# ANEJO 8: CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

# ÍNDICE


**1 INTRODUCCIÓN 4**

**2 DATOS DE PARTIDA 4**

**3 CARCATERISTICAS DE LOS MATERIALES 4**

3.1 DURABILIDAD 6

**4 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS 6**

4.1 ESTRUCTURA FLOTANTE 6

4.2 MARQUESINA PARA ALOJAMIENTO DE INVERSORES 7

**5 ESTRUCTURA SOLAR FLOTANTE 8**

5.1 NORMATIVA APLICADA 8

5.2 ACCIONES 9

**5.2.1 Permanentes 9**

**5.2.2 Variables 9**

5.3 ANÁLISIS DE FLOTABILIDAD 18

**5.3.1 Principio teórico 18**

**5.3.2 Cálculo de flotabilidad 19**

**5.3.3 Cargas que afectan a la flotabilidad 21**

**5.3.4 Evaluación de la flotabilidad del sistema. 21**

5.4 DISEÑO DEL AMARRE Y ANCLAJE. 22

**5.4.1 Cálculo de número de anclajes y amarres 23**

**5.4.2 Cálculo de anclajes 25**

**5.4.3 Dimensionado de cabos de amarre. 31**

**6 MARQUESINA 33**

6.1 NORMATIVA APLICADA 33

6.2 ACCIONES 33

**6.2.1 Permanentes 33**

**6.2.2 Variables 35**

6.3 CÁLCULOS ESTRUCTURALES 35

**6.3.1 Coeficientes de seguridad e hipótesis de carga 36**

**6.3.2 Estudio de los elementos estructurales 40**

**6.3.3 Comprobación a E.L.U 44**

**6.3.4 Cimentación 44**

# 1 INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se calculan y definen dos estructuras bien diferenciadas según la función para las que se proyectan.

Por un lado, se proyecta la estructura flotante que va a alojar las placas solares, determinando las cargas a la que va a estar sometida dicha estructura, dimensionando respecto a las mismas los sistemas de anclaje, amarre.

Por otro lado, se proyecta una marquesina para alojar y proteger los inversores, y de la misma forma que la estructura anterior, se han determinado las cargas a las que va a estar sometida la misma, dimensionando respecto a las mismas los perfiles metálicos y la cimentación.

En este anejo se verifica el comportamiento mecánico de las estructuras sometidas a distintas cargas y se realiza el cálculo y el diseño de las mismas, presentando los cálculos realizados que justifican la solución representada en los planos.

# 2 DATOS DE PARTIDA

Se ha realizado un análisis de la información y documentación en cuanto a características de la balsa, tanto constructivas y estructurales como referentes a las variaciones de niveles de agua.

Los datos constructivos y estructurales garantizan que la plataforma planteada puede instalarse con seguridad, ya que dispone de espacio suficiente en la masa de agua, y zonas estables donde instalar los anclajes. Los taludes tienen una pendiente aproximada de 84º.

Como se verá más adelante, para este tipo de instalaciones se suelen usar anclajes exteriores.

La profundidad de la balsa es de aproximadamente 8m, y este será el valor supuesto como variación de nivel, ya que se considera que se vaciará completamente en algún momento, ya sea por necesidades de riego, escasez de agua o labores de mantenimiento.

# 3 CARCATERISTICAS DE LOS MATERIALES

| **ACERO ARMADURAS PASIVAS** | |
|---|---|
| Tipo | B - 500 S |
| Nivel de control | Normal |
| Resistencia característica $f_{yk}$ | 500 MPa |
| Coeficiente de minoración $\gamma_s$ (situac. Persistentes o transitorias) | 1,15 MPa |
| Resistencia de cálculo $f_{yd}$ | 435 MPa |

| | |
|---|---|
| Módulo de Elasticidad $E_s$ | 200.000 Mpa |
| **HORMIGÓN ARMADO EN CONTACTO CON AGUA O ENTERRADAS EN SUELOS NO AGRESIVOS.** | |
| Tipo | HA-30 / B / 20 / XC2 |
| Nivel de control | Normal |
| Resistencia característica $f_{ck}$ | 30 N/mm² |
| Resistencia media $f_{cm}$ | 38 N/mm² |
| SITUACIONES PERSISTENTES O TRANSITORIAS | |
| Coeficiente de minoración $\gamma_c$ | 3,00 |
| Resistencia de cálculo $f_{ck}$ | 17,00 N/mm² |
| SITUACIONES ACCIDENTALES | |
| Coeficiente de minoración $\gamma_c$ | 2,00 |
| Resistencia de cálculo $f_{ck}$ | 19,62 N/mm² |
| MODULO DE ELASTICIDAD | |
| Módulo de Elasticidad inicial $E_{co}$ | 34.000 N/mm² |
| Módulo de Elasticidad secante $E_c$ | 29.000 N/mm² |
| Módulo de Poisson $v_c$ | 0,20 |

| | |
|---|---|
| **ACERO PERFILES LAMINADOS O CONFORMADOS** | |
| Tipo | S-275 JR |
| Tensión de límite elástico fy | 275 N/mm² |
| Tensión de rotura fu | 410 N/mm² |
| Temperatura del ensayo de Charpy | 20º C |
| Módulo de elasticidad Ey | 210.000 N/mm² |
| Módulo de rigidez Gy | 81.000 N/mm² |
| Coeficiente de Poisson vy | 0,3 |

| | |
|---|---|
| **POLIMETO PARA FLOTADORES** | |
| Tipo | HDPE |
| Densidad | 982 g/cm³ |
| Resistencia a Tracción | 26 MPa |
| Módulo de flexión | 1.320 MPa |
| Resistencia a la temperatura | -50 ºC/80 ºC |
| Espesor Mínimo | 3,0 mm |
| Flotabilidad hasta el calado del módulo fotovoltaico | 110 Kg/m² |
| Resistencia a Tracción | 1.000 Kg |

## 3.1 DURABILIDAD

Para todos los elementos formados por Hormigón Armado, en este caso las cimentaciones de nuestras estructuras, se ha considerado una clase de exposición XC2, "Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente en contacto con agua o enterradas en suelos no agresivos (por ejemplo, cimentaciones)", dado que los distintos elementos estructurales se sitúan permanentemente enterrados.

Para esta exposición, el hormigón armado deberá presentas los siguientes condicionantes:

- Relación máxima agua / cemento de 0,60.
- Contenido mínimo en cemento de 250 kg/m3.
- Recubrimiento mínimo 20 mm, para una vida útil de 50 años. Considerando un margen de recubrimiento de 10 mm, se adopta un recubrimiento nominal de 50 mm.
- Máxima abertura de fisura de 0,30 mm.
- Resistencia mínima característica de 25 MPa.
- Tipo de cemento a utilizar: cualquiera.

# 4 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

## 4.1 ESTRUCTURA FLOTANTE

La plataforma flotante consiste en un sistema modular y flexible de elementos flotantes fotovoltaicas que crean una retícula estructurada de unidades flotantes. Los flotadores modulares soportan los paneles solares y a su vez, se utilizan como soporte para caminos de servicio, explotación y evacuación eléctrica.

La estructura sobre la que se montarán los módulos tendrá una inclinación de 5º sobre la horizontal y ángulo acimut de 2º.

La cubierta flotante se ancla al exterior mediante cabos perimetrales, amarres o cuerdas que unen las alineaciones perimetrales de la plataforma solar con el sistema de cimentación situado sobre el camino de coronación. Estos a su vez se une a un sistema de cimentación o anclaje fijo situado sobre el camino de coronación.

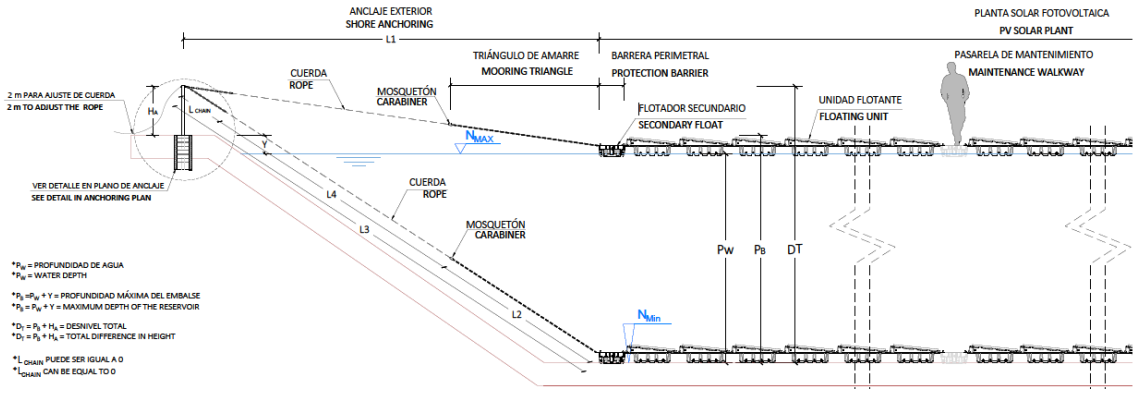



**Ilustración 1: Estructura de anclajes**

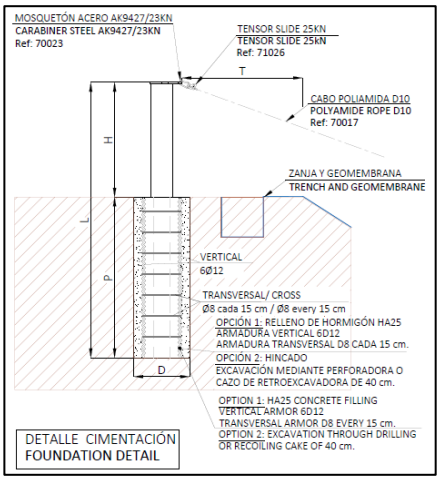



**Ilustración 2: Detalle del sistema de anclaje**

## 4.2 MARQUESINA PARA ALOJAMIENTO DE INVERSORES

Se dimensiona y calcula una marquesina a un agua con el programa Cypecad. Los pilares y dinteles de los semiporticos conformados por perfiles metálicos IPE, formando 5 vanos de 3,10 m. Asimismo se dimensionan vigas de atado de acero conformado de sección rectangular hueca, separados entre ellos 1,00 m, formando 3 vanos.

Además de lo anterior se dispone de dos vigas soldadas a todos los semiporticos, de acero conformado y sección también rectangular, que soportaran las cargas de los inversores.

Finalmente se dimensionan las zapatas de hormigón armado, con vigas de atado entre ellas para limitar el deslizamiento.

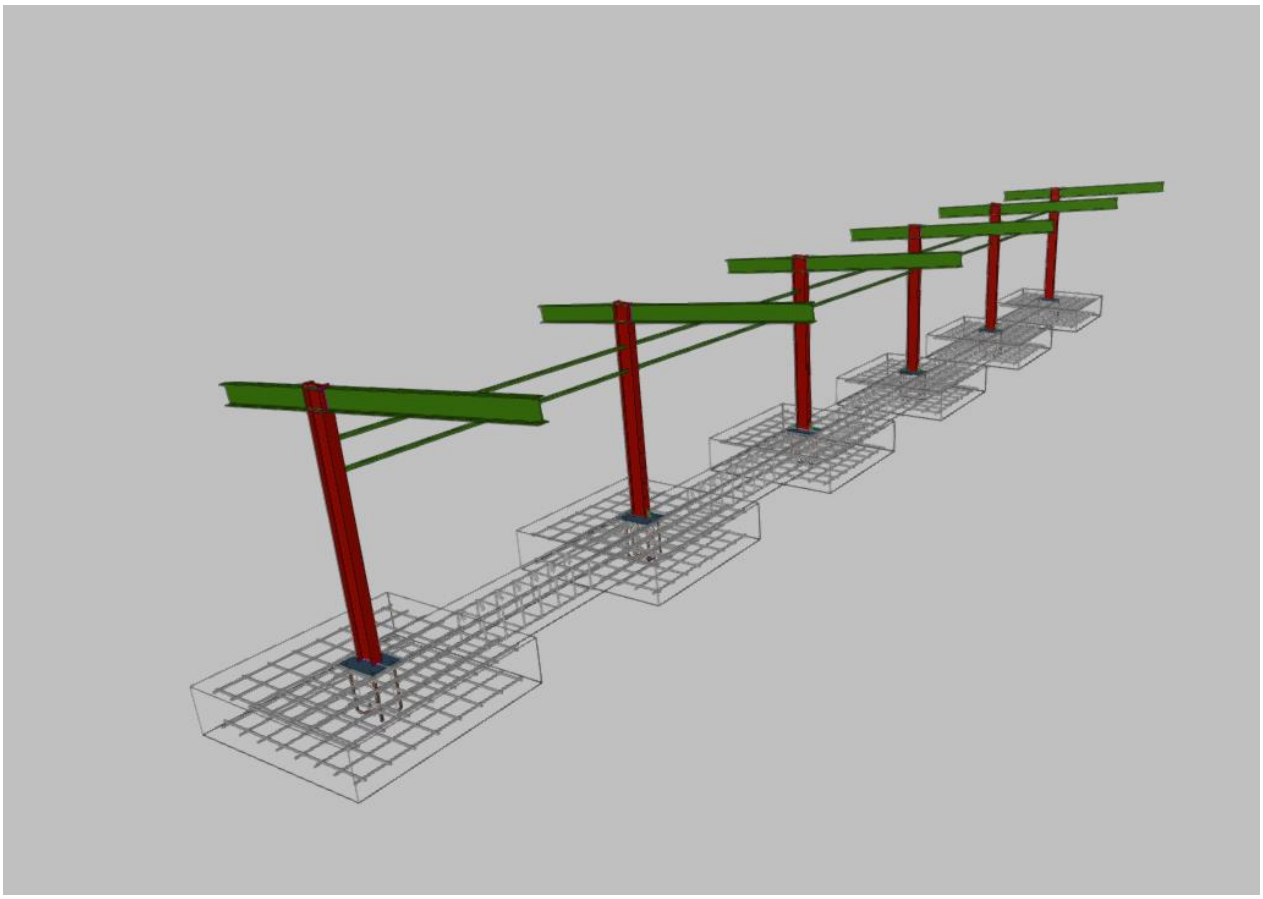


**Ilustración 3: Marquesina para los inversores**

Dada la heterogeneidad de las estructuras que en este proyecto se desarrollan, para que se diferencie de forma clara el procedimiento de cálculo llevados a cabo en cada una de ellas, se explican y desarrollan cada una de ellas de forma independiente.

# 5 ESTRUCTURA SOLAR FLOTANTE

## 5.1 NORMATIVA APLICADA

En la elaboración del presente anejo estructural se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Eurocódigo 1 (UE) Acciones en estructuras
- Eurocódigo 2 (UE) para Hormigón.
- Eurocódigo 3 y 4 (UE) para Acero Conformado y Laminado.

## 5.2 ACCIONES

### 5.2.1 Permanentes

Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de los distintos elementos que forman parte de la estructura. Corresponden a acciones que actúan en todo momento y son constantes en posición y magnitud. Comprenden el peso propio y las cargas muertas. Sus valores se deducen de las dimensiones de los elementos especificadas en los planos y de sus pesos específicos correspondientes.

***PESO PROPIO:***

Corresponde al peso de los elementos estructurales, con su sección bruta, aplicándole el peso específico del material:

- Peso propio hormigón: 25,00 kN/m³.
- Peso Acero S-275: 7.850 kN/m³.

***PESO FLOTADOR:***

- 1 flotador: 0,076 kN

***PESO PANELES FV:***

- 1 panel FV: 0,283 kN

### 5.2.2 Variables

Son acciones externas a la estructura que pueden actuar o no sobre ella. Se han considerado los siguientes valores característicos.

#### *5.2.2.1 Sobrecarga de nieve*

En cubiertas planas situados en localidades de altitud inferior a 1.000 m, es suficiente considerar una carga de nieve de 1,0 kN/m².

Para esta localización tiene un valor de 0,64kN/m² y se considera esta carga uniformemente distribuida por toda la superficie.

#### *5.2.2.2 Sobrecarga de viento*

Dada la importancia de este punto en nuestras estructuras, nos centraremos en describir correctamente el desarrollo del cálculo de la fuerza del viento.

Para calcular la velocidad máxima del viento se ha utilizado el EUROCODIGO 1 (EN 1991-1-4:2005/A1:2010).

No obstante, en el caso de la estructura flotante, el cálculo de las fuerzas de viento no resulta sencillo y debido a la falta de normativa dedicada a este sector, se han tenido que realizar una serie de supuestos y aproximaciones para poder calcular las fuerzas resultantes sobre la plataforma. Para ello se ha realizado un cálculo estático suponiendo que la plataforma es una estructura fija, a partir de las directrices establecidas en el EUROCÓDIGO, y posteriormente se han validado estos cálculos a través de una simulación de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), obteniendo como resultado que las hipótesis adoptadas resultaban coherentes. Los datos de este estudio pueden verse en el Anexo final de este documento.

***VELOCIDAD BÁSICA DEL VIENTO.***

De acuerdo con el EUROCODIGO 1, se debe determinar la velocidad básica del viento en la localización del proyecto a partir de la velocidad básica fundamental. Esta es la velocidad media a lo largo de un periodo de 10 minutos en una zona plana y desprotegida frente al viento a una altura de 10 metros sobre el suelo, y se obtiene a partir de datos climatológicos.

La velocidad básica fundamental del viento adoptada es **26 m/s**.

A partir de ésta, calculamos la velocidad básica del viento ($v_b$) teniendo en cuenta el factor direccional ($C_{dir}$) y el factor estacional ($C_{season}$), tomando un valor recomendado de 1.

Se puede calcular la velocidad básica del viento a partir de la siguiente ecuación:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \rightarrow v_b = 1 \cdot 1 \cdot 26 = \mathbf{26\ m/s}$$

***VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO.***

La velocidad media del viento a una altura z sobre el terreno depende del factor de rugosidad y de la orografía. El factor de rugosidad del terreno ($c_r$) tiene en cuenta la altura sobre el nivel del suelo y la propia rugosidad. Depende de la categoría del terreno y, normalmente, para la zona II: *Áreas con vegetación baja, como hierba, y obstáculos aislados (árboles, edificaciones) con separaciones de al menos 20 veces la altura de los obstáculos*, se toma $c_r$ = 1.0.

El coeficiente orográfico o topográfico ($c_o$) incluye los efectos de aumento de la velocidad del viento en función de la orografía del terreno (colinas, escarpaduras, taludes, etc.) Normalmente se establece que $c_o$ = 1.0, porque el cuerpo de agua no se encuentra en la cima de una colina o debajo de una cresta.

Con esto, la velocidad media del viento se calcula como:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b \rightarrow 1 \cdot 1 \cdot 26 = \mathbf{26\ m/s}$$

***PRESIÓN DEL VIENTO.***

La presión del viento ($q_p$) depende de:

- Coeficiente de exposición en la altura z ($C_e$)
- Presión básica del viento ($q_b$)

Según el EUROCODIGO 1, la fórmula a aplicar es:

$$q_p(z) = C_e(z) \cdot q_b$$

La presión básica del viento ($q_b$) o presión dinámica se calcula teniendo en cuenta el valor básico de la velocidad y la densidad del aire.

Puede adoptarse un valor de la densidad del aire ($\delta$) de 1,25 kg/m³.

La fórmula que se aplica según el EUROCODIGO 1 es:

$$q_b = 0{,}5 \cdot \delta \cdot {v_b}^2 \rightarrow q_b = 0{,}5 \cdot 1{,}25 \cdot 26^2 = \mathbf{422{,}5\,\frac{N}{m^2} = 42{,}25\,\frac{kg}{m^2}}$$

En cuanto al coeficiente de exposición ($C_e$), se calcula a partir del grado de aspereza, que depende a su vez de la zona de ubicación de la planta y de la altura de coronación.

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

$$F = k \cdot Ln\left(\frac{max(z, Z}{L}\right)$$

De la siguiente tabla obtenemos los parámetros necesarios para calcular el coeficiente de rugosidad (F):

| Grado Aspereza | Descripción | Parámetros | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 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 5km 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 |

Tabla 1: Coeficientes para tipo de entorno. Fuente:CTE

Sabiendo que nuestras ubicaciones corresponden con la *Zona II: Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia*, aplicamos las fórmulas correspondientes para obtener $C_e$.

Para una altura de 1 metro:

$$F = k \cdot \ln\left(\frac{\max(z, Z)}{L}\right) = 0{,}17 \cdot \ln\left(\frac{1}{0{,}01}\right) = 0{,}7829$$

$$C_e = F \cdot (F + 7 \cdot k) = 0{,}7829 \cdot (0{,}7829 + 7 \cdot 0{,}17) = 1{,}54$$

Y por tanto, la presión del viento a 1 metro de altura será:

$$q_p = C_e \cdot q_b = 1{,}54 \cdot 422{,}5 = \mathbf{650{,}7\,\frac{N}{m^2} = 0{,}65\,\frac{kN}{m^2}}$$

***VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO.***

La velocidad máxima del viento se obtiene a partir del coeficiente de exposición, calculado en el apartado anterior. También se tiene en cuenta el factor de probabilidad $(f_p)$ que toma un valor de 0,97, correspondiente a la probabilidad de superación anual de 0,028 (es decir, 1 año cada 35 años). Esta velocidad es la que realmente está siendo aplicada sobre la planta solar flotante y la calculamos a partir de la fórmula:

$$v_p\,(z) = \sqrt{C_e(z)} \cdot v_m \cdot f_p \rightarrow \sqrt{1{,}54} \cdot 26 \cdot 0{,}97 = \mathbf{31{,}29\,\frac{m}{s} = 112{,}66\,\frac{km}{h}}$$

***ANÁLISIS DEL VIENTO SOBRE LA PLATAFORMA FLOTANTE***

Al no existir una regulación concreta para el caso de plataformas flotantes, el cálculo de la acción del viento sobre el sistema se realiza tomando en consideración la normativa para edificaciones. Este cálculo se realiza mediante la combinación de dos tipos de esfuerzos: el esfuerzo sobre paramentos verticales, que generará una carga por empuje, y el esfuerzo sobre cubiertas, que generará una carga por rozamiento.

Para el caso de las cubiertas, el cálculo de las fuerzas de viento se realiza asimilando la planta a una cubierta plana rugosa, debido a su gran superficie, y a la baja inclinación de los módulos.

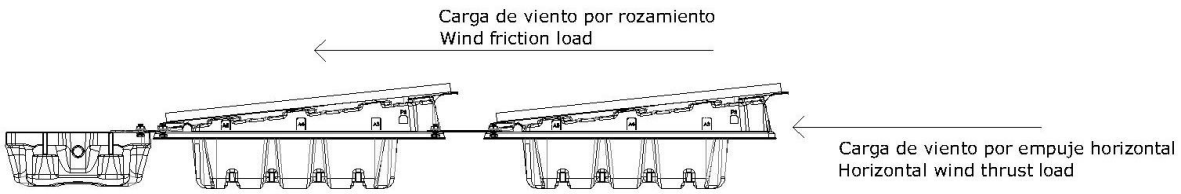



**Ilustración 4: Acciones del viento**

Finalmente se calcula la resultante de ambos esfuerzos, y se obtiene la acción final del viento sobre la plataforma.

## ***CÁLCULO DE ESFUERZOS DEL VIENTO SOBRE PARAMENTOS VERTICALES***

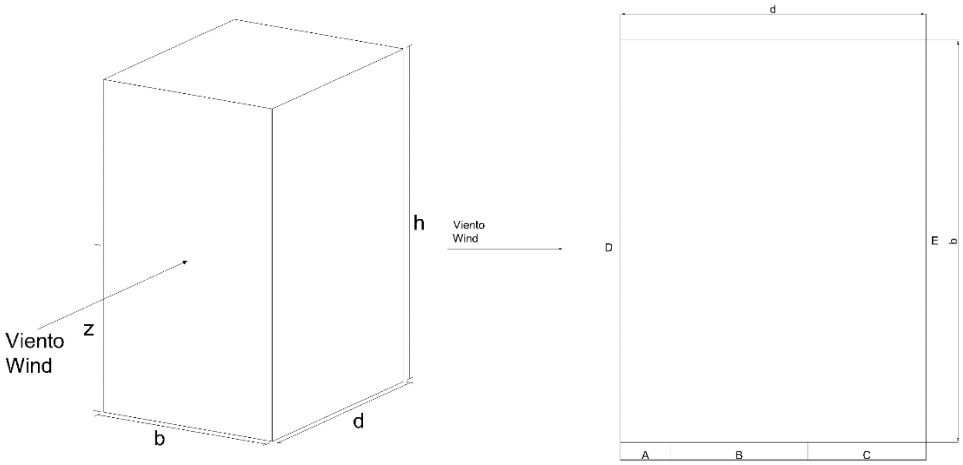



**Ilustración 5: Paramento vertical y zonas de exposición**

En este apartado, se estudian los esfuerzos del viento sobre los paramentos verticales a barlovento y a sotavento.

