la operación de *Redondeo de croquis*, y con un radio de 20 mm se obtienen las tres curvas.

Figura 7.5.2 Croquis de la correa tubular.

Una vez se haya dibujado el croquis de la correa y gracias a una operación de *Extrusión saliente/base*, se le dará la longitud correspondiente.

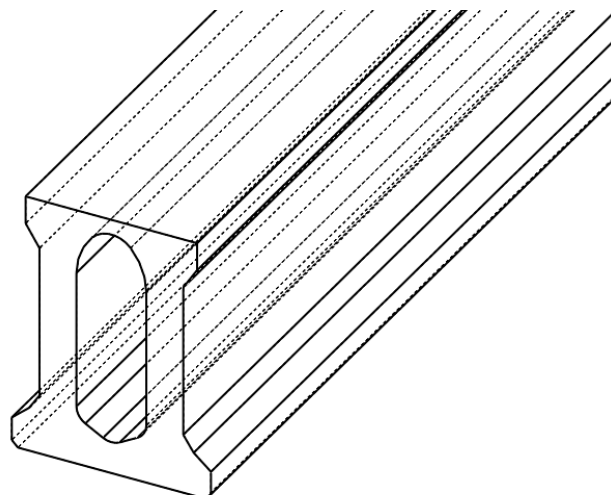


Figura 7.5.3 Detalle correa tubular.

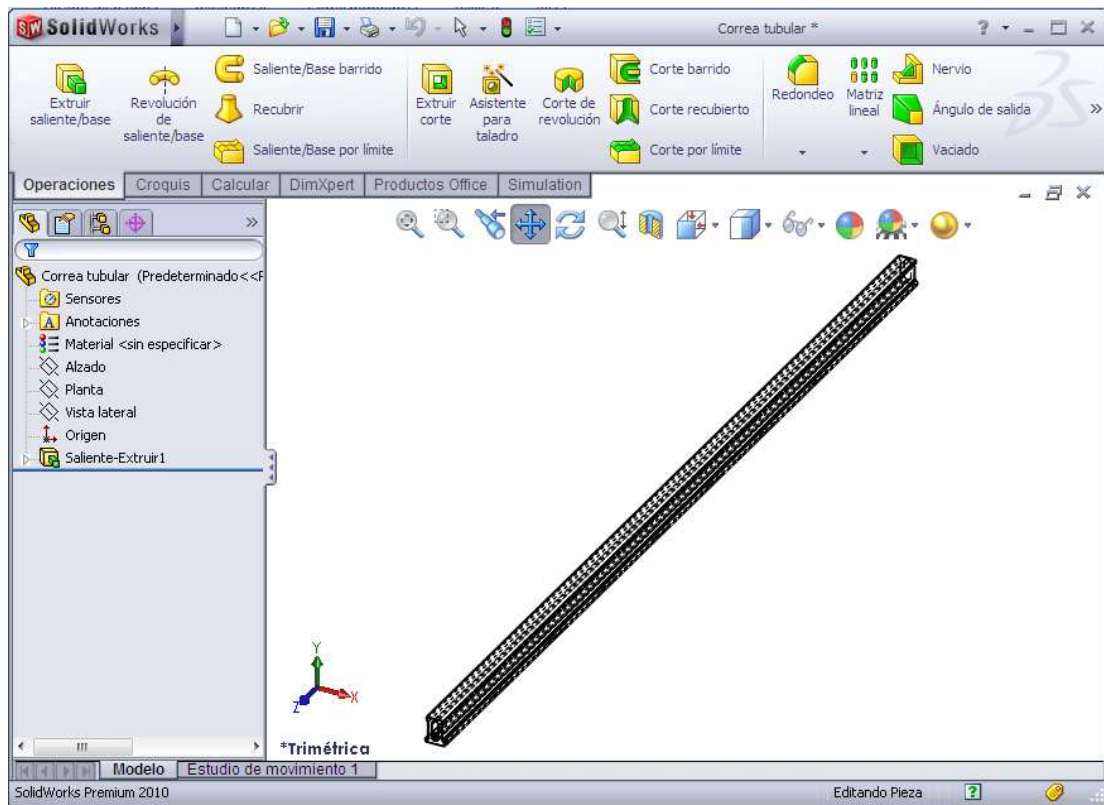


Figura 7.5.4 Ventana SolidWorks correa tubular.

**NOTA:** Se debe saber que las correas que estén apoyadas en los pórticos hastiales tienen una longitud de 10555 milímetros. Y que las correas que estén apoyadas sobre los pórticos interiores tendrán una longitud de 10705 milímetros.

Esta diferencia de longitudes se deberá a que en el caso de la jácena del pórtico hastial el espesor que tiene dicha jácena es de 20 cm y en el caso de la viga Delta es de 50 cm.

## 7.6 CUBIERTA

Para la realización de la cubierta de la nave, se acude a un catálogo en el que la cubierta seleccionada es “Panel sándwich de doble chapa lacada con aislamiento de 40 mm”.

En dicho catálogo se encuentran las dimensiones para poder realizar el dibujo de la cubierta.

Se seguirán los mismos pasos que en elementos anteriores, primero se seleccionará un archivo nuevo, se elegirá el plano en el que se va a trabajar, la vista *Alzado*, y posteriormente se aplican una serie de operaciones quedando como resultado lo que se muestra a continuación.

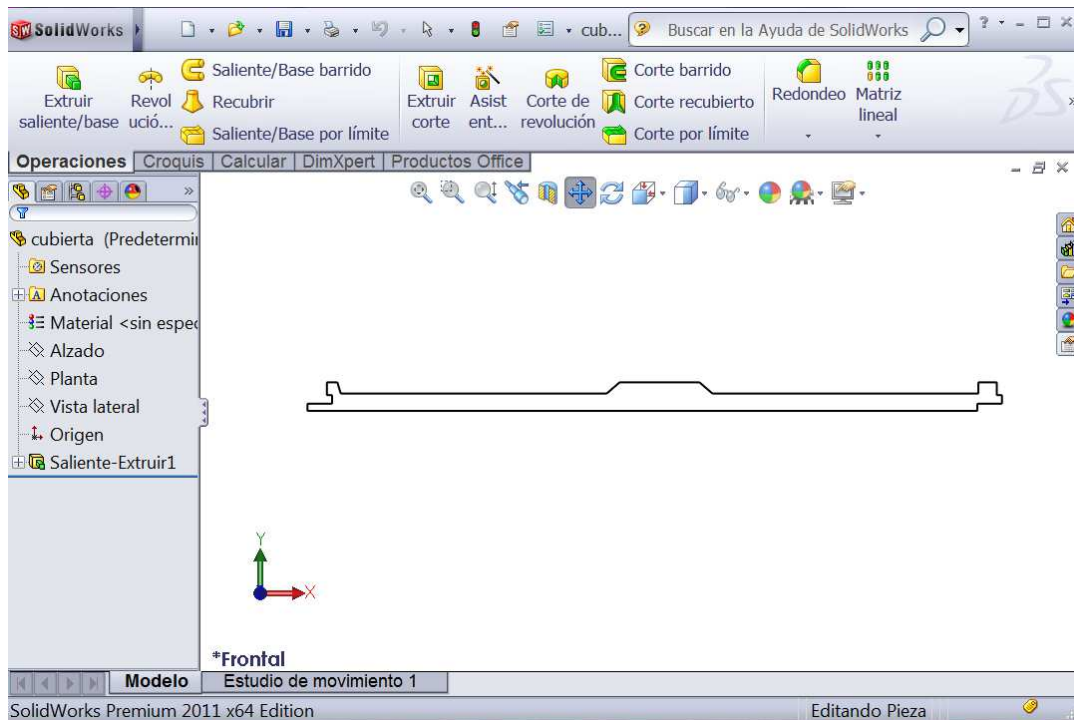


Figura 7.6.1 Ventana SolidWorks del Alzado de la cubierta.

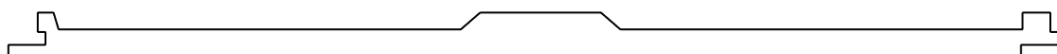


Figura 7.6.2 Alzado de la cubierta.



Una vez se tiene dibujado en un croquis el alzado de la cubierta, se deberá realizar una extrusión con la operación *Extruir saliente/base*.

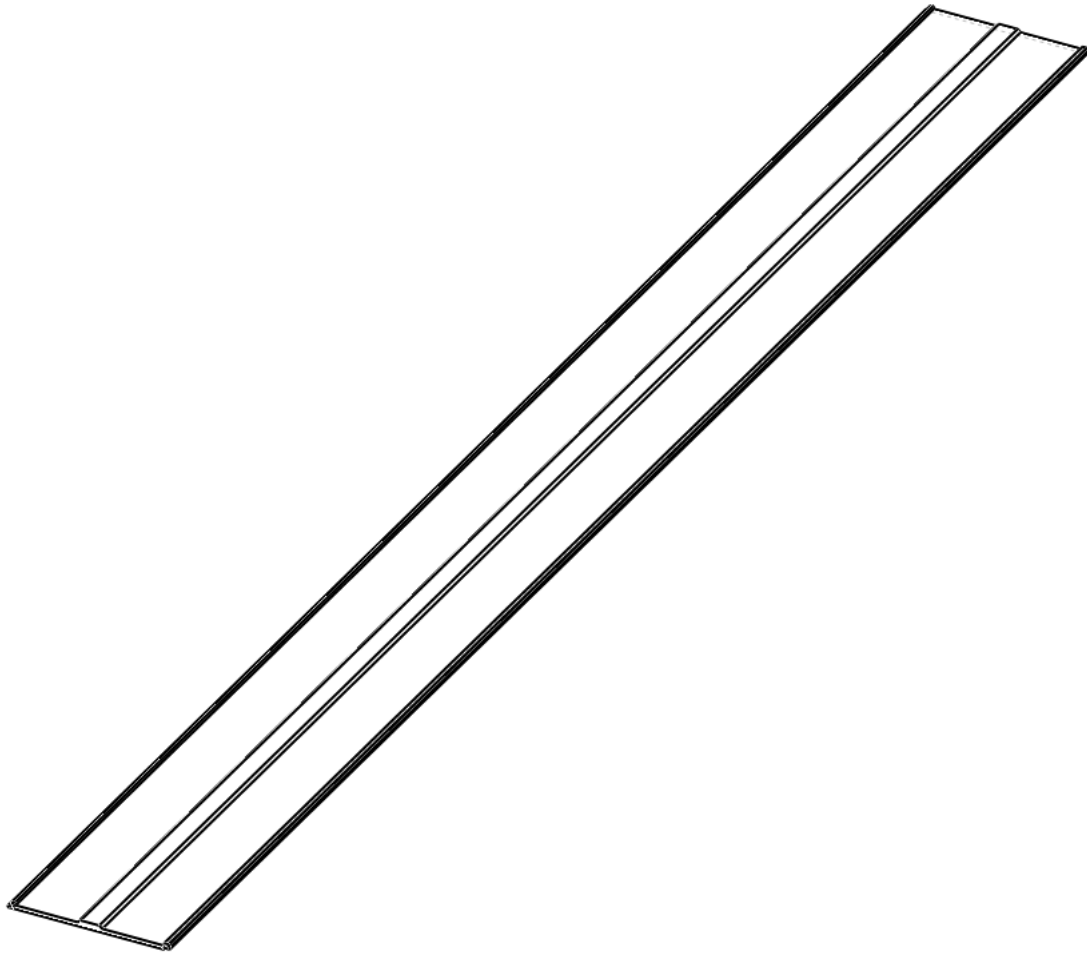


Figura 7.6.3      Cubierta de la nave.

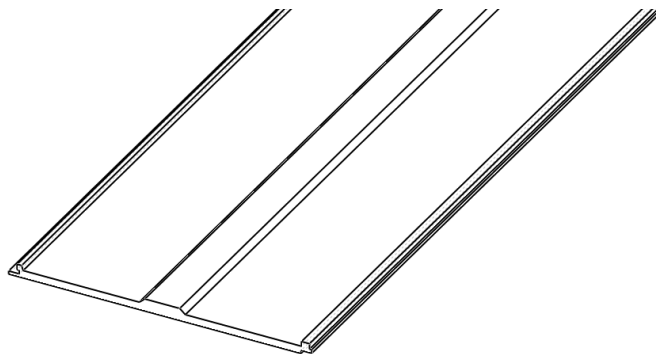


Figura 7.6.4      Detalle cubierta de la nave.

## 7.7 SOLERA

Para completar el montaje de la nave se dibujará la solera con un espesor determinado de 40 cm y con los huecos donde irán situados los pilares de la nave.

Al realizarlo se seguirán los mismos pasos que en elementos anteriores, se seleccionará un archivo nuevo, se elegirá el plano en el que se va a trabajar y posteriormente se aplicarán una serie de operaciones quedando como resultado lo que se muestra a continuación.

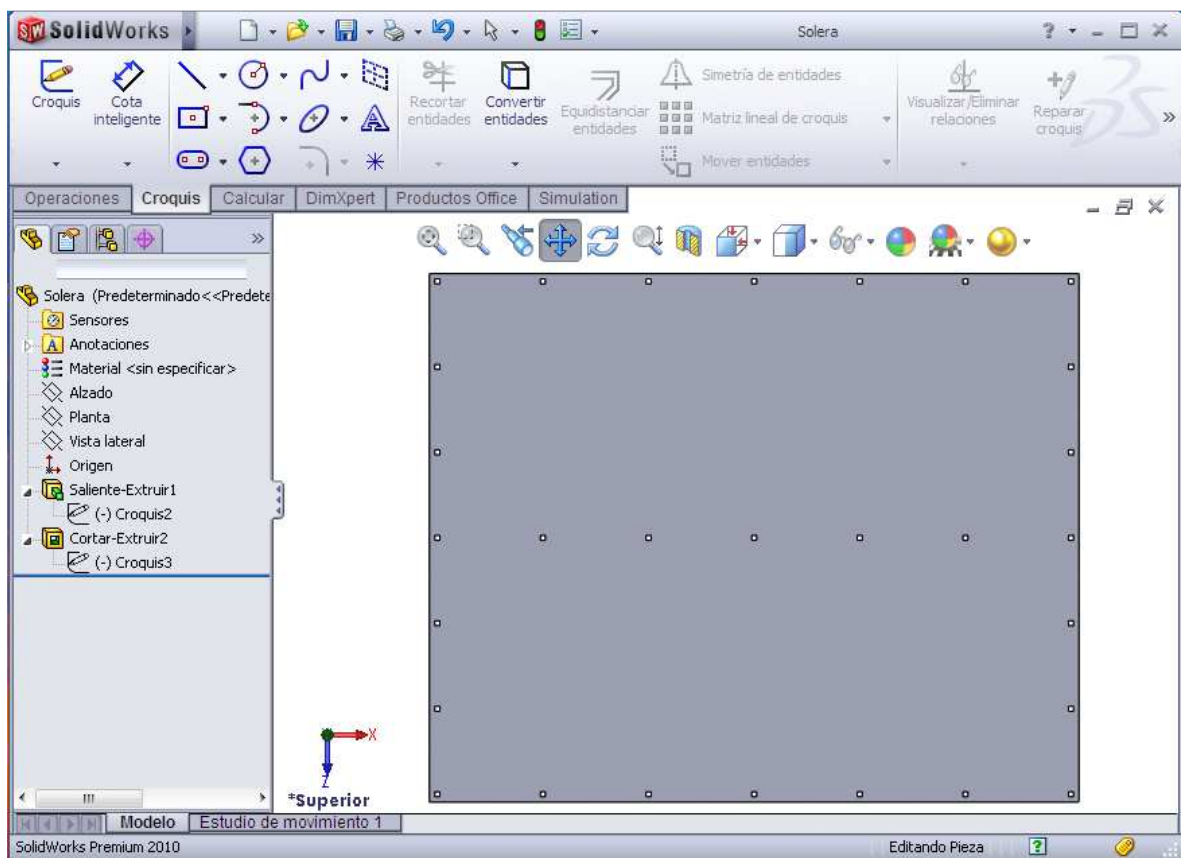


Figura 7.7.1 Ventana SolidWorks donde se muestra una vista superior de la solera con los huecos correspondientes para los pilares.

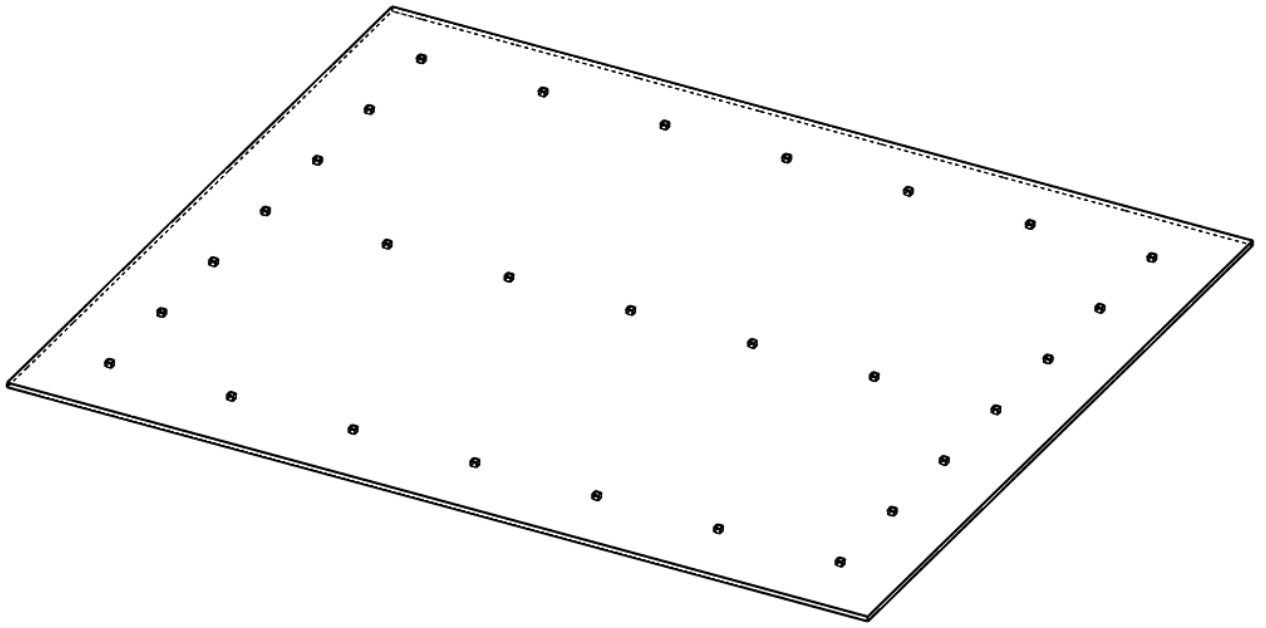


Figura 7.7.2 Solera.

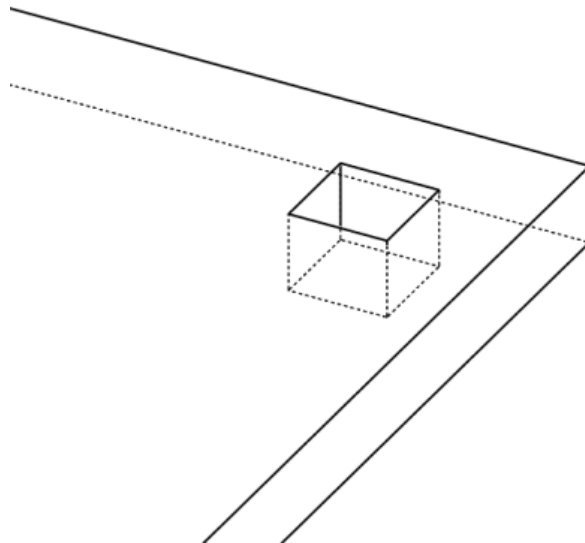


Figura 7.7.3 Detalle de una esquina de la solera.

## 7.8 PANELES DE HORMIGÓN

### 7.8.1 PANEL DE HORMIGÓN (LATERALES DE LA NAVE)

Se dibujará el panel de hormigón correspondiente a los laterales de la nave, se abrirá una nueva hoja de trabajo y se seleccionará el plano en el que se va a trabajar, la *Planta*.

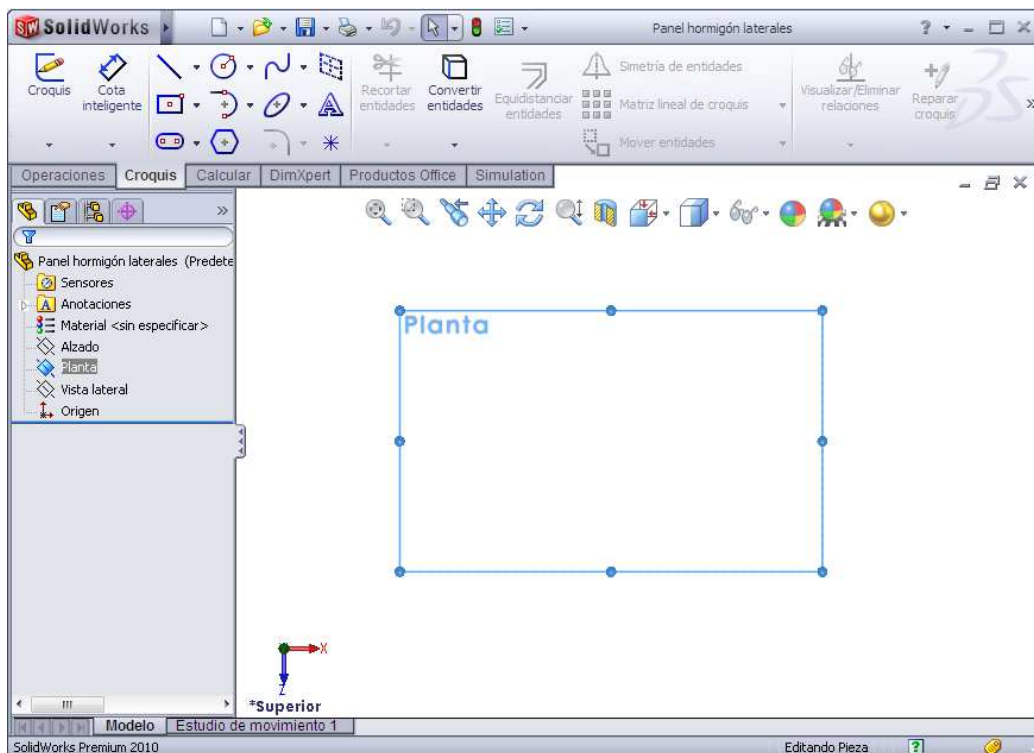


Figura 7.8.1 Selección del plano de croquis.

Se dibujará la planta del panel de hormigón mediante una operación de *Croquis* y posteriormente se hará una extrusión (*Operaciones* → *Extruir saliente/base*) con la altura en cuestión.

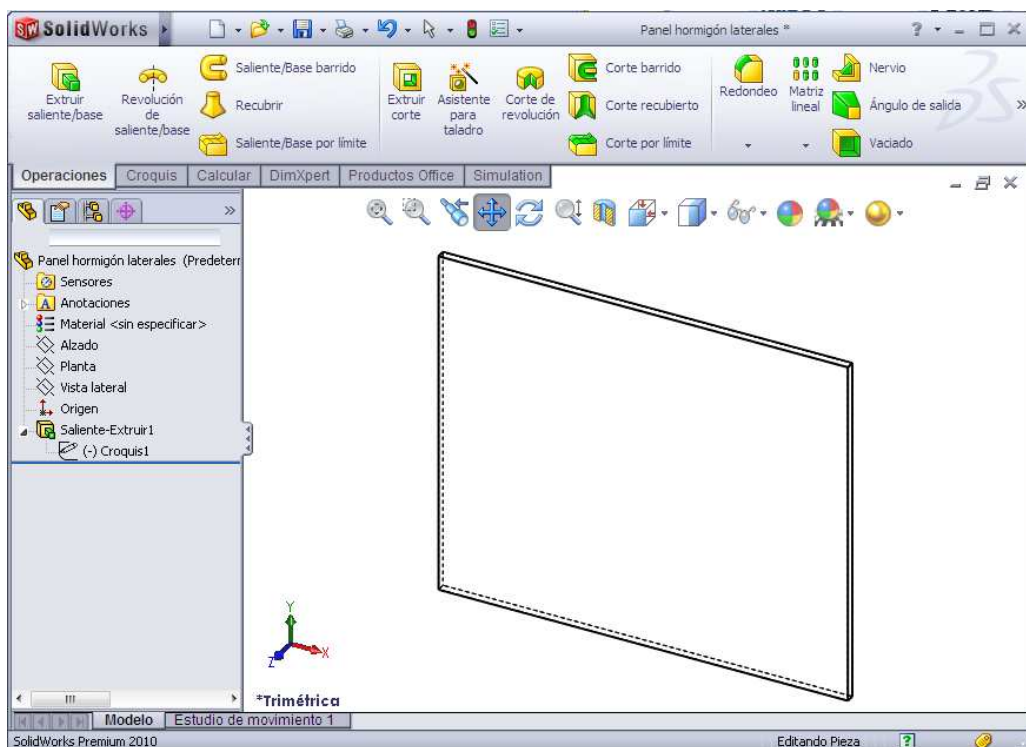


Figura 7.8.2 Ventana SolidWorks panel de hormigón (Lateral de la nave).

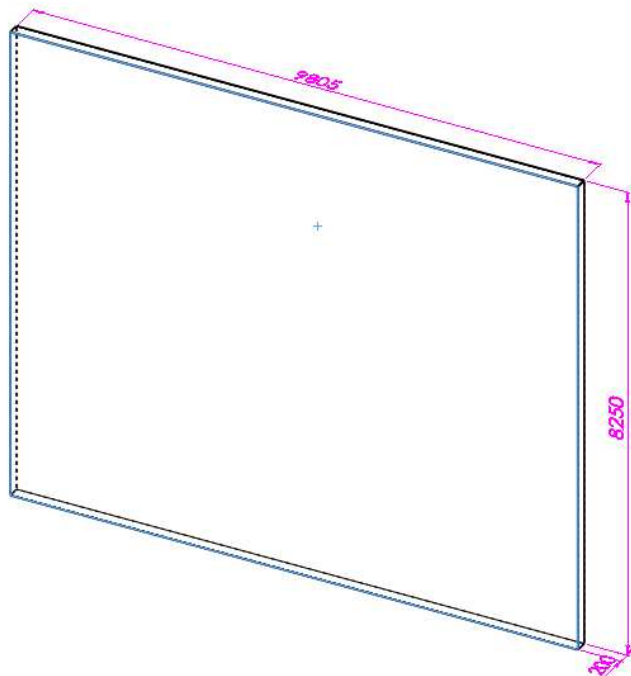


Figura 7.8.3 Panel de hormigón (Lateral de la nave).

Con la operación de *Extruir corte* se realizará el hueco donde irán situadas las ventanas de la nave.

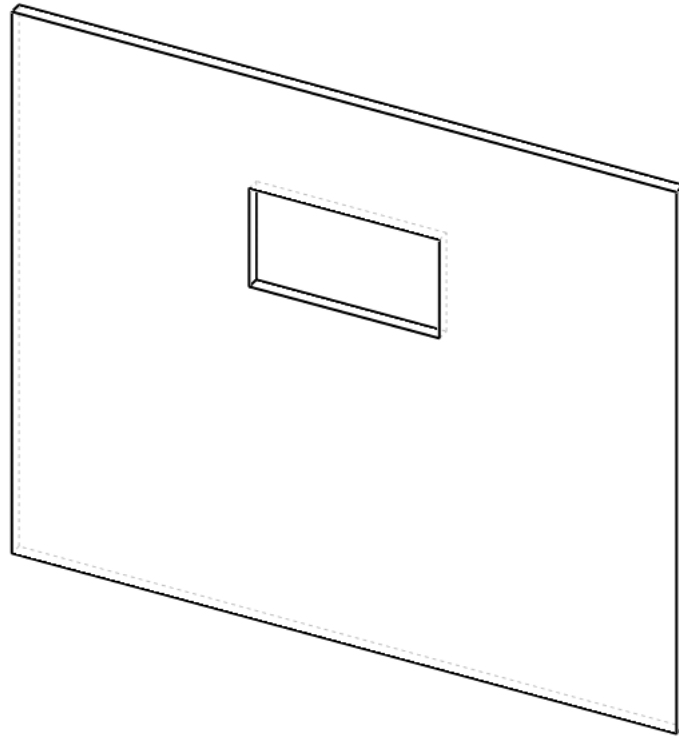


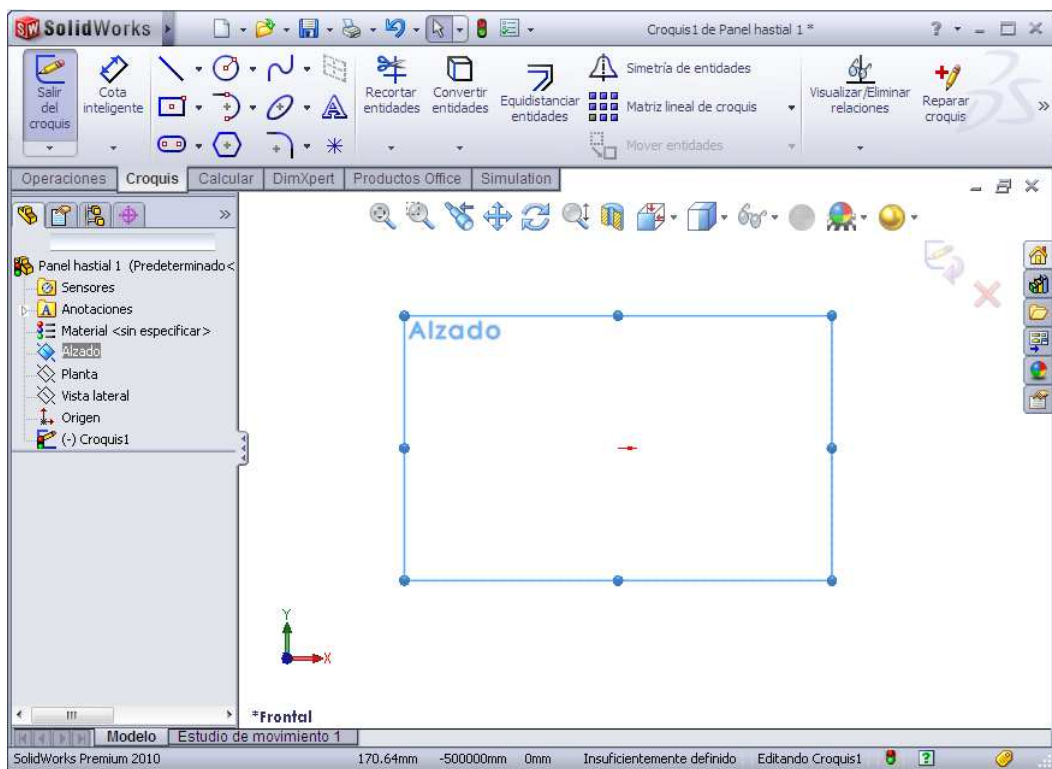
Figura 7.8.4 Panel de hormigón (Lateral de la nave).

### **7.8.2 PANEL DE HORMIGÓN (HASTIAL DE LA NAVE)**

Lo primero que se hará es abrir un nuevo documento sobre el que se trabajará y a continuación se seleccionará el plano para trabajar en él, el *Alzado*.

En este caso para los paneles de hormigón del pórtico hastial se tienen dos tipos.