A partir de la siguiente tabla, y partiendo de una relación h/d (altura expuesta al viento/anchura expuesta al viento) de 0,14, se pueden obtener los coeficientes de presión, sobre las zonas de exposición indicadas en la ilustración 4.

Para el presente cálculo sólo se tienen en cuenta las zonas de exposición D y E.

| Zona | A | | B | | C | | D | | E | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| h/d | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ |
| 5 | -1,2 | -1,4 | -0,8 | -1,1 | -0,5 | | 0,8 | 1,0 | -0,7 | |
| 1 | -1,2 | -1,4 | -0,8 | -1,1 | -0,5 | | 0,8 | 1,0 | -0,5 | |
| ≤0,25 | -1,2 | -1,4 | -0,8 | -1,1 | -0,5 | | 0,7 | 1,0 | -0,3 | |

Tabla 2: Valores recomendados para coeficientes de presión sobre paramentos verticales. Fuente:EUROCODIGO

De los valores de la tabla se considera el valor de $C_{pe10}$, que es el correspondiente a estructuras completas, frente al $C_{pe1}$, que corresponde a elementos simples. Según esto, se obtendrían los siguientes valores:

| Dirección del viento | NORTE – SUR | | ESTE - OESTE | |
|---|---|---|---|---|
| Zona de exposición | D | E | D | E |
| $C_{pe}$ | 0,7 | -0,3 | 0,7 | -0,3 |

Tabla 3: Coeficientes de presión

Una vez obtenidos los coeficientes de presión, se calculan las cargas del viento lateral sobre los paramentos verticales utilizando la expresión:

$$F_v = q_p \cdot \sum_i C_{pi} \cdot A_i$$

La presión del viento sobre paramentos verticales será la calculada en el punto anterior, aplicándole el coeficiente corrector por periodo de retorno (0,973).

$$q_p = 650{,}7 \cdot 0{,}973 = \mathbf{633{,}2\ N/m^2}$$

El área $A_i$ corresponde a la superficie total vertical expuesta al viento en cada una de las direcciones.

| Dirección del viento | NORTE – SUR | | ESTE - OESTE | |
|---|---|---|---|---|
| Zona de exposición | D | E | D | E |
| $C_{pe}$ | 0.7 | -0.3 | 0.7 | -0.3 |
| $q_p$ (N/m$^2$) | 633,2 | | | |
| Área exposición (m$^2$) | 52,11 | | 21,9 | |
| $F_v$ (N) | 32995,3 | | 13867,9 | |

Tabla 4: Carga de viento lateral

## ***CÁLCULO DE ESFUERZOS DEL VIENTO SOBRE CUBIERTAS. FUERZAS DE FRICCIÓN.***

La baja pendiente del sistema (5º) y el gran tamaño de la planta flotante permiten calcular la acción del viento mediante fuerzas de fricción resultantes del rozamiento del viento en las superficies paralelas a las superficies exteriores.

En el apartado 7.5: Coeficientes de fricción del EUROCODIGO 1-4, encontramos los coeficientes de fricción ($C_{fr}$) utilizados en los cálculos:

| Tipo de superficie | Coeficiente de fricción ($C_{fr}$) |
|---|---|
| Suave (acero, hormigón pulido, etc) | 0,01 |
| Rugosa (hormigón rugoso, alquitrán, etc) | 0,02 |
| Muy rugosa (ondulaciones, nervios, pliegues, etc) | 0,04 |

Tabla 5: Coeficientes de fricción por tipo de superficie. Fuente: EUROCODIGO

Puede considerarse que la superficie de la plataforma solar flotante se encuentra entre los tipos *Suave* y *Rugosa*, dependiendo de su tamaño. Para instalaciones muy grandes puede aproximarse a una superficie suave, y para tamaños menores puede ser más parecido a una superficie rugosa. En cualquier caso, el coeficiente de fricción estará entre los valores de 0,01 y 0,02.

En este sentido, ISIGENERE ha realizado un estudio de fluidodinámica computacional (CFD) para su sistema flotante, obteniendo unos valores para estos coeficientes concordantes con los establecidos en la norma. Para este caso en concreto, los valores utilizados serán de 0,016 para la dirección Norte – Sur y de 0,011 para la dirección Este – Oeste.

Los detalles del estudio pueden consultarse al final del presente documento, en el ANEXO I del presente anejo.

Las fuerzas de fricción, una vez establecido dicho coeficiente, se calculan a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta que en este caso el área a considerar es la superficie total de la plataforma:

$$F_{fr} = C_{fr} \cdot q_p \cdot A_{fr}$$

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para cada orientación.

| $q_p$ (N/m$^2$) | $A_{fr}$ (m$^2$) | NORTE-SUR | ESTE-OESTE |
|---|---|---|---|
| | | $C_{fr}$=0,016 | $C_{fr}$=0,011 |
| 650,7 | 11143,68 | 116,02 kN | 77,34 kN |

Tabla 6: Fuerzas de fricción

***ESFUERZOS RESULTANTES.***

La resultante final de carga de viento se obtiene por la combinación de ambos esfuerzos. Los resultados se muestran a continuación:

| Tipo de fuerza | Norte-Sur | Este-Oeste |
|---|---|---|
| Paramento vertical (kN) | 32,99 | 13,87 |
| Fricción (kN) | 116,02 | 77,34 |
| **TOTAL (kN)** | 149 | 91,21 |

Tabla7: Carga de viento resultante

#### *5.2.2.3 Cálculo de la fuerza de la ola sobre la plataforma flotante*

Las cargas de oleaje se calculan a partir de la velocidad del viento y de la distancia máxima recorrida por el viento en un mismo tramo de agua sin obstáculos ó fetch (F). De ellos, podemos obtener la altura significativa de ola (Hs), el periodo (T) y la longitud de onda (L) para las diferentes direcciones. Una vez calculados estos factores, se puede obtener la carga de oleaje resultante.

Existen varias metodologías y criterios para realizar estos cálculos, de las cuales las dos más utilizadas son el "*Criterio del Bureau of Reclamation 1992*", y el "*Criterio del Beach Erosión Board*". Ambas son Instituciones del Gobierno de EEUU, de reconocido prestigio, y con amplia experiencia en el diseño de grandes embalses y presas y en la protección frente a la erosión en las costas. Una vez evaluados ambos métodos se ha determinado que el más restrictivo es del del *Beach Erosión Board*, y es por esto por lo que es el seleccionado para realizar los cálculos de la carga de oleaje.

***CÁLCULO AMPLITUD DE LA OLA***

El Beach Erosion Board es un organismo gubernamental, dependiente del Departamento de Defensa de los EEUU, cuya función principal es la protección frente a la erosión de las orillas en costas y lagos.

Para esta institución, la altura de ola se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$A = 0{,}0026 \cdot \frac{V_M^2}{g} \cdot \left(\frac{g \cdot F}{V_M^2}\right)^{0{,}47}$$

Donde *A* es la amplitud de ola (m), *F* es el fetch (m) y $V_M$ (m/s) es la velocidad media del viento horaria, calculada como la mitad de la velocidad básica del viento y *g* (m/s$^2$) es la aceleración de la gravedad.

Aplicando esta ecuación a la localización del proyecto, los valores por cada orientación de la plataforma son los siguientes:

| $V_M$ (m/s) | NORTE | | ESTE | | SUR | | OESTE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | F | A | F | A | F | A | F | A |
| 13 | 50 | 0,07 | 140 | 0,12 | 180 | 0,13 | 140 | 0,12 |

Tabla 8: Amplitud de ola según el criterio del Beach Erosion Board

***CÁLCULO DEL PERIODO***

El periodo de la ola, en segundos, se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$T = 0{,}46 \cdot \left(\frac{g \cdot F}{{V_M}^2}\right)^{0{,}28} \cdot \frac{V_M}{g}$$

Los valores resultantes se muestran en la siguiente tabla:

| $V_M$ (m/s) | NORTE | | ESTE | | SUR | | OESTE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | F | T | F | T | F | T | F | T |
| 13 | 50 | 0,82 | 140 | 1,10 | 180 | 1,18 | 140 | 1,10 |

Tabla 9: Periodo de ola

## ***CÁLCULO DE LA LONGITUD DE ONDA***

La longitud de onda, en metros, se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$L = 1{,}56 \cdot T^2$$

Los valores resultantes se muestran en la siguiente tabla:

| NORTE | | ESTE | | SUR | | OESTE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T | L | T | L | T | L | T | L |
| 0,82 | 1,05 | 1,10 | 1,87 | 1,18 | 2,16 | 1,10 | 1,87 |

Tabla 10: Longitud de onda

## ***CÁLCULO DE LA CARGA DE OLEAJE RESULTANTE***

La carga de oleaje se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$F_o = A \cdot A_d \cdot \rho \cdot g \cdot c$$

Donde *A* es la amplitud de ola (m), *ρ* es la densidad del agua (T/m$^3$), *g* es la aceleración de la gravedad, *c* es un factor de corrección (generalmente 0,85) y $A_d$ es el área de la parte hundida del flotador (m$^2$) calculada a partir del calado del flotador (*d*=0,06m) y de la longitud del lado de la plataforma perpendicular a la dirección del viento ($L_p$). Se calcula, en primer lugar, $A_d$ para cada orientación:

$$A_d = d \cdot L_p$$

| NORTE – SUR | | ESTE – OESTE | |
|---|---|---|---|
| Lp (m) | Ad (m$^2$) | Lp (m) | Ad (m$^2$) |
| 162,83 | 9,77 | 68,44 | 4,11 |

Tabla 111: Área de la parte hundida del flotador

Tomando ahora los valores de amplitud de ola para cada orientación, y con las áreas calculadas en la tabla anterior, se obtienen las cargas máximas de oleaje resultante en las direcciones principales:

| NORTE | | | ESTE | | | SUR | | | OESTE | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A (m) | Ad (m$^2$) | $F_o$ (kN) | A(m) | Ad (m$^2$) | $F_o$ (kN) | A (m) | Ad (m$^2$) | $F_o$ (kN) | A (m) | Ad (m$^2$) | $F_o$ (kN) |
| 0,07 | 9,77 | 6,02 | 0,12 | 4,11 | 4,1 | 0,13 | 9,77 | 10,99 | 0,12 | 4,11 | 4,1 |

Tabla 11: Carga de oleaje resultante

#### *5.2.2.4 Cálculo de la carga de corriente*

La carga de corriente se calcula a partir de la siguiente fórmula, donde $A_d$ es el área de la parte hundida del flotador, y $V_c$ es la velocidad de la corriente, que, a falta de datos, reales, se considera que es de 1m/s.

$$F_c = 0{,}59 \cdot A_d \cdot V_c^2$$

En la siguiente tabla, al igual que en los casos anteriores, se muestran los valores de carga de corriente para las distintas orientaciones:

| NORTE – SUR | | ESTE – OESTE | |
|---|---|---|---|
| Ad ($m^2$) | $F_c$ (kN) | Ad ($m^2$) | $F_c$ (kN) |
| 9,77 | 5,76 | 4,11 | 2,42 |

Tabla 12: Cargas de corriente

#### *5.2.2.5 Combinación de las cargas horizontales*

A efectos del sistema de amarre y anclaje, se considera que las cargas de viento, oleaje y corriente actúan simultáneamente sobre la estructura solar flotante.

De esta forma se obtienen los siguientes valores de fuerzas resultantes finales:

| CARGAS | NORTE | ESTE | SUR | OESTE |
|---|---|---|---|---|
| VIENTO (kN) | 149 | 91,21 | 149 | 91,21 |
| OLEAJE (kN) | 6,02 | 4,1 | 10,99 | 4,1 |
| CORRIENTE (kN) | 5,76 | 2,42 | 5,76 | 2,42 |
| **TOTAL (kN)** | **160,79** | **97,73** | **165,76** | **97,73** |

Tabla 13: Resultante de fuerzas viento, oleaje y corriente

## 5.3 ANÁLISIS DE FLOTABILIDAD

### 5.3.1 Principio teórico

El buen comportamiento hidrostático de la estructura flotante radica en asegurar las condiciones de flotabilidad y estabilidad del sistema, considerado como un cuerpo parcialmente sumergido.

Las fuerzas de flotación son consecuencia de la presión hidrostática ejercida por el agua sobre las paredes exteriores del elemento flotante. El empuje hidrostático es una fuerza proporcional a la profundidad a la que se encuentra sumergido el elemento a estudiar, y con dirección normal a la superficie sobre la que actúa.

Este estudio se fundamenta en el Principio de Arquímedes, por el cual un cuerpo sumergido en un líquido sufre un empuje vertical equivalente al peso del fluido desalojado por éste.

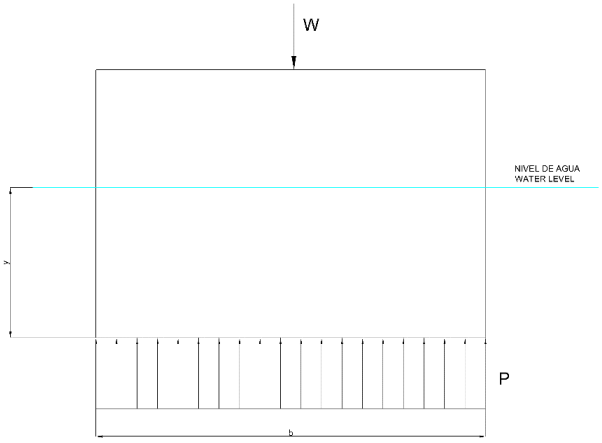



**Ilustración 6: Esquema de presiones**

La ilustración anterior muestra el esquema de presiones a las que se ve sometido un cuerpo parcialmente sumergido en un fluido, sólo considerando las fuerzas verticales, ya que las horizontales no aplican al estudio de flotabilidad.

La fuerza W representa las cargas verticales y engloba el peso propio del sistema, incluyendo flotadores y paneles fotovoltaicos, y la carga de nieve. Por su parte la variable P representa el empuje vertical ejercido sobre la plataforma, y la "y" el calado, entendido como la altura de la parte del flotador que se encuentra sumergida.

De esta forma, la ecuación de equilibrio será la siguiente:

$$W = \rho_a \cdot V_a = \rho_a \cdot b \cdot a \cdot y$$

Donde $\rho_a$ es la densidad del agua, $b$ es el ancho del flotador, y $a$ es el largo del flotador.

De esta ecuación se extrae que para que exista la flotabilidad, el peso del sistema debe de ser menor que el del agua que desplaza al sumergirse, alcanzándose el equilibrio para un calado determinado. Evidentemente, será el valor de este calado el que determine la estabilidad del sistema, ya que, para un determinado valor, la plataforma comenzará a hundirse.

### 5.3.2 Cálculo de flotabilidad

La determinación del calado es por tanto la variable fundamental para estimar la flotabilidad del sistema, pero este cálculo no resulta tan sencillo para geometrías complejas, como la del flotador a estudio. Es por esto que, a partir del diseño en 3D de dicho flotador, se han determinado los volúmenes correspondientes a

varios calados para de esta forma poder establecer una relación entre ambos valores, que fuera extrapolable a todos los supuestos.

Estos supuestos han sido validados de forma empírica, estableciendo un valor de flotabilidad máxima, de forma que el agua nunca supere el francobordo del flotador. La siguiente tabla resume estos valores tanto para el flotador principal como para el flotador secundario, tanto en términos absolutos como por unidad de superficie:

| CONCEPTO | FLOTADOR PRINCIPAL | FLOTADOR SECUNDARIO |
|---|---|---|
| Flotabilidad total (kN) | 1,46 | 1,2 |
| Peso propio (kN) | 0,076 | 0,065 |
| Flotabilidad de servicio (kN) | 1,38 | 1,14 |
| Área ($m^2$) | 1,29 | 0,717 |
| Flotabilidad de servicio ($kN/m^2$) | 1,06 | 1,59 |
| Flotabilidad de servicio ($kg/m^2$) | 106 | 159 |

Tabla 14: Valores de flotabilidad - Flotadores principal y secundario

Una vez determinada la flotabilidad del flotador aislado, se debe calcular la flotabilidad de la unidad flotante, que como ya se ha explicado, está compuesta por dos flotadores y un panel fotovoltaico. Además, para este cálculo se ha tenido en cuenta también el peso de las uniones, tornillería y demás accesorios.

| CONCEPTO | UNIDAD FLOTANTE |
|---|---|
| Flotabilidad total (kN) | 2,92 |
| Peso propio (kN) | 0,424 |
| Flotabilidad de servicio (kN) | 2,496 |
| Área ($m^2$) | 3,22 |
| Flotabilidad de servicio ($kN/m^2$) | 0,76 |
| Flotabilidad de servicio ($kg/m^2$) | 76 |

Tabla 15: Flotabilidad Unidad Flotante

Lo que esta tabla viene a decir es que una unidad flotante sometida a su peso propio y a los elementos accesorios, que podría soportar una carga adicional de 2,49 kN antes de hundirse.

Sin embargo, este último valor no es exacto si se considera la unidad flotante como parte de un conjunto, en el que además existen flotadores secundarios, por lo que se debe analizar de esta forma.

| | |
|---|---|
| Nº Unidades Flotantes | 3200 |
| Flotabilidad servicio UF (kN) | 2,49 |
| Nº Flotadores secundarios | 1296 |
| Flotabilidad servicio FS (kN) | 1,14 |
| Flotabilidad servicio Total (kN) | 9446,73 |
| Área de la planta ($m^2$) | 11143,68 |
| Flotabilidad servicio Total ($kN/m^2$) | 0,847 |

Tabla 16: Flotabilidad del sistema

### 5.3.3 Cargas que afectan a la flotabilidad

Una vez incluidas en el cálculo anterior las cargas derivadas del peso propio del sistema, y obtenida por tanto la flotabilidad de servicio, queda por determinar las cargas externas que deben ser soportadas por dicha flotabilidad de servicio. Éstas se reducen básicamente a la carga de nieve, que es un dato climatológico, y que para esta localización tiene un valor de 0,64kN/m$^2$.

Sin embargo, el EUROCODIGO establece que, para periodos de retorno diferentes a 50 años, la carga de nieve se modifica a través de la siguiente ecuación:

$$S_n = x \cdot S_k$$

Donde $S_k$ es el valor característico de la carga de nieve para un periodo de retorno de 50 años, $S_n$ es el valor de la carga de nieve para un periodo de retorno de "*n*" años, y "*x*" es un factor de corrección que se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$x = \frac{1 - V \cdot \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot [\ln(-\ln(1-p)) + 0{,}57722]}{1 + 2{,}5923 \cdot V}$$

Donde "*p*" es la probabilidad de excedencia anual ($p$=1/$n$) y "*V*" es el coeficiente de variación para la carga máxima anual de nieve ($V$=0,2, para periodos de retorno de hasta 100 años).

De esta ecuación se obtiene que $x$=0,92, y por tanto la carga de nieve corregida será:

| Carga de nieve | Carga de nieve corregida |
|---|---|
| 0,64 kN/m$^2$ | 0,58 kN/m$^2$ |

Tabla 17: Carga de nieve corregida

### 5.3.4 Evaluación de la flotabilidad del sistema.

La siguiente tabla muestra los valores de flotabilidad del sistema y las cargas verticales a las que está sometido.

| | |
|---|---|
| Flotabilidad servicio Total (kN/m$^2$) | 0,847 |
| Resultante de cargas verticales (kN/m$^2$) | 0,58 |

Tabla 18: Flotabilidad vs Cargas verticales

Como puede verse, la flotabilidad en servicio del sistema es superior a la resultante de cargas verticales, por lo que se garantiza la estabilidad de la plataforma a flotación.

## 5.4 DISEÑO DEL AMARRE Y ANCLAJE.

Dadas las características geotécnicas de la balsa y sus variaciones de nivel de agua, se considera que el sistema de amarre y anclaje debe estar compuesto por anclajes a exterior. constituidos por perfiles de acero y cuerdas de poliamida de alta resistencia.

El sistema se dimensiona de forma que pueda soportar las cargas de viento, oleaje y corriente, calculadas en apartados anteriores, los desplazamientos horizontales derivados de las mismas, y los verticales fruto de las variaciones de nivel de agua. El sistema debe de ser capaz de asumir todas estas cargas y desplazamientos a todos los niveles de operación, e incluso permitir el asiento del sistema en el fondo de la balsa en caso de vaciado total.

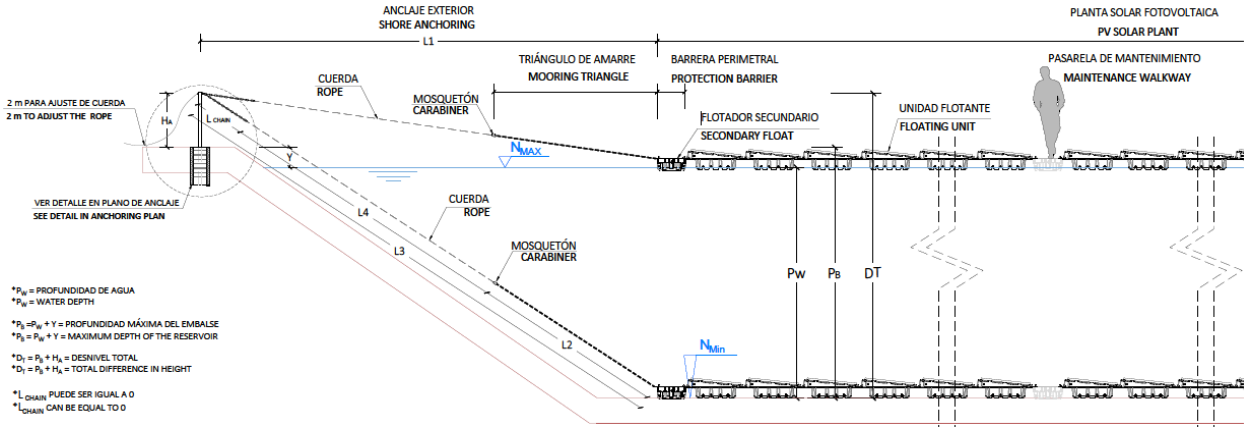



**Ilustración 7: Anclaje a exterior**

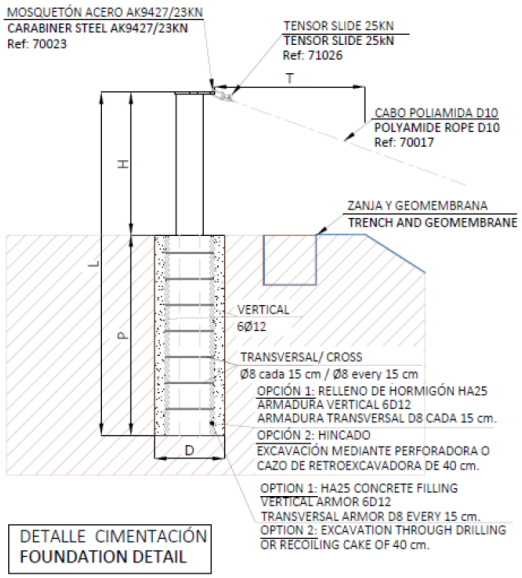



**Ilustración 8: Detalle anclaje exterior**

### 5.4.1 Cálculo de número de anclajes y amarres

El número de anclajes y amarres para cada alineación se determina a partir de la carga máxima admisible en los puntos de amarre a la planta y teniendo en consideración la distancia máxima entre ellos para un correcto funcionamiento.

En las orientaciones Norte, Este y Oeste, se adopta un sistema de amarre a la planta tipo "triángulo", compuesto por dos cabos, que forman un triángulo de amarre que se anuda a la plataforma flotante, mediante unas uniones de HDPE.

En la orientación Sur, sin embargo, debido a la mayor distancia a la orilla, se adopta un sistema de amarre tipo "pata de gallo", con barras de amarre, que minimiza su número y consigue repartir las cargas de forma que los picos de tensión en los puntos de unión sean menores.

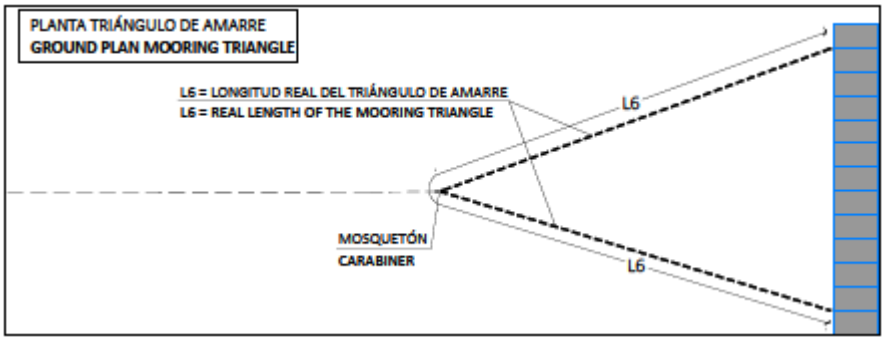



**Ilustración 9: Sistema de amarre tipo triángulo**

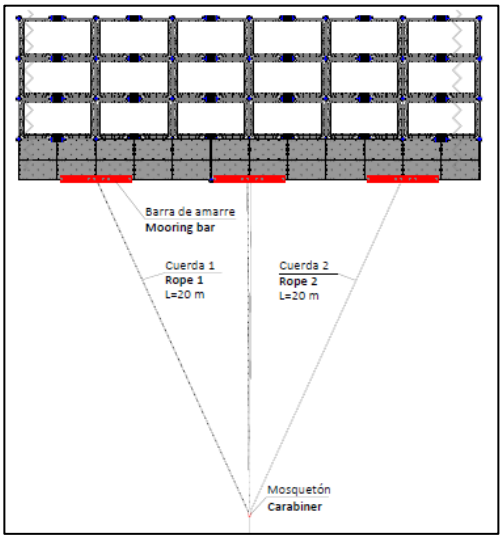



**Ilustración 10: Sistema de amarre tipo pata de gallo**

La carga admisible de este tipo de amarre es de 14 kN para el primer tipo y de 28,4 kN para el segundo, mientras que la distancia máxima entre ejes de amarres se establece en 10,5 m para el primer tipo y 19,8 m para el segundo, para garantizar la estabilidad del sistema. Estas dos restricciones marcarán un número mínimo de anclajes cada una, de las que se seleccionarán las más restrictivas.

Teniendo en cuenta estos valores, para las cargas anteriormente calculadas se determina el número de amarres (que será igual al número de anclajes) para cada alineación, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

| | NORTE | | ESTE | | SUR | | OESTE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | VALOR | AMARRES | VALOR | AMARRES | VALOR | AMARRES | VALOR | AMARRES |
| CARGA (kN) | 160,79 | 12 | 97,73 | 7 | 165,76 | 6 | 97,73 | 7 |
| LONGITUD (m) | 162,83 | 16 | 68,44 | 8 | 168,83 | 10 | 68,44 | 8 |

Tabla 18: Numero de amarres

Como puede verse la condición por distancia entre amarres resulta más restrictiva en todas las orientaciones. Respecto a la orientación Norte, se debe tener en cuenta que la plataforma estará equipada con tres pasarelas de acceso, por lo que la distribución de amarres debe garantizar que la plataforma sea estable en las zonas de unión entre pasarela y plataforma.

Por todo esto, finalmente se adopta una solución de 16 amarres en triángulo en el Norte, 10 amarres en el Sur en pata de gallo, y 8 amarres en triángulo en Este y Oeste.

La siguiente imagen muestra el número y la disposición definitiva de todos los amarres y anclajes.

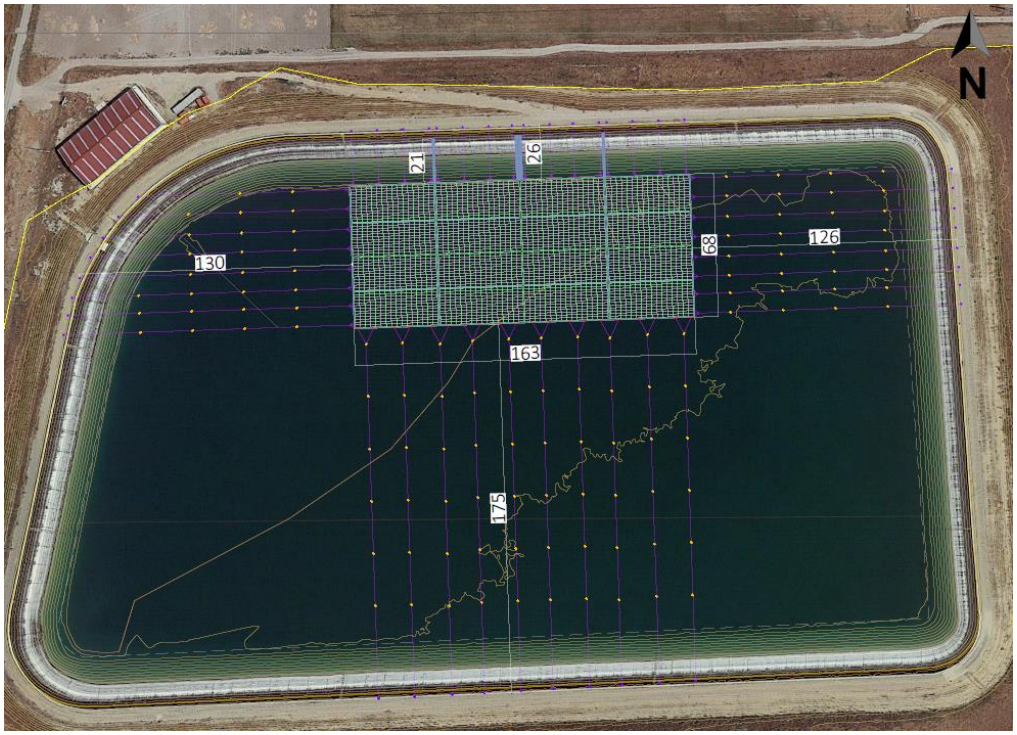



**Ilustración 7: Disposición de amarres**

### 5.4.2 Cálculo de anclajes

Ya se ha establecido que los anclajes se realizarán a exterior. Este tipo de anclajes consisten en una serie de perfiles de acero anclados al suelo mediante una cimentación circular de hormigón armado, conformando a todos los efectos un pilote de hormigón.

#### *5.4.2.1 Cálculo del perfil de acero*

Los anclajes exteriores están sometidos a una carga horizontal igual a la resultante de las cargas de viento, oleaje y corriente. Una vez calculados el número de anclajes, y conociendo el valor de dicha resultante en cada orientación, se calcula la carga horizontal que debe soportar cada anclaje, y se le aplica un coeficiente de seguridad de 1,5.

| | CARGA (kN) | Nº AMARRES | C/A (kN) | C/A Mayorada (kN) |
|---|---|---|---|---|
| NORTE | 160,79 | 16 | 10,04 | 15,06 |
| ESTE | 97,73 | 8 | 12,21 | 18,31 |
| SUR | 165,76 | 10 | 16,57 | 24,85 |
| OESTE | 97,73 | 8 | 12,21 | 18,31 |

Tabla 19: Carga soportada por cada amarre

Tomando como referencia un perfil HEA 140 de acero S275JR, se procede a realizar los cálculos necesarios para comprobar si es capaz de soportar los esfuerzos a los que estará sometido.

Las propiedades de la sección HEA 140 son las siguientes:

- Sección: 3140 $mm^2$
- Momento de Inercia Iy: 1030000 $mm^4$
- Momento resistente Wy: 155000 $mm^3$

Por su parte, en lo que se refiere al material, sus características mecánicas principales son las siguientes:

- Módulo de Young E: 210 MPa
- Límite elástico fy: 275 MPa

En primer lugar, se calcula el perfil a momento flector. Partiendo de las cargas mayoradas, y de una longitud vista de anclaje de 1300 mm (suficiente para salvar la bionda perimetral que rodea la balsa), el momento en la base del anclaje, por orientación será el siguiente:

| | C/A Mayorada (N) | Longitud (mm) | Momento en la base (Nmm) |
|---|---|---|---|
| NORTE | 15060 | 1300 | 19578000 |
| ESTE | 18310 | 1300 | 23803000 |
| SUR | 24850 | 1300 | 32305000 |
| OESTE | 18310 | 1300 | 23803000 |

Tabla 20: Momentos en la base del anclaje

La tensión en la base del anclaje, derivada del momento flector, se calcula dividiéndolo por el momento resistente de la sección:

| | Momento en la base (Nmm) | Momento resistente ($mm^3$) | Tensión en la base ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|
| NORTE | 19578000 | 155000 | 126,310 |
| ESTE | 23803000 | 155000 | 153,568 |
| SUR | 32305000 | 155000 | 208,419 |
| OESTE | 23803000 | 155000 | 153,568 |

Tabla 21: Tensión a momento flector en la base de los anclajes

Sabiendo que el límite elástico del material es 275 N/mm2, puede observarse como las tensiones generadas son inferiores, y por tanto el perfil cumple a momento flector.

Al tratarse perfiles normalizados, no sería necesario realizar la comprobación a esfuerzos cortantes.

En resumen, los anclajes serían perfiles HEA 140 S275JR de 1300mm de longitud vista.

#### *5.4.2.2 Cálculo de los pilotes*

Una vez determinado el perfil metálico, se procede al cálculo del sistema que servirá de anclaje de este al suelo, a través de una cimentación en coronación mediante pilotes sometidos a cargas laterales.

Un pilote vertical resiste cargas laterales movilizando la presión pasiva del suelo circundante, dependiendo la reacción del suelo de la rigidez del pilote, la rigidez del suelo, y la inamovilidad en los extremos del pilote.

En situación extrema, un pilote solicitado por fuerzas transversales alcanza su estado de fallo según la siguiente clasificación:

- **Pilotes cortos o rígidos:** El fallo se produce al excederse la resistencia lateral del suelo. Suele ocurrir en pilotes de escasa longitud, poco empotrados, o muy resistentes respecto a la propia resistencia lateral del terreno frente a sus empujes. El Estado Límite Último (ELU) correspondiente es de tipo geotécnico puesto que el límite de carga depende de la resistencia del terreno.
- **Pilotes largos o flexibles:** El colapso se origina por la rotura del propio pilote tras someterse a grandes flexiones que originan la formación de rótulas plásticas a lo largo de la longitud del pilote. En este caso, el ELU viene condicionado normalmente por sobrepasar la resistencia estructural del propio pilote.

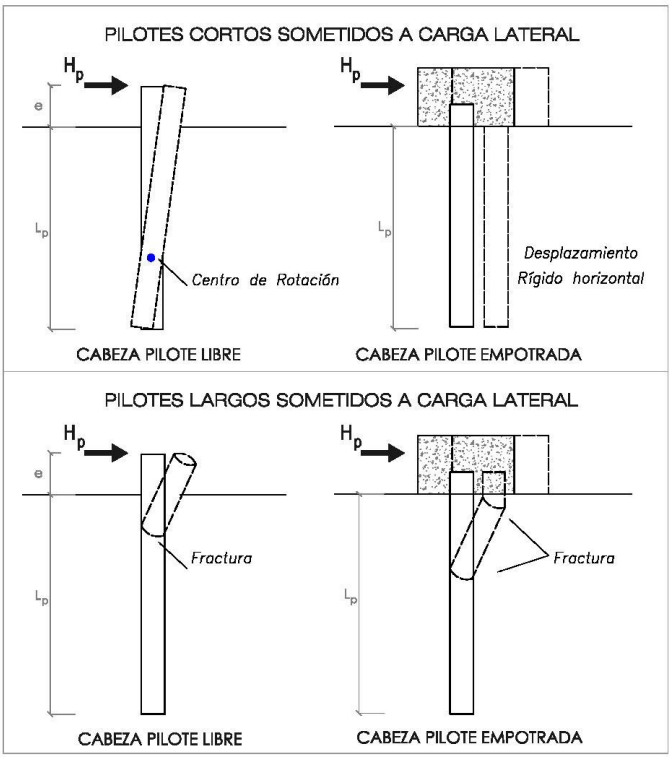



**Ilustración 8: Métodos de fallo - Pilotes cortos vs. Pilotes largos**

En el caso concreto del presente estudio, la clasificación corresponde al primer tipo, pilotes cortos o rígidos, con la cabeza libre.

Para el cálculo de los pilotes se utiliza el método de Broms, una solución analítica para pilotes cargados lateralmente que parte del supuesto de una falla por cortante del suelo. La siguiente figura esquematiza esta metodología.

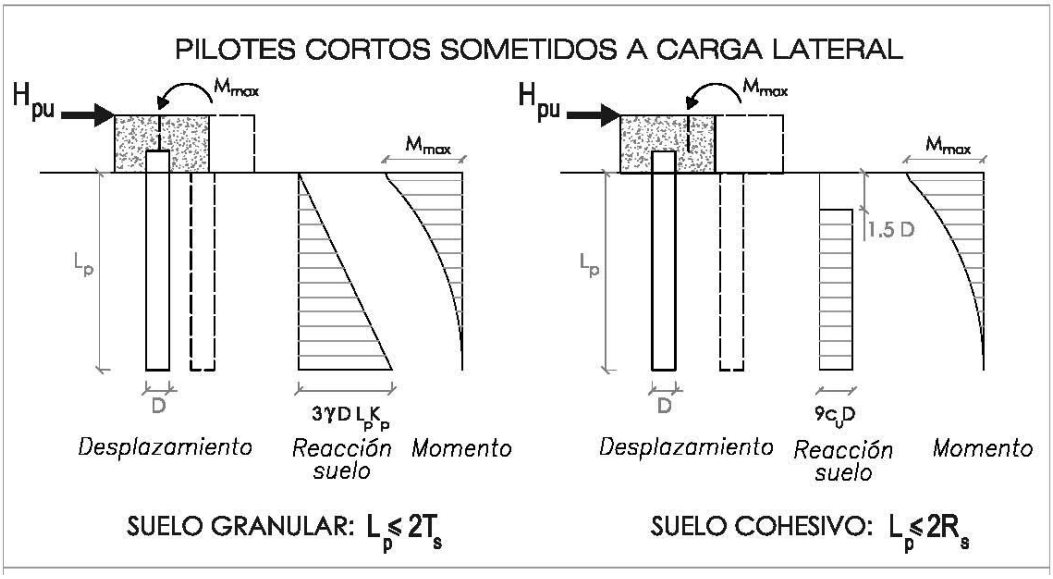



**Ilustración 9: Esquema - Método de Broms**

La nomenclatura del esquema es la siguiente:

- $L_p$: Longitud del pilote
- $D$: Ancho del pilote (Secciones circulares de 0,2 a 1,00m de diámetro)
- $T_s$: Factor de rigidez del pilote en suelos granulares
  - $T_s = \sqrt[5]{\frac{E_p I_p}{n_h}}$
- $R_s$: Factor de rigidez del pilote en suelos cohesivos
  - $R_s = \sqrt[4]{\frac{E_p I_p}{K_h}}$
- $E_p$: Módulo de elasticidad del material del pilote (Hormigón armado; Ep=25000MPa)
- $I_p$: Momento de inercia de la sección del pilote
  - $Ip = \frac{\pi \cdot D^4}{64}$
- $K_h$: Módulo de reacción horizontal del suelo
- $n_h$: Constante del coeficiente de reacción horizontal del suelo
- $H_{pu}$: Carga lateral última que resiste un pilote
- $M_{max}$: Momento flector máximo de la reacción del suelo en el pilote

Estos dos últimos valores, $H_{pu}$ y $M_{max}$, serán los que determinen las dimensiones finales del pilote, que deberá ser capaz de soportarlas con un coeficiente de seguridad de 3. Dichos valores se obtienen a partir de las siguientes fórmulas:

| | PILOTES CORTOS | |
|---|---|---|
| | Granular | Cohesivo |
| $H_{pu}$ | $1.5\gamma L_p^2 D K_p$ | $9c'_u D(L_p - 1.5D)$ |
| $M_{max}$ | $\frac{2}{3} H_{pu} L_p$ | $H_{pu}(0.5\,L_p + 0.75D)$ |

Tabla 22: Formulaciones de la solución de Broms según la naturaleza del suelo

La nomenclatura de las ecuaciones es la siguiente:

- $\gamma$: peso específico efectivo del terreno
- $K_p$: Coeficiente de presión pasiva de Rankine
  - $K_p = tan^2(45 + \frac{\emptyset_s}{2})$
- $\Phi_s$: Ángulo de rozamiento efectivo del suelo.
- $C'_u$: Resistencia al corte sin drenaje (cohesión no drenada efectiva)

Según datos proporcionado por el cliente, el terreno con el que está construido el embalse es un terreno granular grueso, con un ángulo de rozamiento interno de 45º y un peso específico de 2200 kg/Tn

Con estos valores, y a partir de las ecuaciones anteriores se realiza un proceso de iteración que da como resultado unas dimensiones ideales del pilote de 1,25m de longitud y 0,3m de diámetro. A continuación, se muestra el procedimiento de comprobación de estos valores.

En primer lugar, se calcula la carga lateral que resiste el pilote ($H_{pu}$):

$$K_p = tan^2(45 + \frac{45}{2}) = 5{,}83$$

$$H_{pu} = 1{,}5 \cdot 22 \cdot 1{,}25^2 \cdot 0{,}3 \cdot 5{,}83 = 90{,}16\ kN$$

Y teniendo en cuenta el coeficiente de seguridad de 3, la $H_{pu}$ de cálculo será:

$$H_{pu,cal} = \frac{H_{pu}}{3} = \mathbf{30{,}05\ kN}$$

Por otro lado, se calcula el momento flector máximo ($M_{max}$):

$$M_{max} = \frac{2}{3} H_{pu} \cdot L_p = \frac{2}{3} 90{,}16 \cdot 1{,}25 = 75{,}13\ kN/m$$

Y teniendo en cuenta el coeficiente de seguridad de 3, el $M_{max}$ de cálculo será:

$$M_{max,cal} = \frac{M_{max}}{3} = \mathbf{25{,}04\ kNm}$$

La siguiente tabla muestra las cargas horizontales y los momentos flectores a los que están sometidos los anclajes, por orientación, calculadas en puntos anteriores

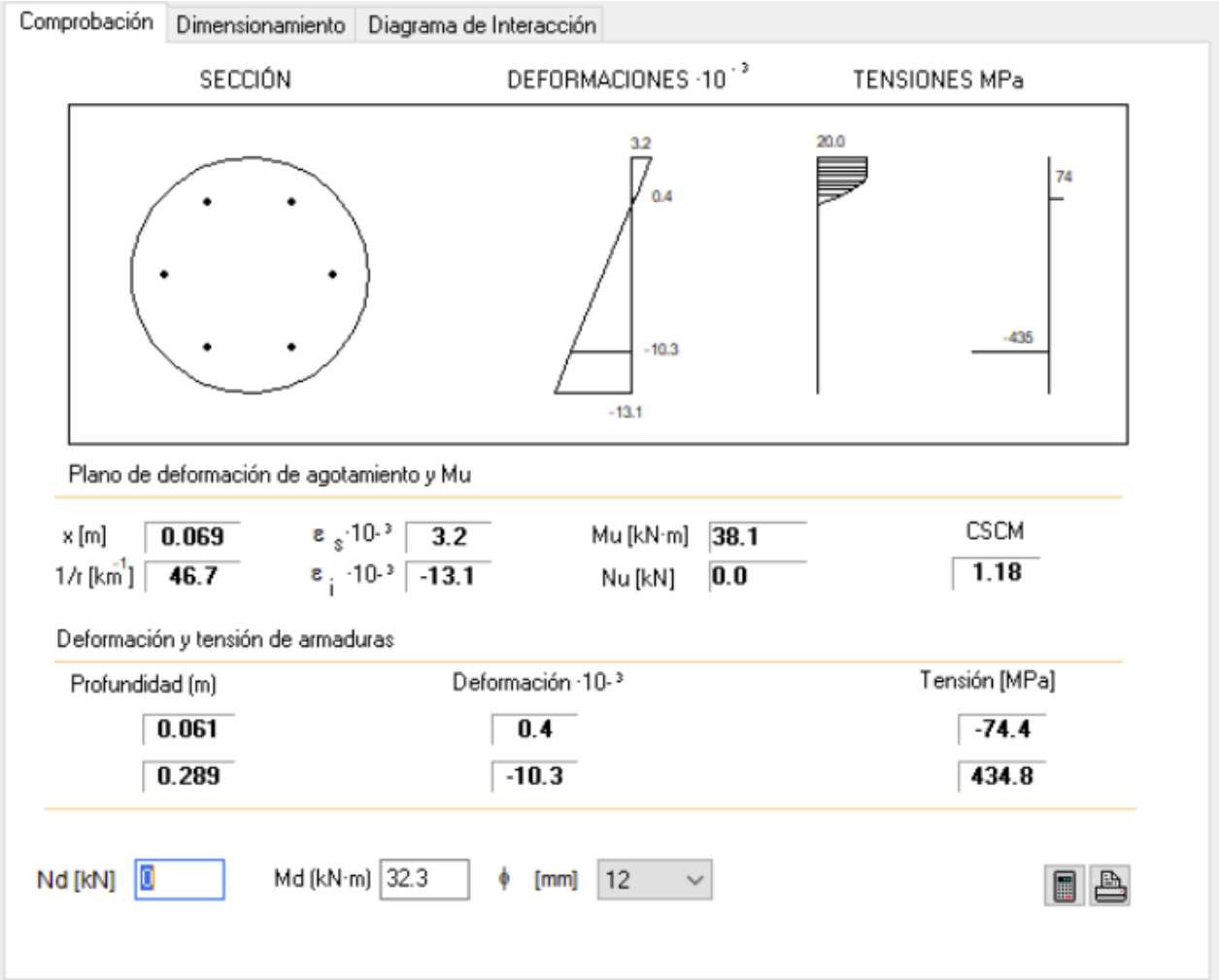
| | Carga / Anclaje (kN) | Momento en la base (kNm) |
|---|---|---|
| NORTE | 10,04 | 13,052 |
| ESTE | 12,21 | 15,873 |
| SUR | 16,57 | 21,541 |
| OESTE | 12,21 | 15,873 |

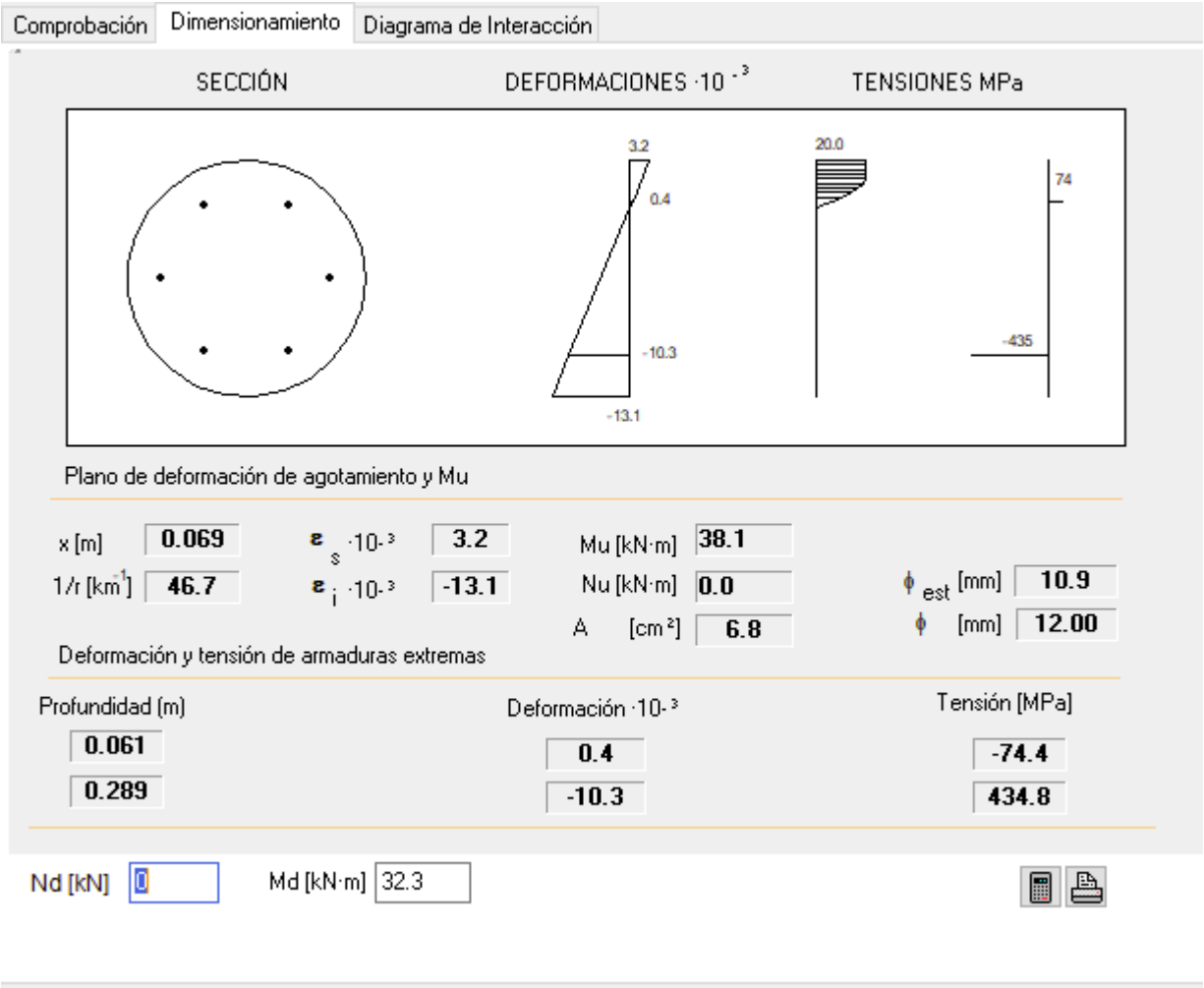
Tabla 23: Carga horizontal y momento en la base por anclaje

Como puede verse, tanto las cargas máximas como los momentos flectores máximos son superiores a los valores ejercidos sobre el anclaje, por lo que el pilote estaría bien dimensionado.