#### **7.8.2.1 El primer tipo**



*Figura 7.8.5 Selección del plano de croquis.*

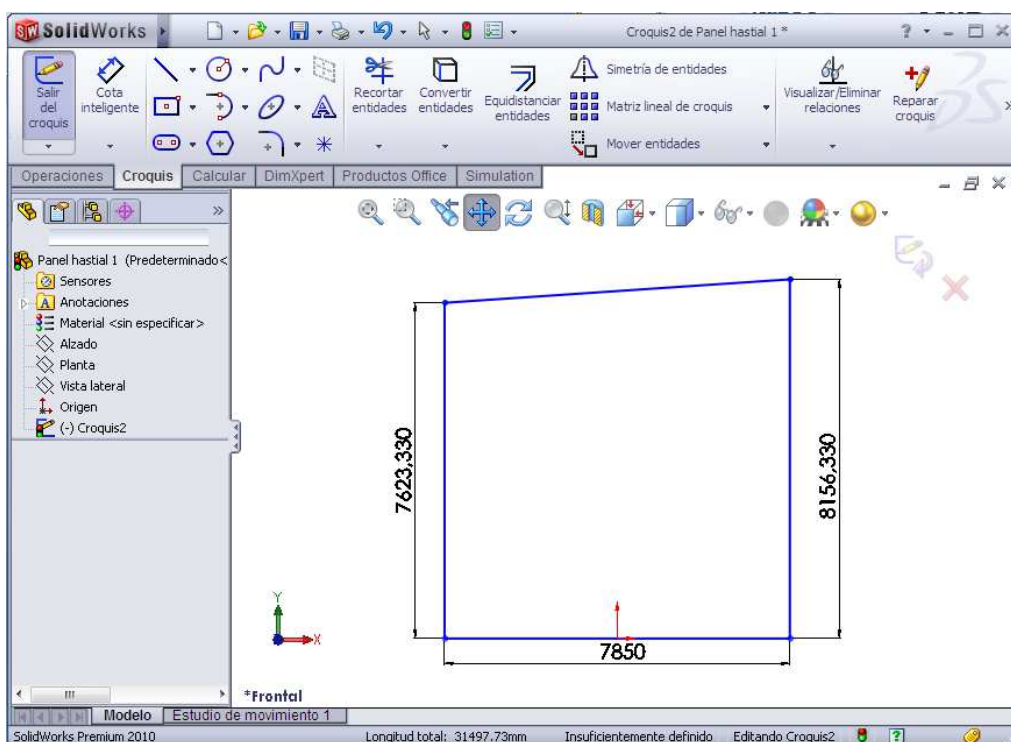


Figura 7.8.6 Construcción de un croquis.

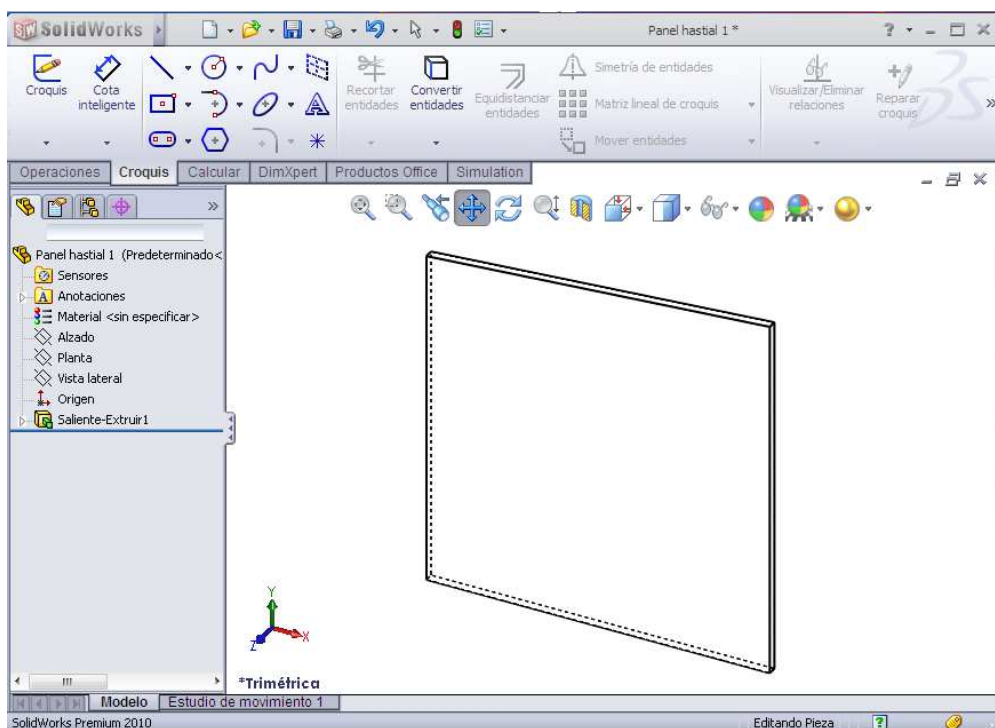


Figura 7.8.7 Ventana SolidWorks panel de hormigón (Hastial de la nave).



### 7.8.2.2 El segundo tipo

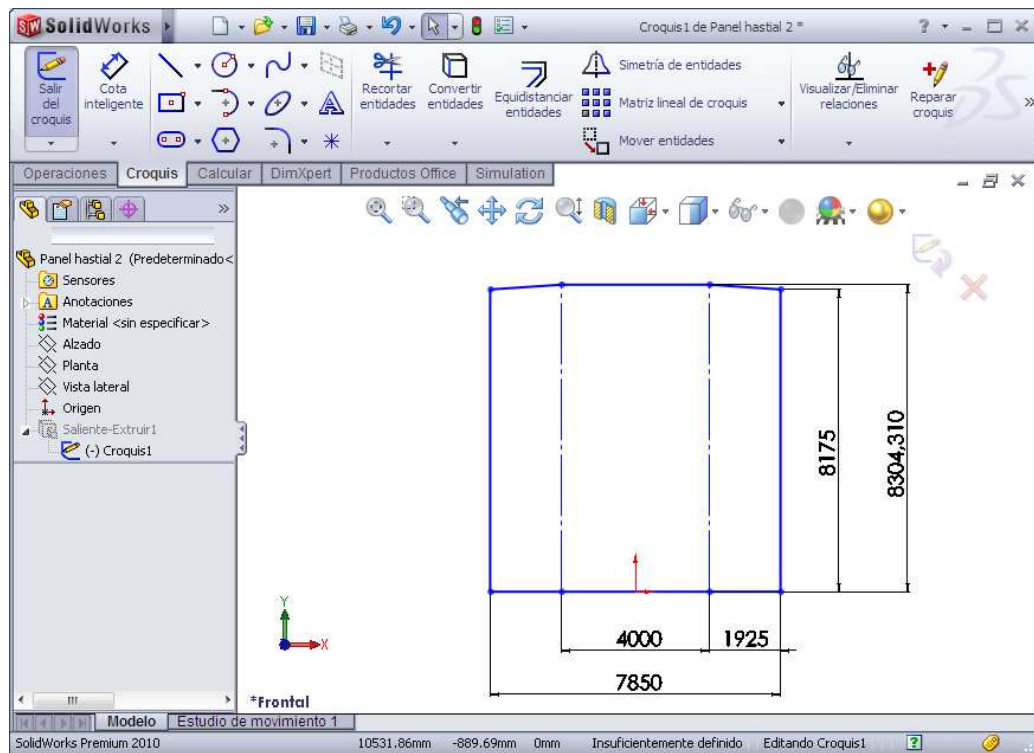


Figura 7.8.8 Construcción de un croquis.

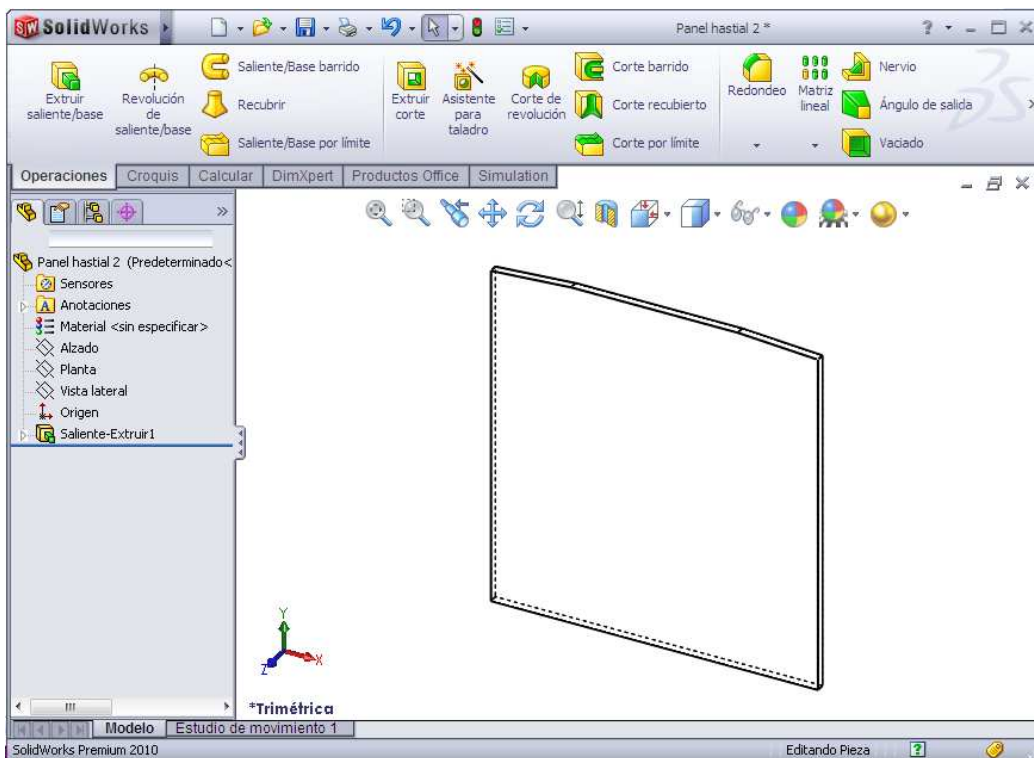


Figura 7.8.9 Ventana SolidWorks panel de hormigón (Hastial de la nave).

Con la operación de *Extruir corte* se realizará el hueco donde irán situadas las puertas de la nave.

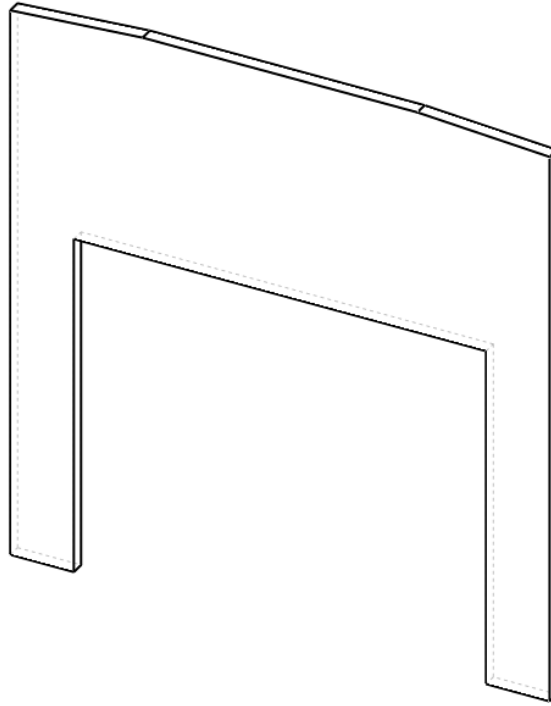


Figura 7.8.10 Panel de hormigón (Hastial de la nave).

## 7.9 CANALÓN

Se abrirá un nuevo archivo para dibujar el canalón de la nave y se seleccionará el plano donde se irá a trabajar.

Para comenzar en la opción de *Croquis* se dibujará el alzado del canalón.

Al terminar el *Croquis* lo que quedará en la pantalla de trabajo SolidWorks será la imagen siguiente.

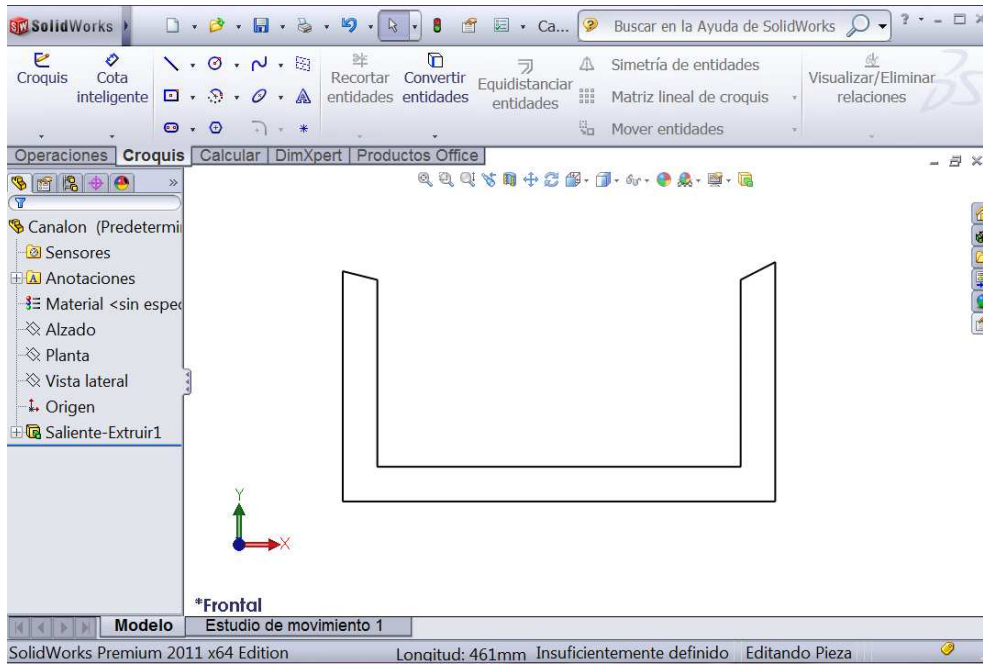


Figura 7.9.1 Ventana SolidWorks donde se ve el alzado del canalón.

Una vez se haya dibujado el croquis del canalón, gracias a una operación de *Extrusión saliente/base* se le dará la longitud correspondiente.

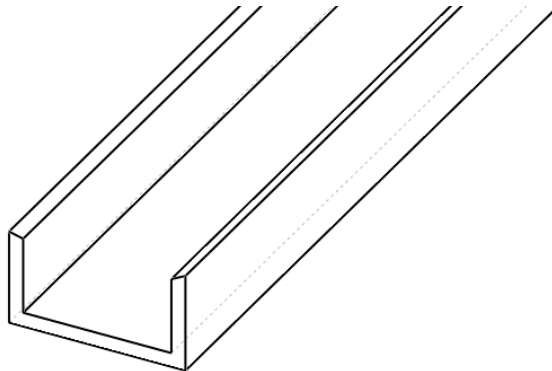


Figura 7.9.2 Detalle del extremo de un canalón.

## 7.10 RIOSTRAS

Se abrirá un nuevo archivo para dibujar las riostras que unirán todas las zapatas de la nave, para comenzar se seleccionará el plano donde se va a trabajar, *Planta*.

Con la opción de *Croquis* se empezará a dibujar el rectángulo de la base de la riostra, con las dimensiones adecuadas.

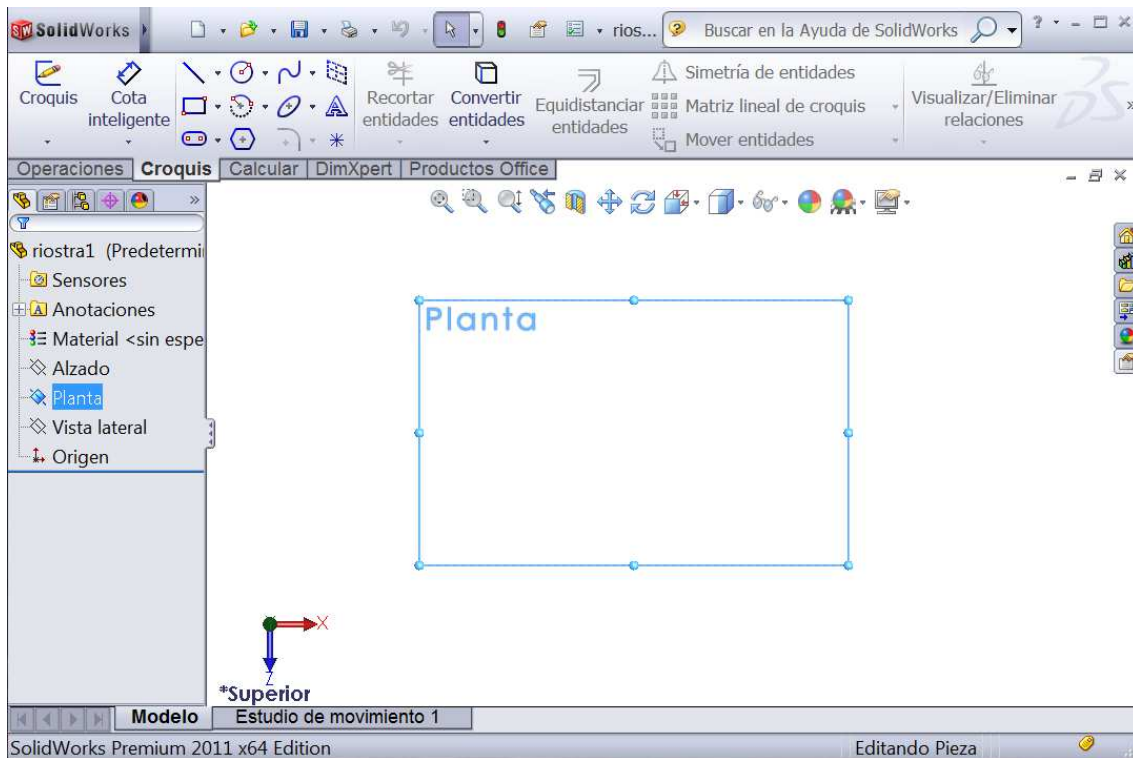


Figura 7.10.1 Selección del plano de croquis.

Una vez se haya dibujado el croquis de la riostra y gracias a la operación de *Extrusión saliente/base*, seleccionando la dirección e indicando la distancia que se va a extruir quedará completamente dibujada.

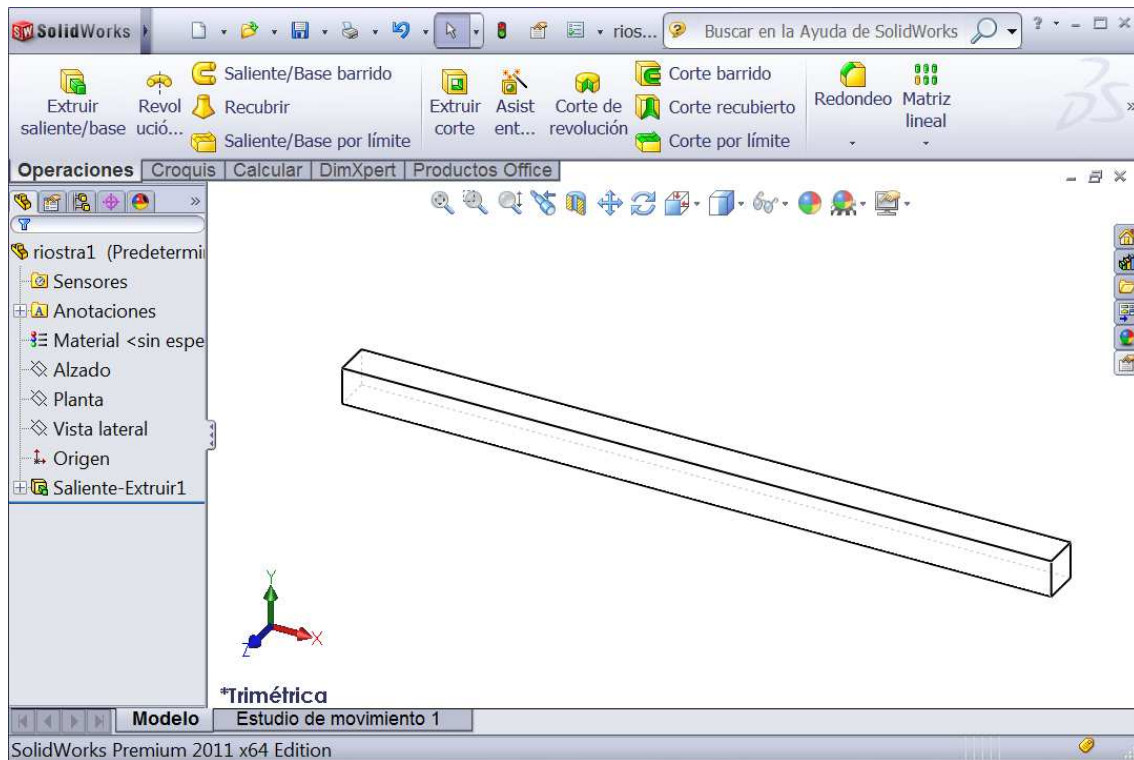


Figura 7.10.2 Ventana SolidWorks donde aparece la riostra dibujada.

**NOTA:** Se deberá tener en cuenta que la longitud de la riostras será distinta dependiendo de las dimensiones de la zapata que se tengan.

Para este caso, se dispone de siete tipos de riostra diferentes.

## 7.11 MONTAJE DE LA NAVE

Se iniciará el programa SolidWorks, se abrirá un nuevo archivo, y en este caso se seleccionará la opción *Ensamblaje* como se indica en la figura.



Figura 7.11.1 Ventana que aparece al iniciar un nuevo documento de SolidWorks.

Una vez se acepta la opción *Ensamblaje* en la pantalla anterior, aparecerá a la izquierda de la pantalla de trabajo SolidWorks un menú como la que se muestra a continuación.

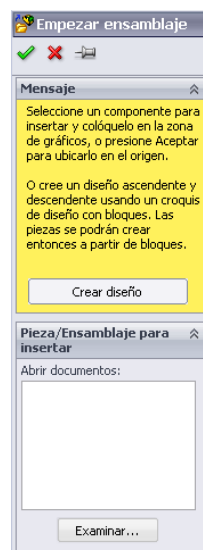


Figura 7.11.2 Ventana SolidWorks que aparece cuando se inicia un ensamblaje.

En el campo *Pieza/Ensamblaje para insertar* se abrirá la opción examinar para elegir la pieza con la que se empezará a realizar el montaje de nave en cuestión.

Primero se insertará el pilar exterior (izquierdo) del pórtico hastial. Una vez insertado se irá al menú *Ensamblaje* → *Insertar componentes* y de esta forma se añadirá otro componente, por ejemplo el pilar central del pórtico hastial.

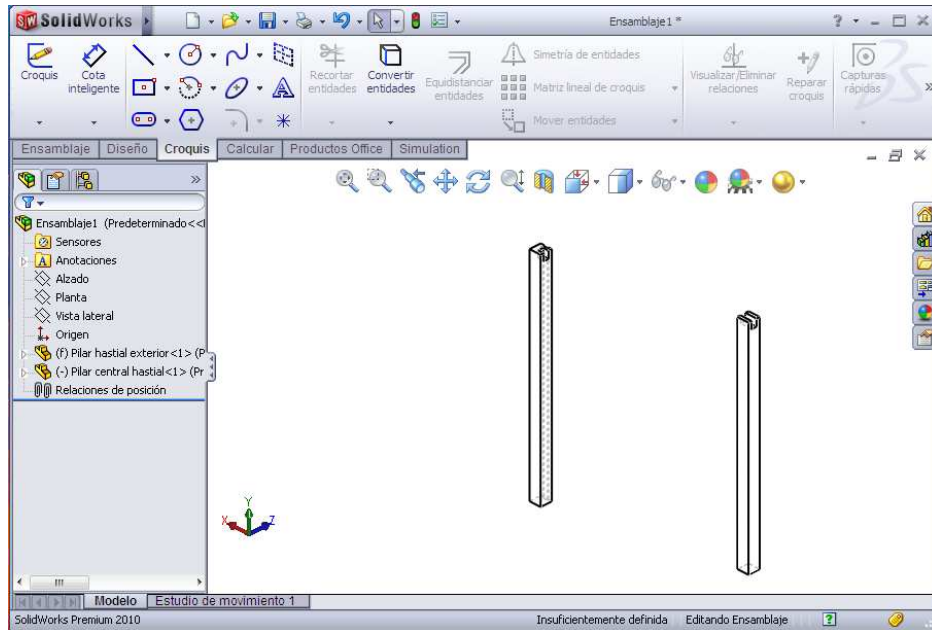


Figura 7.11.3 Ventana SolidWorks donde aparece el pilar exterior (izquierdo) del pórtico hastial y el pilar central del pórtico hastial.

Lo siguiente que deberá hacerse es ir a *Ensamblaje* → *Relación de posición* y aparecerá el siguiente menú.

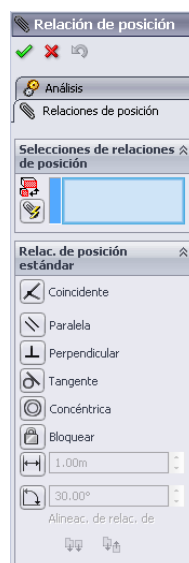


Figura 7.11.4 Ventana SolidWorks para insertar una relación de posición.

En *Selecciones de relaciones de posición* se marcarán aquellos lados/planos y posteriormente se seleccionará la relación de posición que tendrán ambos elementos; en este caso la relación será que dichos elementos sean coincidentes.

También se deberá indicar la distancia a la que estarán situados ambos elementos.

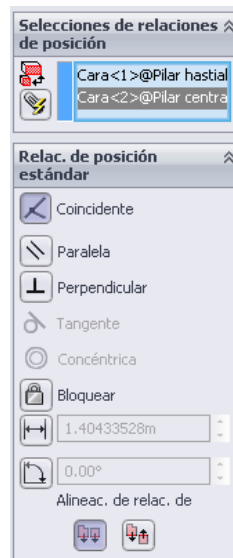


Figura 7.11.5 Ventana SolidWorks "Selecciones de relaciones de posición".

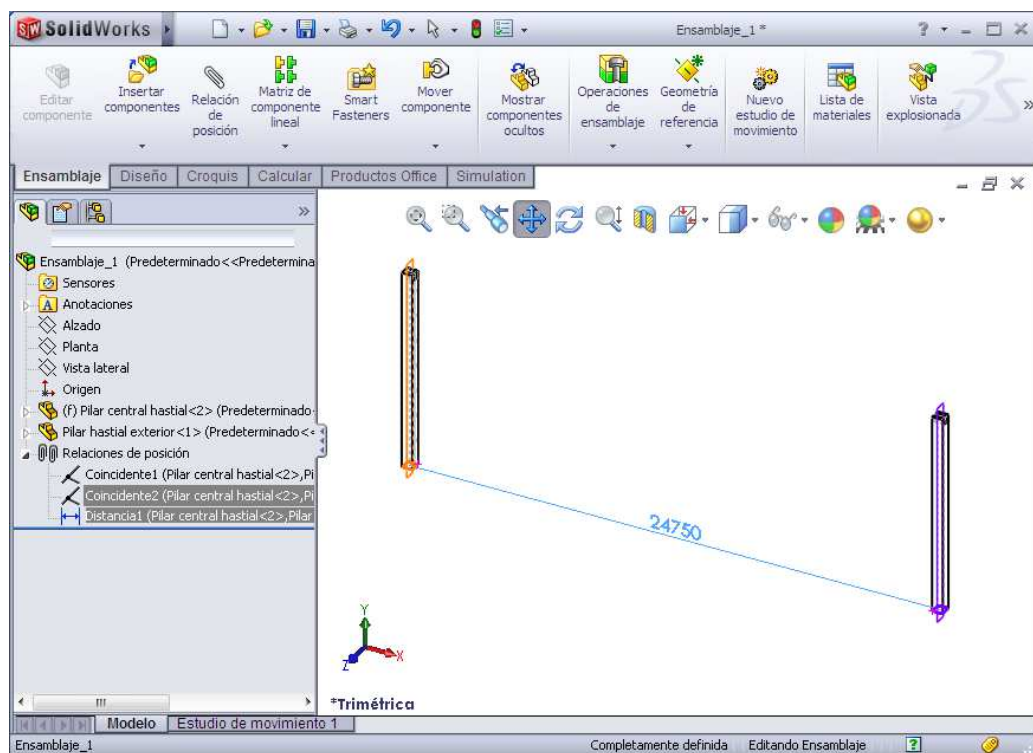


Figura 7.11.6 Ventana SolidWorks donde aparecen los dos pilares situados a cierta distancia y con tres relaciones de posición.



Se seguirá insertando los componentes que faltan para que quede definida la mitad del pórtico hastial para luego poder aplicar una operación de simetría.

Por ejemplo se insertará una de las partes de la jácena del pórtico hastial y con tres relaciones de posición (como mínimo), se conseguirá que quede colocada perfectamente.

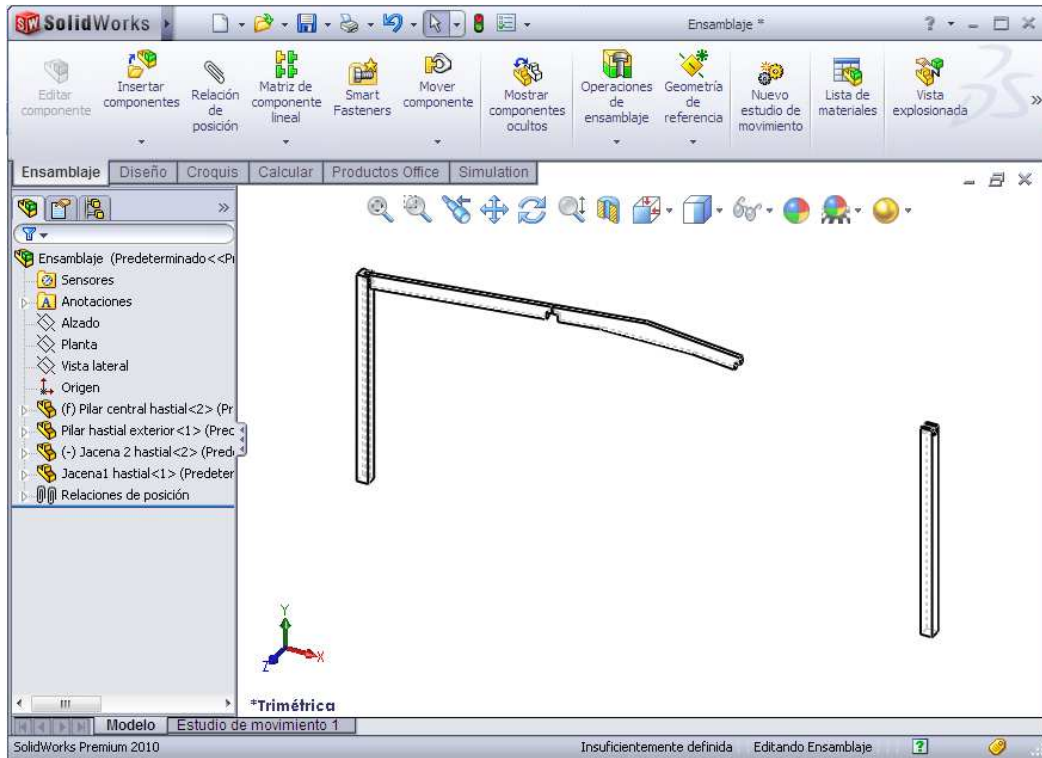


Figura 7.11.7 Ventana SolidWorks ensamblaje del pórtico hastial.

Algunas de las uniones en detalle se pueden ver en las imágenes posteriores.

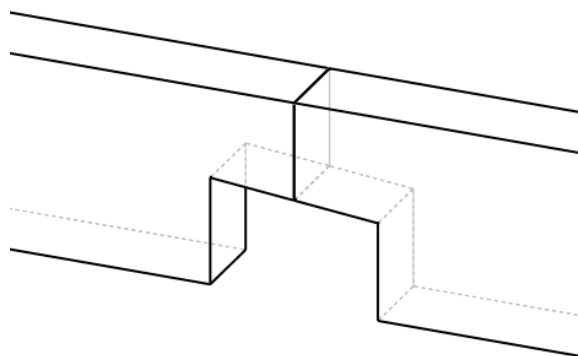


Figura 7.11.8 Detalle unión entre las dos partes de la jácena del pórtico hastial.

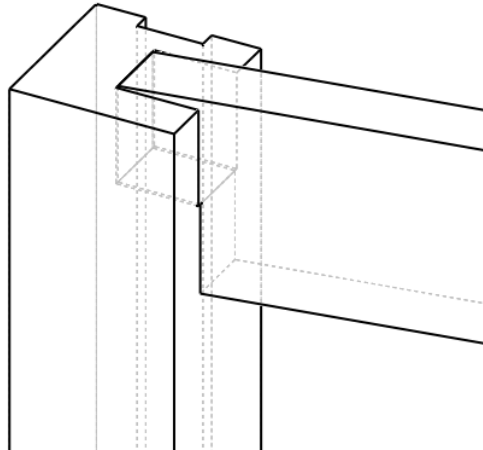


Figura 7.11.9 Detalle unión entre el pilar exterior (izquierdo) del pórtico hastial y una de las partes de la jácena del pórtico hastial.