En resumen, los pilotes de diseño serían de 1,25m de largo, por 0,3m de diámetro.

Para el cálculo de las armaduras de los pilotes se ha utilizado el PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIÓN 3.1, considerando una sección de hormigón HA-25 de 300 mm de diámetro armada longitudinalmente con 6 barras de 12 mm. A continuación, se detallan los resultados, para un momento de cálculo (carga mayorada) de 32,30 kN·m (momento máximo para el anclaje con mayor carga en la base – Sur). Los estribos de 8 mm cada 15 cm por cuantía mínima:






La medición de la armadura de los pilotes es:

42 ud de pilotes x 6 metros x 1,25 (solapes) = 315 metros. Las barras de ø12 mm pesan 0,92 kg/m. Por lo tanto, tenemos un total de 289,80 kg.

### 5.4.3 Dimensionado de cabos de amarre.

Los cabos de amarre son los elementos que unen la plataforma con el sistema de anclaje, y están fabricados con cuerdas de poliamida de alta resistencia.

#### *5.4.3.1 Sección de cabos de amarre.*

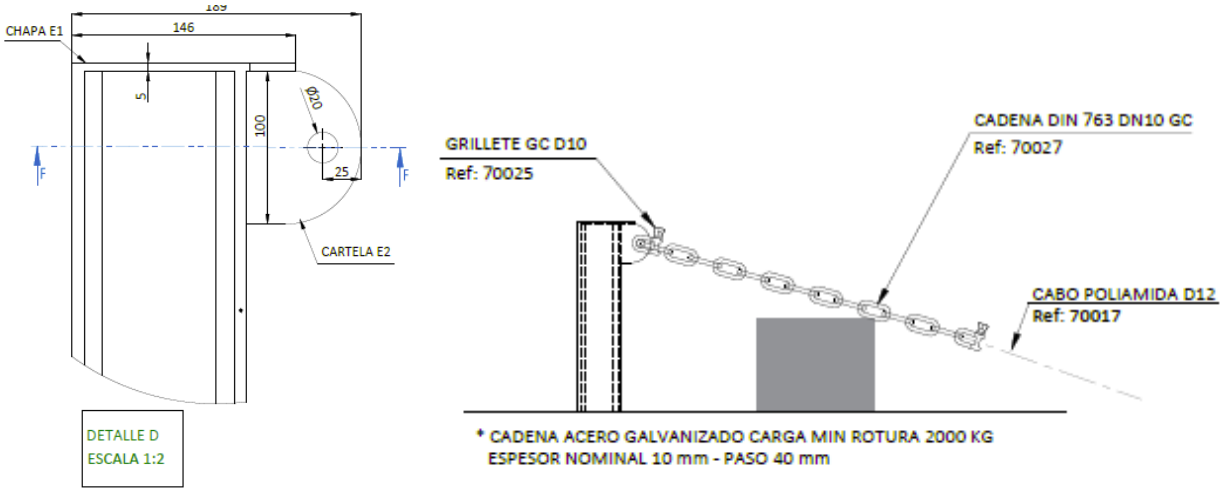
Volviendo a los datos de carga por anclaje, mayorándolas por 1,5 se obtiene una carga máxima de 24,85 kN.

| | C/A (kN) | C/A Mayorada (kN) |
|---|---|---|
| NORTE | 10,04 | 15,06 |
| ESTE | 12,21 | 18,31 |
| SUR | 16,57 | 24,85 |
| OESTE | 12,21 | 18,31 |

Tabla 24: Cargas por anclaje mayoradas

Según datos del fabricante, se selecciona un cabo de diámetro de 12mm, con una carga de rotura de 26,77 kN, capaz de soportar la carga máxima mayorada.

El cabo de amarre se descompone en los siguientes elementos tal y como puede verse en los planos 9.2: el anclaje exterior se trata de un perfil de HEA equipado con una cadena anclada mediante grilletes tanto al perfil como al tensor SLIDE que une con los cabos de poliamida D12 con un mosquetón.




Para mantener la estabilidad de las pasarelas de acceso, estas se amarran mediante cabos desde los dos anclajes más próximos a cada una de ellas. Estos cabos se amarran a las pasarelas mediante las uniones que unen los flotadores entre ellos (al igual que el resto de la planta).

# 6 MARQUESINA

## 6.1 NORMATIVA APLICADA

En la elaboración del presente anejo estructural se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Eurocódigo 2 (UE) para Hormigón.
- Eurocódigo 3 y 4 (UE) para Acero Conformado y Laminado.

## 6.2 ACCIONES

### 6.2.1 Permanentes

Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de los distintos elementos que forman parte de la estructura. Corresponden a acciones que actúan en todo momento y son constantes en posición y magnitud. Comprenden el peso propio y las cargas muertas. Sus valores se deducen de las dimensiones de los elementos especificadas en los planos y de sus pesos específicos correspondientes.

***PESO PROPIO:***

Corresponde al peso de los elementos estructurales, con su sección bruta, aplicándole el peso específico del material:

- Peso propio hormigón: 25,00 kN/m³.
- Peso Acero S-275: 7.850 kN/m³.

***PESO CUBIERTA PANEL SANDWICH:***

- Peso Panel Sandwich: 0,50 kN/m.

***PESO INVERSOR:***

Las características técnicas del inversor son las siguientes:

| | |
|---|---|
| **Eficiencia** | |
| Eficiencia máxima | 99.03% |
| Eficiencia europea | 98.69% |
| **Entrada** | |
| Máx. voltaje de entrada | 1,500 V |
| Máx. corriente por MPPT | 26 A |
| Máx. corriente de cortocircuito por MPPT | 40 A |
| Voltaje de entrada inicial | 550 V |
| Rango de voltaje de operación de MPPT | 500 V ~ 1,500 V |
| Voltaje nominal de entrada | 1,080 V |
| Cantidad de entradas | 18 |
| Cantidad de MPPT | 9 |
| **Salida** | |
| Potencia nominal activa de AC | 175,000 W @40°C, 168,000 W @45°C, 160,000 W @50°C |
| Máx. potencia aparente de AC | 185,000 VA |
| Máx. potencia activa de AC (cosϕ=1) | 185,000 W |
| Voltaje nominal de salida | 800 V, 3W + PE |
| Frecuencia nominal de red de AC | 50 Hz / 60 Hz |
| Corriente de salida nominal | 126.3 A @40°C, 121.3 A @45°C, 115.5 A @50°C |
| Máx. corriente de salida | 134.9 A |
| Rango de factor de potencia ajustable | 0.8 LG ... 0.8 LD |
| Máx. distorsión armónica total | < 3% |
| **Protección** | |
| Dispositivo de desconexión del lado de entrada | Sí |
| Protección anti-isla | Sí |
| Protección contra sobrecorriente de AC | Sí |
| Protección contra polaridad inversa de DC | Sí |
| Monitoreo de fallas en strings de sistemas fotovoltaicos | Sí |
| Protección contra sobrecorriente de DC | Tipo II |
| Protección contra sobrecorriente de AC | Tipo II |
| Detección de resistencia de aislamiento DC | Sí |
| Unidad de Monitoreo de la Corriente Residual | Sí |
| **Comunicación** | |
| Visualización | Indicadores LED, Bluetooth/WLAN + APP |
| USB | Sí |
| RS485 | Sí |
| MBUS | Sí |
| **General** | |
| Dimensiones (L x A x F) | 1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch) |
| Peso (con soporte de montaje) | 84 kg (185.2 lb.) |
| Temperatura de operación | -25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F) |
| Método de enfriamiento | Refrigeración inteligente con aire |
| Máx. altitud de operación sin derrateo | 4,000 m (13,123 ft.) |
| Humedad relativa | 0 ~ 100% |
| Conector de DC | Staubli MC4 EVO2 |
| Conector de AC | Terminal de PG resistente al agua + Conector OT/DT |
| Grado de protección | IP66 |
| Topología | Sin transformador |
| **Cumplimiento de normas (Más información disponible previa solicitud)** | |
| Certificado | EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, IEC 61727, IEC 62910, P.O. 12.3, RD 1699, RD 661, RD 413, RD 1565, RD 1663, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, ABNT NBR IEC 62116 |

Por tanto, el inversor tiene un peso de:

- 1 inversor: 84 Kg

### 6.2.2 Variables

Son acciones externas a la estructura que pueden actuar o no sobre ella. Se han considerado los siguientes valores característicos.

***SOBRECARGA DE NIEVE:***

En cubiertas planas situados en localidades de altitud inferior a 1.000 m, es suficiente considerar una carga de nieve de 1,0 kN/m².

Para esta localización tiene un valor de 0,64kN/m² y se considera esta carga uniformemente distribuida por toda la superficie.

Esta carga se repartirá de forma uniforme y lineal sobre los dinteles de la de la estructura.

***SOBRECARGA DE VIENTO:***

Para calcular la velocidad máxima del viento se ha utilizado el EUROCODIGO 1 (EN 1991-1-4:2005/A1:2010).

El proceso de cálculo es exactamente igual al descrito para las estructuras flotantes, quitando los esfuerzos sobre paramentos verticales, dado que esta estructura carece de ellos.

## 6.3 CÁLCULOS ESTRUCTURALES

En el dimensionamiento se ha procedido de la siguiente manera:

1) A partir de las hipótesis de cálculo, se ha desarrollado un modelo de la estructura, obteniendo los esfuerzos más desfavorables correspondiente a la envolvente de Estados Límite considerados (ELU y ELS de Fisuración).
2) Posteriormente al análisis de las estructuras se ha empleado la formulación descrita en el EUROCÓDIGO para el cálculo de las armaduras resistentes a flexión y cortante.

Se ha realizado un modelo discreto tridimensional para cada estructura mediante el programa informático, en el cual se introducen todos los pilares, forjados y vigas que forman la estructura.

El modelo utilizado emplea el método de rigidez para la obtención de desplazamientos en los nudos, a partir de los cuales se obtienen los esfuerzos en placas y reacciones en apoyos. Los resultados se obtienen para

cada hipótesis simple de carga y combinación, obtenidas éstas según la normativa correspondiente en cada caso.

El programa empleado realiza un cálculo lineal mecánico y geométrico de los materiales que forman la estructura.

El programa nos proporciona los momentos y cortantes que deben soportar los forjados introducidos en el programa con la armadura de negativos/positivos necesaria en nervios dependiendo de la tipología del forjado, las dimensiones de las vigas y los pilares.

### 6.3.1 Coeficientes de seguridad e hipótesis de carga

Se define como valor de cálculo de una acción el obtenido como producto del valor representativo por un coeficiente parcial de seguridad.

$$F_d = \gamma_f \cdot \Psi_i \cdot F_k$$

- Fd: Valor de cálculo de la acción Fk.
- $\gamma_f$: Coeficiente parcial de seguridad de la acción considerada.

Para los **Estados Límites Últimos**, se considerarán los coeficientes definidos en el Eurocódigo.

| Persistente o transitoria | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad (g) | | Coeficientes de combinación (y) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($y_p$) | Acompañamiento ($y_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.350 | - | - |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.500 | 1.000 | 0.600 |
| Nieve (Q) | 0.000 | 1.500 | 1.000 | 0.500 |

**Tensiones sobre el terreno**

| Persistente o transitoria | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad (g) | | Coeficientes de combinación (y) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($y_p$) | Acompañamiento ($y_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.000 | - | - |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.300 | 1.000 | 0.600 |
| Nieve (Q) | 0.000 | 1.300 | 1.000 | 0.500 |

**Desplazamientos**

| Acciones variables sin sismo | | |
|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad (g) | |
| | Favorable | Desfavorable |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.000 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.000 |
| Nieve (Q) | 0.000 | 1.000 |

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

Situaciones permanentes o transitorias:

**Con coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

**Sin coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Donde:

- $G_{k,i}$ Valor característico de las acciones permanentes.
- $G_{*k,j}$ Valor característico de las acciones permanentes de valor no constante.
- $P_k$ Valor característico de la acción del pretensado.
- $Q_{k,1}$ Valor característico de la acción variable determinante.
- $\Psi_{0,i} Q_{k,i}$ Valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes
- $\Psi_{1,1} Q_{k,1}$ Valor representativo frecuente de la acción variable determinante.
- $\Psi_{2,i} Q_{k,i}$ Valores representativos cuasipermanentes de las acciones variables con la acción determinante o con la acción accidental.

**Combinaciones**

**Nombres de las hipótesis**

- PP Peso propio
- CM 1 CM 1
- V H1 Cubiertas aisladas
- V H2 Cubiertas aisladas
- N(EI) Nieve (estado inicial)
- N(R) 1 Nieve (redistribución) 1

- N(R) 2 Nieve (redistribución) 2

| Comb. | PP | CM 1 | V H1 | V H2 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 1.000 | | | | | |
| 2 | 1.350 | 1.000 | | | | | |
| 3 | 1.000 | 1.350 | | | | | |
| 4 | 1.350 | 1.350 | | | | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | | | |
| 6 | 1.350 | 1.000 | 1.500 | | | | |
| 7 | 1.000 | 1.350 | 1.500 | | | | |
| 8 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | | | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | | | |
| 10 | 1.350 | 1.000 | | 1.500 | | | |
| 11 | 1.000 | 1.350 | | 1.500 | | | |
| 12 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | | | |
| 13 | 1.000 | 1.000 | | | 1.500 | | |
| 14 | 1.350 | 1.000 | | | 1.500 | | |
| 15 | 1.000 | 1.350 | | | 1.500 | | |
| 16 | 1.350 | 1.350 | | | 1.500 | | |
| 17 | 1.000 | 1.000 | 0.900 | | 1.500 | | |
| 18 | 1.350 | 1.000 | 0.900 | | 1.500 | | |
| 19 | 1.000 | 1.350 | 0.900 | | 1.500 | | |
| 20 | 1.350 | 1.350 | 0.900 | | 1.500 | | |
| 21 | 1.000 | 1.000 | | 0.900 | 1.500 | | |
| 22 | 1.350 | 1.000 | | 0.900 | 1.500 | | |
| 23 | 1.000 | 1.350 | | 0.900 | 1.500 | | |
| 24 | 1.350 | 1.350 | | 0.900 | 1.500 | | |
| 25 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | 0.750 | | |
| 26 | 1.350 | 1.000 | 1.500 | | 0.750 | | |
| 27 | 1.000 | 1.350 | 1.500 | | 0.750 | | |
| 28 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | 0.750 | | |
| 29 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | 0.750 | | |
| 30 | 1.350 | 1.000 | | 1.500 | 0.750 | | |
| 31 | 1.000 | 1.350 | | 1.500 | 0.750 | | |
| 32 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | 0.750 | | |
| 33 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.500 | |
| 34 | 1.350 | 1.000 | | | | 1.500 | |
| 35 | 1.000 | 1.350 | | | | 1.500 | |
| 36 | 1.350 | 1.350 | | | | 1.500 | |
| 37 | 1.000 | 1.000 | 0.900 | | | 1.500 | |
| 38 | 1.350 | 1.000 | 0.900 | | | 1.500 | |
| 39 | 1.000 | 1.350 | 0.900 | | | 1.500 | |
| 40 | 1.350 | 1.350 | 0.900 | | | 1.500 | |
| 41 | 1.000 | 1.000 | | 0.900 | | 1.500 | |
| 42 | 1.350 | 1.000 | | 0.900 | | 1.500 | |

| Comb. | PP | CM 1 | V H1 | V H2 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 43 | 1.000 | 1.350 | | 0.900 | | 1.500 | |
| 44 | 1.350 | 1.350 | | 0.900 | | 1.500 | |
| 45 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | | 0.750 | |
| 46 | 1.350 | 1.000 | 1.500 | | | 0.750 | |
| 47 | 1.000 | 1.350 | 1.500 | | | 0.750 | |
| 48 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | | 0.750 | |
| 49 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | | 0.750 | |
| 50 | 1.350 | 1.000 | | 1.500 | | 0.750 | |
| 51 | 1.000 | 1.350 | | 1.500 | | 0.750 | |
| 52 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | | 0.750 | |
| 53 | 1.000 | 1.000 | | | | | 1.500 |
| 54 | 1.350 | 1.000 | | | | | 1.500 |
| 55 | 1.000 | 1.350 | | | | | 1.500 |
| 56 | 1.350 | 1.350 | | | | | 1.500 |
| 57 | 1.000 | 1.000 | 0.900 | | | | 1.500 |
| 58 | 1.350 | 1.000 | 0.900 | | | | 1.500 |
| 59 | 1.000 | 1.350 | 0.900 | | | | 1.500 |
| 60 | 1.350 | 1.350 | 0.900 | | | | 1.500 |
| 61 | 1.000 | 1.000 | | 0.900 | | | 1.500 |
| 62 | 1.350 | 1.000 | | 0.900 | | | 1.500 |
| 63 | 1.000 | 1.350 | | 0.900 | | | 1.500 |
| 64 | 1.350 | 1.350 | | 0.900 | | | 1.500 |
| 65 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | | | 0.750 |
| 66 | 1.350 | 1.000 | 1.500 | | | | 0.750 |
| 67 | 1.000 | 1.350 | 1.500 | | | | 0.750 |
| 68 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | | | 0.750 |
| 69 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | | | 0.750 |
| 70 | 1.350 | 1.000 | | 1.500 | | | 0.750 |
| 71 | 1.000 | 1.350 | | 1.500 | | | 0.750 |
| 72 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | | | 0.750 |

**Tensiones sobre el terreno**

| Comb. | PP | CM 1 | V H1 | V H2 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 1.000 | | | | | |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 1.300 | | | | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | | 1.300 | | | |
| 4 | 1.000 | 1.000 | | | 1.300 | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | 0.780 | | 1.300 | | |
| 6 | 1.000 | 1.000 | | 0.780 | 1.300 | | |
| 7 | 1.000 | 1.000 | 1.300 | | 0.650 | | |
| 8 | 1.000 | 1.000 | | 1.300 | 0.650 | | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.300 | |
| 10 | 1.000 | 1.000 | 0.780 | | | 1.300 | |

| Comb. | PP | CM 1 | V H1 | V H2 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 1.000 | 1.000 | | 0.780 | | 1.300 | |
| 12 | 1.000 | 1.000 | 1.300 | | | 0.650 | |
| 13 | 1.000 | 1.000 | | 1.300 | | 0.650 | |
| 14 | 1.000 | 1.000 | | | | | 1.300 |
| 15 | 1.000 | 1.000 | 0.780 | | | | 1.300 |
| 16 | 1.000 | 1.000 | | 0.780 | | | 1.300 |
| 17 | 1.000 | 1.000 | 1.300 | | | | 0.650 |
| 18 | 1.000 | 1.000 | | 1.300 | | | 0.650 |

**Desplazamientos**

| Comb. | PP | CM 1 | V H1 | V H2 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 1.000 | | | | | |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | |
| 4 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | |
| 6 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | | |
| 7 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.000 | |
| 8 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | 1.000 | |
| 10 | 1.000 | 1.000 | | | | | 1.000 |
| 11 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.000 |
| 12 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | 1.000 |

### 6.3.2 Estudio de los elementos estructurales

#### *6.3.2.1 Nudos*

**Referencias:**

- $\Delta_x$, $\Delta_y$, $\Delta_z$: Desplazamientos prescritos en ejes globales.
- $\theta_x$, $\theta_y$, $\theta_z$: Giros prescritos en ejes globales.