Posteriormente se insertará otro componente, el pilar intermedio del pórtico hastial. Al insertar la relación de posiciones sucederá lo siguiente:

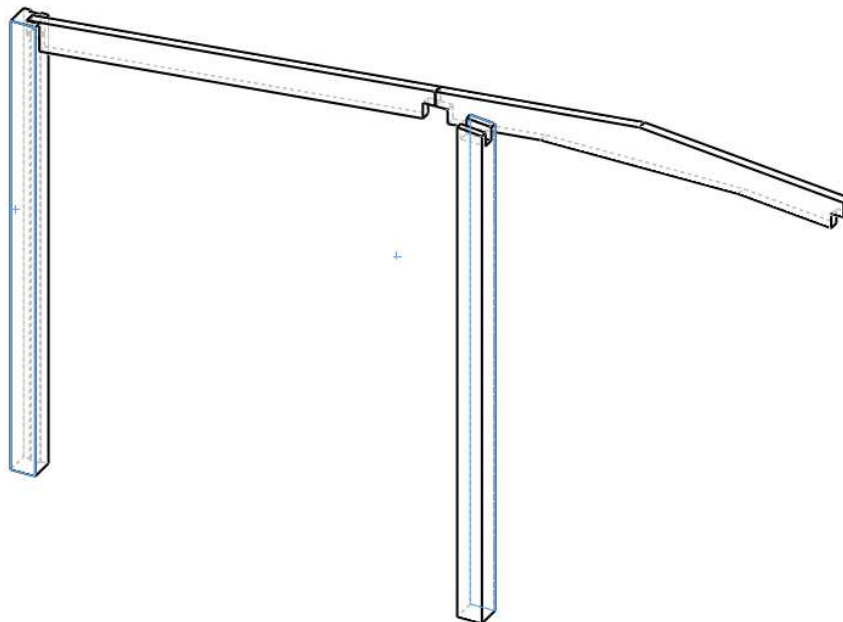


Figura 7.11.10 Ensamblaje del pilar intermedio con la jácena del pórtico hastial.

Haciendo una vista del perfil de la nave se observará lo que se muestra en la siguiente figura.



Figura 7.11.11 Vista del perfil.

Lo que se observa en la imagen anterior no es correcto. Para solucionarlo, en la ventana que sale a la izquierda, se pinchará sobre la opción marcada en la figura para alinear la pieza.

Una vez se ha alineado la imagen que se observará será la siguiente.

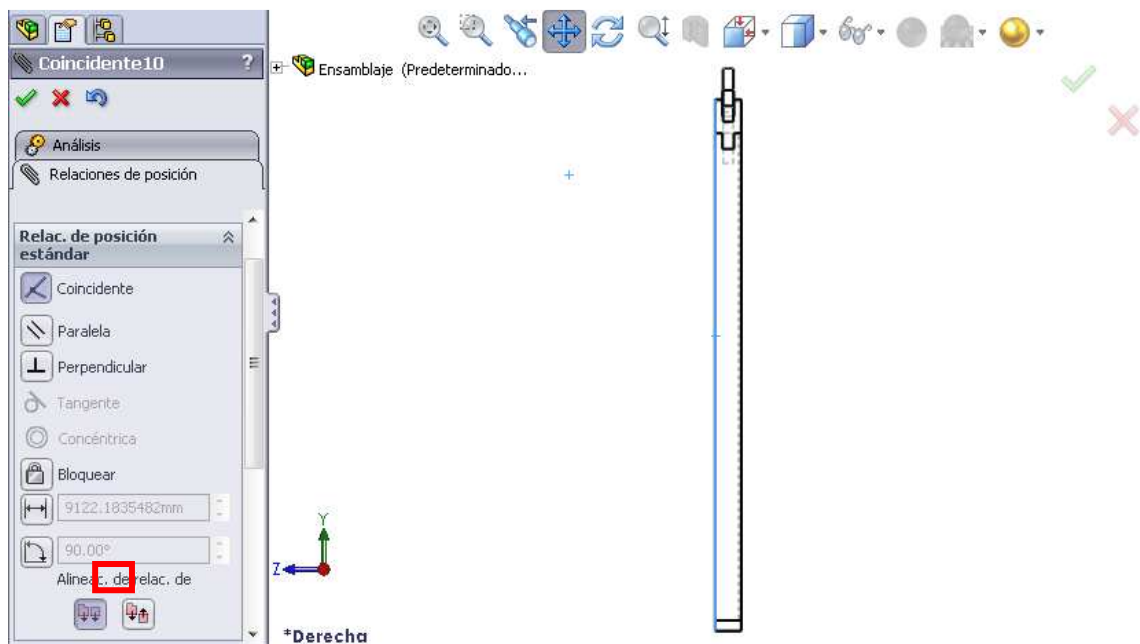


Figura 7.11.12 Vista del perfil después de alinear los componentes.

Utilizando de nuevo la opción de *Relación de posición*, e introduciendo como mínimo tres relaciones quedará una imagen como la que se muestra posteriormente.

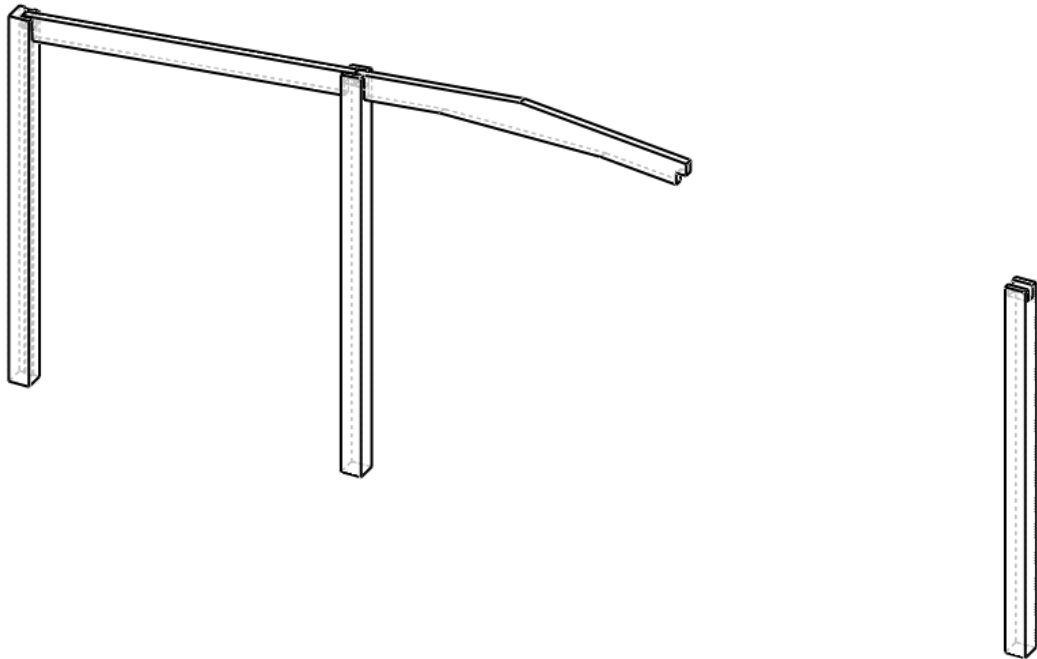


Figura 7.11.13 Ensamblaje de elementos del pórtico hastial.

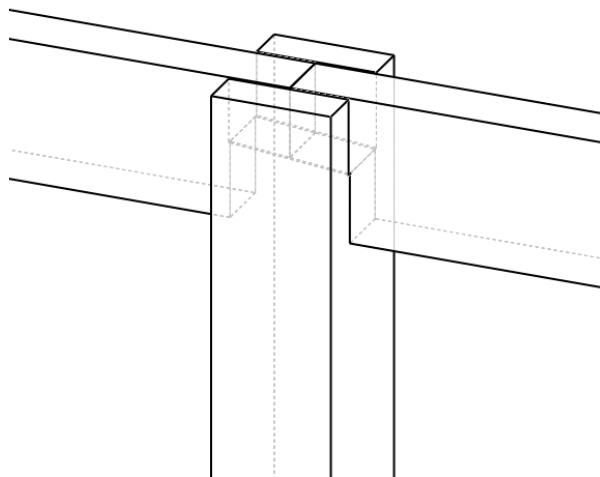


Figura 7.11.14 Detalle del ensamblaje de la jácena con el pilar intermedio del pórtico hastial.

Después se irá a la pestaña desplegable de *Matriz de componente lineal*, y se elegirá la opción de *Simetría por componentes*.

Aparecerá una ventana adicional a la izquierda en la que deberá definirse el plano con respecto al cual se querrá realizar la simetría y los componentes a los que se le va a aplicar dicha operación.

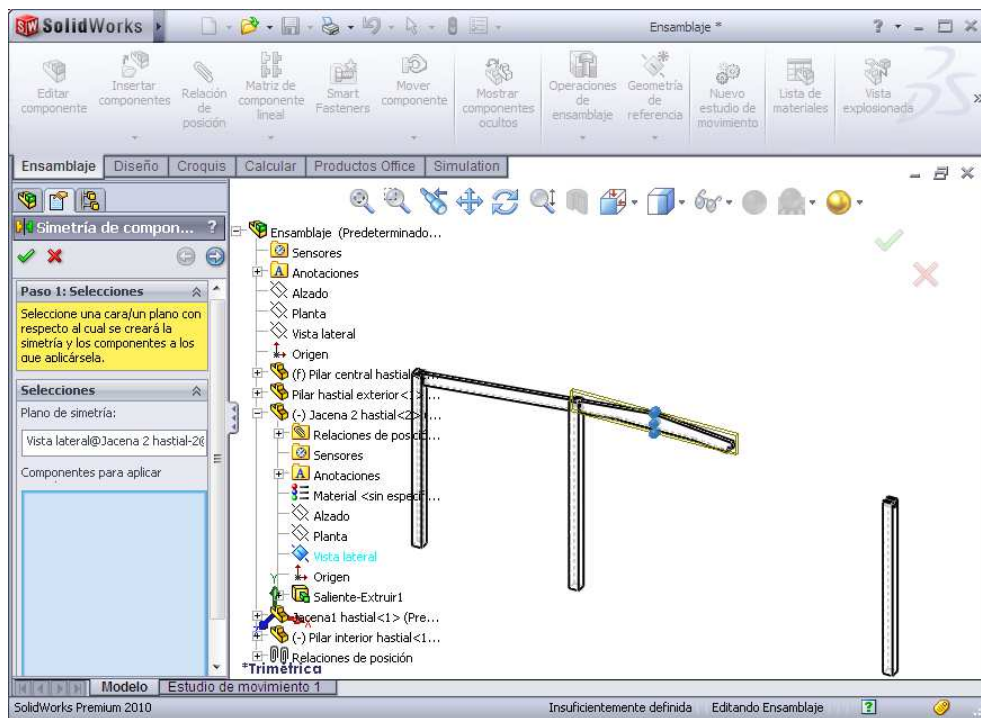


Figura 7.11.15 Ventana SolidWorks "Simetría de componentes".

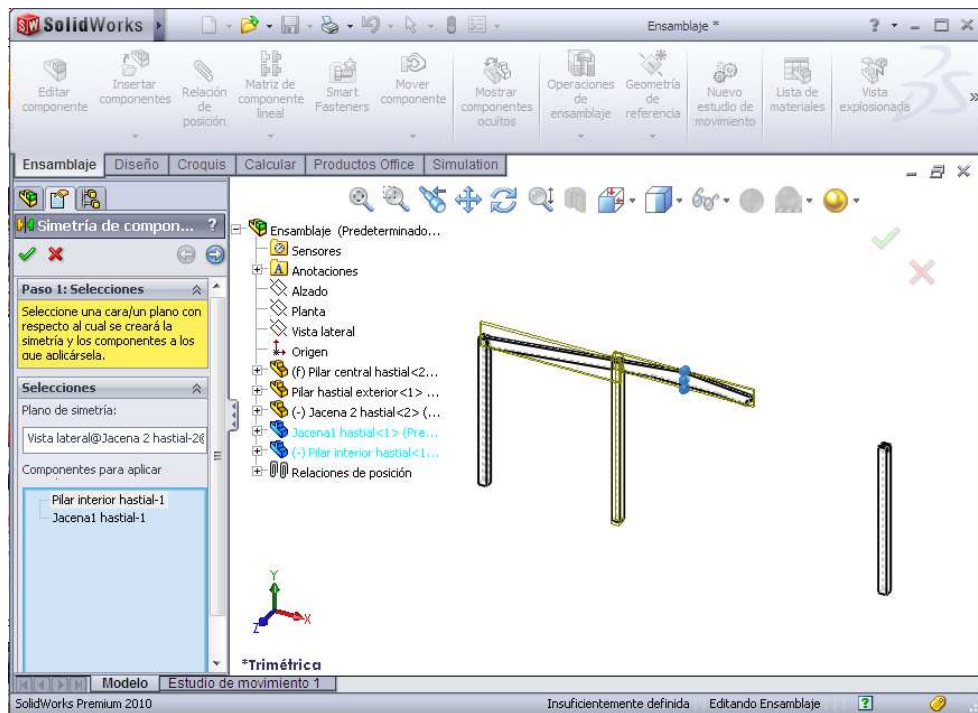


Figura 7.11.16 Ventana SolidWorks "Simetría de componentes" selección de componentes a los que aplicar dicha matriz de simetría.

Comprobando que los ensamblajes entre todos los elementos del pórtico hastial son correctos, después de haber aplicado la operación de simetría, el pórtico hastial quedará como muestra la figura.

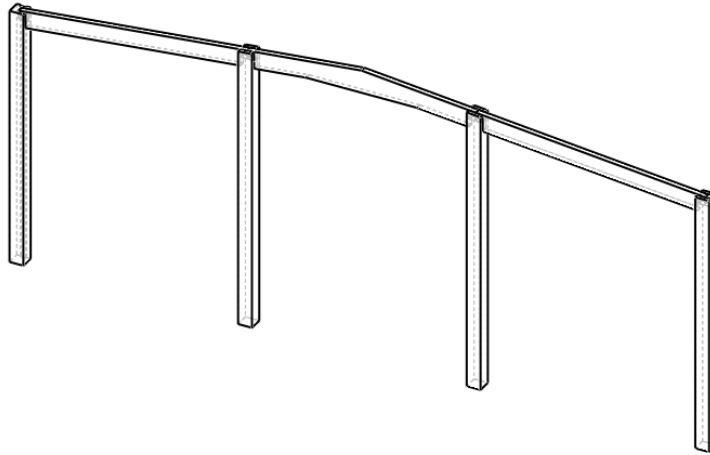


Figura 7.11.17 Pórtico hastial.

El siguiente paso será dar forma a uno de los pórticos intermedios, para ello se insertarán los componentes necesarios y se les asignarán como mínimo las tres relaciones de posición necesarias para que los componentes queden perfectamente colocados.

La colocación del pilar exterior del pórtico intermedio se hará de manera que tenga alguna relación de posición con respecto a uno de los pilares del pórtico hastial, y se le asignará la distancia correspondiente a la distancia entre pórticos, que en el caso de esta nave es de 10,205 metros.

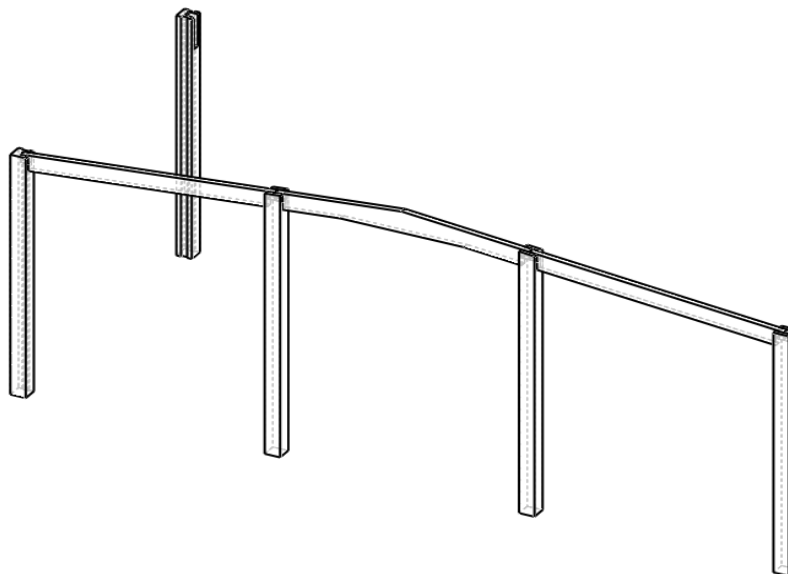
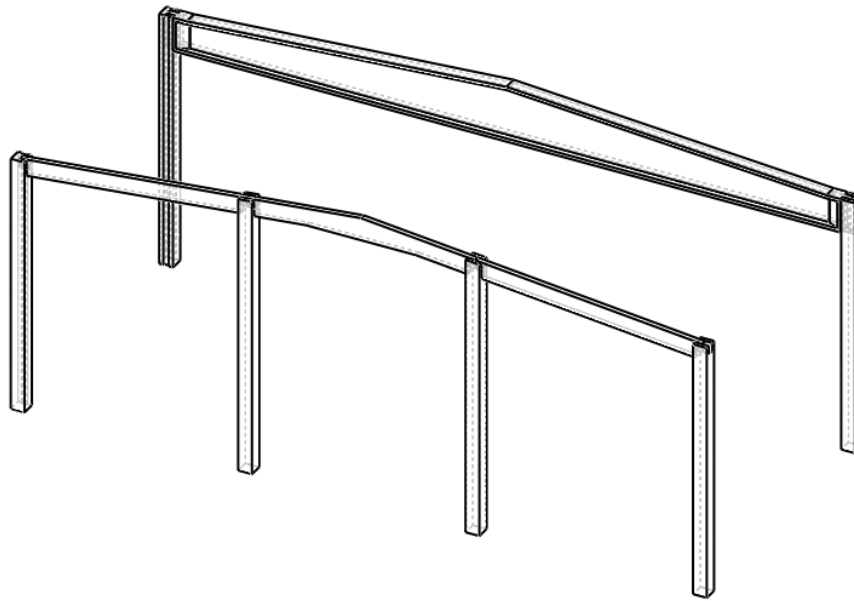


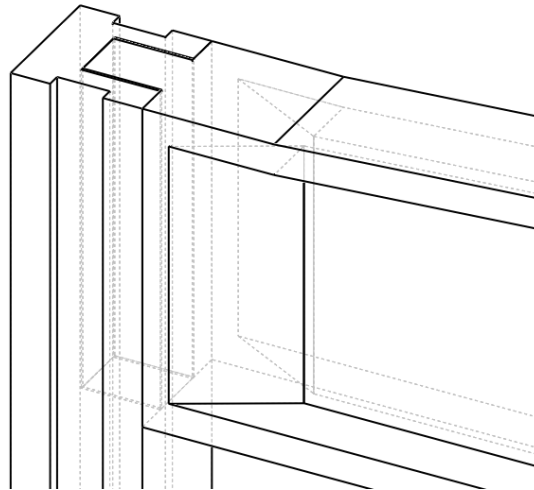
Figura 7.11.18 Colocación del pilar exterior del pórtico intermedio.

Después de insertar todos los componentes necesarios para la completa formación del pórtico intermedio, quedará de la siguiente manera.



*Figura 7.11.19 Pórtico hastial y pórtico intermedio.*

Una de las uniones de la viga Delta y el pilar exterior del pórtico intermedio, se verá en detalle en una imagen siguiente.



*Figura 7.11.20 Ensamblaje entre viga Delta y pilar exterior del pórtico intermedio.*

Una vez se tienen ensamblados los dos tipos de pórticos se aplicarán matrices para crear componentes semejantes.

Al pinchar en *Ensamblaje* → *Matriz de componente lineal* aparecerá, en el lado izquierdo de la pantalla, un cuadro como el que se muestra a continuación, donde se indicará la separación entre los pórticos intermedios, en este caso, el número de pórticos iguales que se tendrá y un cuadro donde se podrán seleccionar aquellos elementos a los que se les aplicará dicha matriz.



Figura 7.11.21 Ventana SolidWorks "Matriz lineal".

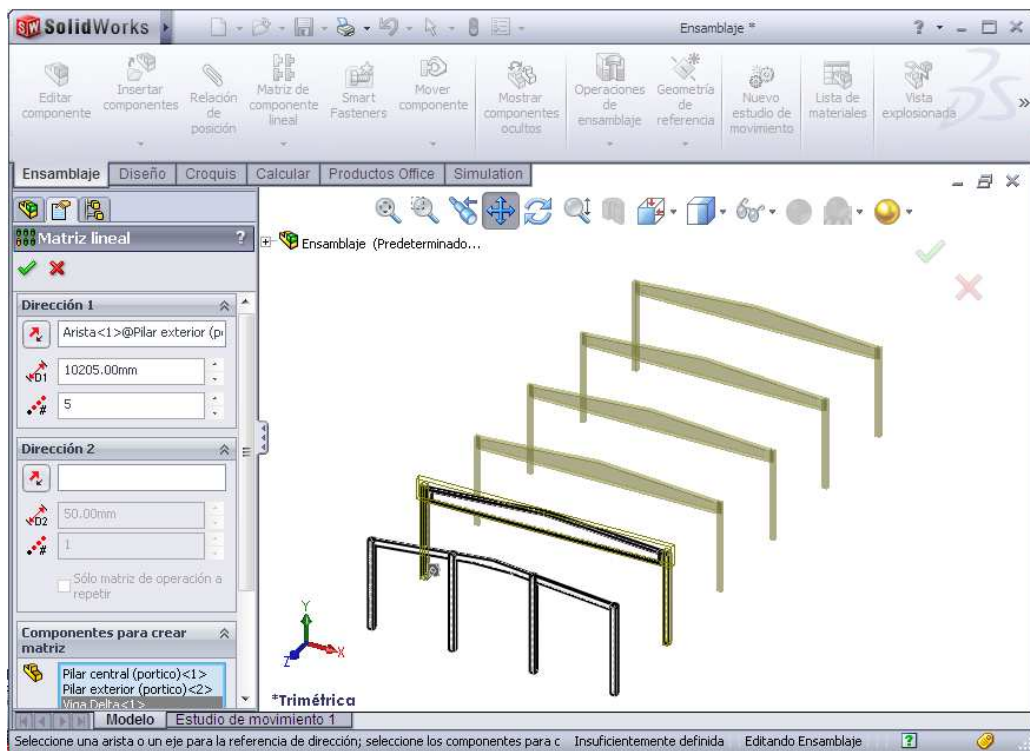


Figura 7.11.22 Ventana SolidWorks mientras se aplica la Matriz lineal.



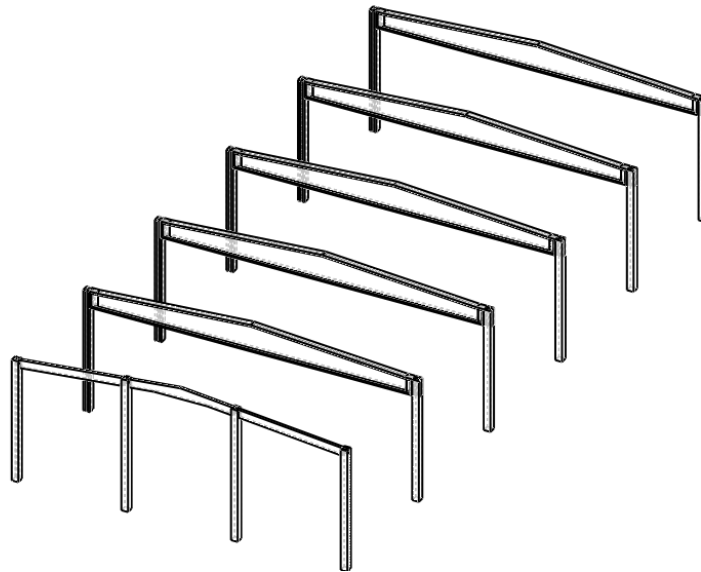


Figura 7.11.23 Pórtico hastial y pórticos intermedios.

Solo quedará realizar una operación similar de simetría con el pórtico hastial, quedando en este caso:

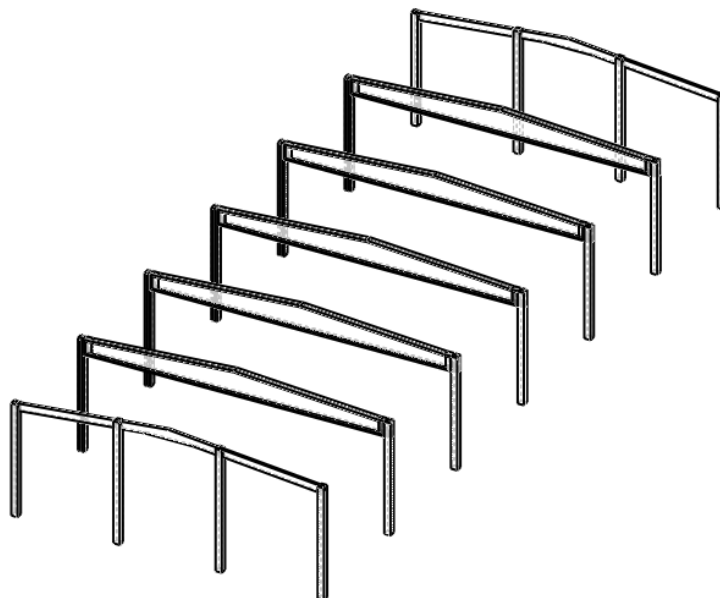


Figura 7.11.24 Pórticos hastiales y pórticos intermedios.

Como la nave es a dos aguas y ya está dibujada una mitad de ella, mediante una operación de simetría respecto a los pilares centrales, se obtendrá la otra mitad.

Se irá a *Ensamblaje* → *Matriz de componente lineal* y al desplegar la pestaña se seleccionará la opción de *Simetría de componentes*.

Se elegirá el plano de simetría.

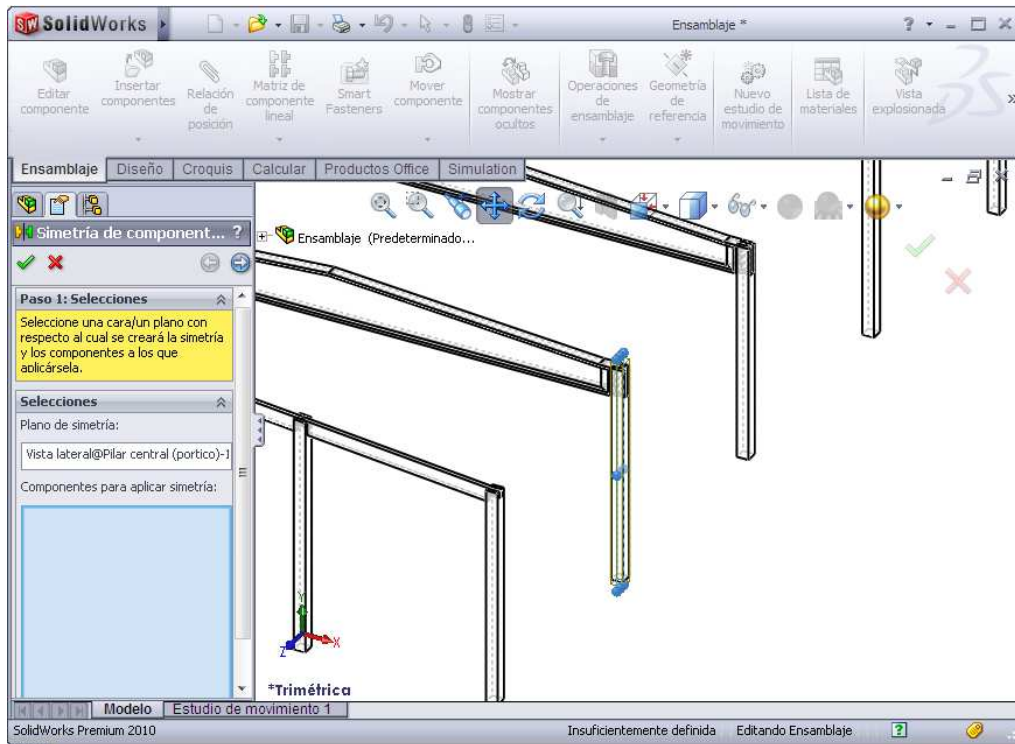


Figura 7.11.25 Ventana SolidWorks donde se indica el plano de simetría elegido.

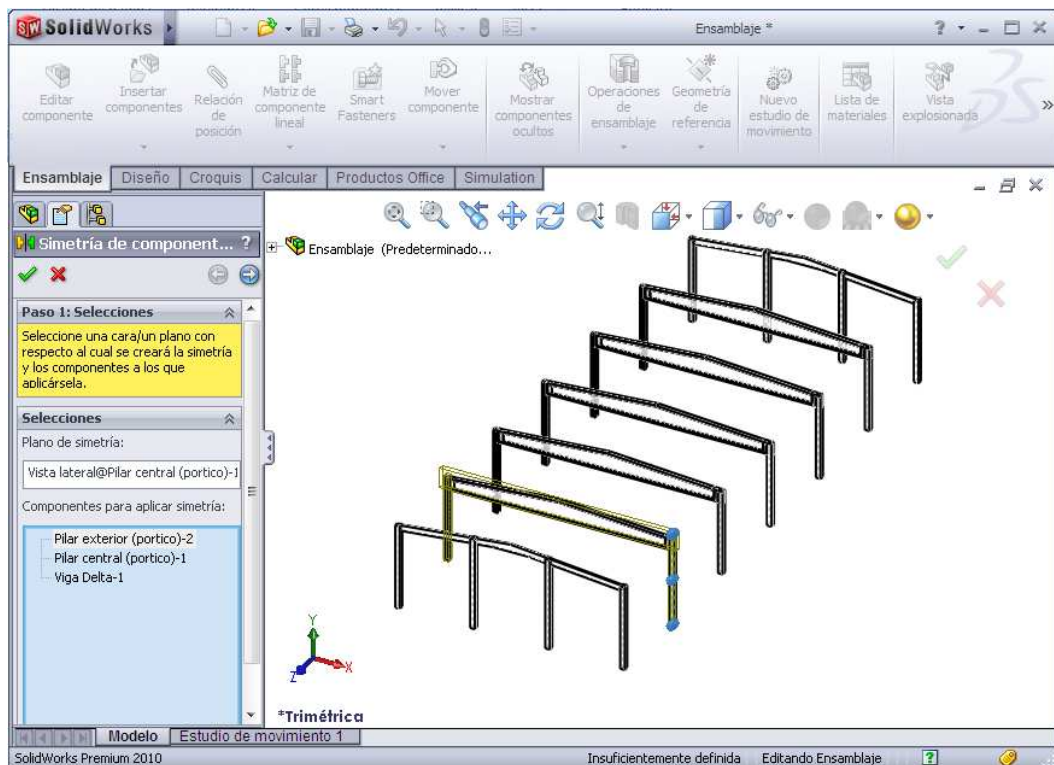


Figura 7.11.26 Ventana SolidWorks donde se indican los componentes a los que se le aplicará la simetría.

Como detalle, a continuación, se expone una imagen donde se puede observar la unión entre del pilar central de la nave donde se unirán las dos vigas Delta.

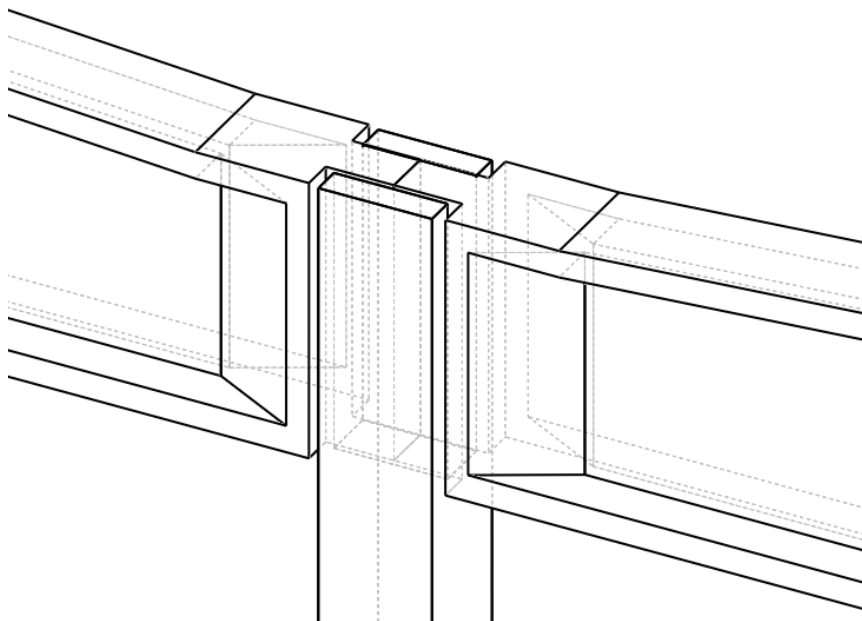


Figura 7.11.27 Detalle unión de las vigas Delta en el pilar central.

Solo quedará hacer una simetría del pórtico hastial para que esté completada la nave.

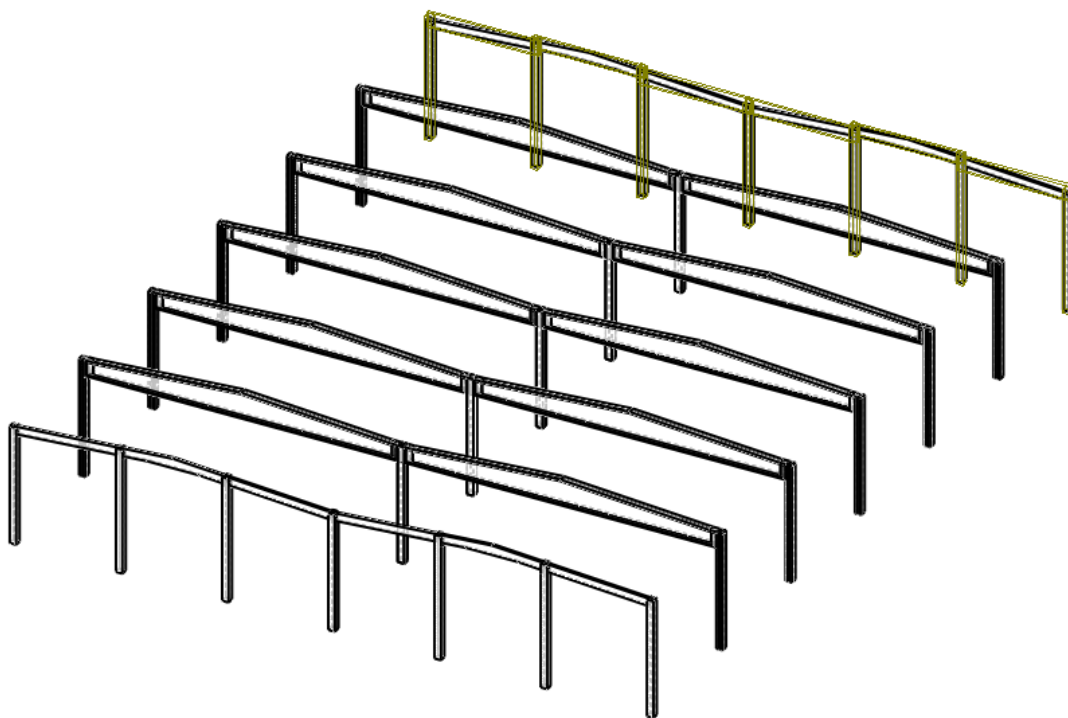


Figura 7.11.28 Simetría del pórtico hastial.

Al hacer esta simetría se produce un error, del cual se muestra un detalle a continuación.

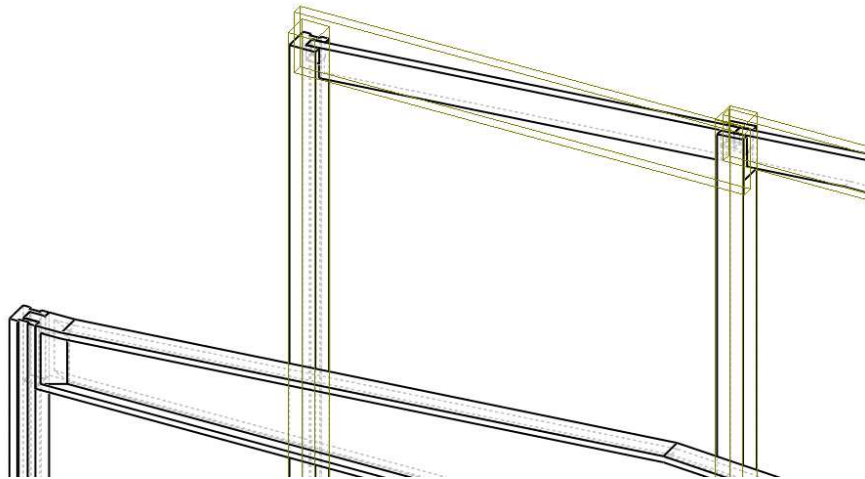


Figura 7.11.29 Detalle del error.

Para corregir dicho error se deberán seguir los siguientes pasos.

Antes de crear la simetría aparecerá una ventana, a la izquierda de la pantalla de trabajo, como la siguiente. En ella se hará “click” en la flecha marcada.

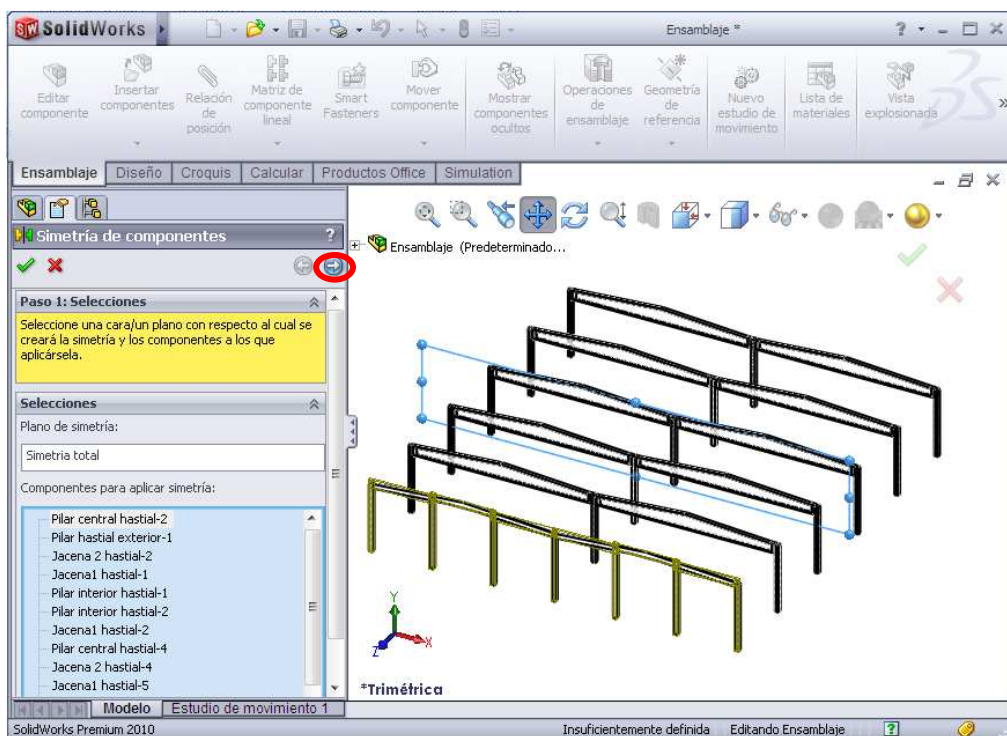


Figura 7.11.30 Ventana SolidWorks “Simetría de componentes”.

En la nueva ventana que aparecerá se seleccionará el elemento al que se le aplica la simetría.

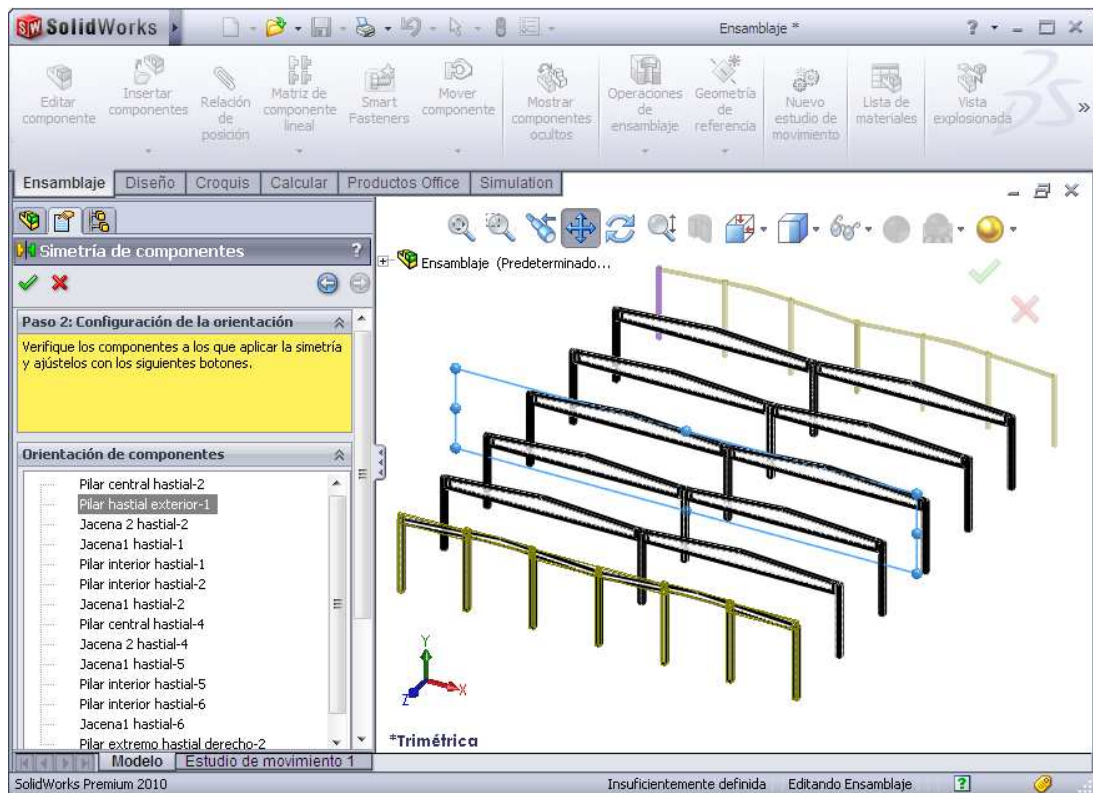


Figura 7.11.31 Ventana SolidWorks "Simetría de componentes".

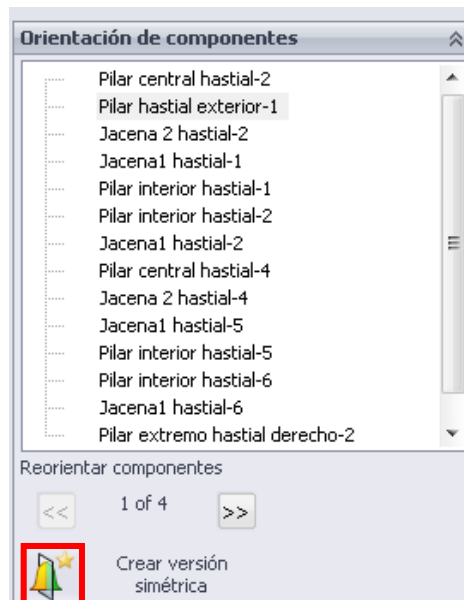


Figura 7.11.32 Ventana SolidWorks "Simetría de componentes".

Una vez finalizado quedará el pórtico en la posición correcta.



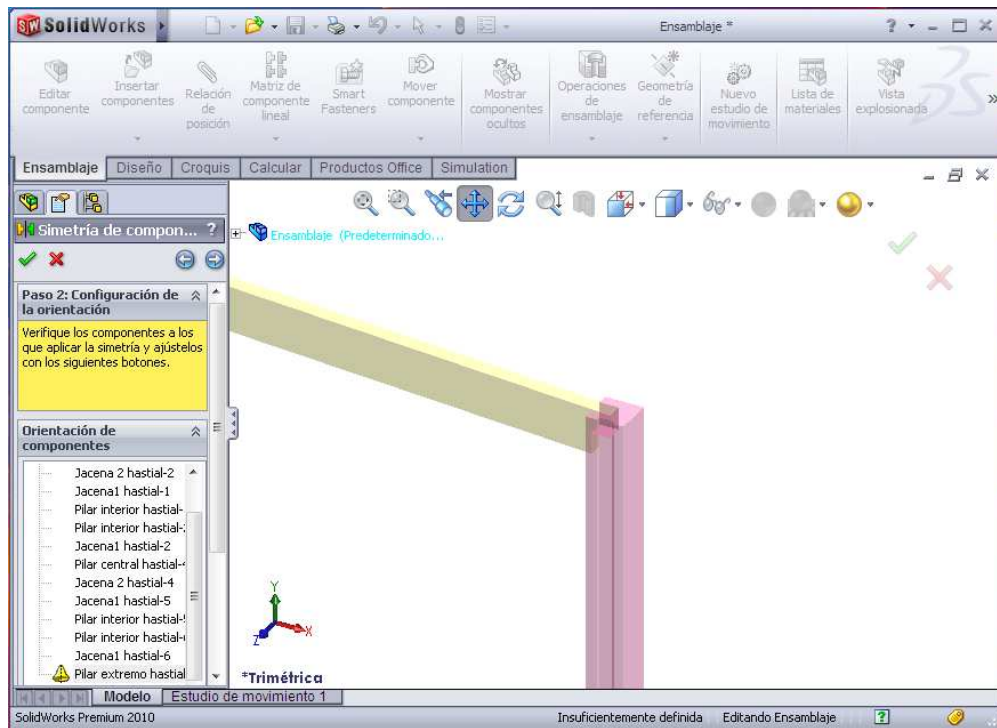


Figura 7.11.33 Ventana SolidWorks donde se muestra la correcta colocación del pilar exterior del pórtico hastial.

Mediante las operaciones de simetría anteriormente nombradas y después de la corrección del error que ha aparecido, la nave entera se verá como muestra la figura posterior.

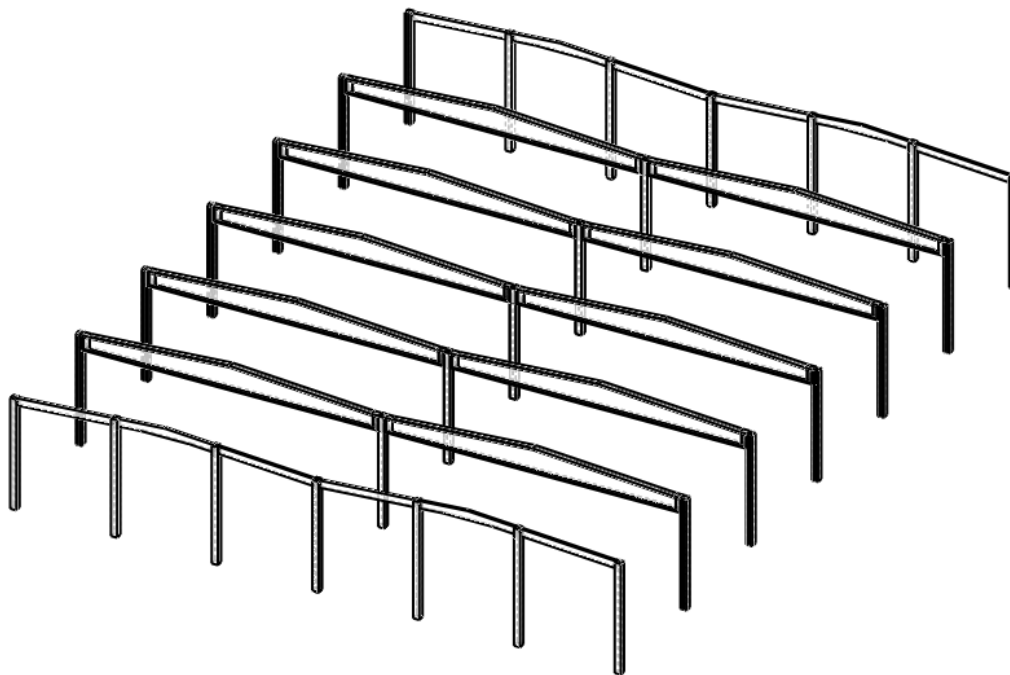


Figura 7.11.34 Pórticos de la nave.

Una vez estén ensamblados los pórticos que forman la nave en cuestión, se procederá a la colocación de las zapatas. Hay que recordar que se tienen cinco tipos distintos de zapatas y que deberán ser colocadas en la base de los pilares correspondientes.

Se comenzará colocando la zapata tipo 1. Para ello se irá a *Insertar componentes*, al seleccionar la pestaña *examinar* se abrirá el archivo de Zapata Tipo 1 creado anteriormente.

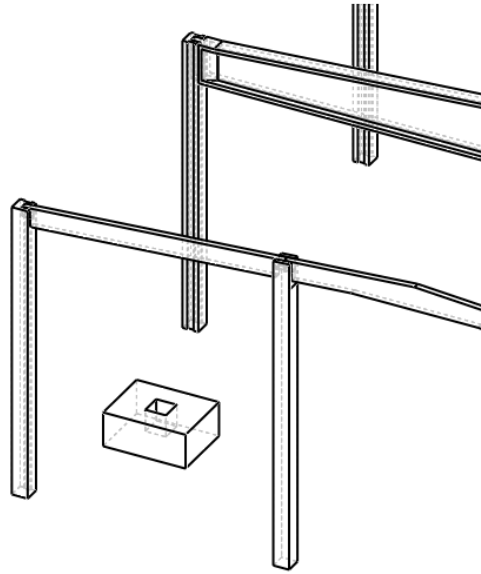


Figura 7.11.35 Ventana una vez insertada la zapata tipo 1.

Ahora habrá que añadir tres *Relaciones de posición*, correspondientes a los tres planos (alzado, planta y vista lateral) y todas las relaciones de posición deberán de ser coincidentes.

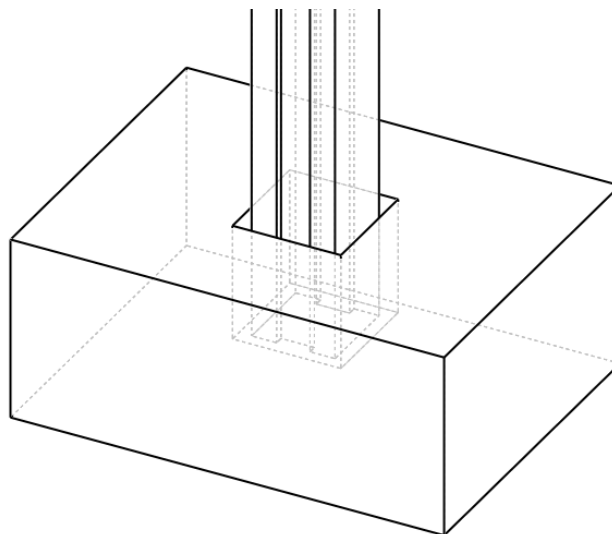


Figura 7.11.36 Ensamblaje zapata tipo 1.

Como dicho elemento está situado en varios pilares, con una operación de *Matriz lineal* se colocarán el resto de zapatas del mismo tipo.



Figura 7.11.37 Ventana SolidWorks "Matriz lineal".

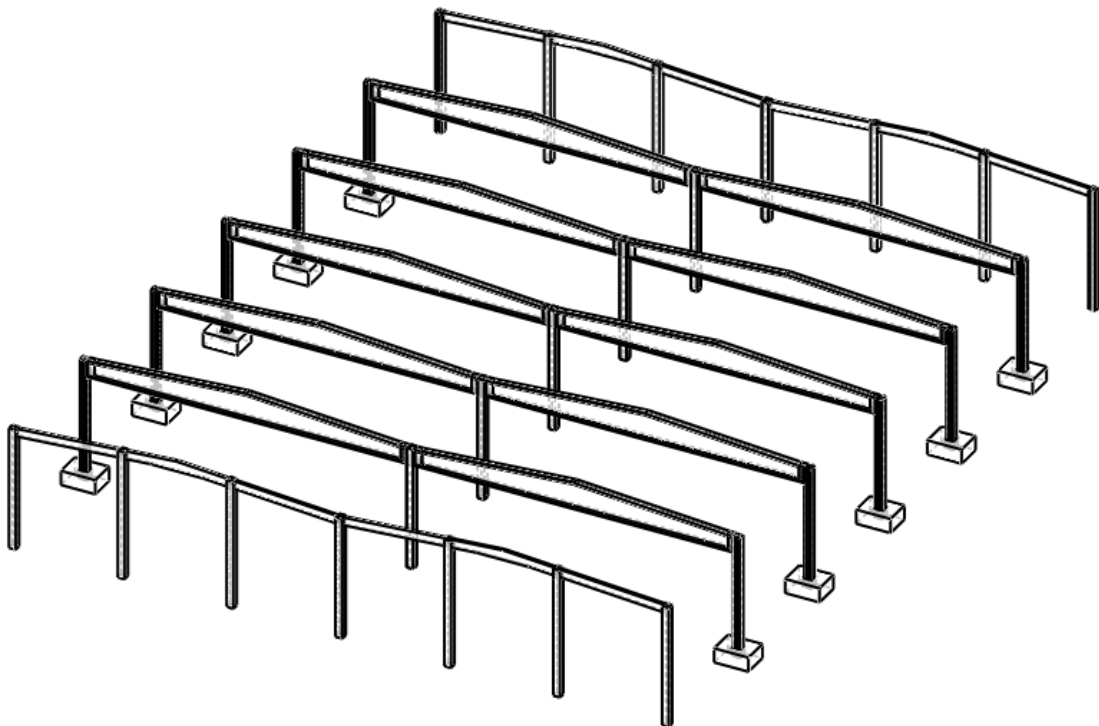


Figura 7.11.38 Vista trimétrica de la nave después de la colocación de las zapatas tipo 1.

Para el resto de las zapatas de la nave se seguirán los mismos pasos.



Una vez estén colocadas todas las zapatas la imagen que aparecerá en la pantalla de trabajo será la siguiente.

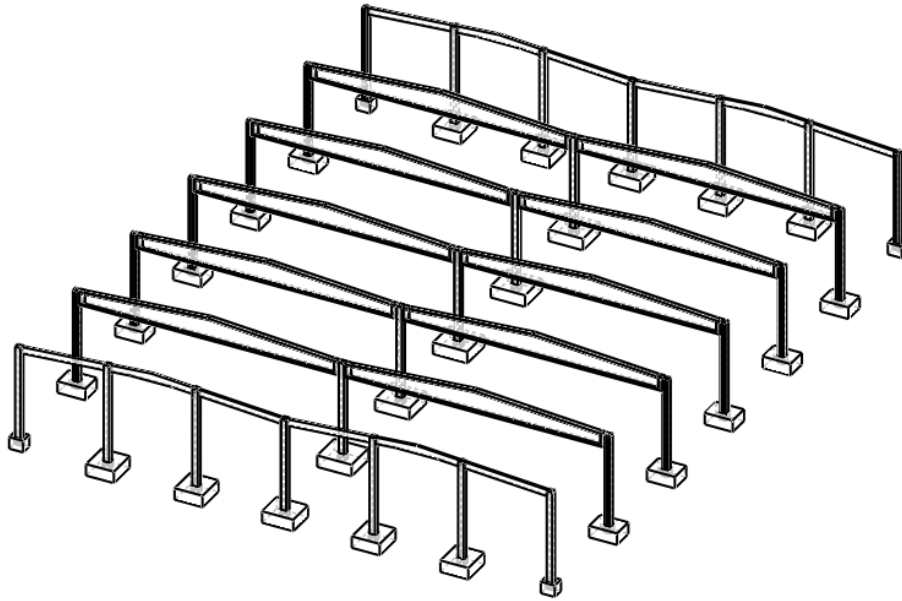


Figura 7.11.39 Vista trimétrica de la nave después de la colocación de las todas las zapatas.

Las zapatas irán atadas entre sí mediante riostras, una vez completada su colocación en la ventana de trabajo SolidWorks aparecerá la imagen siguiente.

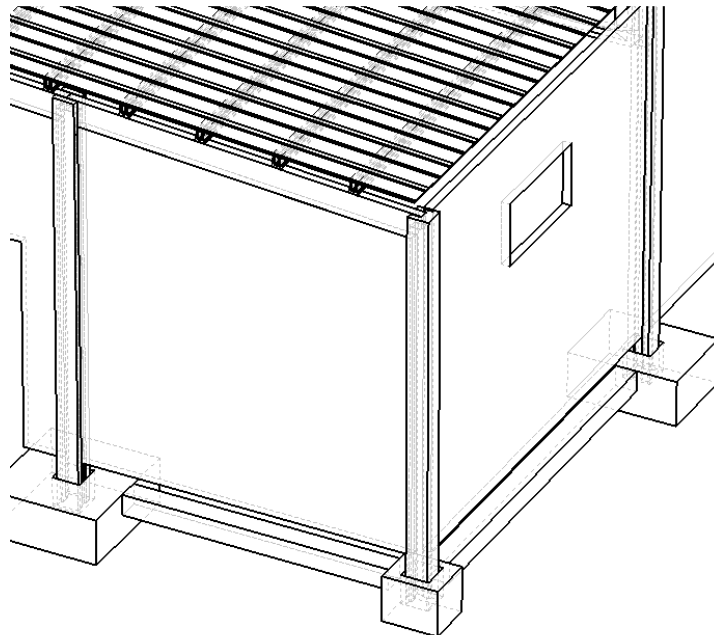


Figura 7.11.40 Detalle de la colocación de las riostras.

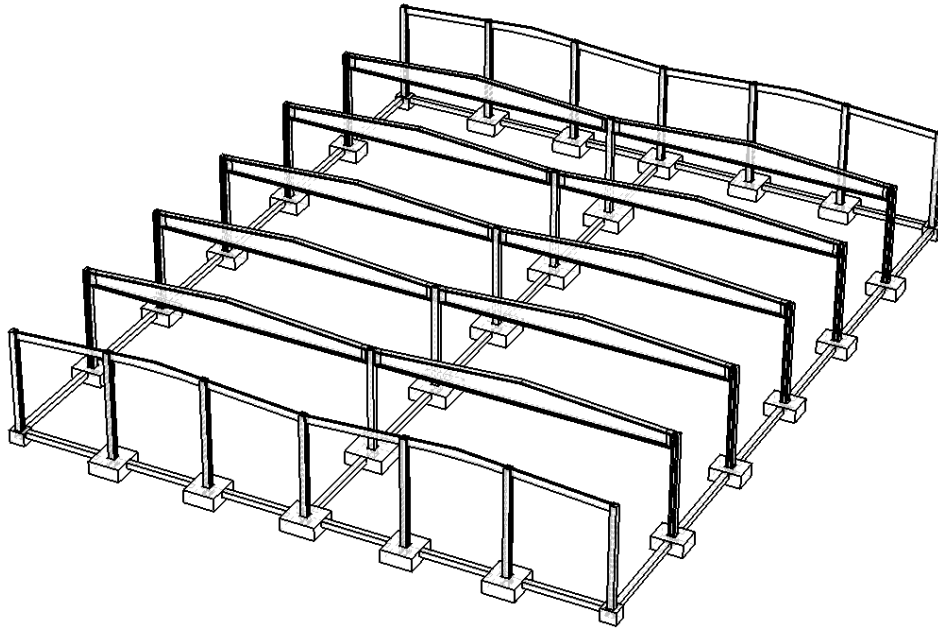


Figura 7.11.41 Vista trimétrica de la nave después de la colocación de las todas las riostras.

El siguiente paso será colocar la solera, para ello se irá a *Insertar componentes* y al seleccionar la pestaña examinar se abrirá el archivo de Solera creado anteriormente.

Como en el caso de las zapatas se deberán añadir tres *Relaciones de posición*, correspondientes a los tres planos (alzado, planta y vista lateral) y que todas las relaciones de posición entre planos sean coincidentes.

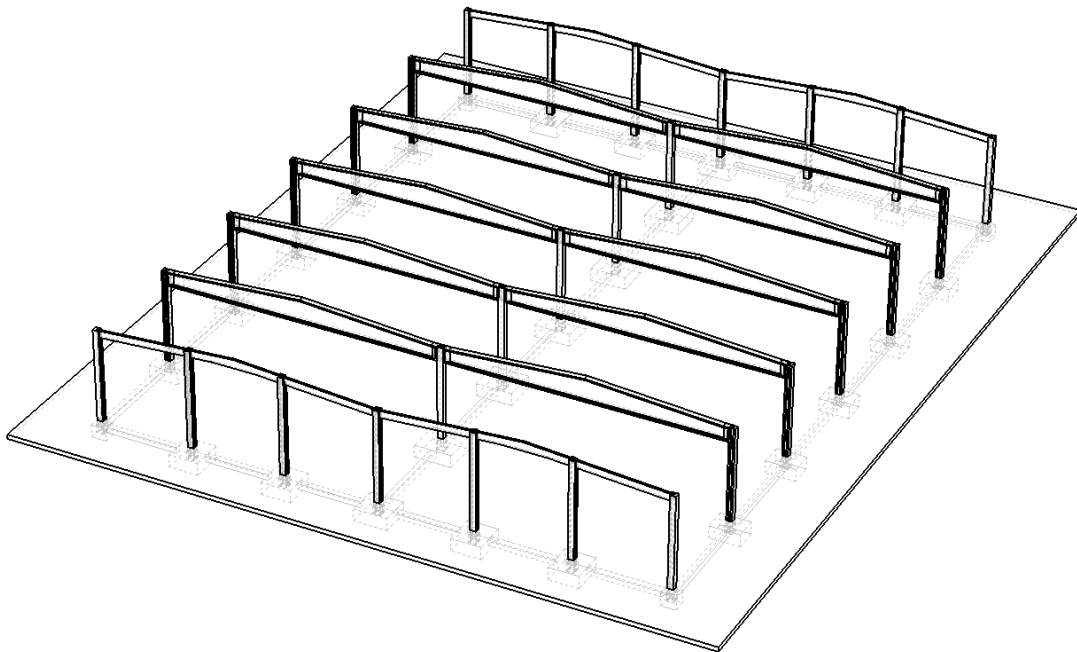


Figura 7.11.42 Vista trimétrica de la nave una vez colocada la solera.

Quedando un alzado, en el que se verá como la solera irá situada sobre las zapatas.

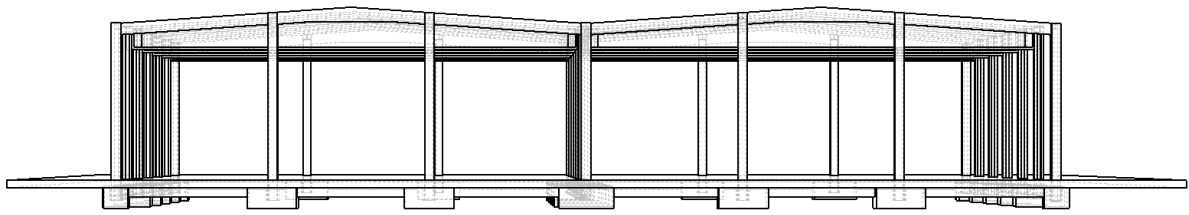


Figura 7.11.43 Solera.

Después se procederá a la colocación de las correas. Para las correas habrá que tener en cuenta que irán apoyadas sobre el pórtico hastial, para dicha colocación se seguirán los pasos que a continuación se explican.

En primer lugar en la pieza “Jácena 2 hastial” se creará un plano como muestra la figura.