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.

| Nudos | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Referencia | Coordenadas | | | Vinculación exterior | | | | | | Vinculación interior |
| | X (m) | Y (m) | Z (m) | $D_x$ | $D_y$ | $D_z$ | $q_x$ | $q_y$ | $q_z$ | |
| N1 | 0.000 | 0.000 | 1.900 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N2 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | X | X | X | X | X | X | Empotrado |
| N3 | 0.000 | 1.000 | 2.000 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N4 | 0.000 | 3.000 | 2.200 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |

| Nudos | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Referencia | Coordenadas | | | Vinculación exterior | | | | | | Vinculación interior |
| | X (m) | Y (m) | Z (m) | $D_x$ | $D_y$ | $D_z$ | $q_x$ | $q_y$ | $q_z$ | |
| N5 | 3.100 | 0.000 | 1.900 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N6 | 3.100 | 1.000 | 0.000 | X | X | X | X | X | X | Empotrado |
| N7 | 3.100 | 1.000 | 2.000 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N8 | 3.100 | 3.000 | 2.200 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N9 | 6.200 | 0.000 | 1.900 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N10 | 6.200 | 1.000 | 0.000 | X | X | X | X | X | X | Empotrado |
| N11 | 6.200 | 1.000 | 2.000 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N12 | 6.200 | 3.000 | 2.200 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N13 | 9.300 | 0.000 | 1.900 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N14 | 9.300 | 1.000 | 0.000 | X | X | X | X | X | X | Empotrado |
| N15 | 9.300 | 1.000 | 2.000 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N16 | 9.300 | 3.000 | 2.200 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N17 | 12.400 | 0.000 | 1.900 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N18 | 12.400 | 1.000 | 0.000 | X | X | X | X | X | X | Empotrado |
| N19 | 12.400 | 1.000 | 2.000 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N20 | 12.400 | 3.000 | 2.200 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N21 | 15.500 | 0.000 | 1.900 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N22 | 15.500 | 1.000 | 0.000 | X | X | X | X | X | X | Empotrado |
| N23 | 15.500 | 1.000 | 2.000 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N24 | 15.500 | 3.000 | 2.200 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N25 | 15.500 | 1.000 | 1.700 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N26 | 12.400 | 1.000 | 1.700 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N27 | 9.300 | 1.000 | 1.700 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N28 | 6.200 | 1.000 | 1.700 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N29 | 3.100 | 1.000 | 1.700 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N30 | 0.000 | 1.000 | 1.700 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N31 | 0.000 | 1.000 | 1.470 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N32 | 3.100 | 1.000 | 1.470 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N33 | 6.200 | 1.000 | 1.470 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N34 | 9.300 | 1.000 | 1.470 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N35 | 12.400 | 1.000 | 1.470 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |
| N36 | 15.500 | 1.000 | 1.470 | - | - | - | - | - | - | Empotrado |

### *6.3.2.2 Barras*

| Descripción | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | | Barra (Ni/Nf) | Pieza (Ni/Nf) | Perfil(Serie) | Longitud (m) | | | $b_{xy}$ | $b_{xz}$ | $Lb_{Sup.}$ (m) | $Lb_{Inf.}$ (m) |
| Tipo | Designación | | | | Indeformable origen | Deformable | Indeformable extremo | | | | |
| Acero laminado | S275 (EN 1993-1-1) | N2/N31 | N2/N3 | IPE 180 (IPE) | - | 1.470 | - | 0.70 | 0.70 | 0.735 | 0.735 |
| | | N31/N30 | N2/N3 | IPE 180 (IPE) | - | 0.230 | - | 0.70 | 0.70 | 0.115 | 0.115 |

| Descripción | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | | Barra (Ni/Nf) | Pieza (Ni/Nf) | Perfil(Serie) | Longitud (m) | | | $b_{xy}$ | $b_{xz}$ | $Lb_{Sup.}$ (m) | $Lb_{Inf.}$ (m) |
| Tipo | Designación | | | | Indeformable origen | Deformable | Indeformable extremo | | | | |
| | | N30/N3 | N2/N3 | IPE 180 (IPE) | - | 0.210 | 0.090 | 0.70 | 0.70 | 0.150 | 0.150 |
| | | N1/N3 | N1/N3 | IPE 160 (IPE) | - | 0.914 | 0.091 | 1.00 | 2.00 | 1.000 | 2.010 |
| | | N3/N4 | N3/N4 | IPE 160 (IPE) | 0.091 | 1.919 | - | 0.50 | 2.00 | 1.000 | 4.020 |
| | | N6/N32 | N6/N7 | IPE 180 (IPE) | - | 1.470 | - | 0.70 | 0.70 | 0.735 | 0.735 |
| | | N32/N29 | N6/N7 | IPE 180 (IPE) | - | 0.230 | - | 0.70 | 0.70 | 0.115 | 0.115 |
| | | N29/N7 | N6/N7 | IPE 180 (IPE) | - | 0.210 | 0.090 | 0.70 | 0.70 | 0.150 | 0.150 |
| | | N5/N7 | N5/N7 | IPE 160 (IPE) | - | 0.914 | 0.091 | 1.00 | 2.00 | 1.000 | 2.010 |
| | | N7/N8 | N7/N8 | IPE 160 (IPE) | 0.091 | 1.919 | - | 0.50 | 2.00 | 1.000 | 4.020 |
| | | N10/N33 | N10/N11 | IPE 180 (IPE) | - | 1.470 | - | 0.70 | 0.70 | 0.735 | 0.735 |
| | | N33/N28 | N10/N11 | IPE 180 (IPE) | - | 0.230 | - | 0.70 | 0.70 | 0.115 | 0.115 |
| | | N28/N11 | N10/N11 | IPE 180 (IPE) | - | 0.210 | 0.090 | 0.70 | 0.70 | 0.150 | 0.150 |
| | | N9/N11 | N9/N11 | IPE 160 (IPE) | - | 0.914 | 0.091 | 1.00 | 2.00 | 1.000 | 2.010 |
| | | N11/N12 | N11/N12 | IPE 160 (IPE) | 0.091 | 1.919 | - | 0.50 | 2.00 | 1.000 | 4.020 |
| | | N14/N34 | N14/N15 | IPE 180 (IPE) | - | 1.470 | - | 0.70 | 0.70 | 0.735 | 0.735 |
| | | N34/N27 | N14/N15 | IPE 180 (IPE) | - | 0.230 | - | 0.70 | 0.70 | 0.115 | 0.115 |
| | | N27/N15 | N14/N15 | IPE 180 (IPE) | - | 0.210 | 0.090 | 0.70 | 0.70 | 0.150 | 0.150 |
| | | N13/N15 | N13/N15 | IPE 160 (IPE) | - | 0.914 | 0.091 | 1.00 | 2.00 | 1.000 | 2.010 |
| | | N15/N16 | N15/N16 | IPE 160 (IPE) | 0.091 | 1.919 | - | 0.50 | 2.00 | 1.000 | 4.020 |
| | | N18/N35 | N18/N19 | IPE 180 (IPE) | - | 1.470 | - | 0.70 | 0.70 | 0.735 | 0.735 |
| | | N35/N26 | N18/N19 | IPE 180 (IPE) | - | 0.230 | - | 0.70 | 0.70 | 0.115 | 0.115 |
| | | N26/N19 | N18/N19 | IPE 180 (IPE) | - | 0.210 | 0.090 | 0.70 | 0.70 | 0.150 | 0.150 |
| | | N17/N19 | N17/N19 | IPE 160 (IPE) | - | 0.914 | 0.091 | 1.00 | 2.00 | 1.000 | 2.010 |
| | | N19/N20 | N19/N20 | IPE 160 (IPE) | 0.091 | 1.919 | - | 0.50 | 2.00 | 1.000 | 4.020 |
| | | N22/N36 | N22/N23 | IPE 180 (IPE) | - | 1.470 | - | 1.00 | 1.00 | 0.735 | 0.735 |

| Descripción | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | | Barra (Ni/Nf) | Pieza (Ni/Nf) | Perfil(Serie) | Longitud (m) | | | $b_{xy}$ | $b_{xz}$ | $Lb_{Sup.}$ (m) | $Lb_{Inf.}$ (m) |
| Tipo | Designación | | | | Indeformable origen | Deformable | Indeformable extremo | | | | |
| | | N36/N25 | N22/N23 | IPE 180 (IPE) | - | 0.230 | - | 1.00 | 1.00 | 0.115 | 0.115 |
| | | N25/N23 | N22/N23 | IPE 180 (IPE) | - | 0.210 | 0.090 | 1.00 | 1.00 | 0.150 | 0.150 |
| | | N21/N23 | N21/N23 | IPE 160 (IPE) | - | 0.914 | 0.091 | 1.00 | 2.00 | 1.000 | 2.010 |
| | | N23/N24 | N23/N24 | IPE 160 (IPE) | 0.091 | 1.919 | - | 0.50 | 2.00 | 1.000 | 4.020 |
| Acero conformado | S275 | N30/N29 | N30/N25 | # 3.0x2.0x1.06 (#) | - | 3.100 | - | 0.00 | 0.50 | - | - |
| | | N29/N28 | N30/N25 | # 3.0x2.0x1.06 (#) | - | 3.100 | - | 0.00 | 0.50 | - | - |
| | | N28/N27 | N30/N25 | # 3.0x2.0x1.06 (#) | - | 3.100 | - | 0.00 | 0.50 | - | - |
| | | N27/N26 | N30/N25 | # 3.0x2.0x1.06 (#) | - | 3.100 | - | 0.00 | 0.50 | - | - |
| | | N26/N25 | N30/N25 | # 3.0x2.0x1.06 (#) | - | 3.100 | - | 0.00 | 0.50 | - | - |
| | | N31/N32 | N31/N36 | # 3.0x2.0x1.06 (#) | - | 3.100 | - | 0.00 | 0.50 | - | - |
| | | N32/N33 | N31/N36 | # 3.0x2.0x1.06 (#) | - | 3.100 | - | 0.00 | 0.50 | - | - |
| | | N33/N34 | N31/N36 | # 3.0x2.0x1.06 (#) | - | 3.100 | - | 0.00 | 0.50 | - | - |
| | | N34/N35 | N31/N36 | # 3.0x2.0x1.06 (#) | - | 3.100 | - | 0.00 | 0.50 | - | - |
| | | N35/N36 | N31/N36 | # 3.0x2.0x1.06 (#) | - | 3.100 | - | 0.00 | 0.50 | - | - |

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

| Materiales utilizados | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | | E (MPa) | n | G (MPa) | $f_y$ (MPa) | $a_{\cdot t}$ (m/m°C) | g (kN/m³) |
| Tipo | Designación | | | | | | |
| Acero laminado | S275 (EN 1993-1-1) | 210000.00 | 0.300 | 81000.00 | 275.00 | 0.000012 | 77.01 |
| Acero conformado | S275 | 210000.00 | 0.300 | 80769.23 | 275.00 | 0.000012 | 77.01 |

*Notación:*
*E: Módulo de elasticidad*
*n: Módulo de Poisson*
*G: Módulo de cortadura*
*$f_y$: Límite elástico*
*$a_{\cdot t}$: Coeficiente de dilatación*
*g: Peso específico*

| Características mecánicas | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | | Ref. | Descripción | A (cm²) | Avy (cm²) | Avz (cm²) | Iyy (cm4) | Izz (cm4) | It (cm4) |
| Tipo | Designación | | | | | | | | |
| Acero laminado | S275 (EN 1993-1-1) | 1 | IPE 180, (IPE) | 23.90 | 10.92 | 7.82 | 1317.00 | 101.00 | 4.73 |
| | | 2 | IPE 160, (IPE) | 20.10 | 9.10 | 6.53 | 869.00 | 68.30 | 3.54 |
| Acero conformado | S275 | 3 | # 3.0x2.0x1.06, (#) | 1.35 | 0.46 | 0.71 | 1.58 | 0.83 | 1.83 |

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

### 6.3.3 Comprobación a E.L.U

En el anexo Nº2 se muestra las comprobaciones arrojadas por el programa para la comprobación del E.L.U

### 6.3.4 Cimentación

La cimentación de esta estructura está definida por zapatas rectangulares excéntricas de 1,65 x 1,65 x 0,40 m, conectadas entre sí por vigas de atado de 0,82 x 0,82 x 0,40 m, todas ellas conformadas por un armado de acero S-500 de Ø12c/20 cm.

| Referencias | Geometría | Armado |
|---|---|---|
| N2, N6, N10, N14, N18 y N22 | Zapata rectangular excéntrica<br>Ancho inicial X: 82.5 cm<br>Ancho inicial Y: 82.5 cm<br>Ancho final X: 82.5 cm<br>Ancho final Y: 82.5 cm<br>Ancho zapata X: 165 cm<br>Ancho zapata Y: 165 cm<br>Canto: 40 cm | Sup X: 8Ø12c/20<br>Sup Y: 8Ø12c/20<br>Inf X: 8Ø12c/20<br>Inf Y: 8Ø12c/20 |

Las comprobaciones y mediciones de la cimentación se muestran en el anexo Nº2 de este anejo.

# ANEXO I: SIMULACIÓN CFD Y ANÁLISIS CAE

# SIMULACIÓN SFD

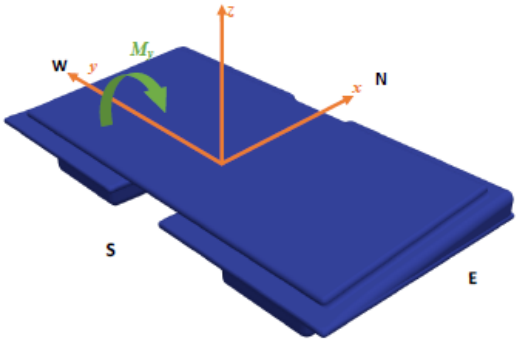
Como se ha mencionado en puntos anteriores, no existe una normativa técnica relativa a la tecnología solar fotovoltaica flotante, por lo que muchos de los cálculos realizados se basan en hipótesis y aproximaciones, que se han confirmado como válidas durante los años de experiencia de ISIGENERE en el diseño de este tipo de plantas.

El caso concreto de las acciones provocadas por el viento es un caso particular, ya que tiene un comportamiento muy complejo y muy variable, por lo que requiere de un tratamiento muy cuidadoso. En este sentido, ISIGENERE, en colaboración con IDie, realizó una simulación por ordenador en la que se trataba de verificar que los supuestos aplicados para el cálculo de las fuerzas de viento eran coherentes con la realidad. Este tipo de simulaciones son las denominadas CFD (Computational Fluid Dynamics) y se utilizan para analizar problemas complejos en las interacciones de fluidos con sólidos (o con otros fluidos).

Sin entrar a describir los detalles concretos del análisis, a continuación, se muestra un resumen del procedimiento y de los resultados obtenidos.

## DIRECCIÓN Y ORIENTACIÓN DEL VIENTO

Con el objetivo de determinar las tensiones generadas, se estudiaron tres orientaciones de viento distintas, como se muestra en la siguiente ilustración.




*Direcciones de viento utilizadas en el CFD*

- Viento a 0º: aplicado en el lateral Sur del módulo, a lo largo del eje Norte-Sur, orientado hacia el Norte.
- Viento a 90º: aplicado en el lateral Este del módulo, a lo largo del eje Este-Oeste, oreintado hacia el Oeste.
- Viento a 180º: aplicado en el lateral Norte del módulo, a lo largo del eje Norte-Sur, orientado hacia el Sur.

El viento a 270º no se estudió, ya que resulta un caso idéntico al de 90º debido a la simetría del módulo.

## NÚMERO DE MÓDULOS

Debido a la gran complejidad de simular una planta completa, se realizaron algunas simplificaciones.

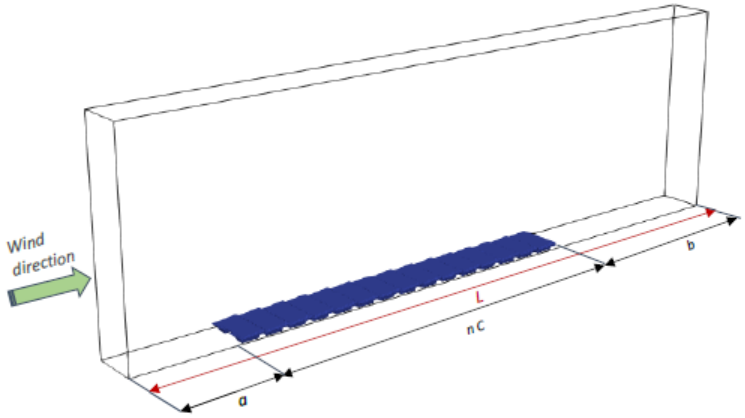
Se alinearon 15 módulos en la dirección del viento de forma que la longitud total de la columna asegurara que no se diera la singularidad por el efecto de los últimos módulos.

Perpendicularmente a la dirección del viento se simuló una única línea de módulos, ya que se observó que el viento sopla uniformemente en el frente de los módulos.

## VOLUMEN DE CONTROL

El volumen de control es la abstracción matemática que representa el volumen de aire alrededor del cuerpo estudiado. Este valor debe ser definido correctamente para asegurar unos resultados lo más exactos posible.

Sin entrar en detalle, en este estudio el volumen de control se definió como un paralelepípedo con el ancho de un módulo, 20 veces la altura de un módulo y una longitud definida de tal forma que se evitaran los efectos de recirculación de aire.




*Volumen de control para CFD*

La parte inferior del volumen de control se situó de forma que se respetara el calado del flotador.

*Calado del flotador*

La ilustración anterior muestra el volumen de control para una columna de módulos con la orientación del viento a 0º. Para la orientación a 90º el volumen de control se rotó 90º, y se simuló una fila de módulos, en lugar de una columna. Para el viento a 180º simplemente se rotaron los módulos 180º.

## VELOCIDAD DEL VIENTO

El estudio se realizó para vientos de 15, 30, y 50 m/s. Más adelante se muestran los resultados para el caso de 30 m/s, al considerarse el más representativo.

## SIMULACIÓN

Los detalles sobre el tamaño y tipo de malla, las condiciones de contorno, los modelos de turbulencia, número de iteraciones, etc… no se consideran relevantes para el alcance del presente anejo, sin embargo, se encuentran a disposición del cliente en caso de ser requeridos.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos son los siguientes:

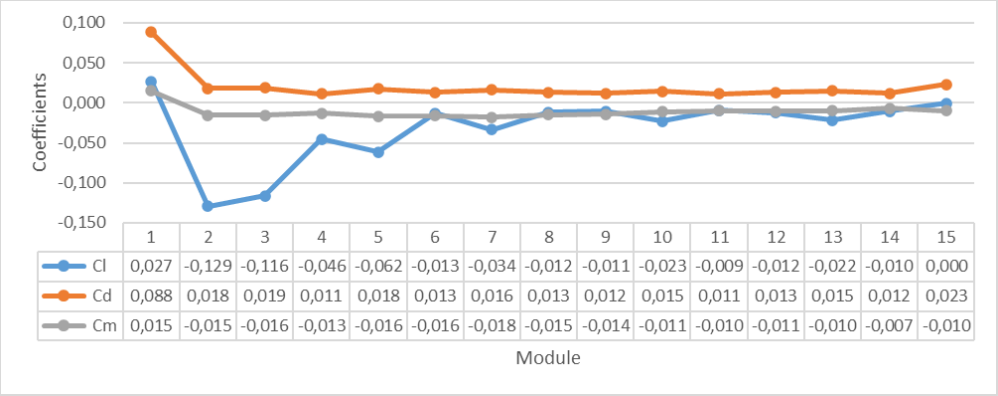
- Fuerzas verticales y horizontales.
- Momentos
- Coeficientes adimensionales:
- Coeficiente de arrastre (CD): cuantifica la resistencia que opone el objeto al fluido circundante. Cuanto mayor es el coeficiente, mayor es la resistencia.
- Coeficiente de sustentación (CL): cuantifica la capacidad del objeto para contrarrestar la gravedad generada por el fluido circundante. Los valores positivos indican succión, mientras los negativos indican compresión. Cuanto mayor sea el coeficiente mayor será la succión, o la compresión.
- Coeficiente de momento (CM): cuantifica la tendencia del objeto a girar respecto a su centro aerodinámico. Cuanto mayor sea el coeficiente, mayor será la tendencia a rotar.
- Presiones
- Velocidades

A pesar de que todos ellos resultan interesantes, e ISIGENERE ha obtenido conclusiones importantes de los mismos, son los coeficientes adimensionales los que realmente resultan útiles para los cálculos concretos de cada proyecto, ya que no dependen de la geometría concreta de cada caso particular. Es por esto que los resultados que se presentan a continuación se resumen a estos coeficientes adimensionales y a su afectación a los proyectos.

### Viento a 0º y a 180º

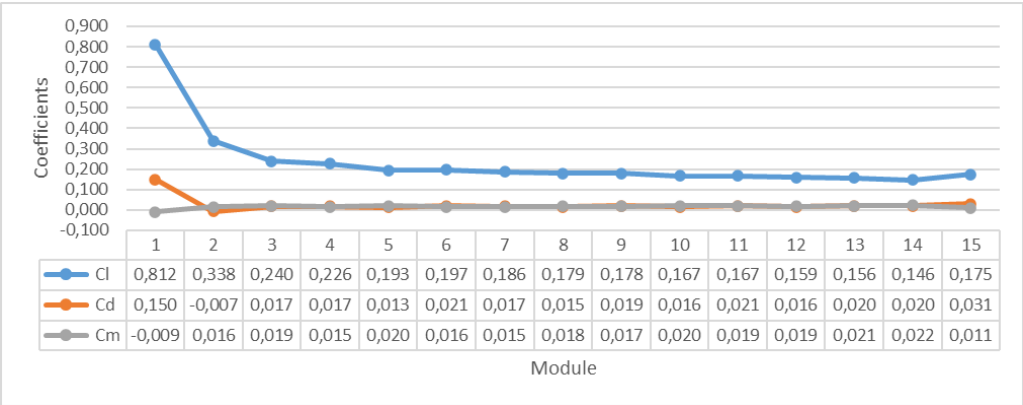
Los resultados para 0º y 180º se muestran de forma conjunta, ya que al tratarse de la misma dirección, pero diferente sentido, lo lógico es tratarlos como uno sólo, adoptando los condicionantes de cálculo que resulten más restrictivos.

Las siguientes imágenes muestran los valores de dichos coeficientes para ambas orientaciones.




| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cl | 0,027 | -0,129 | -0,116 | -0,046 | -0,062 | -0,013 | -0,034 | -0,012 | -0,011 | -0,023 | -0,009 | -0,012 | -0,022 | -0,010 | 0,000 |
| Cd | 0,088 | 0,018 | 0,019 | 0,011 | 0,018 | 0,013 | 0,016 | 0,013 | 0,012 | 0,015 | 0,011 | 0,013 | 0,015 | 0,012 | 0,023 |
| Cm | 0,015 | -0,015 | -0,016 | -0,013 | -0,016 | -0,016 | -0,018 | -0,015 | -0,014 | -0,011 | -0,010 | -0,011 | -0,010 | -0,007 | -0,010 |

*Coeficientes adimensionales para viento a 0º*




| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cl | 0,812 | 0,338 | 0,240 | 0,226 | 0,193 | 0,197 | 0,186 | 0,179 | 0,178 | 0,167 | 0,167 | 0,159 | 0,156 | 0,146 | 0,175 |
| Cd | 0,150 | -0,007 | 0,017 | 0,017 | 0,013 | 0,021 | 0,017 | 0,015 | 0,019 | 0,016 | 0,021 | 0,016 | 0,020 | 0,020 | 0,031 |
| Cm | -0,009 | 0,016 | 0,019 | 0,015 | 0,020 | 0,016 | 0,015 | 0,018 | 0,017 | 0,020 | 0,019 | 0,019 | 0,021 | 0,022 | 0,011 |

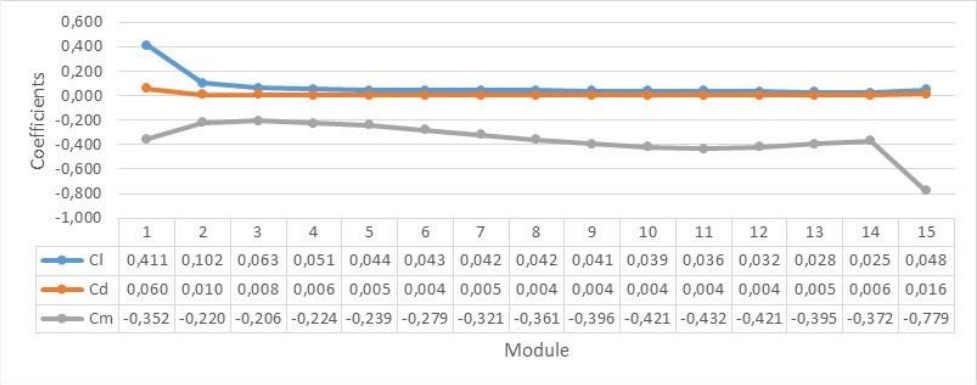
*Coeficientes adimensionales para viento a 180º*

Puede observarse en ambos casos como casi todos los coeficientes muestran un valor inicial, correspondiente a la primera fila de módulos, relativamente alto y luego sufren una reducción más o menos importante. Esto confirma la existencia de un efecto de abrigo o protección de la primera fila sobre las siguientes, que va en concordancia con los criterios de cálculo establecidos en los puntos anteriores.

Respecto al coeficiente de arrastre (CD), que es el más utilizado en los cálculos, vemos que en la situación más desfavorable (viento a 180º) presenta para la primera fila de módulos un valor de 0,15, muy superior al establecido como coeficiente de rozamiento en los cálculos anteriores. Sin embargo, a partir de ahí reduce considerablemente su valor y varía entre 0,013 y 0,02, muy en concordancia con el 0,016 establecido en los cálculos.

## Viento a 90º

La siguiente figura muestra los coeficientes adimensionales para la dirección del viento a 90º, relacionados con el efecto del viento Este – Oeste y Oeste – Este ya que ambas tienen el mismo efecto sobre la plataforma, al ser esta simétrica respecto a este eje. Como se puede observar, aunque la tendencia de comportamiento es similar al caso del viento a 0º y 90º (direcciones Norte – Sur y Sur – Norte) tanto para las fuerzas verticales de elevación (Cl) como para las cargas horizontales (Cd), su relevancia es significativamente menor con valores de aproximadamente la mitad.




| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cl | 0,411 | 0,102 | 0,063 | 0,051 | 0,044 | 0,043 | 0,042 | 0,042 | 0,041 | 0,039 | 0,036 | 0,032 | 0,028 | 0,025 | 0,048 |
| Cd | 0,060 | 0,010 | 0,008 | 0,006 | 0,005 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,006 | 0,016 |
| Cm | -0,352 | -0,220 | -0,206 | -0,224 | -0,239 | -0,279 | -0,321 | -0,361 | -0,396 | -0,421 | -0,432 | -0,421 | -0,395 | -0,372 | -0,779 |

*Coeficientes adimensionales para viento a 90º*

Por lo tanto, para una misma velocidad del viento, siempre se obtendrán valores de fuerza menores en la dirección E-O, lo que implica que el coeficiente de rozamiento a tener en cuenta será el obtenido para la dirección S-N.

# OBJETO.

El objeto es análisis de los distintos elementos de componen el sistema solar flotante. En concreto contemple el análisis del comportamiento de flotador principal (soporte de los paneles FV) y secundarios (destinados al tránsito del personal de mantenimiento y a albergar las canalizaciones eléctricas).