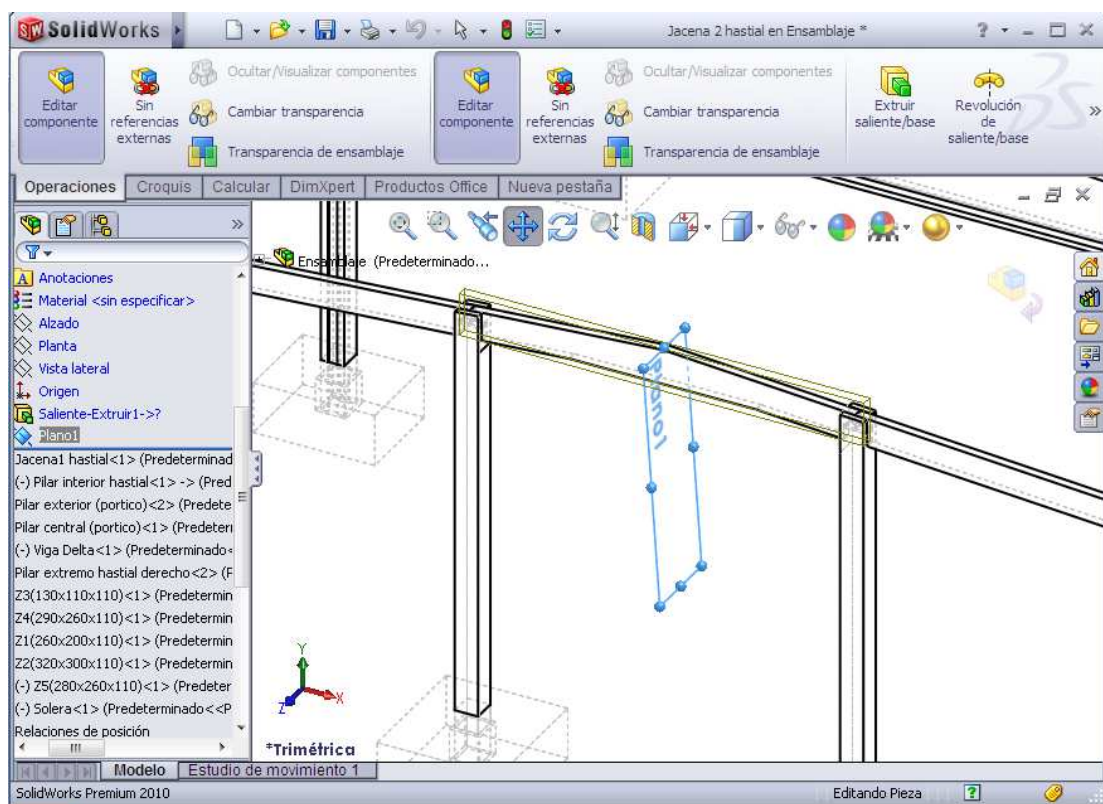


Figura 7.11.44 Ventana SolidWorks creación de un plano en la pieza “Jácena2 hastial”.

Una vez se tenga dicho plano creado, se irá a *Insertar componentes*, en la pestaña examinar se podrá abrir el archivo de Correa tubular creado con anterioridad.

En este caso, como en los anteriores al tratarse de un ensamblaje se añadirán tres *Relaciones de posición* para que el elemento quede correctamente colocado. A continuación se enumeran las tres relaciones de posición creadas para la colocación de la correa tubular.

Primera relación de posición:

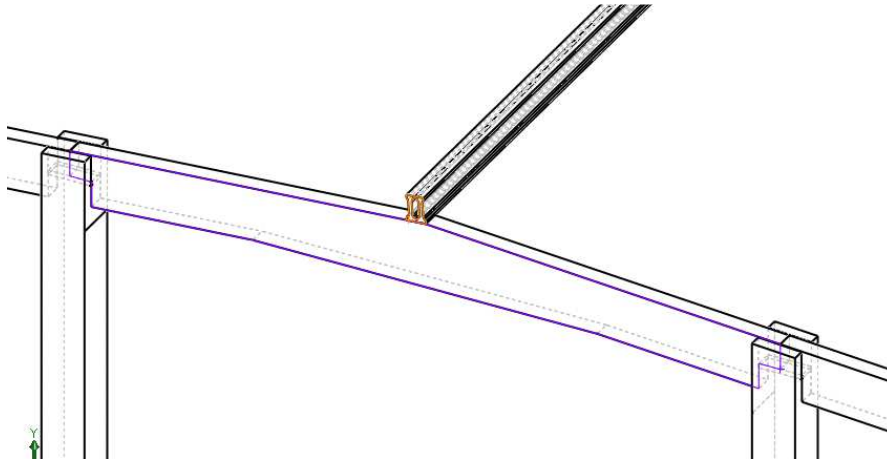


Figura 7.11.45 Relación de posición.

Segunda relación de posición:

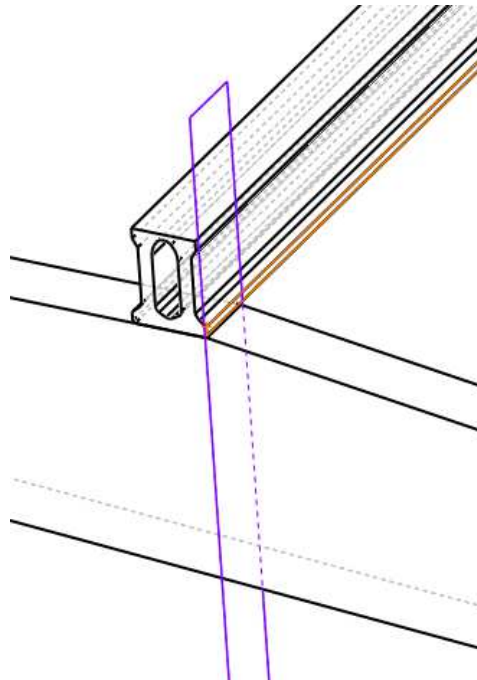


Figura 7.11.46 Relación de posición.

Tercera relación de posición:

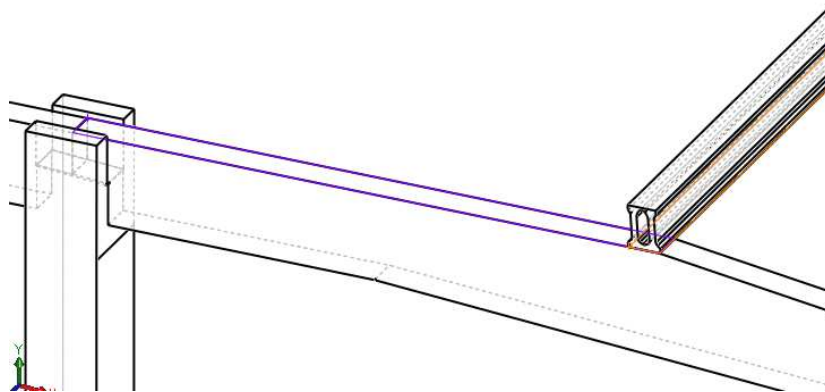


Figura 7.11.47 Relación de posición.

De esta forma la correa tubular quedará perfectamente colocada.

A continuación mediante una *Matriz de componente lineal* se colocarán el resto de correas tubulares para el faldón señalado.

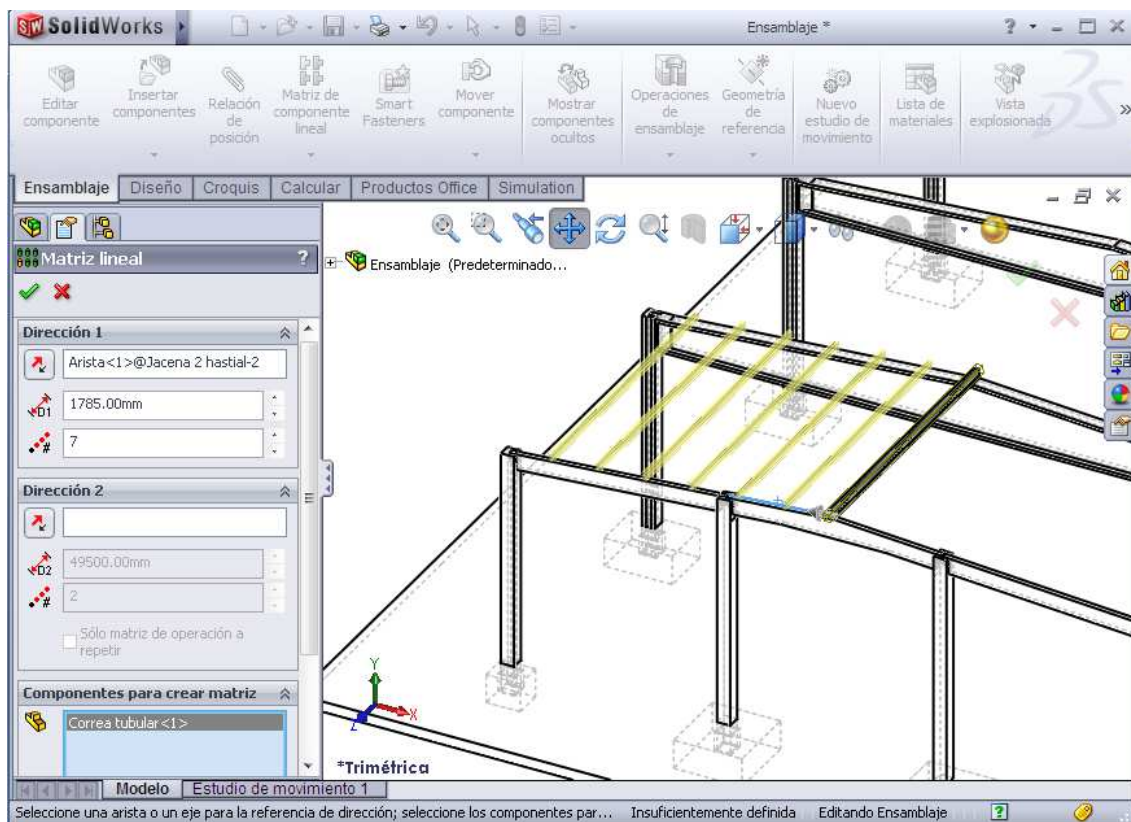


Figura 7.11.48 Ventana SolidWorks "Matriz lineal" para la colocación de las correas tubulares.

Para la colocación del resto de las correas se seguirán los mismos pasos.

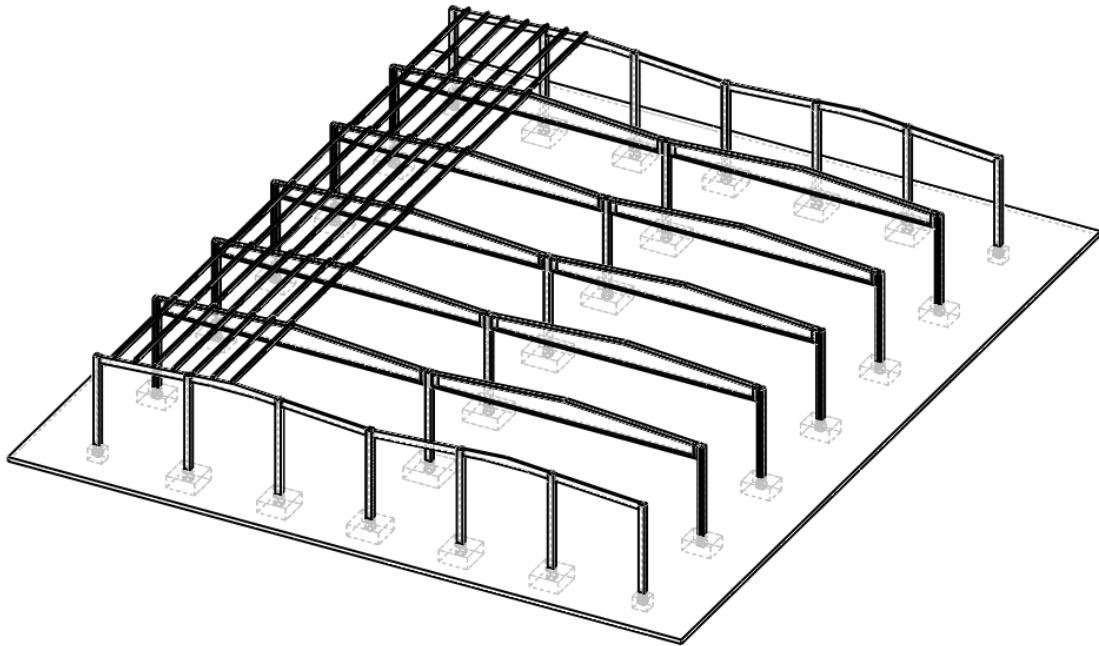


Figura 7.11.49 Vista trimétrica de la nave con la colocación de las correas.

Para las correas que faltan se utilizarán varias operaciones de simetría.

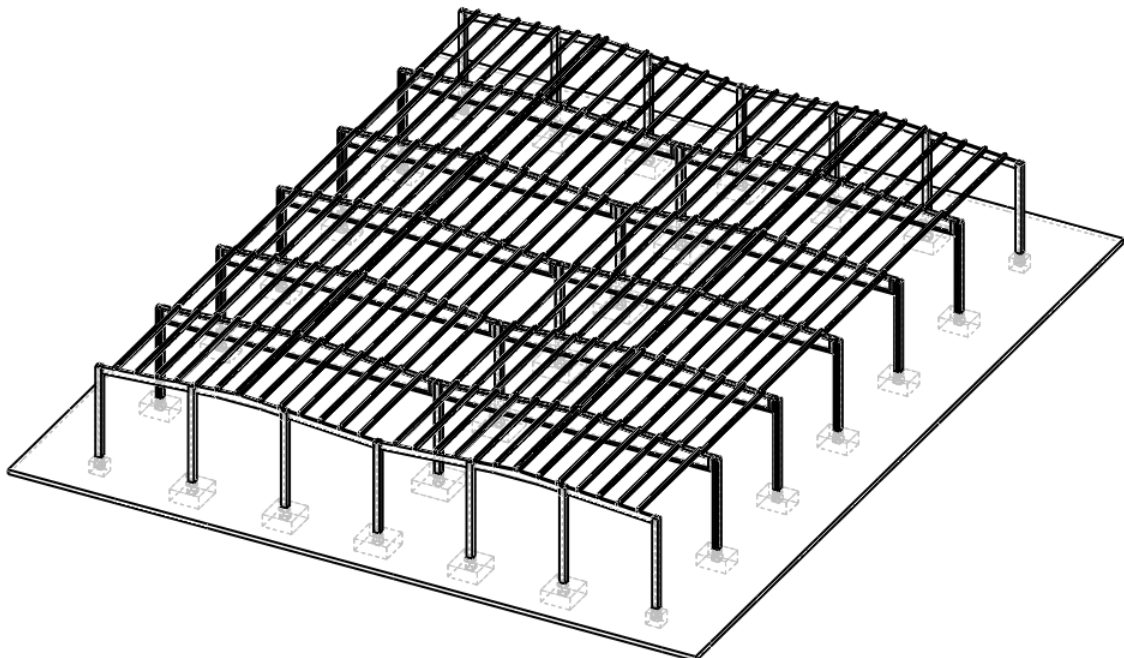


Figura 7.11.50 Vista trimétrica de la nave.



Otros elementos que faltan por colocar son los paneles de hormigón prefabricado para que la nave quede totalmente cerrada.

Para su colocación se irá a *Insertar componentes*, ahí se abrirá el archivo correspondiente y para colocarlo correctamente se le asignarán como mínimo tres relaciones de posición, de esta forma se quedará colocado perfectamente el panel de hormigón.

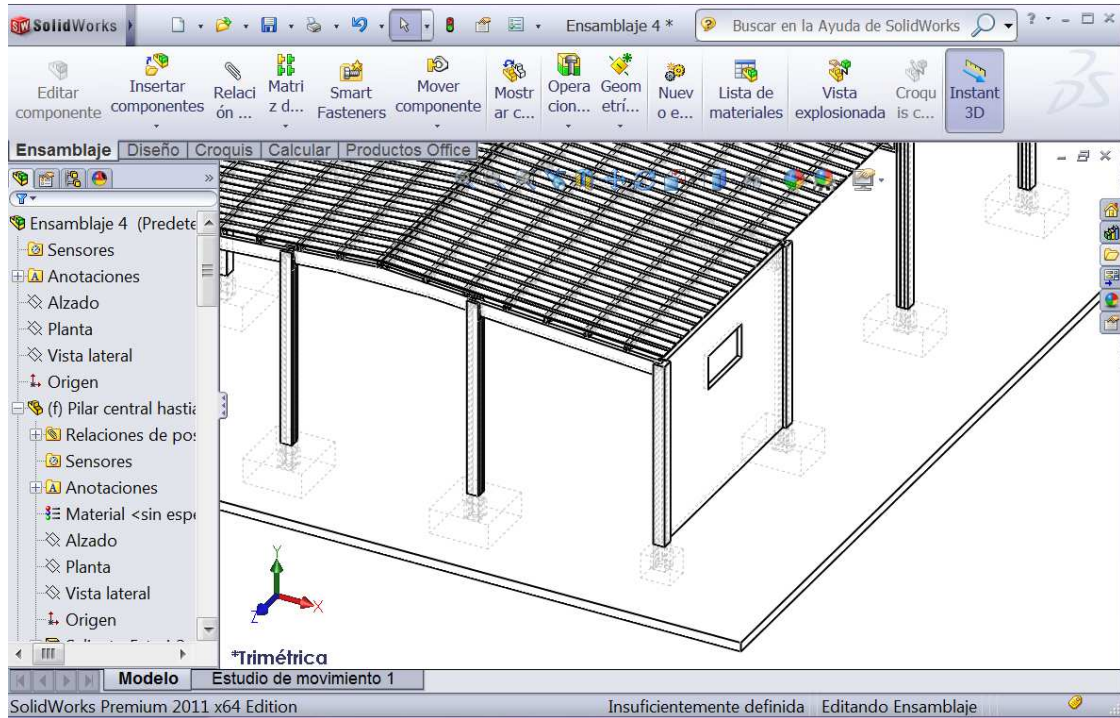


Figura 7.11.51 Ventana SolidWorks Colocación del panel de hormigón prefabricado.

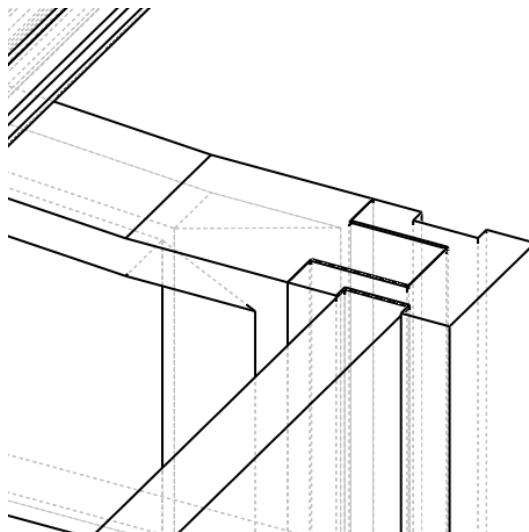


Figura 7.11.52 Detalle de la unión entre el panel de hormigón prefabricado y uno de los pilares de la nave.

Mediante una operación de *Matriz de componente lineal* se colocarán el resto de paneles de hormigón prefabricado.

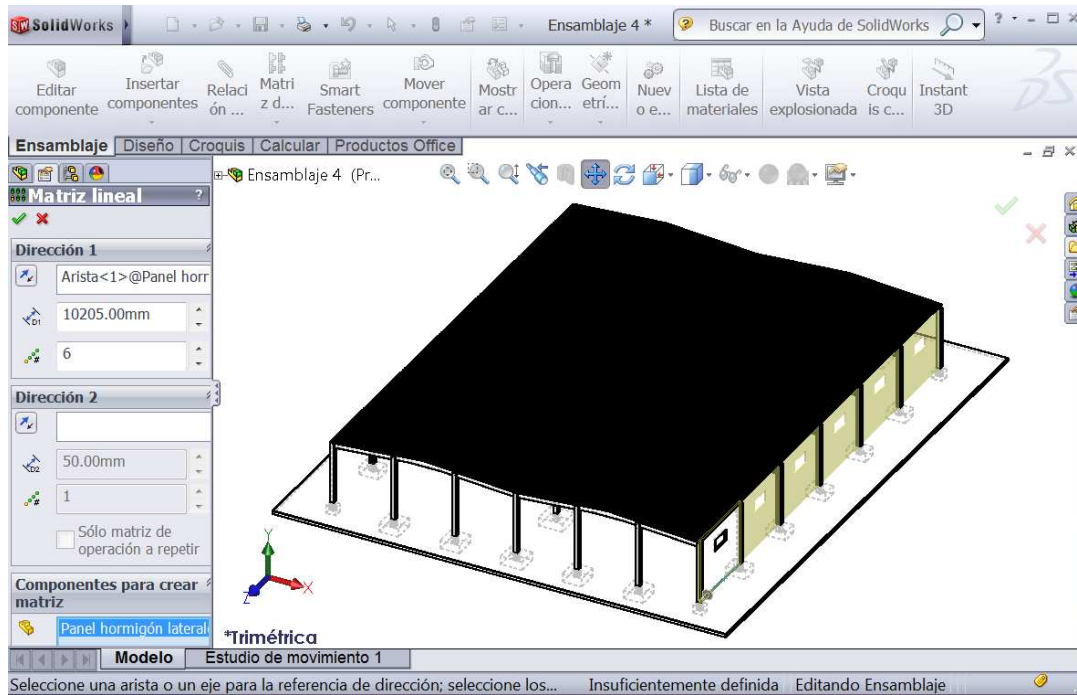


Figura 7.11.53 Ventana SolidWorks "Matriz lineal".

De igual forma se insertarán los paneles de hormigón prefabricado correspondientes al pórtico hastial quedando, una vez se han insertado todos los paneles y se ha realizado las operaciones de simetría correspondientes, la imagen siguiente.

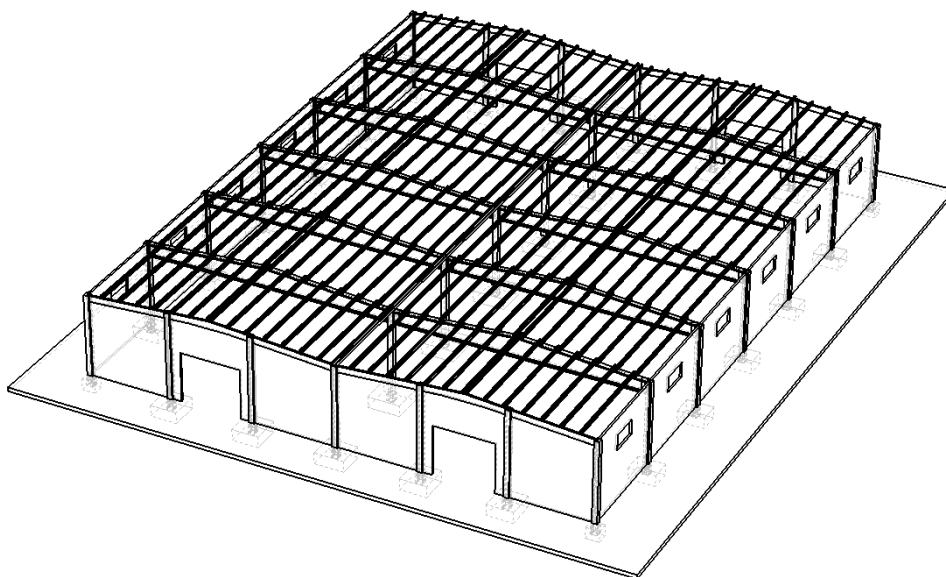


Figura 7.11.54 Nave donde se observa la colocación de los paneles de hormigón prefabricado.



Para comenzar a colocar la cubierta, primero se irá a *Ensamblaje* → *Insertar componentes* y se insertará la cubierta de la nave.

Una vez se tiene la pieza de la cubierta se le asignarán como mínimo tres relaciones de posición, como en elementos anteriores, para su correcta colocación.

Una vez está correctamente colocada mediante una operación de extrusión le daremos la longitud necesaria.



Figura 7.11.55 Ventana SolidWorks "Saliente-Extruir".

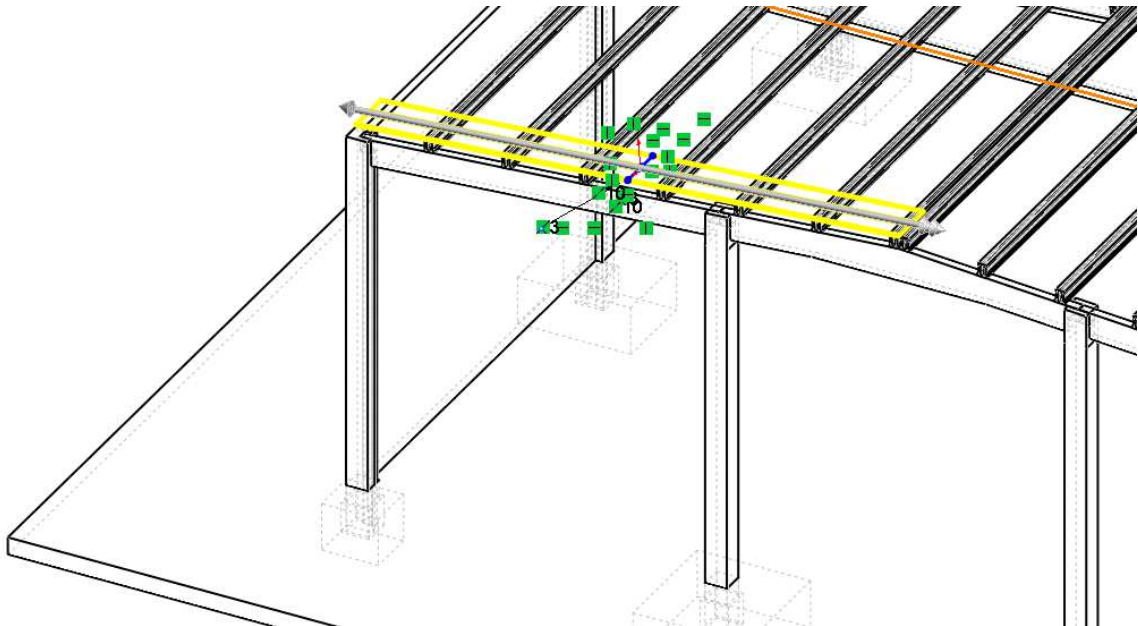


Figura 7.11.56 Detalle de la extrusión de la cubierta.

Posteriormente con la utilización de una operación de *Matriz de componente lineal* se colocarán las necesarias para cubrir la nave en cuestión, quedando lo que se muestra en la imagen posterior.

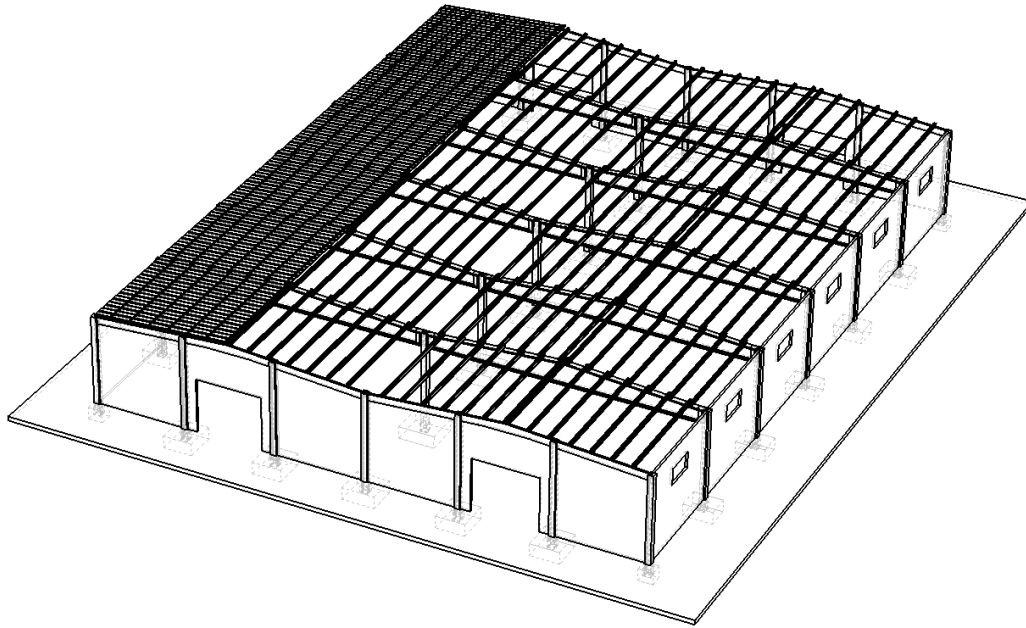


Figura 7.11.57 Colocación de la cubierta.

Ahora se aplicará una operación de simetría con respecto a un plano “*Vista lateral*” de uno de los pilares centrales de la nave. De esta forma se colocará la cubierta en el faldón derecho de una de las naves como se muestra a continuación.

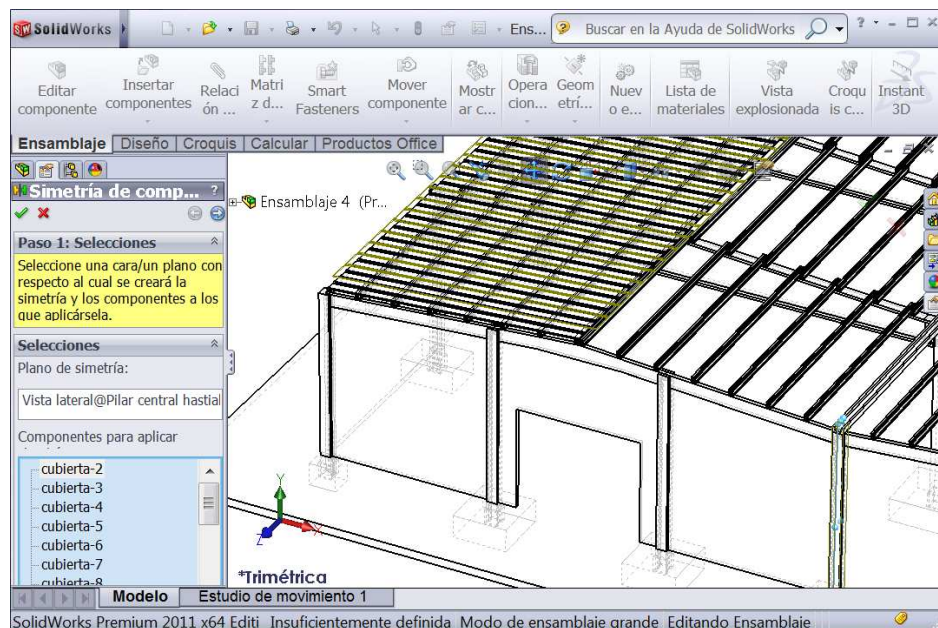


Figura 7.11.58 Ventana SolidWorks “Simetría de componentes”.

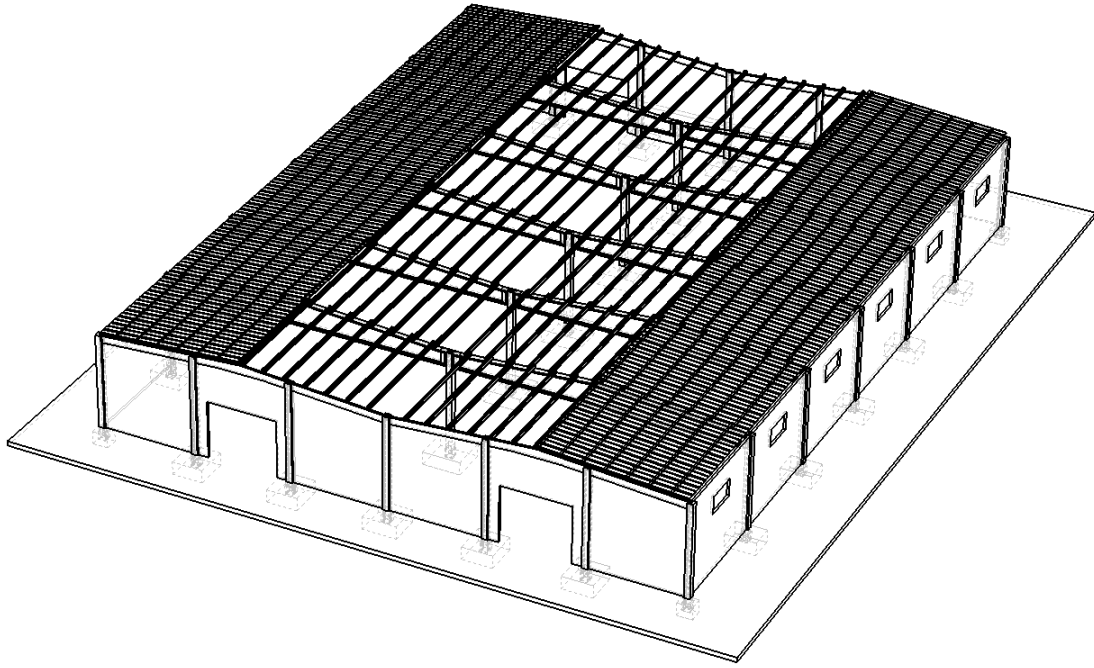


Figura 7.11.59 Colocación de la cubierta.