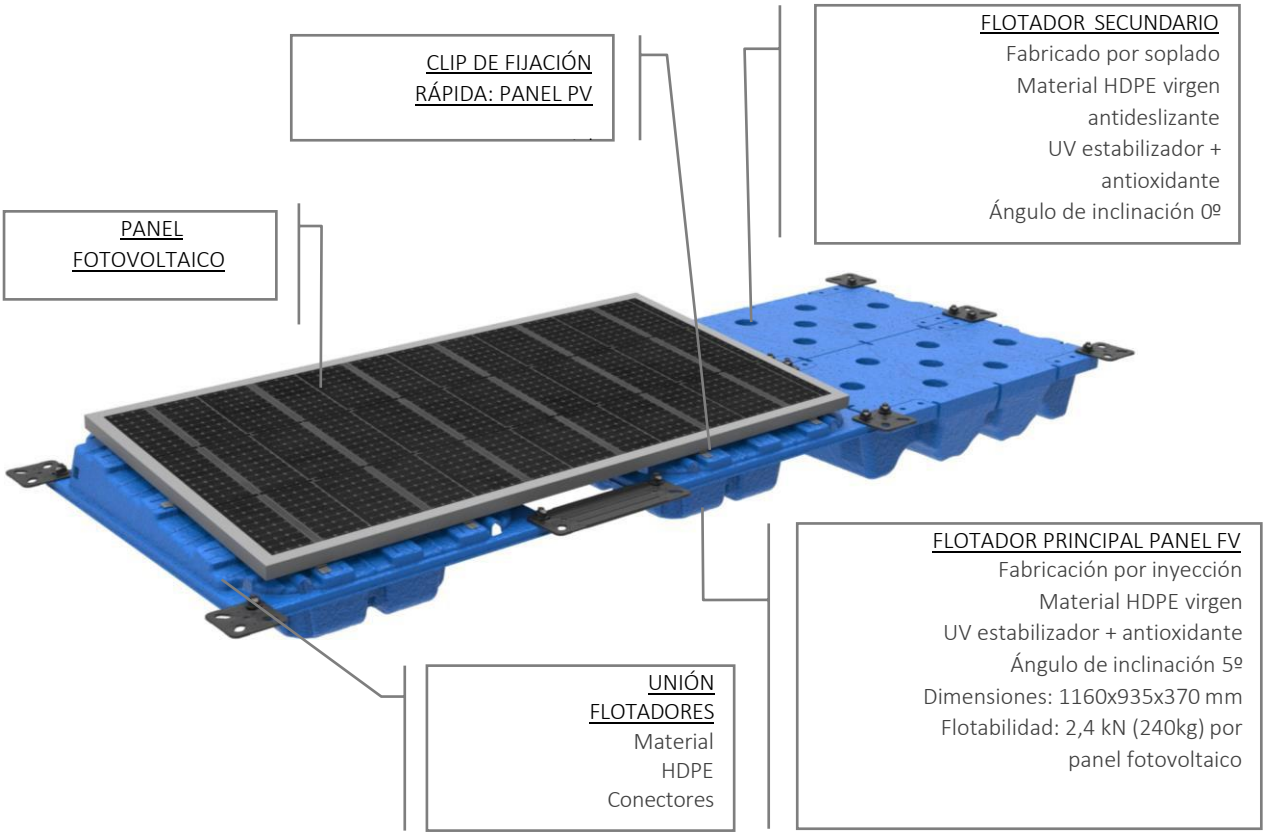
Se ha realizado un ÁNALISIS DE ELEMENTOS FINITOS de los dos flotadores mediante la utilización del módulo de Simulación CAE de SolidWorks.

# GEOMETRÍA DE LAS PIEZAS.

## FLOTADOR PRINCIPAL.

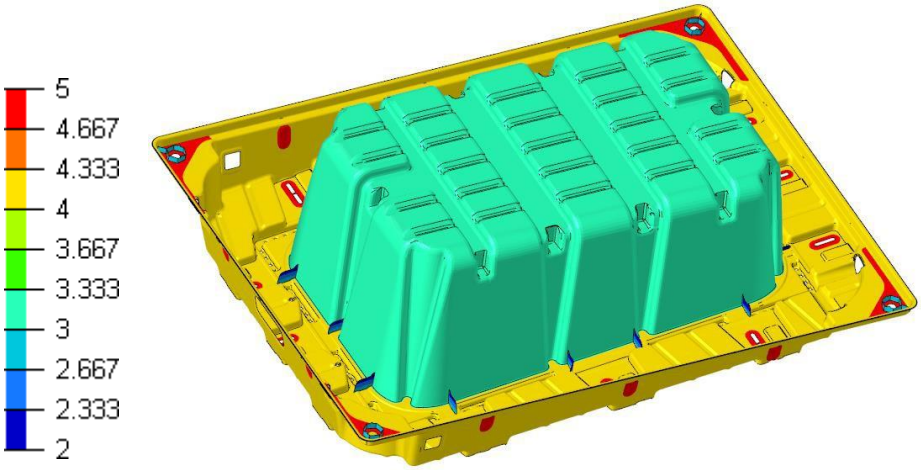
Se propone como flotador principal a utilizar en la estructura flotante una pieza plástica, de planta rectangular, de dimensiones 1160 x 935 mm, de geometría cóncava, que le confiere de flotabilidad y minimiza el uso de material termoplástico en su construcción. Con objeto de posibilitar el montaje inclinado de los paneles FV la pieza generará un plano inclinado a 5º sin la necesidad de utilizar elementos para sobre elevarlos.

Cada panel FV, dispuesto en posición horizontal, dispondrá de dos flotadores principales espaciados entre ellos y dispuesto en los extremos del mismo, de forma que se aumente la estabilidad del conjunto o unidad flotante (unidad básica de la estructura flotante).




Unidad flotante, flotador principal y secundario

Para soportar las cargas a las que estará sometido, se construirá un flotador con espesores variables según zona. De forma general, dispondrá de (1) un espesor en su parte inferior de 3 mm, en la zona que le confiere de flotabilidad a la pieza y en contacto con el agua, (2) un espesor de su parte superior de 4 mm para soportar las cargas verticales y horizontales a las que va estar sometido, derivadas de las acciones de viento, nieve, corrientes, oleaje y sobrecargas de montaje, operación y mantenimiento y (3) espesores de 5 mm en la zona de esquinas para soportar la trasmisión de cargas de unos a otros.




Mapeo de espesores del flotador principal.

## FLOTADOR SECUNDARIO.

Se propone como flotador secundario a utilizar en la estructura flotante una pieza plástica prismática de planta rectangular, de dimensiones en planta de 1095 x 575 mm y 240 mm de altura. Las dimensiones propuestas permitirán la modularidad y compatibilidad con los principales y las unidades flotantes, tal y como se aprecia en la ilustración 1.

Para soportar las cargas a las que estará sometido, se construirá un flotador de espesor variable según zonas. La parte superior tendrá espesores superiores a 3,75 mm para soportar las cargas verticales y horizontales a las que va estar sometido, derivadas de las acciones de viento, nieve, corrientes, oleaje y sobrecargas de montaje, operación y mantenimiento, operación y mantenimiento. La parte inferior en contacto con el agua tendrá espesores superiores a 1,50 mm.

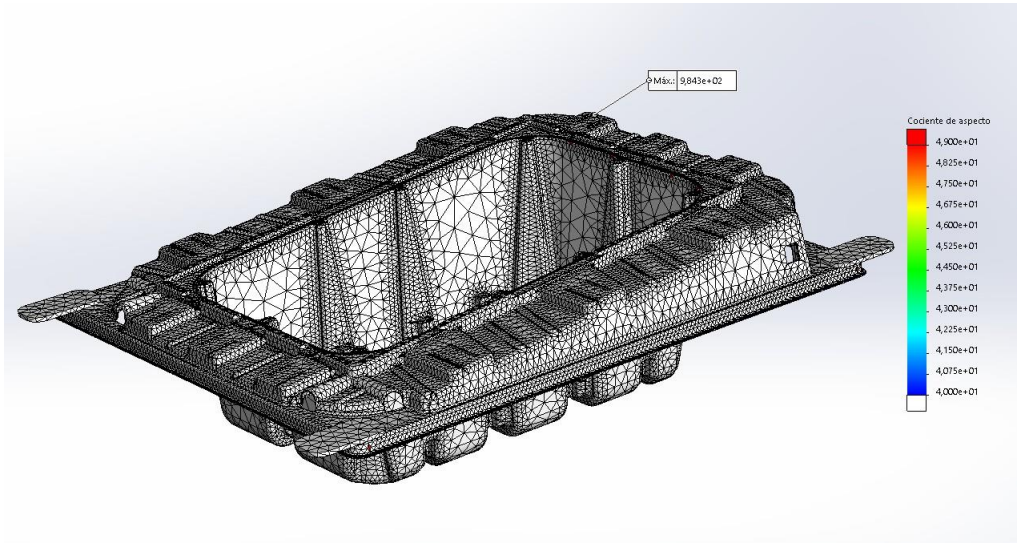
# MALLADO DE PIEZAS.

Las piezas plásticas se modelizan con elementos triangulares de 3 nodos. El elemento tiene seis grados de libertad por nodo: desplazamientos en las direcciones nodales x, y, z y, asimismo, rotaciones respecto a estos tres ejes. Su formulación permite realizar tanto un cálculo estático lineal como no lineal (material, geométrica).

En cuanto a la técnica de mallado automático, se utiliza un algoritmo de generación que interpola geometrías entre contornos con posibilidad de refinamiento de la malla en aquellos puntos que la geometría así lo exija. Para cada una de las mallas generadas los criterios automáticos de generación de la malla aseguran la calidad de la malla basándose en límites específicos del error.

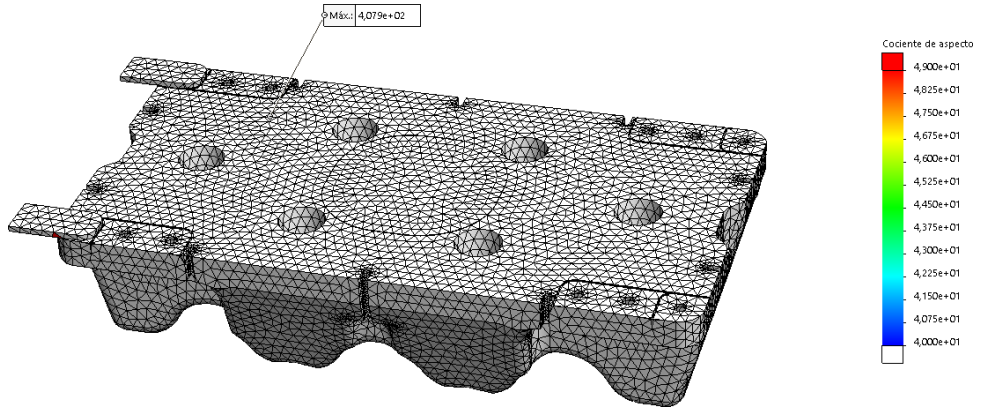
## MALLADO FLOTADOR PRINCIPAL.

| Modelo | Nº elementos | Nº nodos | Puntos Jacobianos | Tamaño max. elemento | Tamaño min. elemento |
|---|---|---|---|---|---|
| FLOTADOR PRINCIPAL | 186.183 | 369.219 | 29 | 45 mm | 9 mm |



## MALLADO FLOTADOR SECUNDARIO.

| Modelo | Nº elementos | Nº nodos | Puntos Jacobianos | Tamaño max. elemento | Tamaño min. elemento |
|---|---|---|---|---|---|
| FLOTADOR SECUNDARIO | 57.678 | 114.959 | 16 | 20 mm | 4 mm |




# MATERIALES.

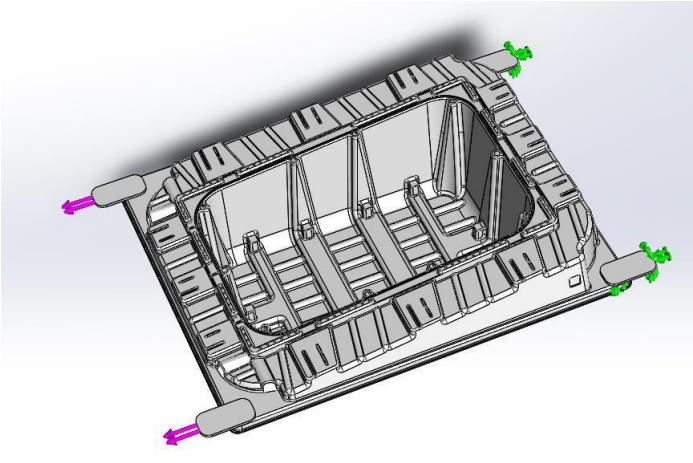
Para la construcción de los flotadores se han seleccionado materiales comerciales. Se utilizará polietileno de alta densidad (HDPE) con las siguientes características, según la pieza:

| Propiedad mecánica | | Flotador Principal ( HDPE Inyección ) | Flotador Principal ( HDPE Soplado ) |
|---|---|---|---|
| $\rho_p$ | Densidad | 960 kg/m$^3$ | 960 kg/m$^3$ |
| $\sigma_y$ | Tensión de fluencia | 27 MPa | 22.8 MPa |
| $\sigma_r$ | Tensión última (rotura) | 31 MPa | 36.5 MPa |
| $\varepsilon_y$ | Alargamiento punto de fluencia | 5% | 6% |
| $E_m$ | Módulo de flexión | 1400 MPa | 855 MPa |
| $\mu$ | Coeficiente Poisson | 0.40 | 0.40 |

# CONDICIONES DE CONTORNO.

## FLOTADOR PRINCIPAL.

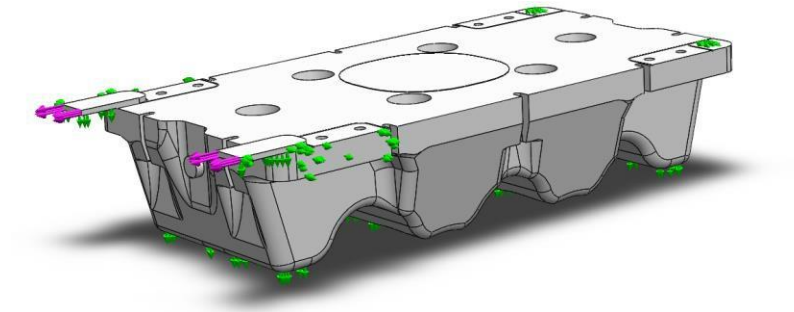
En el análisis del flotador principal se ha introducido al modelo únicamente como condición de contorno la limitación de desplazamiento el eje X (dirección de aplicación de la las fuerzas de tracción) y desplazamiento en les eje Z las uniones en un extremo.



Condiciones de contorno y aplicación de cargas sobre flotador principal.

## FLOTADOR SECUNDARIO.

En el análisis de flotador secundario se ha introducción al modelo como condiciones de contorno la limitación del desplazamiento de la base en el eje Z, y limitación de desplazamiento del eje X (dirección de aplicación de las fuerzas de tracción) de los puntos de unión y desplazamiento en el eje Y de los laterales en la uniones donde se aplica la carga de tracción.



Condiciones de contorno y aplicación de cargas sobre flotador secundario.

# APLICACIÓN DE CARGAS.

## FLOTADOR PRINCIPAL.

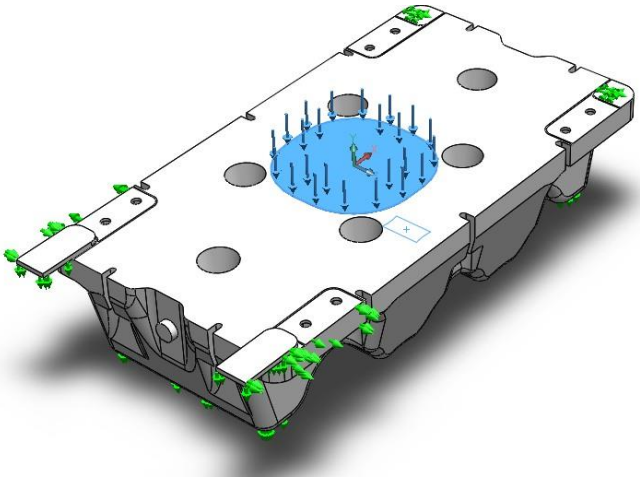
Sobre el flotado principal se aplican cargas sobre las uniones opuestas a las que se ha limitado el desplazamiento en el eje X. Las cargas se aplicarán en la dirección X produciendo una tracción sobre la pieza y aplicarán en la misma cuantían en las dos esquinas de la pieza (flechas magenta de la Ilustración 3).

La magnitud de la carga se ha ido incrementando en análisis sucesivos hasta determinar la carga máxima que puede soportar de la pieza con el diseño y materiales propuesto.

## FLOTADOR SECUNDARIO.

Sobre el flotador secundario se aplican

1. Cargas de tracción. las cargas tracción se aplicarán en las uniones opuestas a las que sea limitado el desplazamiento en el X. Las cargas se aplicarán en la dirección X produciendo una tracción sobre la pieza y aplicarán en la misma cuantían en las dos esquinas de la pieza ( flechas magenta de la Ilustración 4 ).
   La magnitud de la carga se ha ido incrementando en análisis sucesivos hasta determinar la carga máxima que puede soportar pieza con el diseño y materiales propuesto
2. Cargas compresión. Se aplicará carga a compresión en el eje Z, centrada en el flotador y sobre una zona de diámetro 300 mm, equivalente al peso de una persona transitando sobre el mismo. Se establece como carga de diseño 100 kg.



Zona de aplicación de la carga de compresión sobre flotadores secundarios.

# RESULADOS.

## FLOTADOR PRINCIPAL.

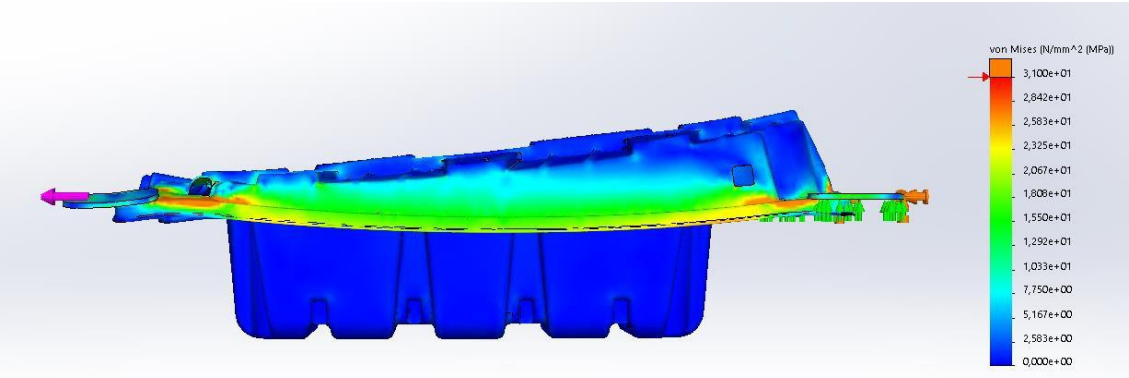
El flotador principal ha sido analizado con fuerza de tracción creciente hasta una carga de 2000 kg (20 kN). La pieza sometida a estar de tracción presenta tensiones de Von Mises puntualmente elevadas en las esquinas, donde se prevé empiecen efectos localizados de plastificación del material y redistribución de tensión.

En cuanto a las deformaciones de pieza se observan deformaciones máximas bajo carga máxima de 18,54 mm. En la zona de anclaje del panel y bajo carga de 2000 kg se observan absolutas de 12,47 mm en la parte inferior del plano/marco de apoyo y d 12,40 mm en la parte superior del mismo, lo que supone una deformación de 0,07 mm del plano de apoyo, valor completamente aceptable dadas las holguras de diseño entre el marco de placa y los flotadores, y entre el marco de la placa y lo clips de fijación.

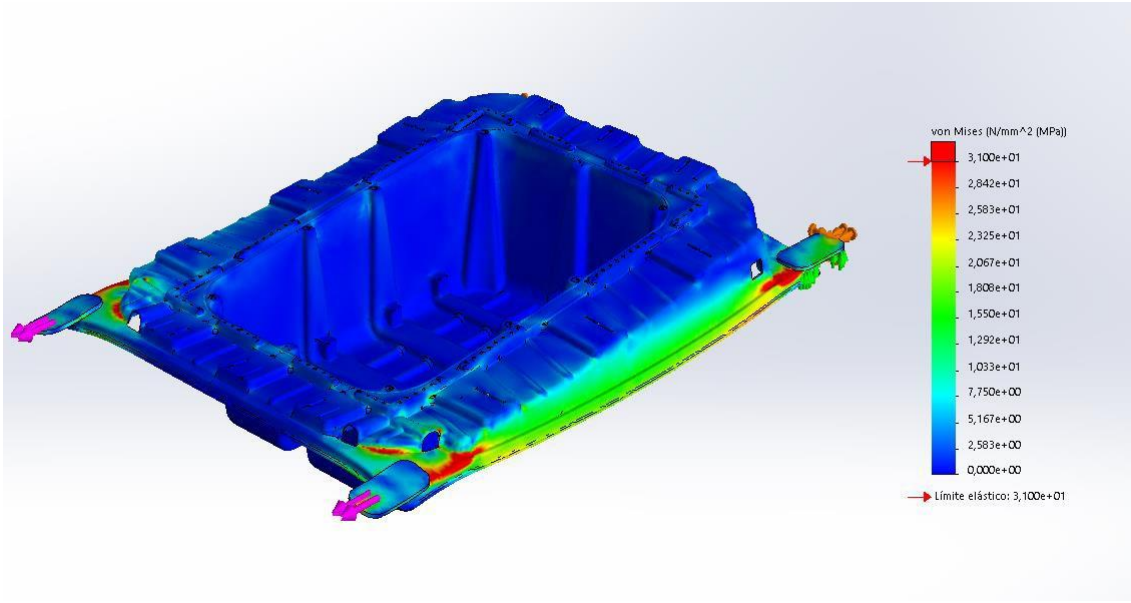
Esta carga de 2.000 kg (20 KN) a los efectos de diseño será considerada de rotura o carga máxima, utilizando como VALOR DE CALCULO EN ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS de

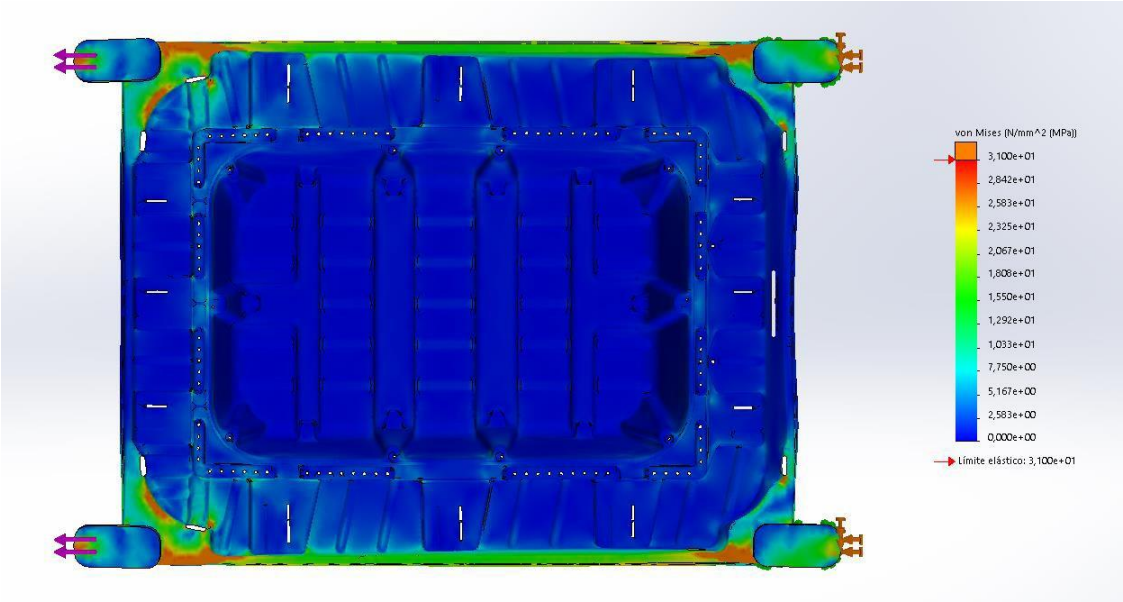
1.000 kg (10 KN), considerando un COEFICIENTE PARCIAL DE SEGURIDAD igual a 2, es decir, considerando una tensión de máxima de trabajo de 15,5 MPa. Este coeficiente parcial de seguridad del material tiene en consideración la degradación del material a lo largo de la vida útil perseguida para el producto (25 años para el diseño que nos ocupa) así como la variación de la tensión de fluencia del material a las distintas temperaturas.

**Análisis de esfuerzo – Tensiones Von Mises – Carga de tracción aplicada = 2.000 kg**

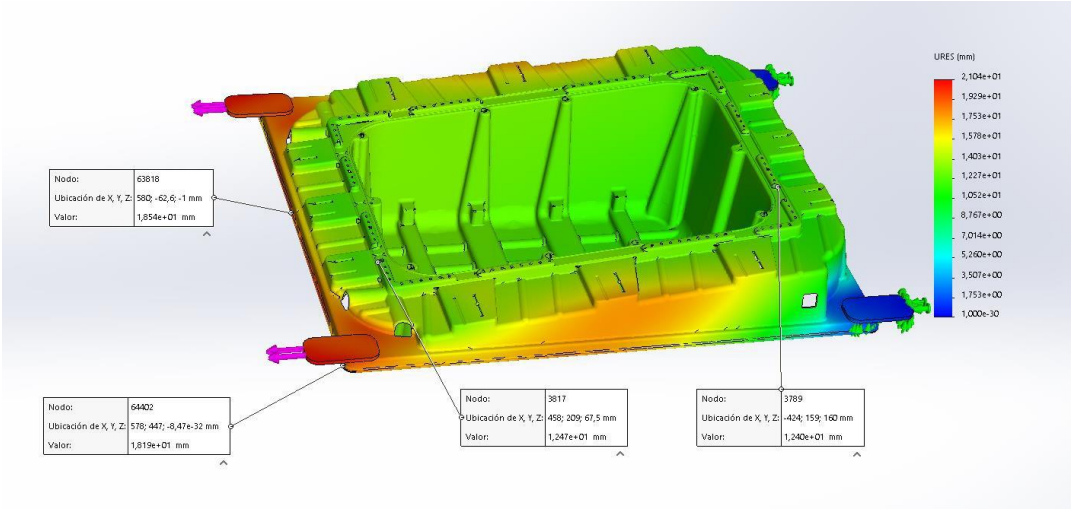


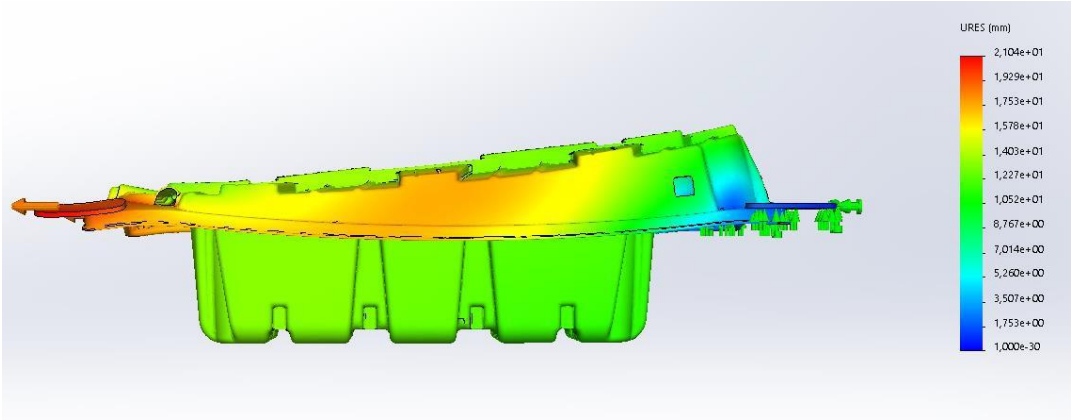
CÁLCULO DE FLOTAODRES – ANÁLISIS CAE – ÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS

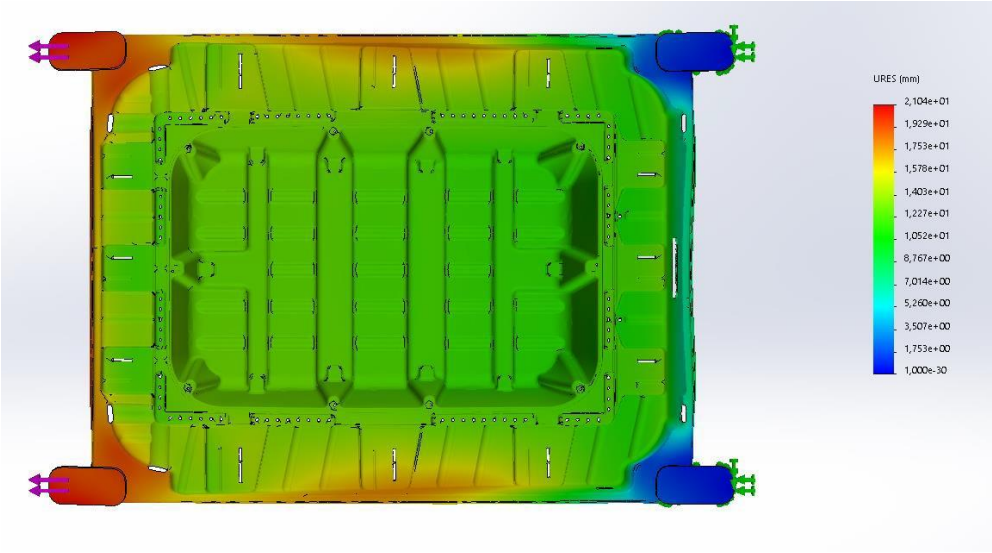


**Análisis de deformaciones absolutas – Carga tracción aplicada 2.000 Kg**



## FLOTADOR SECUNDARIO.

El flotador secundario ha sido analizado con fuerza de tracción creciente hasta una carga de 3000 kg (30 kN). La pieza sometida a estar de tracción presenta tensiones de Von Mises puntualmente elevadas en las esquinas, donde se prevé empiecen efectos localizados de plastificación del material y redistribución de tensión.

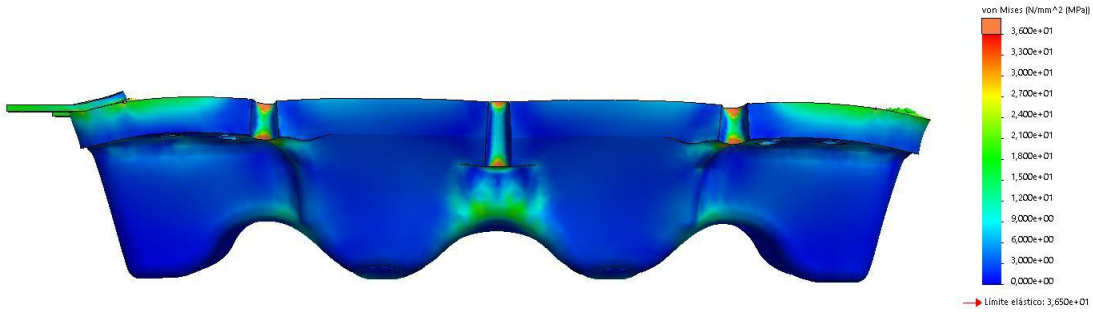
En cuanto a las deformaciones de pieza se observan deformaciones máximas bajo carga máxima de 21,31 mm. Esta deformación es completamente aceptable con las holguras con la que ha sido diseñado el sistema y sus componentes.

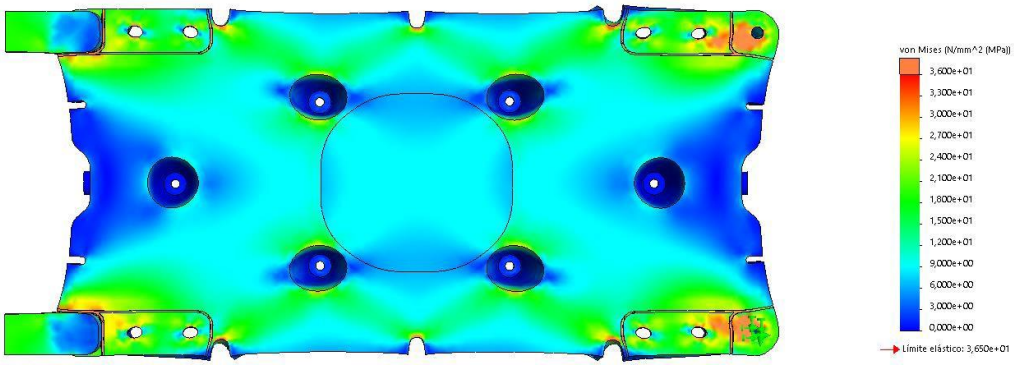
Esta carga de 3.000 kg (30 KN) a los efectos de diseño será considerada de rotura o carga máxima, utilizando como VALOR DE CALCULO EN ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS de

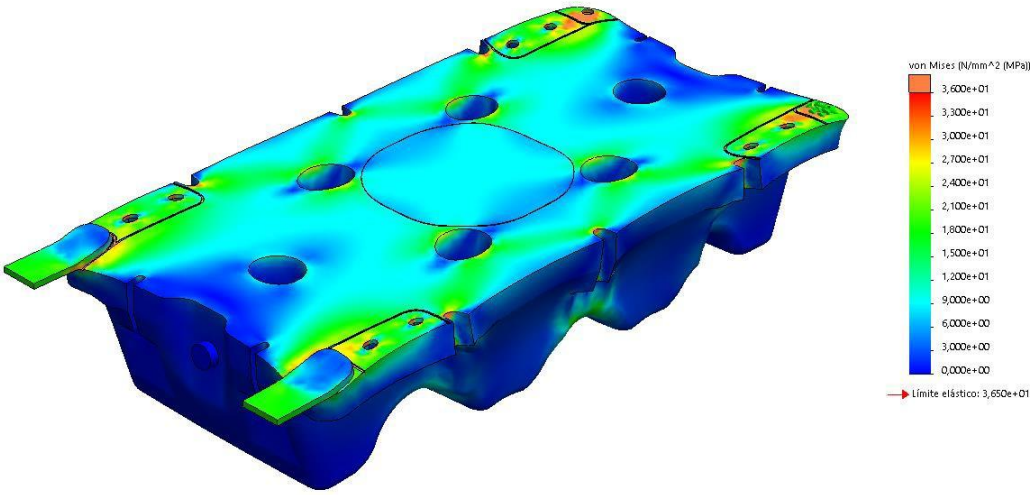
1.500 kg (15 KN), considerando un COEFICIENTE PARCIAL DE SEGURIDAD igual a 2, es decir, considerando una tensión de máxima de trabajo de 18,5 MPa. Este coeficiente parcial de seguridad del material tiene en consideración la degradación del material a lo largo de la vida útil perseguida para el producto (25 años para el diseño que nos ocupa) así como la variación de la tensión de fluencia del material a las distintas temperaturas.

Finalmente, el flotador secundario ha sido analizado a carga vertical de compresión en la zona central, en un círculo de 300 mm de diámetro y aplicando una carga de 100 kg. Es estado tensional de la pieza sometida a esta carga se encuentra muy por debajo de las tensiones máxima, del orden de 9 MPA. Las deformaciones máximas se concentran evidentemente en la zona central del área de aplicación de la carga, con un máximo de 21 mm, es decir 1/20 de la luz entre los apoyos centrales. Se considera este valor aceptable, ya que a la vista del estado tensional las deformaciones no serán permanentes tras dejar de someter la carga.

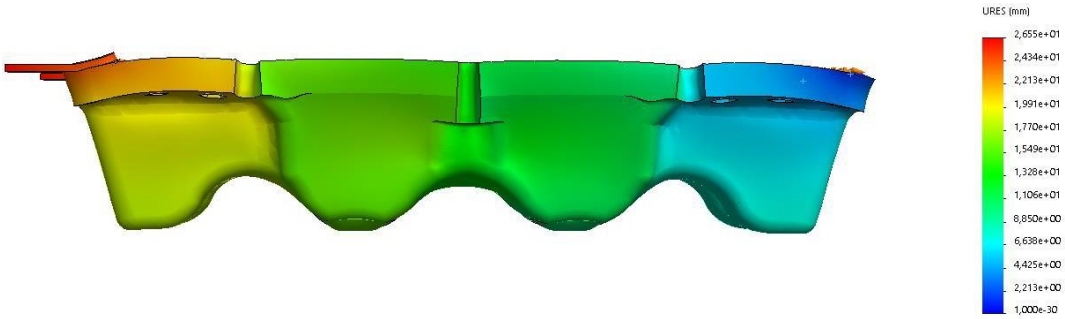
**Análisis de esfuerzo – Tensiones Von Mises – Carga de tracción aplicada = 3.000 kg**



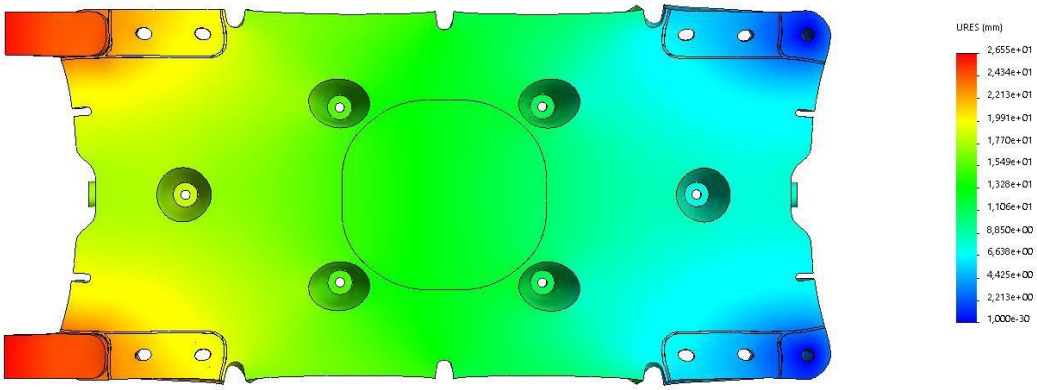


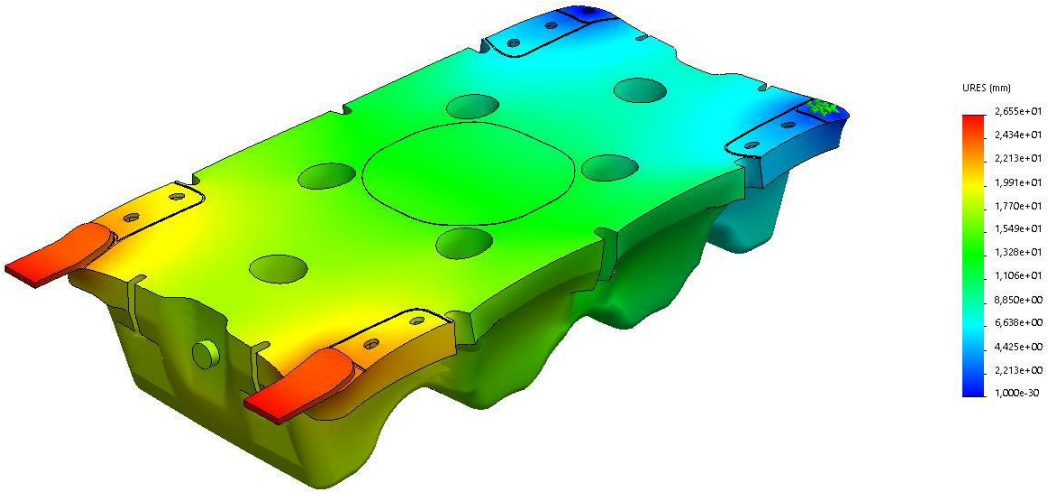



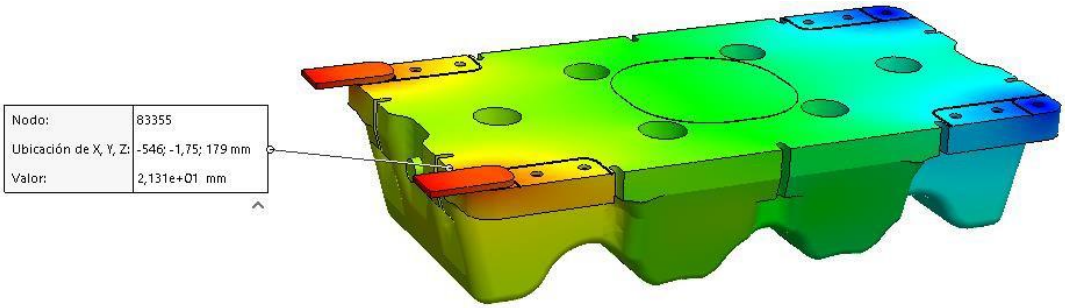

**Análisis de deformaciones absolutas – Carga tracción aplicada 3.000 kg**

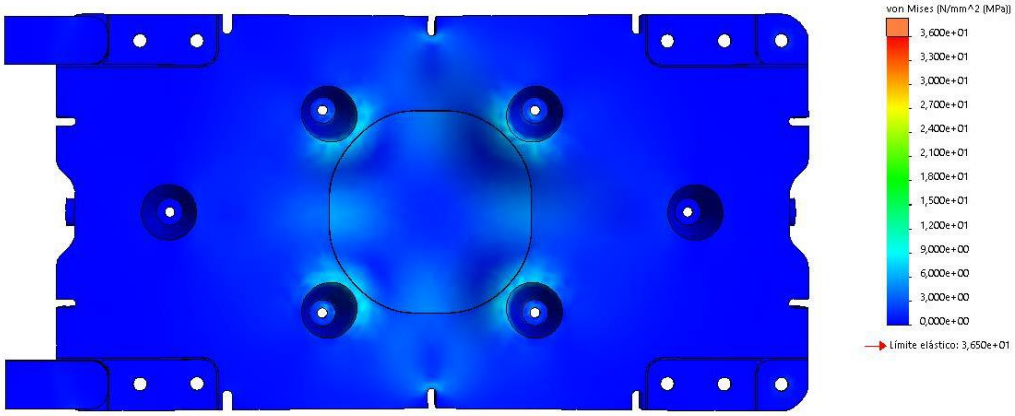


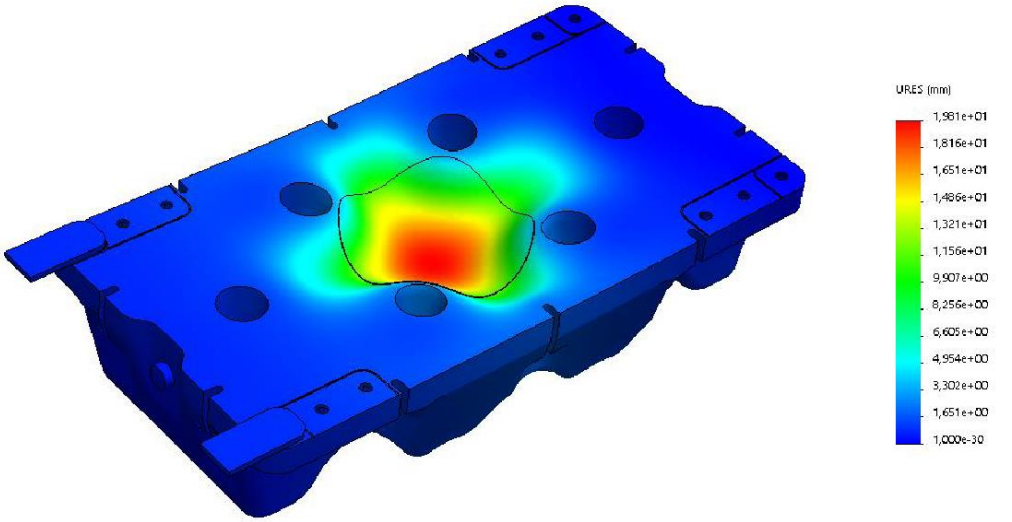
CÁLCULO DE FLOTAODRES – ANÁLISIS CAE – ÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS






# CONCLUSIONES.

Tras el análisis de elementos finitos realizados se puede establecer para cada una de las piezas las siguientes cargas máxima, valores de cálculo de estados límites últimos.

| Pieza | Carga Máxima ( kN ) | Valor de Cálculo E.L.U ( kN ) |
|---|---|---|
| Flotador Principal | 20,00 | 10,00 |
| Flotador Secundario | 30,00 | 15,00 |

***Coeficiente parcial de seguridad material = 2**

# ANEXO II: MEDICIONES Y COMPROBACIONES MARQUESINA

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

## TABLA MEDICION CUERPO MARQUESINA

| Tabla de medición | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | | Pieza (Ni/Nf) | Perfil(Serie) | Longitud (m) | Volumen (m³) | Peso (kg) |
| Tipo | Designación | | | | | |
| Acero laminado | S275 (EN 1993-1-1) | N2/N3 | IPE 180 (IPE) | 2.000 | 0.005 | 37.52 |
| | | N1/N3 | IPE 160 (IPE) | 1.005 | 0.002 | 15.86 |
| | | N3/N4 | IPE 160 (IPE) | 2.010 | 0.004 | 31.71 |
| | | N6/N7 | IPE 180 (IPE) | 2.000 | 0.005 | 37.52 |
| | | N5/N7 | IPE 160 (IPE) | 1.005 | 0.002 | 15.86 |
| | | N7/N8 | IPE 160 (IPE) | 2.010 | 0.004 | 31.71 |
| | | N10/N11 | IPE 180 (IPE) | 2.000 | 0.005 | 37.52 |
| | | N9/N11 | IPE 160 (IPE) | 1.005 | 0.002 | 15.86 |
| | | N11/N12 | IPE 160 (IPE) | 2.010 | 0.004 | 31.71 |
| | | N14/N15 | IPE 180 (IPE) | 2.000 | 0.005 | 37.52 |
| | | N13/N15 | IPE 160 (IPE) | 1.005 | 0.002 | 15.86 |
| | | N15/N16 | IPE 160 (IPE) | 2.010 | 0.004 | 31.71 |
| | | N18/N19 | IPE 180 (IPE) | 2.000 | 0.005 | 37.52 |
| | | N17/N19 | IPE 160 (IPE) | 1.005 | 0.002 | 15.86 |
| | | N19/N20 | IPE 160 (IPE) | 2.010 | 0.004 | 31.71 |
| | | N22/N23 | IPE 180 (IPE) | 2.000 | 0.005 | 37.52 |
| | | N21/N23 | IPE 160 (IPE) | 1.005 | 0.002 | 15.86 |
| | | N23/N24 | IPE 160 (IPE) | 2.010 | 0.004 | 31.71 |
| Acero conformado | S275 | N30/N25 | # 3.0x2.0x1.06 (#) | 15.500 | 0.002 | 16.43 |
| | | N31/N36 | # 3.0x2.0x1.06 (#) | 15.500 | 0.002 | 16.43 |

*Notación:*
*Ni: Nudo inicial*
*Nf: Nudo final*

## RESUMEN DE MEDICIÓN

| Resumen de medición | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | | Serie | Perfil | Longitud | | | Volumen | | | Peso | | |
| Tipo | Designación | | | Perfil (m) | Serie (m) | Material (m) | Perfil (m³) | Serie (m³) | Material (m³) | Perfil (kg) | Serie (kg) | Material (kg) |
| | | | IPE 180 | 12.000 | | | 0.029 | | | 225.14 | | |
| | | | IPE 160 | 18.090 | | | 0.036 | | | 285.43 | | |
| | | IPE | | | 30.090 | | | 0.065 | | | 510.57 | |
| Acero laminado | S275 (EN 1993-1-1) | | | | | 30.090 | | | 0.065 | | | 510.57 |
| | | | # 3.0x2.0x1.06 | 31.000 | | | 0.004 | | | 32.87 | | |
| | | # | | | 31.000 | | | 0.004 | | | 32.87 | |
| Acero conformado | S275 | | | | | 31.000 | | | 0.004 | | | 32.87 |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

## MEDICIÓN DE SUPERFICIES

| Perfiles de acero: Medición de las superficies a pintar | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tipo | Serie | Perfil | Superficie unitaria (m²/m) | Longitud (m) | Superficie (m²) |
| Acero laminado | IPE | IPE 180 | 0.713 | 12.000 | 8.561 |
| | | IPE 160 | 0.638 | 18.090 | 11.541 |
| | | | | Subtotal | 20.102 |
| Acero conformado | # | # 3.0x2.0x1.06 | 0.095 | 31.000 | 2.936 |
| | | | | Subtotal | 2.936 |
| | | | | **Total** | **23.039** |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