La cubierta no tiene en todos los faldones la misma medida, por lo que en los dos faldones en los que queda colocar la cubierta la medida será distinta.

Para ello se deberá modificar la longitud de la cubierta en la opción *Extrusión saliente/base* del propio elemento.

Una vez modificada se procederá a su colocación, estableciendo tres relaciones de posición para que quede colocada.

Se hará una matriz del componente colocado quedando la cubierta en dicho faldón como muestra la figura posterior.

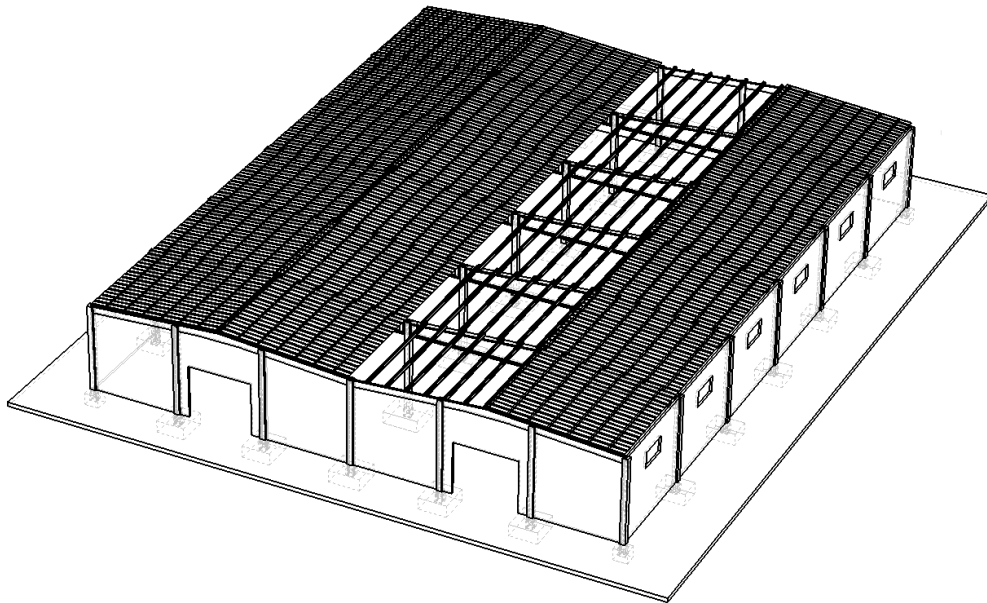


Figura 7.11.60 Colocación de la cubierta.

Para terminar la colocación de la cubierta solo quedará aplicar una operación de simetría con respecto a un plano "Vista lateral" de uno de los pilares centrales de la nave. En la siguiente imagen puede observarse como se ha realizado la operación.

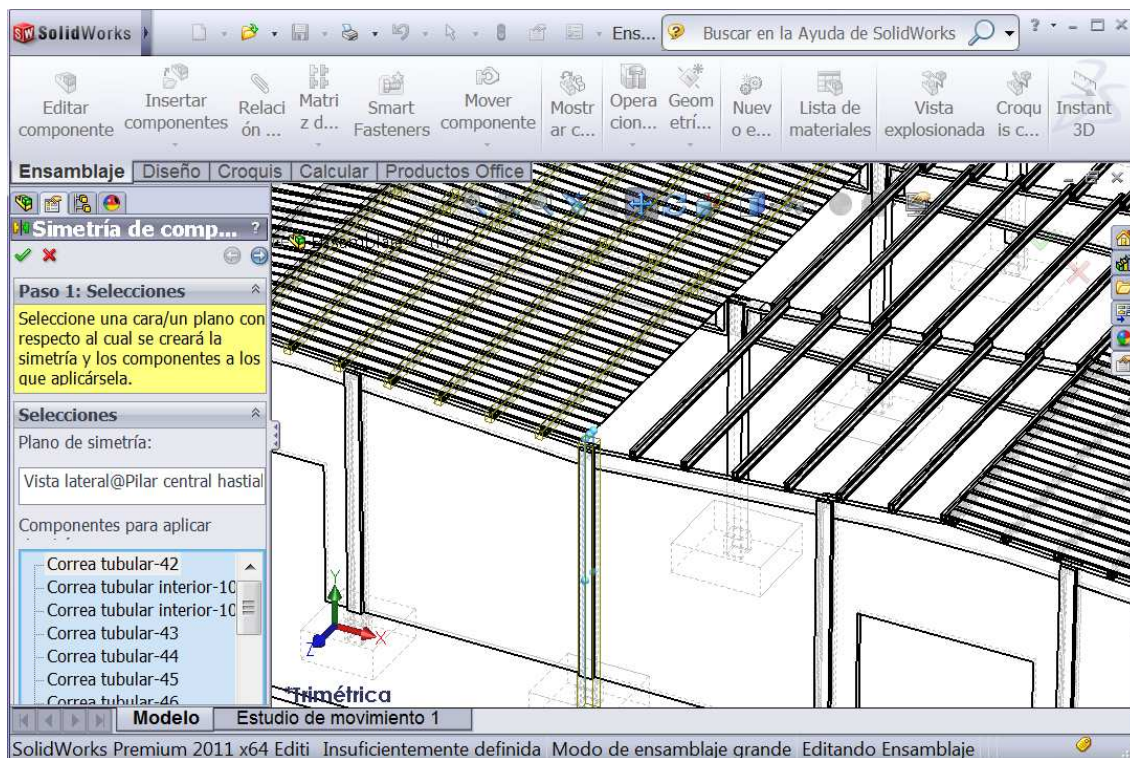


Figura 7.11.61 Ventana SolidWorks "Simetría de componentes".

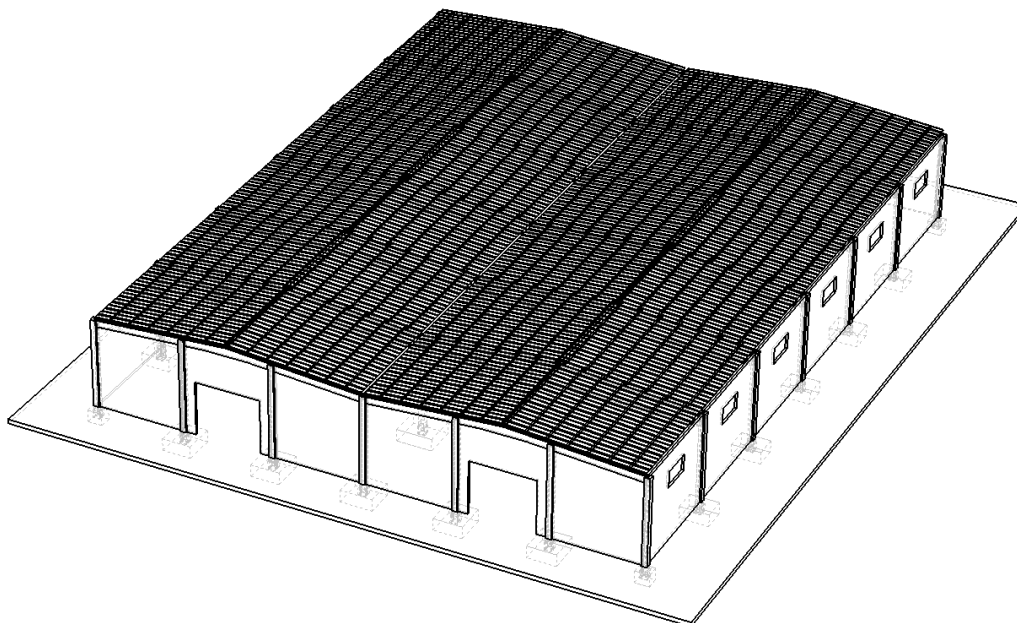


Figura 7.11.62 Nave.

Para la finalización del ensamblaje de la nave quedará la colocación del canalón en el centro y los extremos de la nave, cuya función es la de desalojar el agua que pueda llegar a acumularse en la superficie de la cubierta.

Mediante la opción de *Insertar componentes*, se abrirá el elemento que se insertará el canalón.

Se le asignarán como mínimo tres relaciones de posición que serán las necesarias para que quede bien fijado.

Una vez colocado se puede observar una imagen como la siguiente.

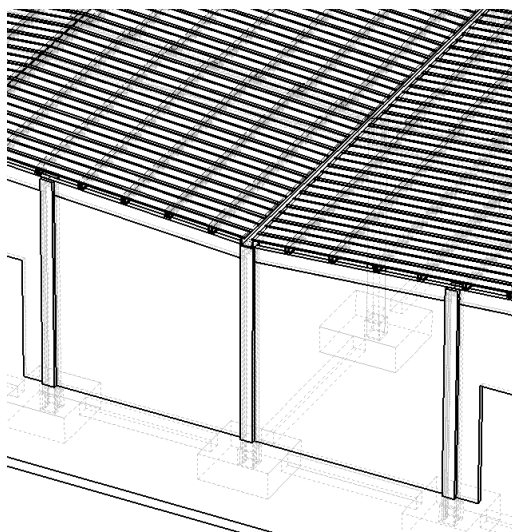


Figura 7.11.63 Detalle canalón central.



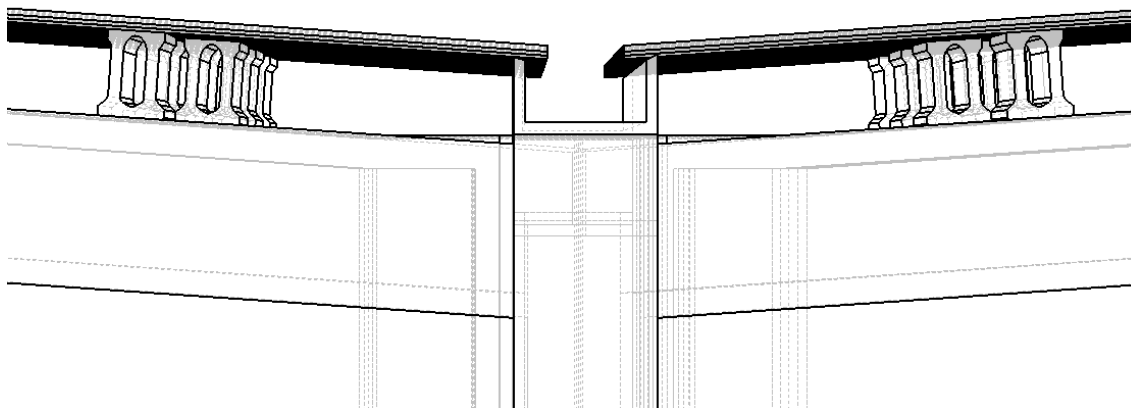


Figura 7.11.64 Detalle canalón central.

Para la colocación de los canalones laterales, se realizarán los pasos anteriores quedando colocado perfectamente como muestra la imagen posterior.

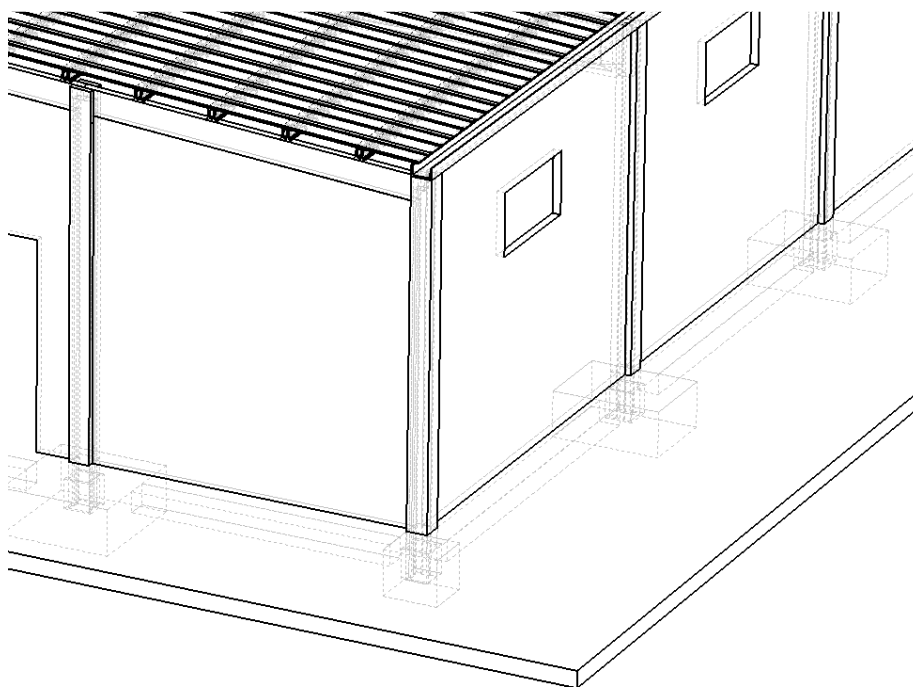


Figura 7.11.65 Detalle canalón derecho.

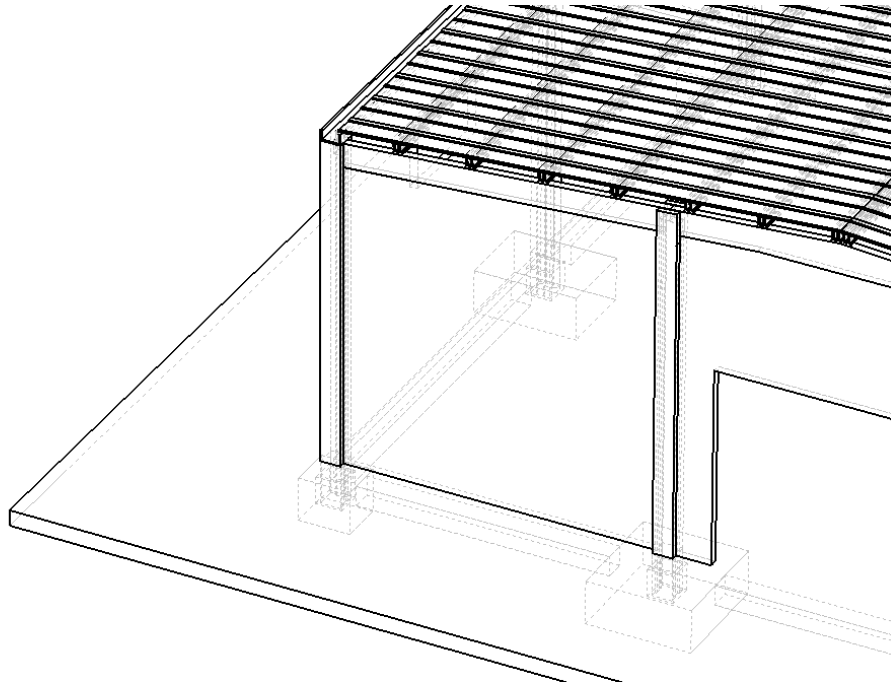


Figura 7.11.66 Detalle canalón izquierdo.

Para terminar en imágenes posteriores podrá observarse un alzado y un perfil de la nave en cuestión.

Alzado de la nave.

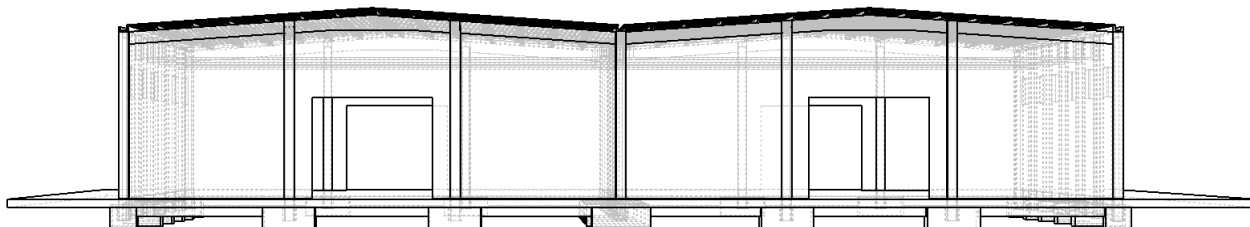


Figura 7.11.67 Alzado de la nave.

Perfil de la nave:

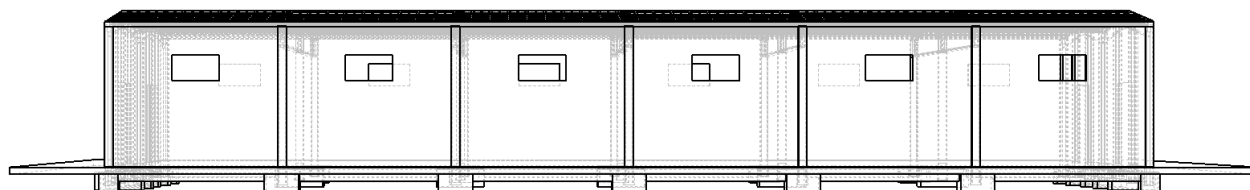


Figura 7.11.68 Perfil de la nave.

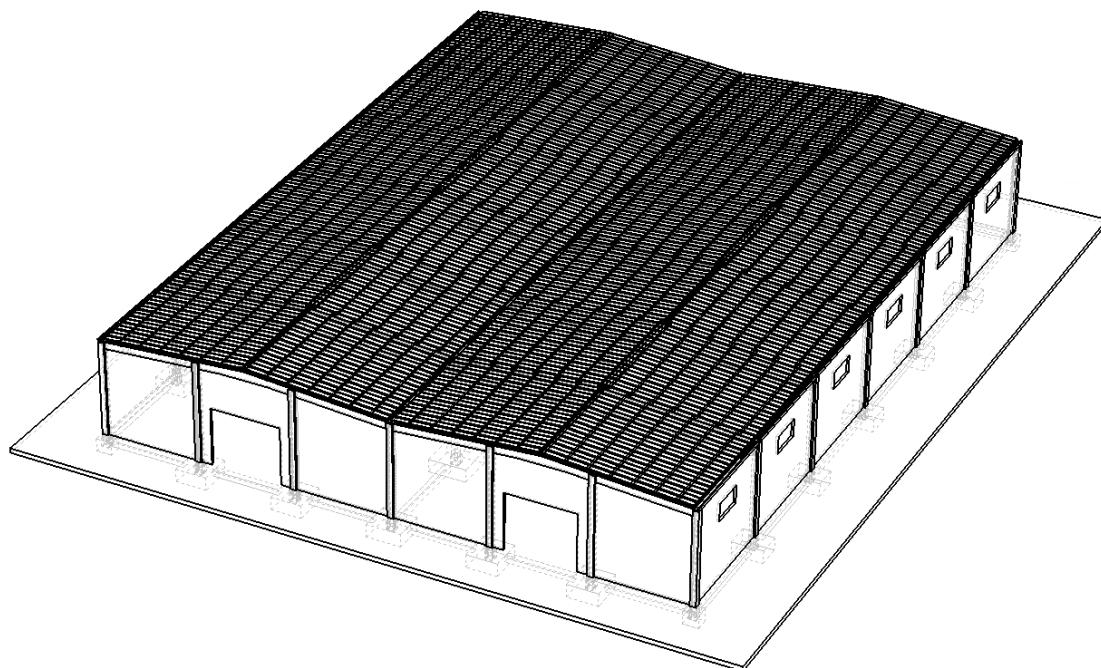


Figura 7.11.69 Nave.



## 8. PRESTO

Presto es un conocido programa informático que se utiliza para la elaboración de presupuestos, mediciones, tiempos, seguridad y salud, calidad, gestión ambiental y control de costes para la edificación y obra civil.

En este proyecto se ha utilizado la opción de presupuestos y mediciones.

### Presupuestos

- Es la base de todo el programa Presto y permite crear presupuestos desde el punto de vista del proyectista del departamento de estudios de la empresa constructora.
- Incluye los asistentes de estimación rápida de costes y honorarios.
- Permite crear cuadros de precios, catálogos de productos para la construcción y otros sistemas de ayuda para los profesionales de proyectos, incluyendo asistentes y catálogos dinámicos.

### Mediciones

- Desglosa las cantidades de las unidades de obra en las líneas de medición con dimensiones utilizadas tradicionalmente en algunos países.
- Permite reclasificar el proyecto transversalmente en actividades o zonas.
- Incluye los asistentes de análisis y ayuda a las mediciones.



Figura 8.0.1

Programa Presto.

## **8.1 PRESUPUESTO**

Para la elaboración del presupuesto de la nave industrial, se ha utilizado el programa PRESTO.

Para el presupuesto se han establecido unos capítulos, así como el desglose de precios descompuestos en unitarios.

Las unidades serán obtenidas de una base de precios que tiene el propio programa y solo se deberán introducir las mediciones de todos los elementos que consten en dicho proyecto.

# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

## NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C01 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>									
<b>EXCV01</b>	<b>M2 EXPLANACIÓN DEL TERRENO</b>								
	Explanación y nivelación con laser de parcela a cota -0.20 de referencia, regado y compactación, incluso desbroce y retirada de terreno vegetal, con carga de tierras sobrantes en camión y transporte a vertedero.								
	Nivelación a cota -0.20	1	60,00	91,58		5.494,80			
							5.494,80	2,85	15.660,18
<b>D02KF001</b>	<b>M3 EXCAV. MECÁN. POZOS DE CIMENTACIÓN</b>								
	M3. Excavación, con retroexcavadora, en apertura de pozos y zanjas de cimentación, con extracción de tierras, carga sobre camión y transporte a vertedero, i/p.p. de costes indirectos.								
							34,16	10,23	349,46
<b>D02HF100</b>	<b>M3 EXCAV. MECÁN. ZANJAS INSTALACIONES</b>								
	M3. Excavación mecánica de zanjas de saneamiento, en terreno de consistencia floja, con carga en camión y transporte a vertedero de tierras sobrantes, i/posterior relleno y apisonado de tierra procedente de la excavación y p.p. de costes indirectos.								
							53,42	9,45	504,82
<b>D04PF010</b>	<b>M3 ENCACHADO PIEDRA 40/80 mm.</b>								
	M3. Encachado de grava de cantera de piedra caliza 40/80mm. en sub-base de solera, i/extendido y compactado con rodillo vibratorio								
							617,30	22,16	13.679,37
<b>TOTAL CAPÍTULO C01 MOVIMIENTO DE TIERRAS .....</b>									<b>30.193,83</b>

# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

## NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C02 CIMENTACIÓN Y HORMIGONES</b>									
<b>D04EF061</b>	<b>M3 HORMIGÓN DE LIMPIEZA</b>  M3. Hormigón en masa HL-15 N/mm2, con tamaño máximo del árido de 40 mm. elaborado en central para limpieza y relleno de pozos de cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado y colocación. Según EHE.						3,11	65,45	203,55
<b>D04GA103</b>	<b>M3 HORM. HA-25/B/20/IIa ZAPATAS</b>  M3. Hormigón en masa para armar HA-25/B/20/IIa N/mm2, con tamaño máximo del árido de 20mm., elaborado en central en relleno de zapatas, zanjas de cimentación y vigas riostra, vertido por medios manuales y vibrado. Incluso colocación de cajón metálico para formación de caliz de alojamiento de pilares de hormigón prefabricado. Descontado el volumen de hormigón desalojado por el cajón. Según EHE.						87,58	75,92	6.649,07
<b>D04AA201</b>	<b>Kg ACERO CORRUGADO B 500-S</b>  Kg. Acero corrugado B 500-S incluso cortado, doblado, armado y colocado en obra, i/p.p. de mermas y despuntes.						981,18	0,66	647,58
<b>D1954XX5</b>	<b>Ud RECIBIDO DE PILAR EN CALIZ</b>  Relleno de caliz de hormigón de baja retracción una vez montada la estructura.						29,00	28,00	812,00
<b>D19AE110</b>	<b>M2 SOLERA HM-20 CUARZO PULIDO</b>  M2. Pavimento continuo cuarzo gris , i/ solera de hormigón H=200 Kg/cm2 de 20 cms. de espesor sin incluir el enchado o base, con acabado monolítico incorporando 3 Kg. de cuarzo y 1, 5 kg. de cemento Portland CEM I/35 R, i/replanteo de solera, encofrado y desencofrado, lámina de polietileno galga 400 kg/m2, regleado y nivelado de solera, fratasado mecánico, incorporación capa de rodadura, enlizado y pulimentado, curado del hormigón, aserrado de juntas de retracción de 3 mm. de espesor y profundidad 1/3 de la solera en cuadrículas no mayor de 10x10 m. respetando igualmente juntas de dilatación, y sellado de juntas de retracción despues de 28 días con masilla de poliuretano de elasticidad permanente, tipo Sikaflex -A1.						3.086,50	13,10	40.433,15
<b>D04PH015</b>	<b>M2 MALLAZO ELECTROS. 15X15 D=6</b>  M2. Mallazo electrosoldado haciendo cuadrícula de 15x15 cm. d=6 mm, con acero corrugado B 500 T, incluso p.p. de solapes y alambre de atar, colocado. Según EHE.						5.494,80	0,65	3.571,62
<b>TOTAL CAPÍTULO C02 CIMENTACIÓN Y HORMIGONES .....</b>									<b>52.316,97</b>

# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

## NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C03 SANEAMIENTO</b>									
D25NL040	MI BAJANTE PLUV. DE PVC 125 mm.  MI. Tubería de PVC de 125 mm. serie F de Saenger color gris, UNE 53.114 ISO-DIS 3633 para bajantes de pluviales y ventilación, i/codos, injertos y demás accesorios, totalmente instalada según CTE/ DB-HS 5 evacuación de aguas.						16,50	12,03	198,50
E20WJF010	m. Bajante de pvc serie c. 80 mm.  Tubería de PVC serie C, de 80 mm. de diámetro, para bajantes pluviaes y ventilación, i-codos, injertos y demás accesorios, totalmente instalada según CTE/DB-HS 5 evacuaciones de agua.  Fontanería	1	9,00			9,00			
							9,00	6,03	54,27
<b>TOTAL CAPÍTULO C03 SANEAMIENTO .....</b>									<b>252,77</b>

# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

## NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C04 ESTRUCTURA Y CERRAMIENTOS HORM. PREF</b>									
D05GC111	<b>ML PILAR PREFABRICADO H.A. 50 x 50</b> MI. Pilar de hormigón prefabricado de 50x50 cm, armadura s/ cálculo y con la sección necesaria en cada nudo para acoplamiento de piezas de la estructura, aplomado, acufiado, relleno de cáiz con hormigón HA-35 de baja retracción, montaje con autogrúa, totalmente instalado.						275,38	136,03	37.459,94
D05GC320	<b>MI VIGA PRETENSADA DELTA</b> MI. Viga prefabricada de hormigón en sección especial tipo DELTA DE-III, para una luz máxima de 25 m, y separación máxima entre ejes de 10,205 m, para montar en naves, armadura s/ cálculo; nivelada, acufiada, i/ transporte y montaje con autogrúa, totalmente instalada.						250,00	107,84	26.960,00
D05GC455	<b>MI JÁCENA RECTANGULAR 60/20</b> MI. Viga prefabricada de hormigón en sección rectangular 20x60 cm con función de jácena para apoyo de vigas y/o correas, para una luz máxima de 8,250 m, para montar en estructuras de naves, armadura s/ cálculo; nivelada, apuntalada, i/ transporte y montaje con autogrúa, totalmente instalada.						99,14	55,88	5.539,94
D05GC620	<b>MI CORREA HORMIGÓN TUB-30</b> MI. Correa prefabricada de hormigón en sección TUBULAR -25 para cubiertas, para montar en cubiertas, armadura s/ cálculo; nivelada, atomillada a jácenas y/o casquillos, i/ transporte, elevación a cubierta y montaje, totalmente instalada.						1.790,04	14,50	25.955,58
E07HH040	<b>m2 PANEL PREF. HORM GRIS LISO</b> Panel de cerramiento prefabricado de hormigón machiembado, de 20 cm. de espesor, acabado en gris liso, pintadura anticarbonatación color blanco, formadas por dos planchas de hormigón de 5 cm. de espesor con rigidizadores interiores, con capa interior de poliestireno de 10 cm. de espesor, i/p.p. de piezas especiales, colocado con ayuda de grúa automóvil para montaje y apeos necesarios.						1.264,29	29,81	37.688,48
E07H20AR	<b>m2 PANEL PREF. HÓN ARIDO LAV BLANCO MAC</b> Panel de cerramiento prefabricado de hormigón machiembado, de 20 cm. de espesor, acabado en árido lavado blanco macael, formadas por dos planchas de hormigón de 5 cm. de espesor con rigidizadores interiores, con capa interior de poliestireno de 10 cm. de espesor, i/p.p. de piezas especiales, colocado con ayuda de grúa automóvil para montaje y apeos necesarios.						317,61	34,45	10.941,66
<b>TOTAL CAPÍTULO C04 ESTRUCTURA Y CERRAMIENTOS HORM. PREF.....</b>									<b>144.545,60</b>

# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

## NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C05 CUBIERTA</b>									
D08NE101	<b>M2 CUB. PANEL NERV.40 (LAC+AISL+LAC)</b>  M2. Cubierta completa formada por panel de 40 mm. de espesor total conformado con doble chapa de acero de 0.5 mm. de espesor, perfil nervado tipo de Europerfil o similar, lacado exterior e interior, con relleno intermedio de espuma de poliuretano inyectado de alta densidad 40kg/m3; panel anclado a la estructura mediante tornillos autorroscantes, i/p.p. de tapajuntas, remates, piezas especiales de cualquier tipo, medios auxiliares.						3.025,78	14,52	43.934,33
D08QI010	<b>MI CANALÓN CHAPA ACERO GALV AISLADO</b>  M1. Canalón conformado de chapa de acero galvanizado de 1,2 mm, con aislamiento de lana mineral IBR-80, chapa inferior de 0,60 mm anclado, i/recibido de soportes prelacados, piezas especiales y p.p. de costes indirectos.						185,19	24,07	4.457,52
<b>TOTAL CAPÍTULO C05 CUBIERTA.....</b>									<b>48.391,85</b>

# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

## NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C06 CARPINTERÍAS</b>									
<b>CDCARP01</b>	<b>UD VENTANA CORREDERA ALUMINIO LACADO 280 x 150</b>								
	Ventana corredera de aluminio lacado color de 280 x 150 cm, atornillada a panel prefabricado de hormigón. Vidrio c/cámara de 4-8-4 mm plamitherm. Incluso remate de jambas y vierteaguas. Totalmente instalada.								
	Fachada	8				8,00			
	Interior	4				4,00			
							12,00	410,00	4.920,00
<b>E15CGC030</b>	<b>m2 PUERTA DE CHAPA</b>								
	Puerta basculante industrial con puerta peatona (500x600 cm), accionamiento automático, formada por doble hoja ciega con bastidor y refuerzos de hoja formados por tubos huecos rectangulares de acero laminado en frío galvanizados sendzimer y doble chapa plegada de 0,60 mm. de espesor, con aislamiento.								
							120,00	67,16	8.059,20
<b>TOTAL CAPÍTULO C06 CARPINTERÍAS .....</b>									<b>12.979,20</b>



# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

## NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C07 SEGURIDAD Y SALUD</b>									
<b>D41AA210</b>	<b>Ud ALQUILER CASETA PREFABR. OFICINA</b>								
	Ud. Más de alquiler de caseta prefabricada para oficina de obra de 6x2.35 m., con estructura metálica mediante perfiles conformados en frío y cerramiento chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura prelacada. Aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido. Revestimiento de P.V.C. en suelos y tablero melaminado en paredes. Ventanas de aluminio anodizado, con persianas correderas de protección, incluso instalación eléctrica con distribución interior de alumbrado y fuerza con toma exterior a 220 V.	8				8,00			
							8,00	80,80	646,40
<b>D41AA404</b>	<b>Ud ALQUILER CASETA ASEO 4,00X2,25 M.</b>								
	Ud. Más de alquiler de caseta prefabricada para aseos de obra de 4,00x2,25 m., con estructura metálica mediante perfiles conformados en frío y cerramiento chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura prelacada. Aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido. Revestimiento de P.V.C. en suelos y tablero melaminado en paredes. Ventana de 0,80x0,80 m. de aluminio anodizado hoja de corredera, con reja y luna de 6 mm. Equipada con termo eléctrico de 50 l., dos placas turcas, dos platos de ducha y un lavabo corrido con tres grifos. Instalación eléctrica monofásica a 220 V. con automático magnetotérmico.	8				8,00			
							8,00	80,80	646,40
<b>D41AA820</b>	<b>Ud TRANSPORTE CASETA PREFABRICADA</b>								
	Ud. Transporte de caseta prefabricada a obra, incluso descarga y posterior recogida.	2				2,00			
							2,00	92,46	184,92
<b>D41CA040</b>	<b>Ud CARTEL INDICAT. RIESGO I/SOPORTE</b>								
	Ud. Cartel indicativo de riesgo en obra de construcción. con soporte metálico de hierro galvanizado 80x40x2 mm. y 1,3 m. de altura, incluso apertura de pozo, hormigonado, colocación y desmontado.	1				1,00			
							1,00	15,28	15,28
<b>D41GC410</b>	<b>MI VALLA P. DERECH. Y MALLAZO 2,5 M.</b>								
	MI. Valla formada por pies derechos de madera de 2,5 m. de altura y D=10/12 cm. anclados al terreno y mallazo electrosoldado de 15x15 cm. D=4 mm., incluso colocación y desmontado.	2	64,00			128,00			
		2	90,00			180,00			
							308,00	4,73	1.456,84
<b>D41CC230</b>	<b>MI CINTA DE BALIZAMIENTO R/B</b>								
	MI. Cinta corrida de balizamiento plástica pintada a dos colores roja y blanca, incluso colocación y desmontado.	1	200,00			200,00			
							200,00	1,21	242,00
<b>D41GA001</b>	<b>M2 RED HORIZONTAL PROTEC. HUECOS</b>								
	M2. Red horizontal para protección de huecos de poliamida de hilo de D=4 mm. y malla de 75x75 mm. incluso colocación y desmontado.								
	Cubierta	1	61,23	49,00		3.000,27			
							3.000,27	1,13	3.390,31
<b>DSEG01</b>	<b>ML REDES PERIMETRALES CUBIERTA</b>								
	Laterales	2	61,23			122,46			
	Frontales	2	50,00			100,00			
							222,46	6,50	1.445,99

# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

## NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
D41GG405	<b>Ud EXTINTOR POL. ABC 6Kg. EF 21A-113B</b> Ud. Extintor de polvo ABC con eficacia 21A-113B para extinción de fuego de materias sólidas, líquidas, productos gaseosos e incendios de equipos eléctricos, de 6 Kg. de agente extintor con soporte, manómetro y boquilla con difusor según norma UNE-23110, totalmente instalado. Certificado por AE-NOR.	3				3,00			
							3,00	26,63	79,89
D41GG410	<b>Ud EXTINTOR NIEVE CARB. 5 Kg. EF 34B</b> Ud. Extintor de nieve carbónica CO2 con eficacia 34B para extinción de fuego de materias sólidas, líquidas, e incendios de equipos eléctricos, de 5 Kg. de agente extintor con soporte y manguera con difusor según norma UNE-23110 totalmente instalado.	1				1,00			
							1,00	65,11	65,11
D41EA001	<b>Ud CASCO DE SEGURIDAD</b> Ud. Casco de seguridad con desudador, homologado CE.	4				4,00			
							4,00	3,08	12,32
D41EA201	<b>Ud PANT. SEGURID. PARA SOLDADURA</b> Ud. Pantalla de seguridad para soldadura con fijación en cabeza, homologada CE.								
							1,00	12,43	12,43
D41EA203	<b>Ud PANTALLA CASCO SEGURIDAD SOLDAR</b> Ud. Pantalla de seguridad para soldador con casco y fijación en cabeza. Homologada CE.								
							1,00	18,99	18,99
D41EA220	<b>Ud GAFAS CONTRA IMPACTOS</b> Ud. Gafas contra impactos antirayadura, homologadas CE.								
							4,00	11,47	45,88
D41EA230	<b>Ud GAFAS ANTIPOLVO</b> Ud. Gafas antipolvo tipo visitante incolora, homologadas CE.								
							4,00	2,55	10,20
D41EA401	<b>Ud MASCARILLA ANTIPOLVO</b> Ud. Mascarilla antipolvo, homologada.								
							4,00	2,87	11,48
D41EA601	<b>Ud PROTECTORES AUDITIVOS</b> Ud. Protectores auditivos, homologados.								
							4,00	7,97	31,88
D41EC001	<b>Ud MONO DE TRABAJO</b> Ud. Mono de trabajo, homologado CE.								
							4,00	13,53	54,12
D41EC010	<b>Ud IMPERMEABLE</b> Ud. Impermeable de trabajo, homologado CE.								
							4,00	5,71	22,84
D41EC030	<b>Ud MANDIL SOLDADOR SERRAJE</b> Ud. Mandil de serraje para soldador grado A, 60x90 cm. homologado CE.								
							1,00	14,85	14,85
D41EC040	<b>Ud CHAQUETA SOLDADOR SERRAJE</b> Ud. Chaqueta de serraje para soldador grado A, homologada CE.								

# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

## NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
D41EC050	<b>Ud PETO REFLECTANTE BUT./AMAR</b> Ud. Peto reflectante color butano o amarillo, homologada CE.						1,00	47,80	47,80
D41EC401	<b>Ud CINTURÓN SEGURIDAD CLASE A</b> Ud. Cinturón de seguridad clase A (sujeción), con cuerda regulable de 1,8 m. con guarda cabos y 2 mosquetones, homologada CE.						4,00	19,12	76,48
D41EC520	<b>Ud CINTURÓN PORTAHERRAMIENTAS</b> Ud. Cinturón portaherramientas, homologado CE.						2,00	67,56	135,12
D41EE012	<b>Ud PAR GUANTES LONA/SERRAJE</b> Ud. Par de guantes de lona/serraje tipo americano primera calidad, homologado CE.						4,00	22,31	89,24
D41EE020	<b>Ud PAR GUANTES SOLDADOR 34 CM.</b> Ud. Par de guantes para soldador serraje forrado ignifugo, largo 34 cm., homologado CE.						4,00	2,68	10,72
D41EG005	<b>Ud PAR BOTA AGUA INGENIERO</b> Ud. Par de botas de agua ingeniero, forrada, con cremallera, marrón, homologadas CE.						1,00	7,97	7,97
D41EG007	<b>Ud PAR DE BOTAS AGUA DE SEGURIDAD</b> Ud. Par de botas de agua monocolor de seguridad, homologadas CE.						2,00	22,52	45,04
D41EG010	<b>Ud PAR BOTAS SEGUR. PUNT. SERRAJE</b> Ud. Par de botas de seguridad S2 serraje/lona con puntera y metálicas, homologadas CE.						4,00	24,34	97,36
PSS	<b>Ud PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD</b>						4,00	24,86	99,44
							1,00	300,00	300,00
	<b>TOTAL CAPÍTULO C07 SEGURIDAD Y SALUD.....</b>								<b>9.317,30</b>

# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

## NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C08 ENSAYOS DE CALIDAD</b>									
D50EB010	Ud TOMA MUESTRA HORMIGÓN, 4 PROB.								
	Ud. Toma de muestras de hormigón fresco c/100 m3, incluyendo muestreo del hormigón, medida del asiento de cono, fabricación de 4 probetas cilíndricas de 15 x 30 cm, curado, refrentado y rotura.								
	Zapatas	2				2,00			
	Muros	1				1,00			
							3,00	202,00	606,00
D50MA508	Ud ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO								
	Ud. Ensayos Próctor Modificado.								
		4				4,00			
							4,00	101,00	404,00
<b>TOTAL CAPÍTULO C08 ENSAYOS DE CALIDAD.....</b>									<b>1.010,00</b>

## MEDICIONES Y PRESUPUESTO

### NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C09 GESTIÓN DE RESIDUOS</b>									
GR01	UD CONTENDERO MATERIAL SOBRANTE								
	MESES	10				10,00			
							10,00	80,00	800,00
GR02	Ud Elaboración plan de gestión de residuos								
							1,00	200,00	200,00
<b>TOTAL CAPÍTULO C09 GESTIÓN DE RESIDUOS.....</b>									<b>1.000,00</b>
<b>TOTAL .....</b>									<b>300.007,52</b>

# RESUMEN DE PRESUPUESTO

## NAVE INDUSTRIAL

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
C01	MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	30.193,83	10,06
C02	CIMENTACIÓN Y HORMIGONES.....	52.316,97	17,44
C03	SANEAMIENTO.....	252,77	0,08
C04	ESTRUCTURA Y CERRAMIENTOS HORM. PREF .....	144.545,60	48,18
C05	CUBIERTA.....	48.391,85	16,13
C06	CARPINTERÍAS.....	12.979,20	4,33
C07	SEGURIDAD Y SALUD.....	9.317,30	3,11
C08	ENSAYOS DE CALIDAD.....	1.010,00	0,34
C09	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	1.000,00	0,33
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		300.007,52	
18,00% I.V.A.....		54.001,35	54.001,35
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		354.008,87	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		354.008,87	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de TRESCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL OCHO EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS

Ejea de los Caballeros, a 19 de Enero 2012.

LA PROPIEDAD

LA DIRECCION FACULTATIVA

## **9. PLANOS**

Los planos del proyecto representan gráficamente todos los elementos contenidos en la construcción y definirá exhaustivamente su aspecto constructivo.

Se han realizado con la ayuda del programa SolidWorks y en ellos se podrán observar varias vistas de cada elemento, líneas de referencia, líneas de cota y lo más imprescindible las cotas.

Los planos estarán representados a diferentes escalas, de manera que todos los elementos puedan diferenciarse correctamente.

En este caso se utilizarán formatos manejables A3 y A4.

Los planos que se podrán ver a continuación serán los siguientes:

Nº 1 ZAPATA TIPO 1.

Nº 2 ZAPATA TIPO 2.

Nº 3 ZAPATA TIPO 3.

Nº 4 ZAPATA TIPO 4.

Nº 5 ZAPATA TIPO 5.

Nº 6 PILAR EXTERIOR PÓRTICO INTERMEDIO.

Nº 7 PILAR CENTRAL PÓRTICO INTERMEDIO.

Nº 8 PILAR EXTERIOR IZQUIERDO PÓRTICO HASTIAL.

Nº 9 PILAR EXTERIOR DERECHO PÓRTICO HASTIAL.

Nº 10 PILAR CENTRAL PÓRTICO HASTIAL.

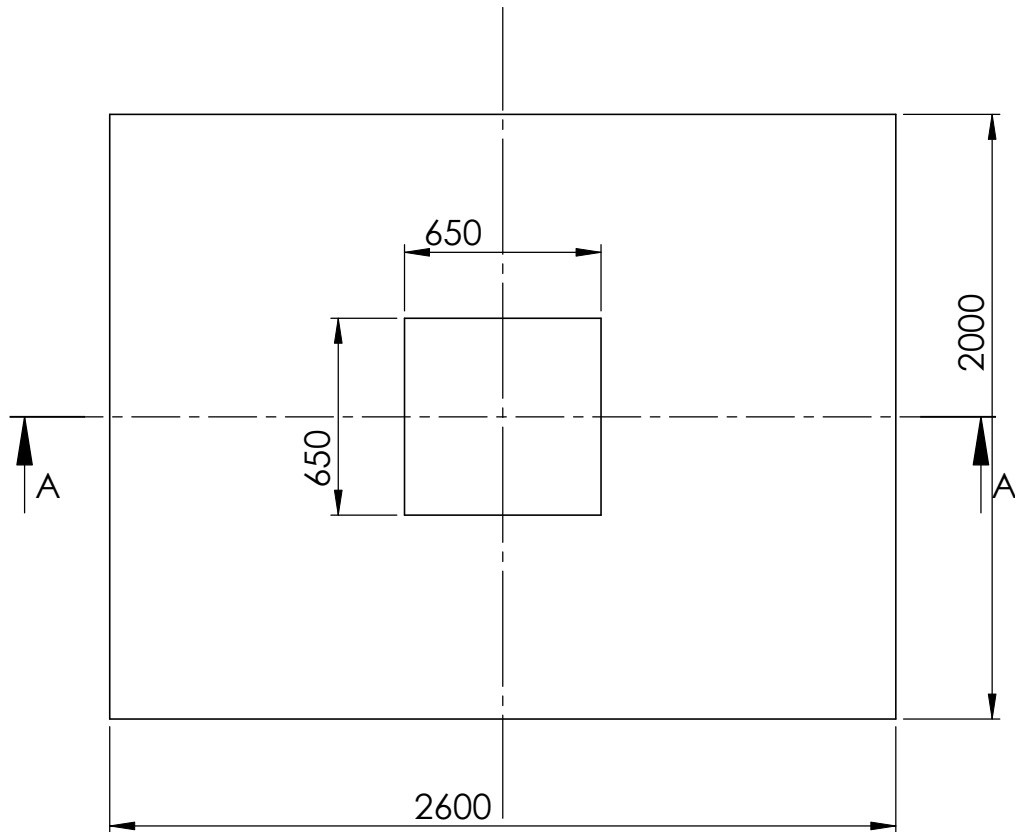
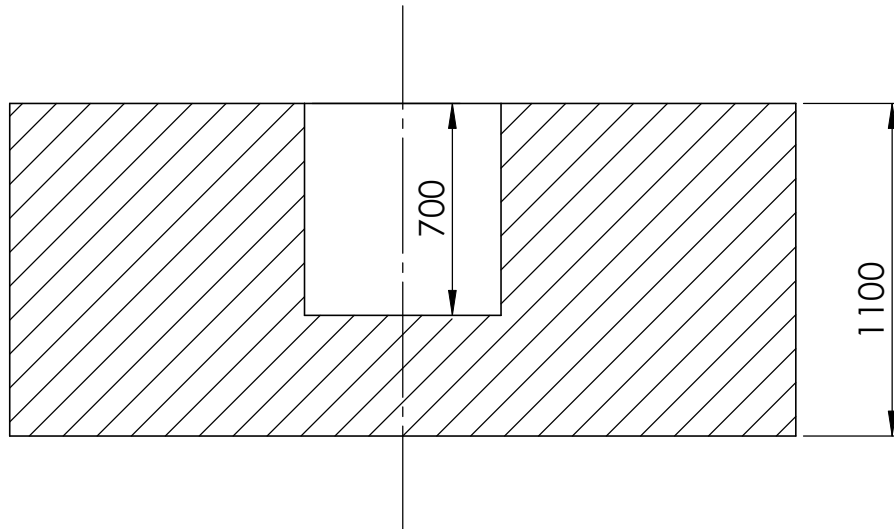
Nº 11 PILAR INTERMEDIO PÓRTICO HASTIAL.

Nº 12 VIGA DELTA.

Nº 13 JÁCENA PÓRTICO HASTIAL 1.

Nº 14 JÁCENA PÓRTICO HASTIAL 2.

Nº 15 SOLERA.



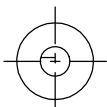
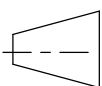
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior - Huesca  
Universidad Zaragoza  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA



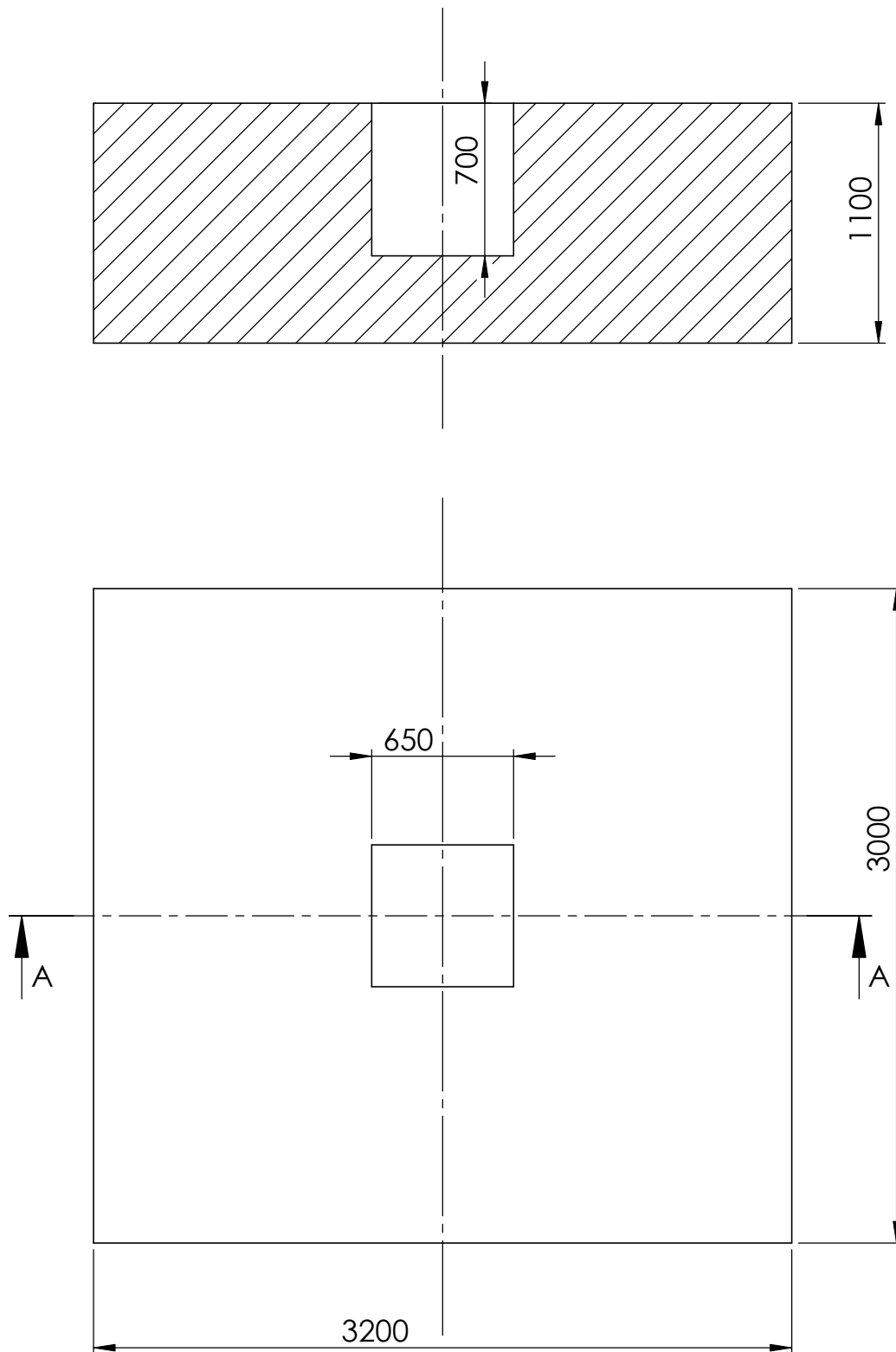
E 1/25

ENERO 2012

**ZAPATA TIPO 1**  
(260 cm x 200 cm x 110 cm)

Nº 1





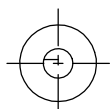
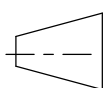
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior de Huesca  
Universidad Zaragoza  
Universidad  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

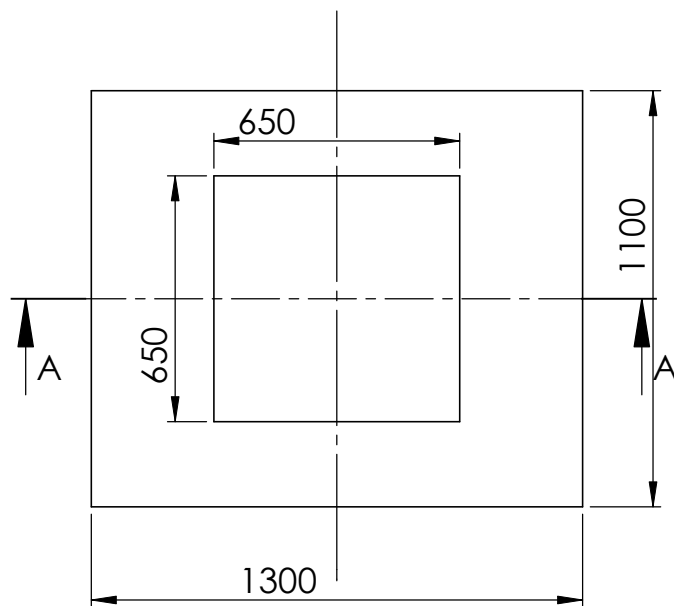
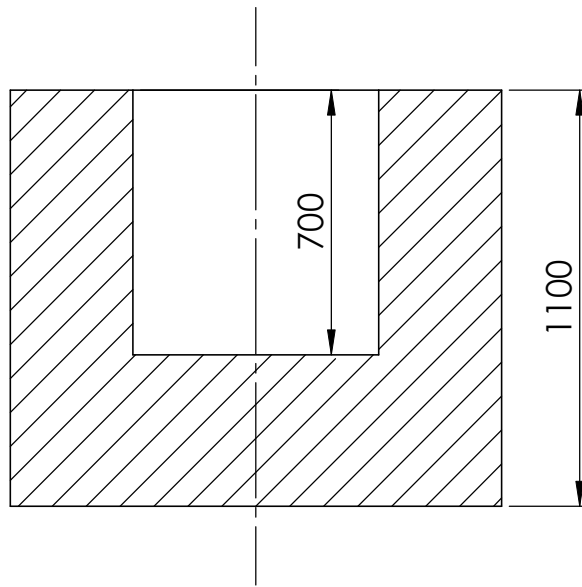


E 1/30

ENERO 2012

ZAPATA TIPO 2  
(320 cm x 300 cm x 110 cm)

Nº 2



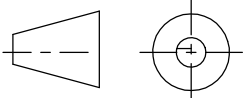
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior de Huesca  
**Universidad Zaragoza**  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

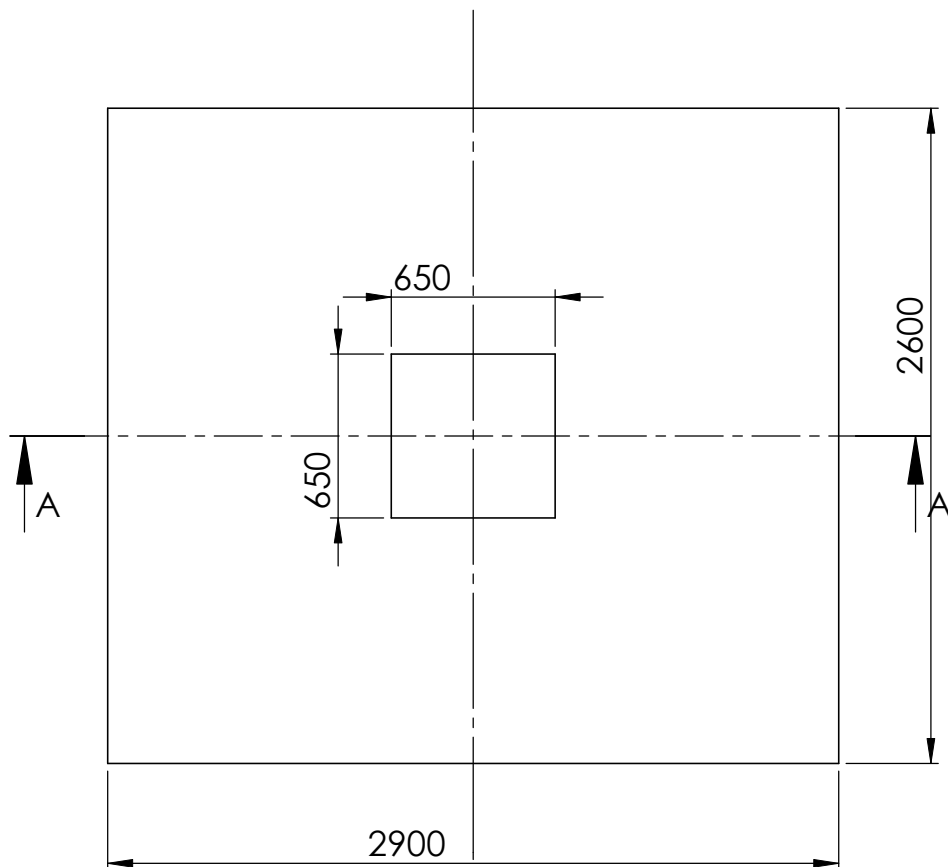
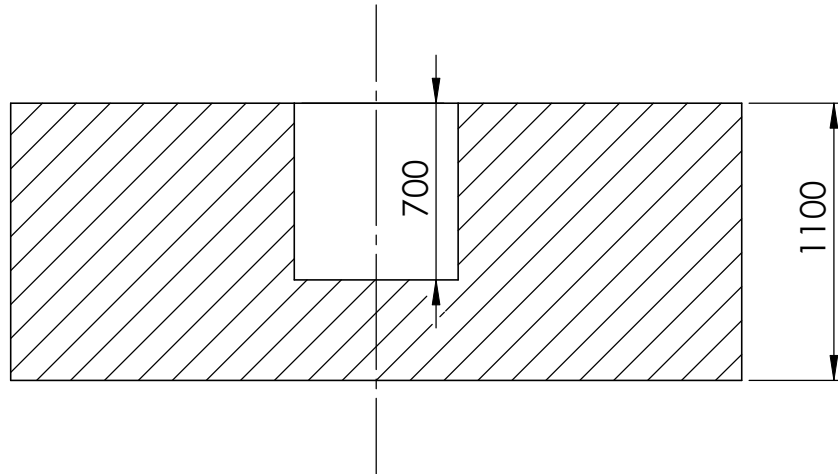


E 1/20

ENERO 2012

**ZAPATA TIPO 3**  
(130 cm x 110 cm x 110 cm)

Nº 3



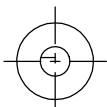
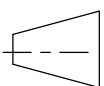
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior de Huesca  
Universidad Zaragoza  
Universidad  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

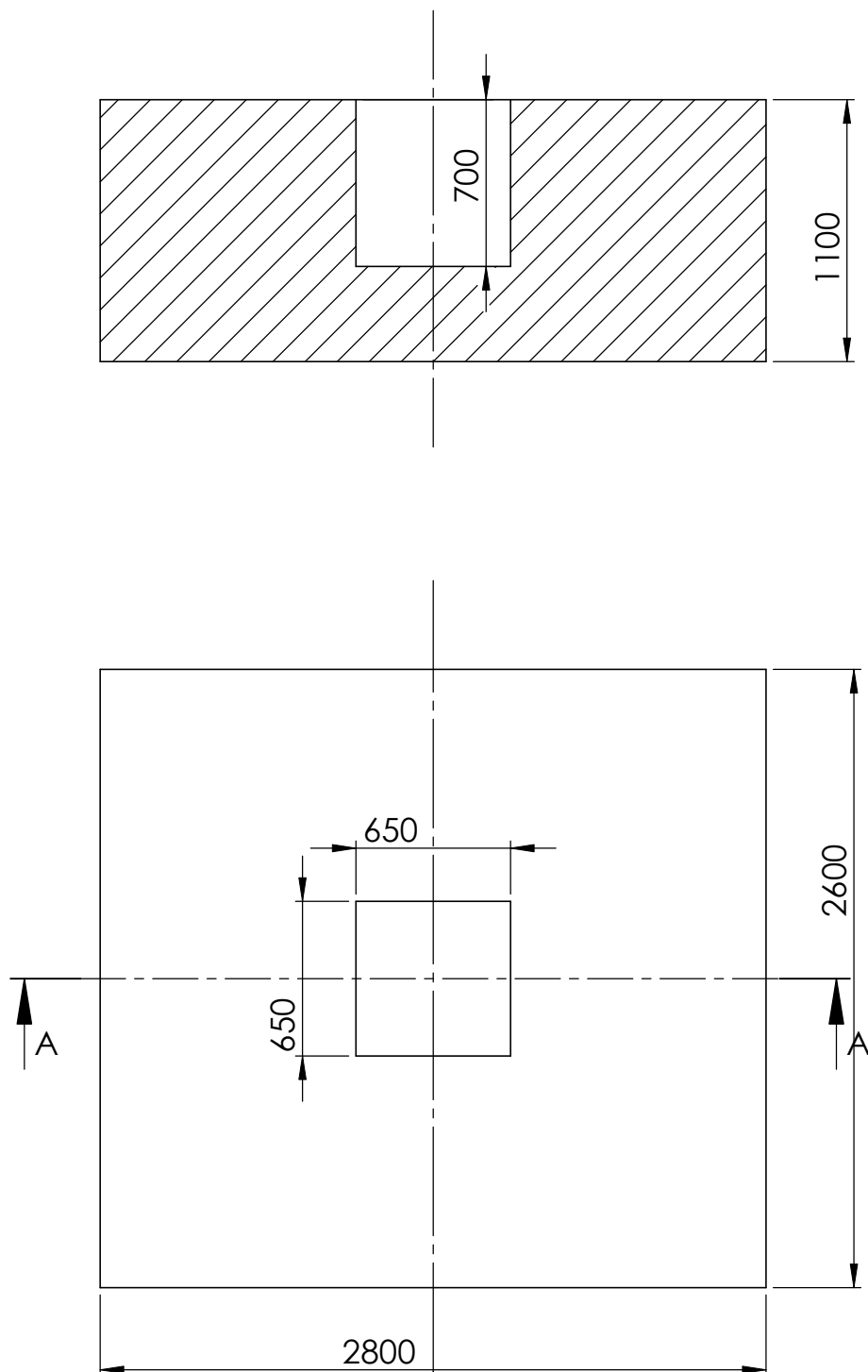


E 1/30

ENERO 2012

**ZAPATA TIPO 4**  
(290 cm x 260 cm x 110 cm)

Nº 4



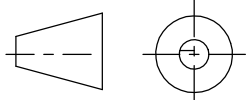
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior de Huesca  
Universidad Zaragoza  
Universidad  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

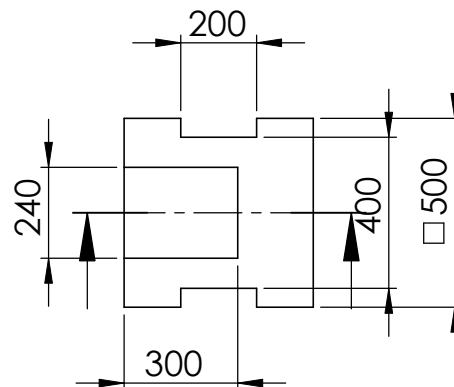
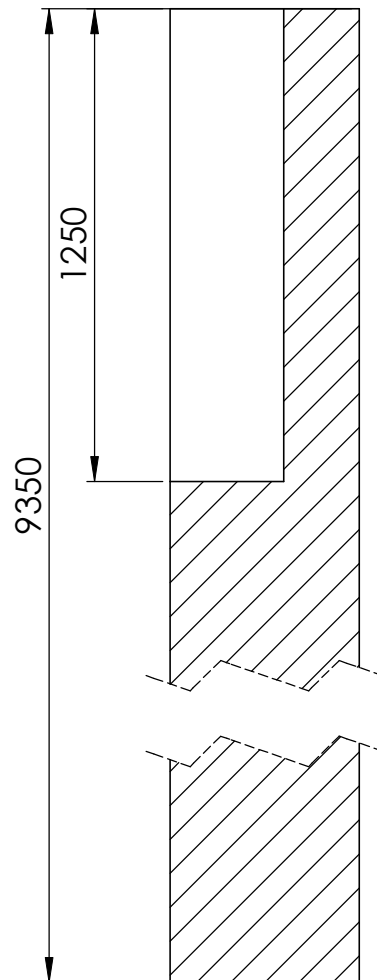


E 1/30

ENERO 2012

**ZAPATA TIPO 5**  
(280 cm x 260 cm x 110 cm)

Nº 5



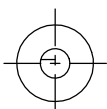
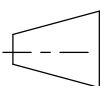
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior de Huesca  
Universidad Zaragoza  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

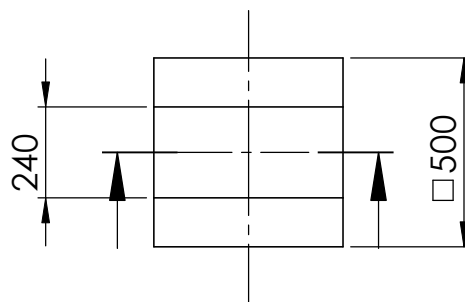
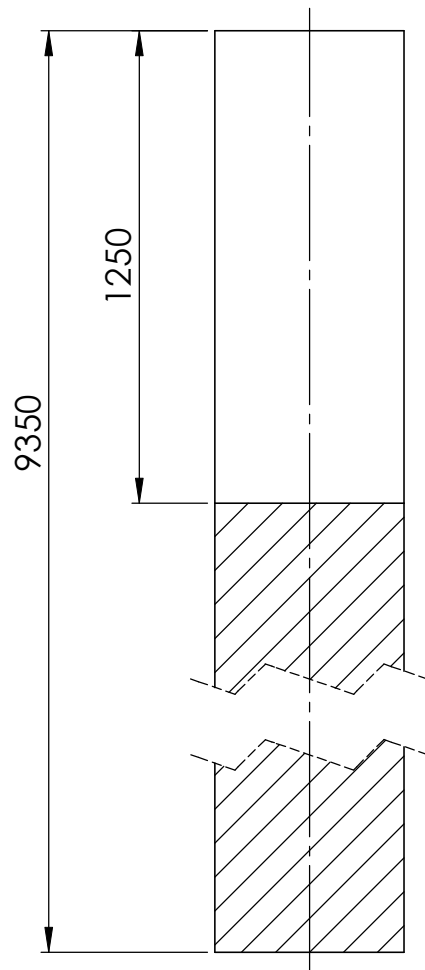


E 1/20

ENERO 2012

PILAR EXTERIOR  
PÓRTICO INTERMEDIO

Nº 6



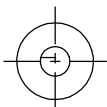
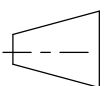
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior de Huesca  
Universidad Zaragoza  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

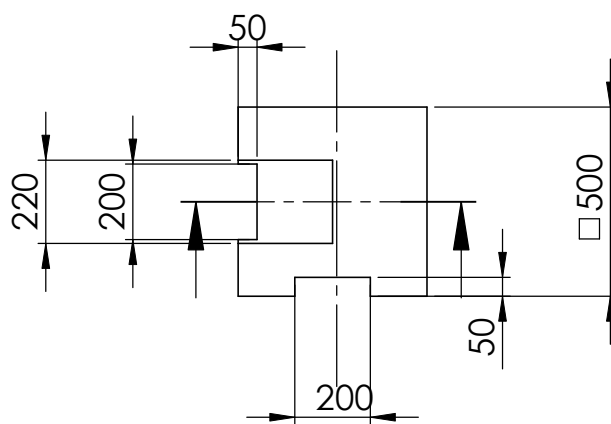
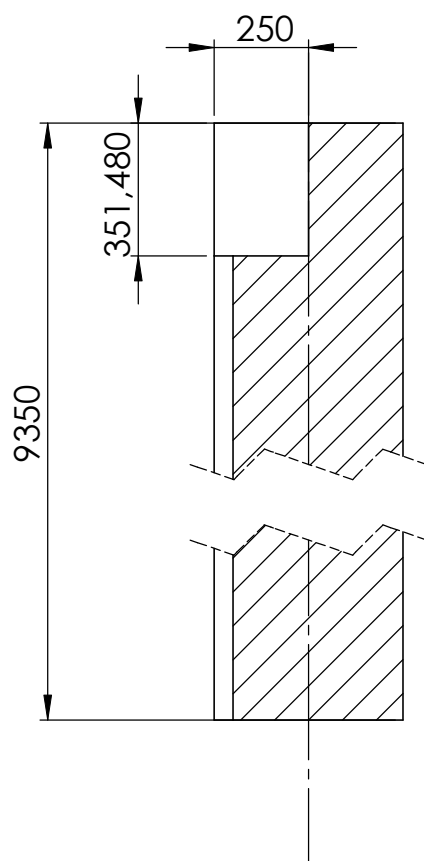


E 1/20

ENERO 2012

PILAR CENTRAL  
PÓRTICO INTERMEDIO

Nº 7



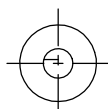
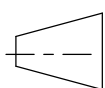
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior de Huesca  
Universidad Zaragoza  
Universidad  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

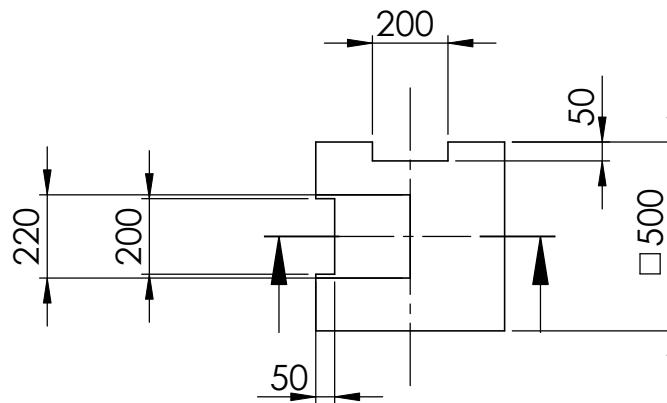
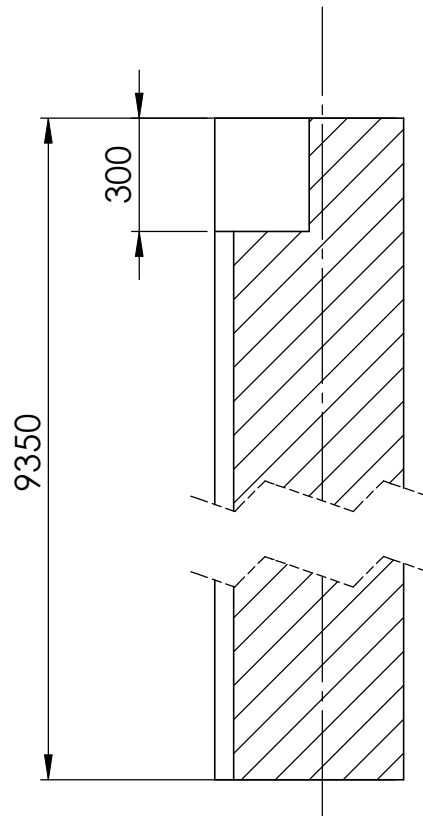


E 1/20

ENERO 2012

PILAR EXTERIOR IZQUIERDO  
PÓRTICO HASTIAL

Nº 8



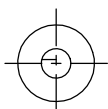
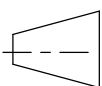
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior de Huesca  
Universidad Zaragoza  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA



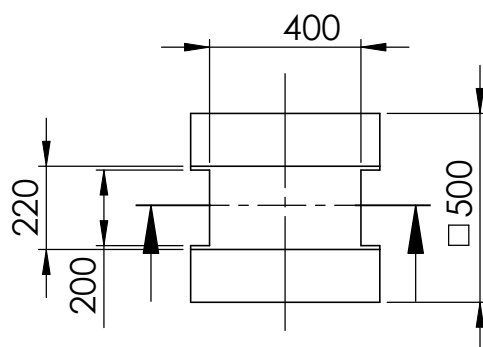
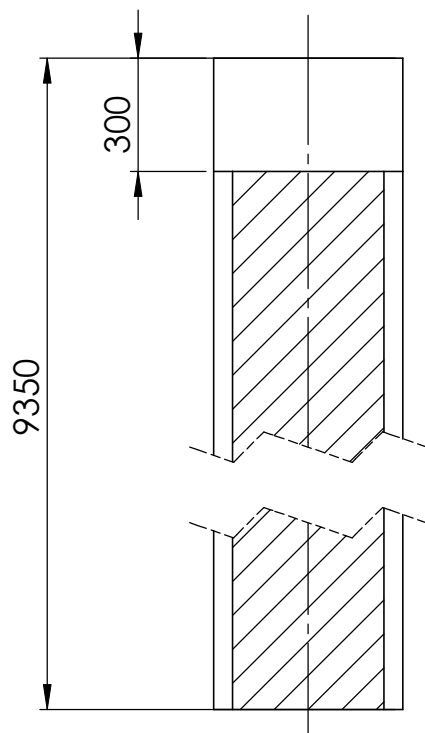
E 1/20

ENERO 2012

PILAR EXTERIOR DERECHO  
PÓRTICO HASTIAL

Nº 9





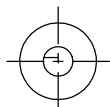
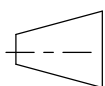
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior de Huesca  
Universidad Zaragoza  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

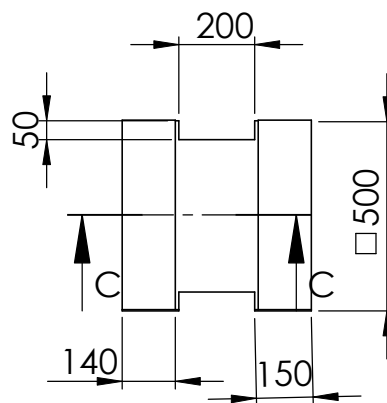
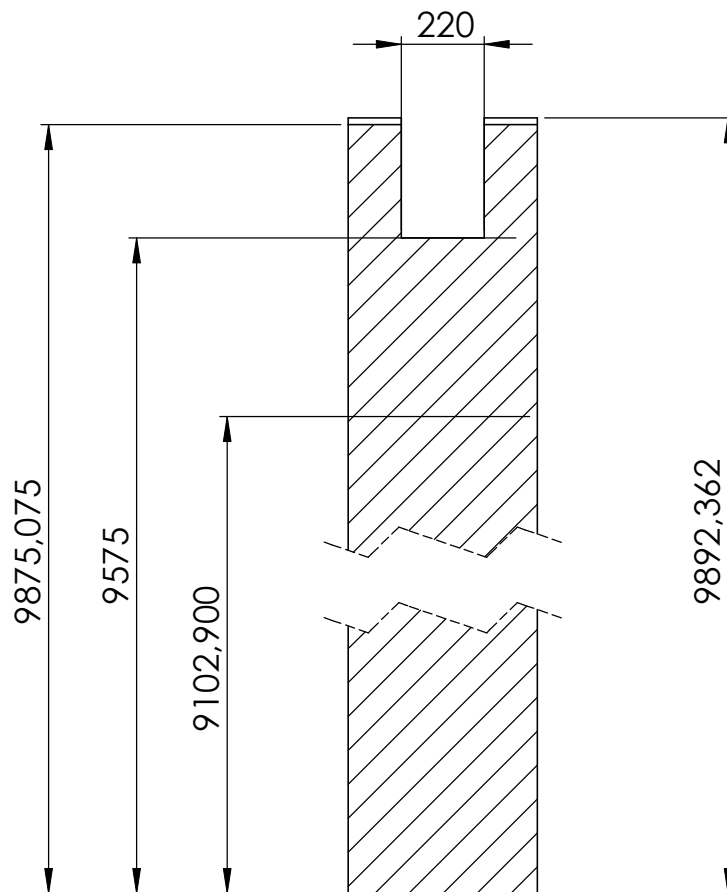


E 1/20

ENERO 2012

PILAR CENTRAL  
PÓRTICO HASTIAL

Nº 10



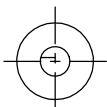
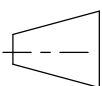
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior Huesca  
Universidad Zaragoza  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

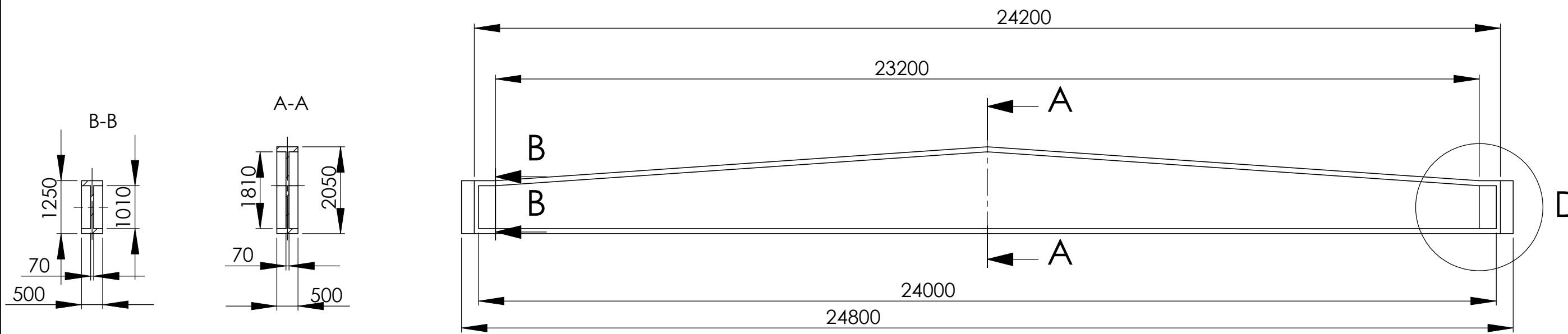


E 1/20

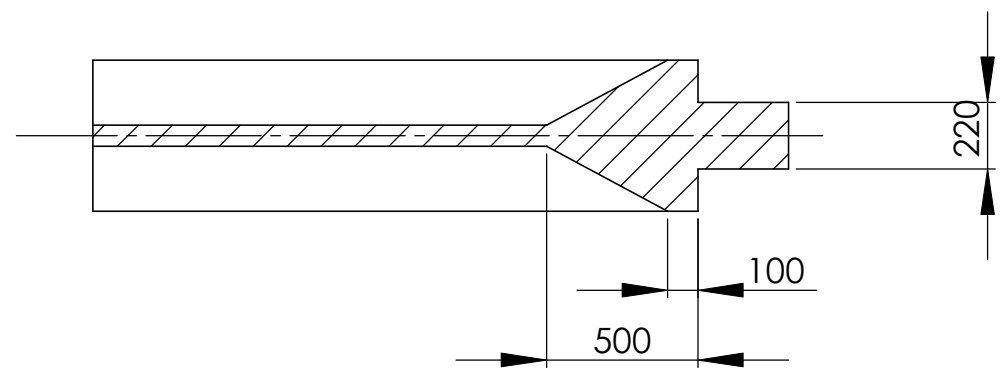
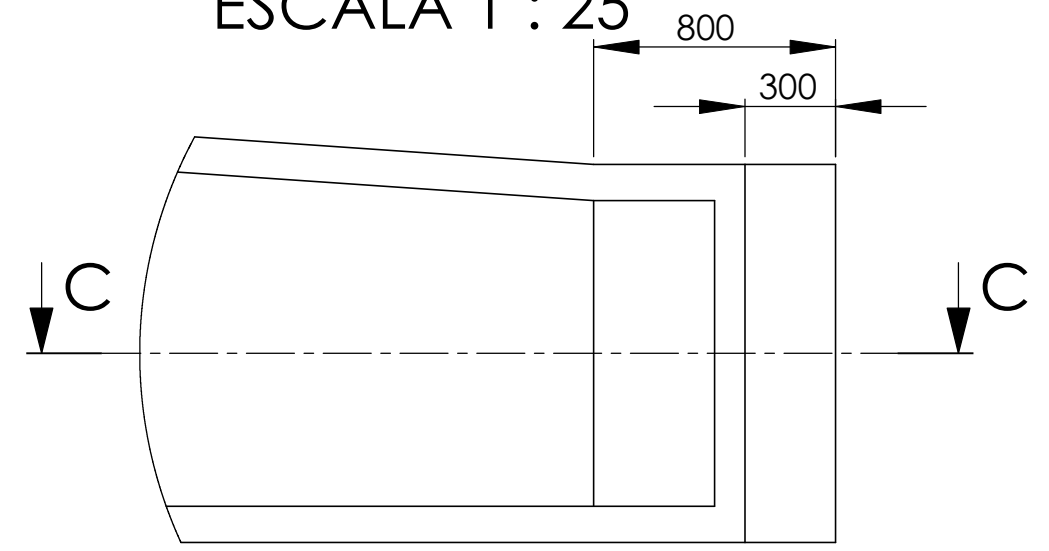
ENERO 2012

PILAR INTERMEDIO  
PÓRTICO HASTIAL

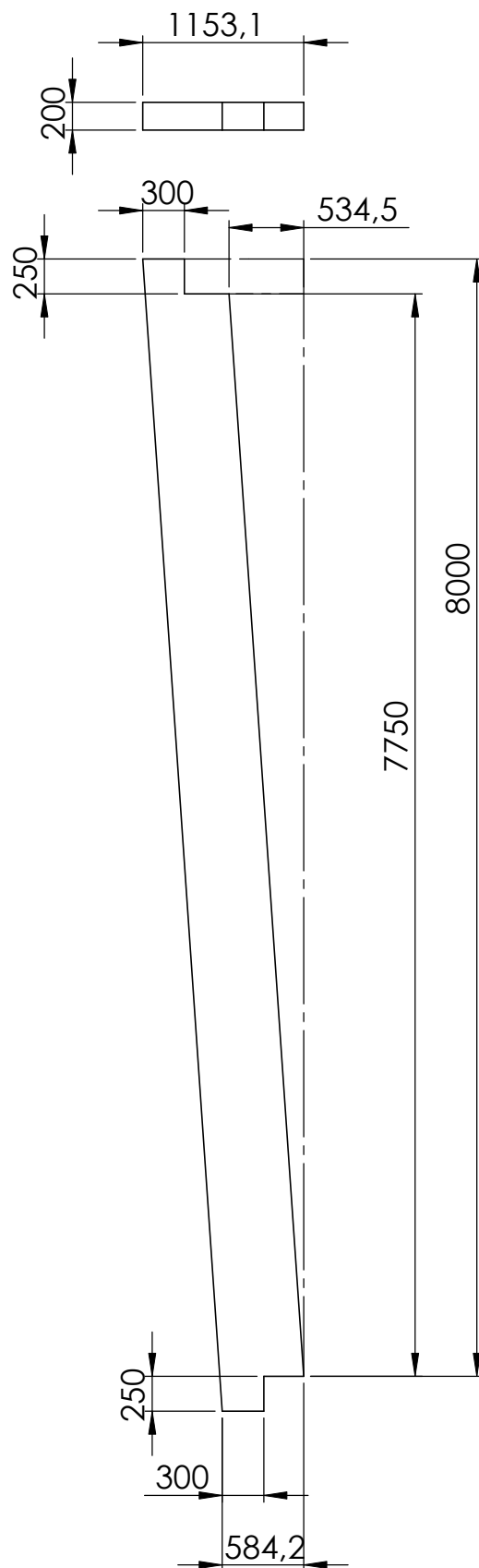
Nº 11



DETALLE D  
 ESCALA 1 : 25



CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO			
EITO LÓPEZ SARA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR HUESCA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA	
	E 1/100	VIGA DELTA	Nº 12
	ENERO 2012		



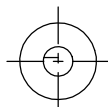
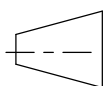
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior de Huesca  
Universidad Zaragoza  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

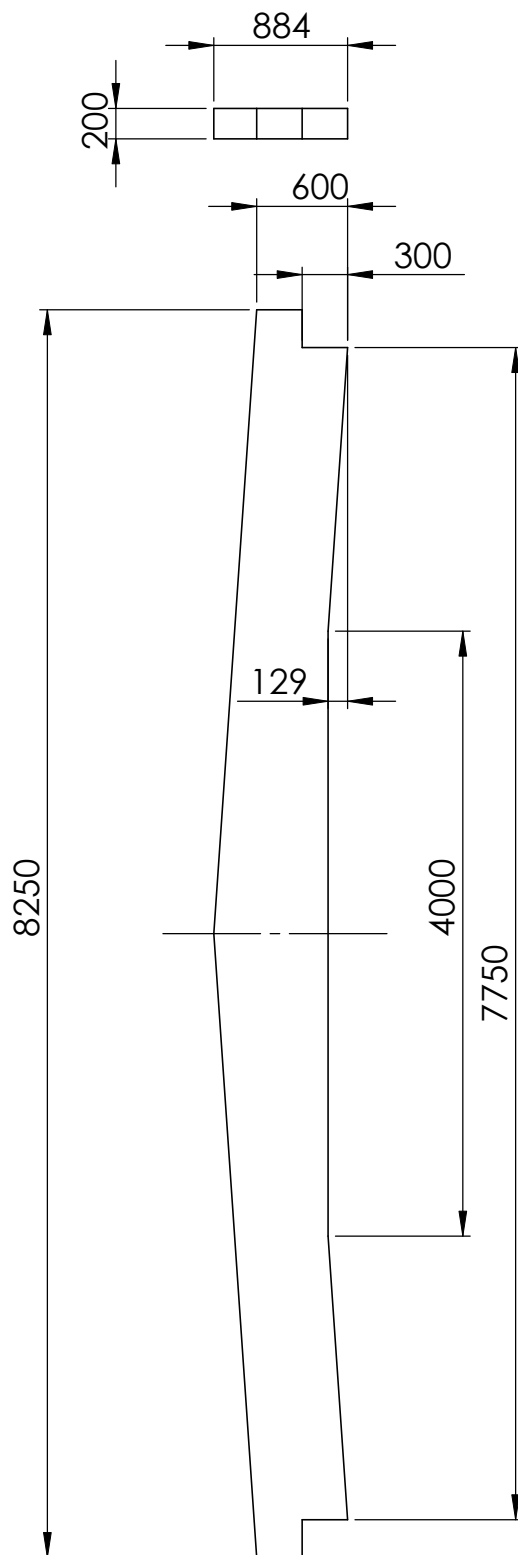


E 1/50

ENERO 2012

JÁCENA PÓRTICO  
HASTIAL 1

Nº 13



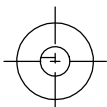
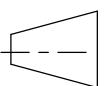
## CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO

EITO LÓPEZ SARA



Escuela Politécnica  
Superior de Huesca  
Universidad Zaragoza  
Zaragoza

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
HUESCA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

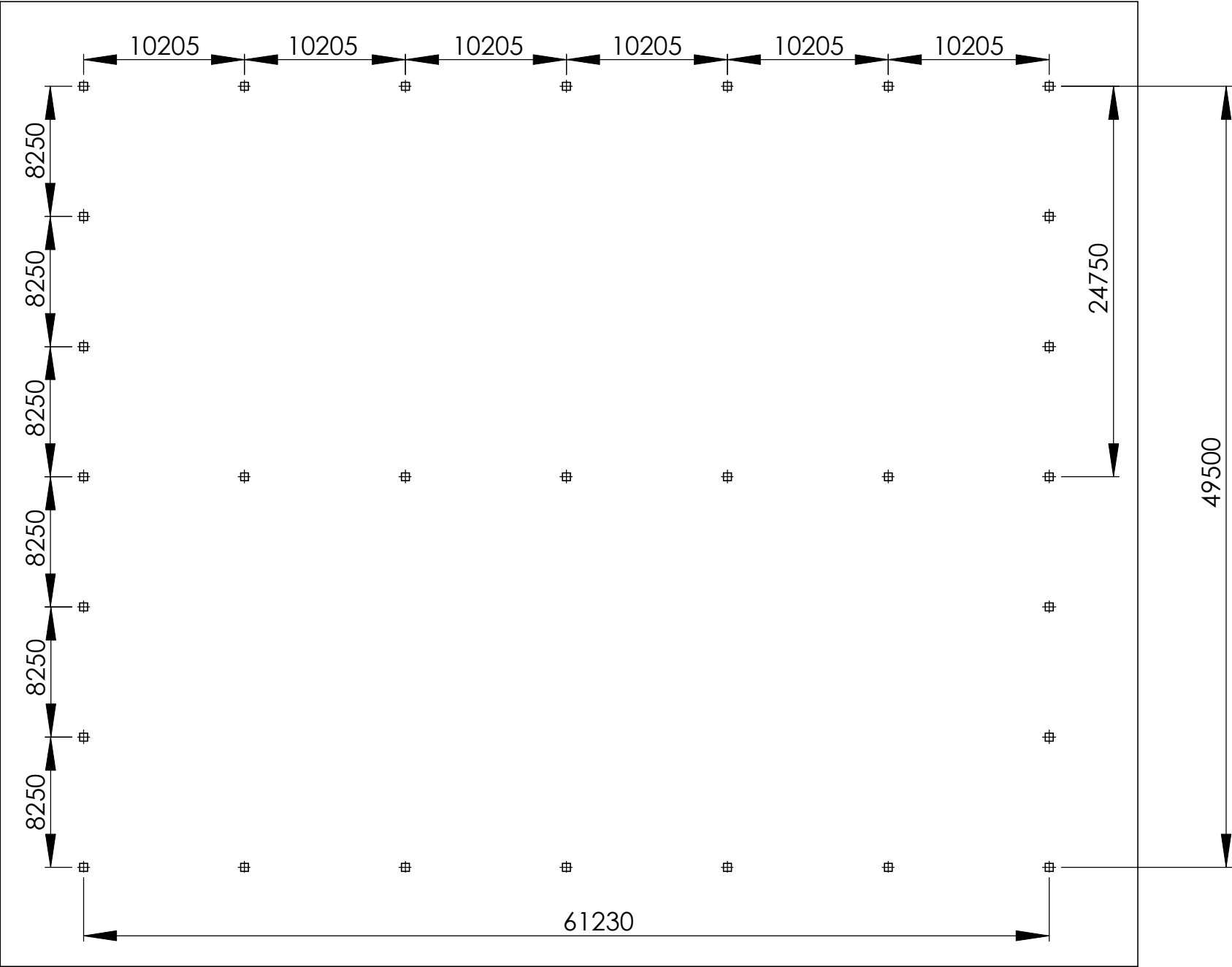


E 1/50

ENERO 2012

JÁCENA PÓRTICO  
HASTIAL 2

Nº 14



CÁLCULO Y DISEÑO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO SÓLIDO DE UNA NAVE DE HORMIGÓN ARMADO			
EITO LÓPEZ SARA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR HUESCA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA	
	E 1/350	SOLERA	Nº 15
	ENERO 2012		

## **10. CONCLUSIONES**

### **10.1 CONCLUSIONES DEL CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA NAVE MEDIANTE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA SAP2000**

Para el cálculo de la estructura, primero se ha calculado la separación entre correas y posteriormente las acciones que actúan sobre la estructura todo ello sin ayuda de programas informáticos.

Una vez se han calculado todas las acciones se pueden introducir al programa, los valores de dichas acciones que actúan sobre los distintos pórticos, en el programa informático SAP 2000 para el cálculo del valor de los efectos de las acciones sobre la estructura.

El programa SAP 2000 se ha utilizado para calcular el valor de los efectos de las acciones en los distintos elementos que componen la estructura. El SAP 2000 calcula el valor de los efectos de las acciones en la estructura. Con los datos de los esfuerzos calculados por el SAP se ha comprobado que los perfiles cumplen con las especificaciones del CTE.

Como opinión personal tengo que decir que es un programa de diseño de estructuras muy completo, aunque en este proyecto solo se han diseñado los pilares y jácenas de los pórticos que forman la nave industrial, en el programa SAP2000 pueden diseñarse todo tipo de estructuras.

También decir que es un programa de sencillo manejo, muy útil para aprender cómo funciona una estructura y como se modela.

Uno de los problemas que puede destacarse es que en el programa SAP2000 el usuario se debe definir el tipo de material, introducir las combinaciones, las cargas...etc.

## **10.2 CONCLUSIONES DEL MODELADO DE LA NAVE CON SOLIDWORKS**

Se ha utilizado el programa SolidWorks para el modelado en 3D de la estructura de una nave de hormigón tratando de explorar algunas de las múltiples ventajas que ofrece el mismo.

Se ha trabajado en 2D para la creación de los croquis de todos los elementos de la nave una vez conocidas las dimensiones de dichos elementos.

También se ha utilizado el modelado en 3D, donde se puede observar un modelo realista de lo que se va a construir, que permite anticipar errores en el diseño ya que la pieza o estructura se observa tal y como estará en la realidad, sin tener que interpretar planos en 2D, lo que permite detectar fallos en la fase de diseño que de otra manera serían detectados en la fase de montaje y por tanto supone un ahorro económico considerable. Al modelarse la estructura en 3D, cada elemento modelado está completamente especificado y de esta forma se podrían obtener directamente los planos en 2D.

Otra ventaja del SolidWorks frente a otros programas, es que se puede variar el sólido modelado para que se ajuste a otras necesidades ya que la aplicación permite realizar cambios modificándose el valor de las cotas y las relaciones de posición que determinan los croquis, así como variar todos los parámetros de las distintas operaciones realizadas.

Con SolidWorks una vez se ha realizado el modelado sólido en tres dimensiones, la obtención de planos tanto para planta como para montaje es rápida. Los planos realizados con el programa a partir de la pieza modelada están totalmente vinculados. Así, un cambio en la pieza o estructura produce un cambio en el dibujo y viceversa, reduciéndose de este modo los errores al tener en ambos documentos las mismas cotas. Como todos los planos de las distintas vistas de una pieza son obtenidos de un solo sólido, resulta más difícil que se produzcan errores al introducir medidas que si se realizaran los distintos planos de las vistas individualmente. Además, si se han elaborado los planos de una estructura y se quiere realizar otra similar, simplemente cambiando el valor de las cotas se actualizan tanto la pieza modelada en 3D como los planos anteriormente realizados con lo cual se ahorra trabajo. También se puede obtener del modelo en 3D el despiece de todas las piezas que componen la estructura para el montaje.

Otra ventaja que tiene el programa SolidWorks es que se puede variar el sólido modelado para que se ajuste a otras necesidades, ya que permite realizar cambios modificándose el valor de las cotas, las relaciones de posición que determinan los croquis y variar todos los parámetros de las operaciones realizadas.



Esta aplicación permite introducir cambios en el modelado a través de tablas de diseño, lo que permite crear gran cantidad de variaciones de un modelo con rapidez, esta aplicación resulta de gran utilidad cuando se realizan piezas o estructuras similares.

Al introducir las nuevas cotas del modelo, en una tabla, el programa realizará las operaciones necesarias pudiendo comprobar, de esta forma, el resultado de las modificaciones inmediatamente.

SolidWorks también permite aplicar relaciones entre cotas a través de ecuaciones, estableciendo relaciones que se mantienen cuando se modifica el valor de alguna de las cotas relacionadas, lo que facilita y agiliza los cambios en la pieza.

Como desventaja se podría citar que es un programa que utiliza muchos recursos gráficos, por tanto se necesita un ordenador con bastante potencia, en cuanto a memoria RAM. A la hora de realizar los sólidos por separado no hay problema si se trabaja con un ordenador doméstico, pero cuando se empiezan a ensamblar todos los elementos se comienzan a detectar problemas, en cuanto a la rapidez del programa.

## 11. **BIBLIOGRAFÍA**

### LIBROS

- EH-88 y EF-88 (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo).
- Problemas, dudas y soluciones durante el proyecto y ejecución de la edificación. (Manuel Muñoz Hidalgo).
- Proyecto y Cálculo de estructuras de Hormigón Armado para Edificios. Tomo II. (J.Calavera).
- EHE. Instrucción de Hormigón Estructural. (Ministerio de Fomento)
- Conceptos Básicos de SolidWorks: Piezas y ensamblajes.
- Normas Tecnológicas de la Edificación. Instalaciones. (Ministerio de Fomento).
- Normas Tecnológicas de la Edificación. Cubiertas. (Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente).

### PÁGINAS DE INTERNET

- [www.prefabricadosaljema.com](http://www.prefabricadosaljema.com)
- <http://www.tecnyconta.es>
- [www.grupoprainsa.com](http://www.grupoprainsa.com)
- [www.solidworks.es](http://www.solidworks.es)
- [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)