## COMPROBACIONES E.L.U. (RESUMIDO)

| Barras | COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 3 EN 1993-1-1: 2005) | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\lambda_w$ | $N_t$ | $N_c$ | $M_Y$ | $M_Z$ | $V_Z$ | $V_Y$ | $M_YV_Z$ | $M_ZV_Y$ | $NM_YM_Z$ | $NM_YM_ZV_YV_Z$ | $M_t$ | $M_tV_Z$ | $M_tV_Y$ | |
| N2/N31 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 1.47 m η = 0.9 | x: 0 m η = 2.1 | x: 0 m η = 18.0 | x: 1.47 m η = 3.5 | η = 0.5 | η = 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0 m η = 21.4 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 21.4** |
| N31/N30 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.23 m η = 0.9 | x: 0 m η = 2.0 | x: 0 m η = 15.5 | x: 0.23 m η = 2.6 | η = 0.5 | η = 0.3 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0.23 m η = 18.7 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 18.7** |
| N30/N3 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.209 m η = 1.0 | x: 0 m η = 2.0 | x: 0 m η = 15.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | η = 0.5 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0 m η = 16.9 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 16.9** |
| N1/N3 | x: 0.228 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.913 m η < 0.1 | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(6) | x: 0.914 m η = 5.2 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0.914 m η = 2.5 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0.228 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0.914 m η = 5.2 | x: 0.228 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 5.2** |
| N3/N4 | x: 0.091 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | x: 0.091 m η = 0.1 | x: 0.091 m η = 56.2 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0.091 m η = 5.4 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0.091 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0.091 m η = 56.2 | x: 0.091 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 56.2** |
| N6/N32 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 1.47 m η = 1.4 | x: 0 m η = 3.2 | x: 0 m η = 25.3 | x: 1.47 m η = 0.8 | η = 0.9 | η < 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0 m η = 28.8 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 28.8** |
| N32/N29 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.23 m η = 1.5 | x: 0 m η = 3.0 | x: 0 m η = 22.3 | x: 0 m η = 0.8 | η = 0.9 | η = 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0 m η = 25.6 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 25.6** |
| N29/N7 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.209 m η = 1.6 | x: 0 m η = 2.9 | x: 0 m η = 21.8 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | η = 0.9 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0 m η = 24.5 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 24.5** |
| N5/N7 | x: 0.228 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.913 m η = 0.1 | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(6) | x: 0.914 m η = 7.5 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0.914 m η = 3.6 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0.228 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0.914 m η = 7.6 | x: 0.228 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 7.6** |
| N7/N8 | x: 0.091 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | x: 0.091 m η = 0.1 | x: 0.091 m η = 81.6 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0.091 m η = 7.8 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0.091 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0.091 m η = 81.8 | x: 0.091 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 81.8** |
| N10/N33 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 1.47 m η = 1.3 | x: 0 m η = 3.0 | x: 0 m η = 23.4 | x: 1.47 m η = 0.2 | η = 0.9 | η < 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0 m η = 26.4 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 26.4** |
| N33/N28 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.23 m η = 1.4 | x: 0 m η = 2.8 | x: 0 m η = 20.7 | x: 0 m η = 0.1 | η = 0.9 | η < 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0 m η = 23.4 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 23.4** |
| N28/N11 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.209 m η = 1.6 | x: 0 m η = 2.7 | x: 0 m η = 20.3 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | η = 0.9 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0 m η = 22.8 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 22.8** |
| N9/N11 | x: 0.228 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.913 m η = 0.1 | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(6) | x: 0.914 m η = 7.0 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0.914 m η = 3.3 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0.228 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0.914 m η = 7.1 | x: 0.228 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 7.1** |
| N11/N12 | x: 0.091 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | x: 0.091 m η = 0.1 | x: 0.091 m η = 76.0 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0.091 m η = 7.2 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0.091 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0.091 m η = 76.2 | x: 0.091 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 76.2** |
| N14/N34 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 1.47 m η = 1.3 | x: 0 m η = 3.0 | x: 0 m η = 23.4 | x: 1.47 m η = 0.2 | η = 0.9 | η < 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0 m η = 26.4 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 26.4** |
| N34/N27 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.23 m η = 1.4 | x: 0 m η = 2.8 | x: 0 m η = 20.7 | x: 0 m η = 0.1 | η = 0.9 | η < 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0 m η = 23.4 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 23.4** |
| N27/N15 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.209 m η = 1.6 | x: 0 m η = 2.7 | x: 0 m η = 20.3 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | η = 0.9 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0 m η = 22.8 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 22.8** |
| N13/N15 | x: 0.228 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.913 m η = 0.1 | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(6) | x: 0.914 m η = 7.0 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0.914 m η = 3.3 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0.228 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0.914 m η = 7.1 | x: 0.228 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 7.1** |
| N15/N16 | x: 0.091 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | x: 0.091 m η = 0.1 | x: 0.091 m η = 76.0 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0.091 m η = 7.2 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0.091 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0.091 m η = 76.2 | x: 0.091 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 76.2** |
| N18/N35 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 1.47 m η = 1.4 | x: 0 m η = 3.2 | x: 0 m η = 25.3 | x: 1.47 m η = 0.8 | η = 0.9 | η < 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0 m η = 28.8 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 28.8** |
| N35/N26 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.23 m η = 1.5 | x: 0 m η = 3.0 | x: 0 m η = 22.3 | x: 0 m η = 0.8 | η = 0.9 | η = 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0 m η = 25.6 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 25.6** |
| N26/N19 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.209 m η = 1.6 | x: 0 m η = 2.9 | x: 0 m η = 21.8 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | η = 0.9 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0 m η = 24.5 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 24.5** |
| N17/N19 | x: 0.228 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.913 m η = 0.1 | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(6) | x: 0.914 m η = 7.5 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0.914 m η = 3.6 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0.228 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0.914 m η = 7.6 | x: 0.228 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 7.6** |
| N19/N20 | x: 0.091 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | x: 0.091 m η = 0.1 | x: 0.091 m η = 81.6 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0.091 m η = 7.8 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0.091 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0.091 m η = 81.8 | x: 0.091 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 81.8** |
| N22/N36 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 1.47 m η = 0.9 | x: 0 m η = 2.1 | x: 0 m η = 18.0 | x: 1.47 m η = 3.5 | η = 0.5 | η = 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0 m η = 21.5 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 21.5** |
| N36/N25 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.23 m η = 0.9 | x: 0 m η = 2.0 | x: 0 m η = 15.5 | x: 0.23 m η = 2.6 | η = 0.5 | η = 0.3 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0.23 m η = 18.7 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 18.7** |
| N25/N23 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.209 m η = 1.0 | x: 0 m η = 2.0 | x: 0 m η = 15.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | η = 0.5 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0 m η = 17.0 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 17.0** |
| N21/N23 | x: 0.228 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.913 m η < 0.1 | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(6) | x: 0.914 m η = 5.2 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0.914 m η = 2.5 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0.228 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0.914 m η = 5.2 | x: 0.228 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 5.2** |
| N23/N24 | x: 0.091 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | x: 0.091 m η = 0.1 | x: 0.091 m η = 56.2 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0.091 m η = 5.4 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0.091 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0.091 m η = 56.2 | x: 0.091 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 56.2** |
| N30/N29 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | η = 6.6 | x: 3.1 m η = 67.7 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 3.1 m η = 4.1 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 3.1 m η = 76.6 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 76.6** |
| N29/N28 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | η = 0.9 | x: 3.1 m η = 67.8 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0 m η = 3.8 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 3.1 m η = 71.0 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 71.0** |
| N28/N27 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | η = 0.9 | x: 0 m η = 70.5 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0 m η = 4.6 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0 m η = 73.8 | x: 0 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 73.8** |
| N27/N26 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | η = 0.9 | x: 0 m η = 67.8 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 3.1 m η = 3.8 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0 m η = 71.0 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 71.0** |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Barras | COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 3 EN 1993-1-1: 2005) | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\lambda_w$ | $N_t$ | $N_c$ | $M_Y$ | $M_Z$ | $V_Z$ | $V_Y$ | $M_YV_Z$ | $M_ZV_Y$ | $NM_YM_Z$ | $NM_YM_ZV_YV_Z$ | $M_t$ | $M_tV_Z$ | $M_tV_Y$ | |
| N26/N25 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | η = 6.6 | x: 0 m η = 67.7 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0 m η = 4.1 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0 m η = 76.6 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 76.6** |
| N31/N32 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | η = 0.9 | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(6) | x: 3.1 m η = 67.6 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 3.1 m η = 4.1 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 3.1 m η = 68.5 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 68.5** |
| N32/N33 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | η = 0.2 | x: 3.1 m η = 67.7 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0 m η = 3.8 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 3.1 m η = 68.5 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 68.5** |
| N33/N34 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | η = 0.3 | x: 0 m η = 70.5 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0 m η = 4.6 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | x: 0 m η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0 m η = 71.6 | x: 0 m η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 71.6** |
| N34/N35 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(7) | η = 0.2 | x: 0 m η = 67.7 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 3.1 m η = 3.8 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0 m η = 68.5 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 68.5** |
| N35/N36 | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | η = 0.9 | $N_{Ed}$ = 0.00 N.P.(6) | x: 0 m η = 67.6 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(3) | x: 0 m η = 4.1 | $V_{Ed}$ = 0.00 N.P.(4) | η < 0.1 | N.P.(5) | x: 0 m η = 68.5 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 68.5** |

*Notación:*

- *$\lambda_w$: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida*
- *$N_t$: Resistencia a tracción*
- *$N_c$: Resistencia a compresión*
- *$M_Y$: Resistencia a flexión eje Y*
- *$M_Z$: Resistencia a flexión eje Z*
- *$V_Z$: Resistencia a corte Z*
- *$V_Y$: Resistencia a corte Y*
- *$M_YV_Z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
- *$M_ZV_Y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
- *$NM_YM_Z$: Resistencia a flexión y axil combinados*
- *$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
- *$M_t$: Resistencia a torsión*
- *$M_tV_Z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
- *$M_tV_Y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- *η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
- *N.P.: No procede*

*Comprobaciones que no proceden (N.P.):*

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

# UNIONES

**Comprobaciones en placas de anclaje**

En cada placa de anclaje se realizan las siguientes comprobaciones (asumiendo la hipótesis de placa rígida):

1. Hormigón sobre el que apoya la placa

Se comprueba que la tensión de compresión en la interfaz placa de anclaje-hormigón es menor a la tensión admisible del hormigón según la naturaleza de cada combinación.

2. Pernos de anclaje

a) *Resistencia del material de los pernos*: Se descomponen los esfuerzos actuantes sobre la placa en axiles y cortantes en los pernos y se comprueba que ambos esfuerzos, por separado y con interacción entre ellos (tensión de Von Mises), producen tensiones menores a la tensión límite del material de los pernos.

b) *Anclaje de los pernos*: Se comprueba el anclaje de los pernos en el hormigón de tal manera que no se produzca el fallo de deslizamiento por adherencia, arrancamiento del cono de rotura o fractura por esfuerzo cortante (aplastamiento).

c) *Aplastamiento*: Se comprueba que en cada perno no se supera el cortante que produciría el aplastamiento de la placa contra el perno.

3. Placa de anclaje

a) *Tensiones globales*: En placas con vuelo, se analizan cuatro secciones en el perímetro del perfil, y se comprueba en todas ellas que las tensiones de Von Mises sean menores que la tensión límite según la norma.

b) *Flechas globales relativas*: Se comprueba que en los vuelos de las placas no aparezcan flechas mayores que 1/250 del vuelo.

c) *Tensiones locales*: Se comprueban las tensiones de Von Mises en todas las placas locales en las que tanto el perfil como los rigidizadores dividen a la placa de anclaje propiamente dicha. Los esfuerzos en cada una de las subplacas se obtienen a partir de las tensiones de contacto con el hormigón y los axiles de los pernos. El modelo generado se resuelve por diferencias finitas.

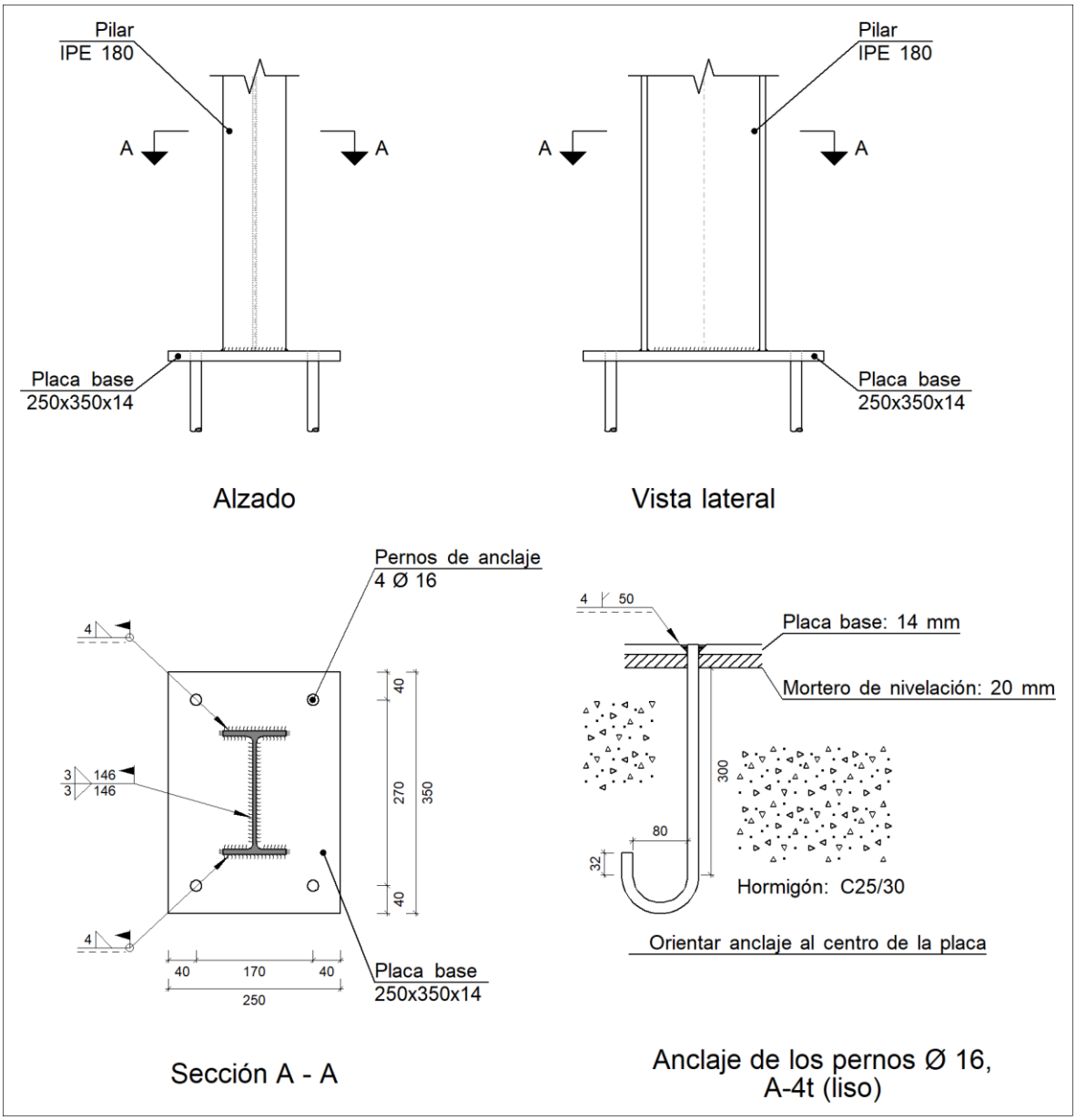
# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

**Memoria de cálculo**

***Tipo 1***

a) Detalle

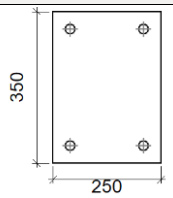



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pieza | Geometría | | | | Taladros | | | | Acero | | |
| | Esquema | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Elementos complementarios | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pieza | Geometría | | | | Taladros | | | | Acero | | |
| | Esquema | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Placa base |   | 250 | 350 | 14 | 4 | 24 | 18 | 4 | Fe360 | 235.0 | 360.0 |

c) Comprobación

1) Pilar IPE 180

Conexiones soldadas

| Comprobaciones geométricas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 4 | 91 | 8.0 | 90.00 |
| Soldadura del alma | En ángulo | 3 | 146 | 5.3 | 90.00 |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 4 | 91 | 8.0 | 90.00 |

*a: Espesor de garganta efectivo*
*l: Longitud de las soldaduras*
*t: Espesores de material*

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Soldadura del ala superior | 58.0 | 58.0 | 0.3 | 116.0 | 32.23 | 58.0 | 22.38 | 360.0 | 0.80 |
| Soldadura del alma | 42.6 | 42.6 | 0.9 | 85.2 | 23.66 | 42.6 | 16.43 | 360.0 | 0.80 |
| Soldadura del ala inferior | 48.8 | 48.8 | 0.3 | 97.6 | 27.12 | 48.8 | 18.83 | 360.0 | 0.80 |

2) Placa de anclaje

| Referencia: | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Separación mínima entre pernos:<br>*2 diámetros* | Mínimo: 32 mm<br>Calculado: 170 mm | Cumple |
| Separación mínima pernos-borde:<br>*2 diámetros* | Mínimo: 32 mm<br>Calculado: 40 mm | Cumple |
| Longitud mínima del perno:<br>*Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.* | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 30 cm | Cumple |
| Anclaje perno en hormigón:<br>-Tracción: | Máximo: 23.64 kN<br>Calculado: 11.57 kN | Cumple |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Referencia: | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Cortante: | Máximo: 16.55 kN<br>Calculado: 0.25 kN | Cumple |
| - Tracción + Cortante: | Máximo: 23.64 kN<br>Calculado: 11.93 kN | Cumple |
| Tracción en vástago de pernos: | Máximo: 30.14 kN<br>Calculado: 11.57 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos: | Máximo: 240 MPa<br>Calculado: 73.7587 MPa | Cumple |
| Aplastamiento perno en placa:<br>*Límite del cortante en un perno actuando contra la placa* | Máximo: 105.28 kN<br>Calculado: 0.25 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en secciones globales: | Máximo: 235 MPa | |
| - Derecha: | Calculado: 25.6245 MPa | Cumple |
| - Izquierda: | Calculado: 20.7632 MPa | Cumple |
| - Arriba: | Calculado: 126.765 MPa | Cumple |
| - Abajo: | Calculado: 219.676 MPa | Cumple |
| Flecha global equivalente:<br>*Limitación de la deformabilidad de los vuelos* | Mínimo: 250 | |
| - Derecha: | Calculado: 15944.9 | Cumple |
| - Izquierda: | Calculado: 27730.6 | Cumple |
| - Arriba: | Calculado: 631.401 | Cumple |
| - Abajo: | Calculado: 322.442 | Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br>*Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo* | Máximo: 235 MPa<br>Calculado: 0 MPa | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional: | | |
| - Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.0526 | | |

## Conexiones soldadas

| Comprobaciones geométricas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | Preparación de bordes (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura de los pernos a la placa base | De penetración parcial | 4 | 50 | 14.0 | 90.00 |

*l: Longitud de las soldaduras*
*t: Espesores de material*

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Soldadura de los pernos a la placa base | 0.0 | 0.0 | 115.1 | 199.4 | 55.39 | 0.0 | 0.00 | 360.0 | 0.80 |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

d) Medición

| Soldaduras | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 360.0 | En taller | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 4 | 201 |
| | En el lugar de montaje | En ángulo | 3 | 292 |
| | | | 4 | 349 |

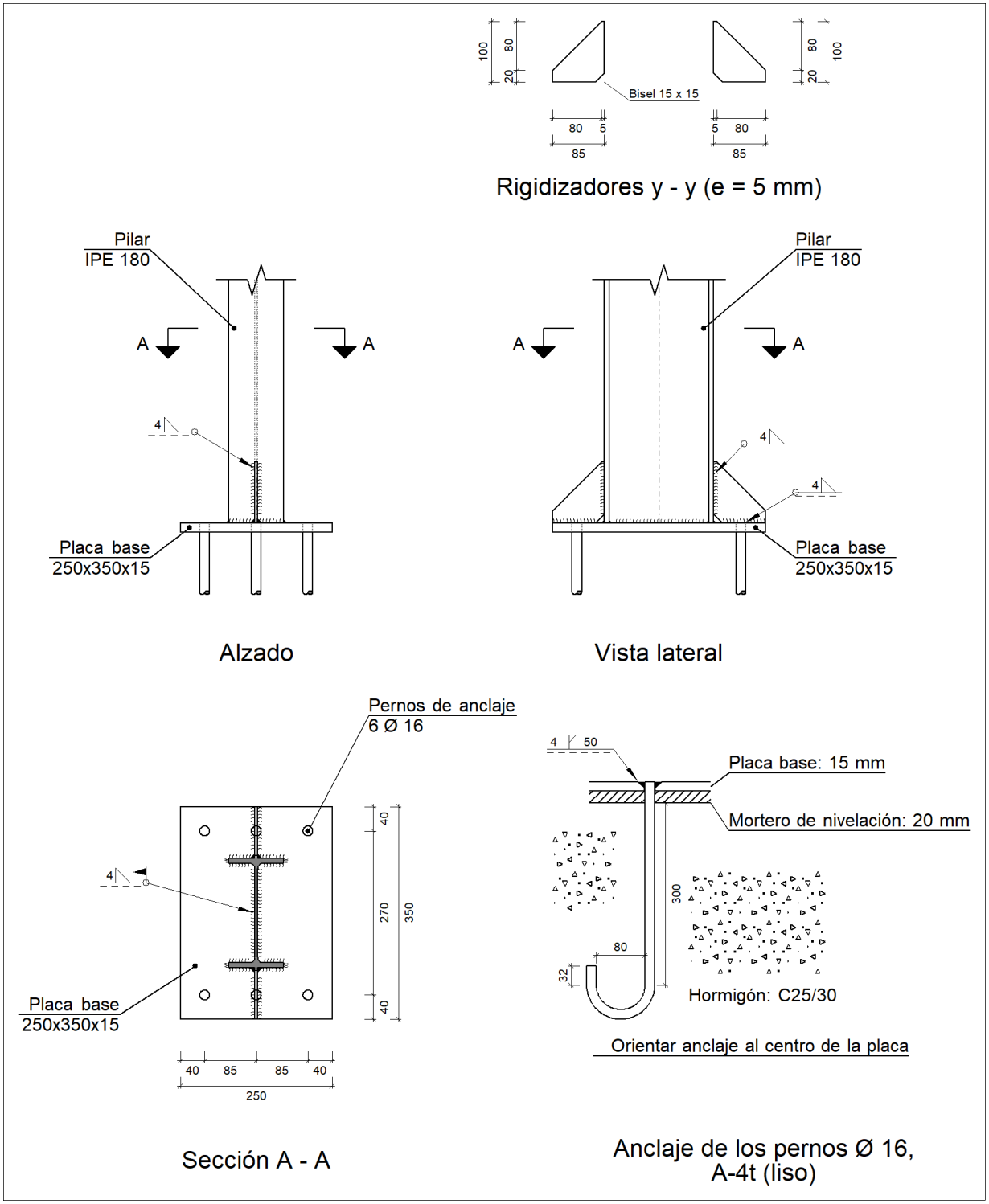
| Placas de anclaje | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Material | Elementos | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| Fe360 | Placa base | 1 | 250x350x14 | 9.62 |
| | | | Total | 9.62 |
| A-4t (liso) | Pernos de anclaje | 4 | Ø 16 - L = 350 + 183 | 3.36 |
| | | | Total | 3.36 |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

***Tipo 2***

a) Detalle

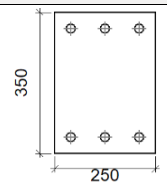
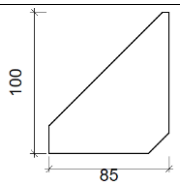



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios | | | |
|---|---|---|---|
| Pieza | Geometría | Taladros | Acero |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| | Esquema | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Placa base |   | 250 | 350 | 15 | 6 | 24 | 18 | 4 | Fe360 | 235.0 | 360.0 |
| Rigidizador |   | 85 | 100 | 5 | - | - | - | - | Fe360 | 235.0 | 360.0 |

c) Comprobación

1) Pilar IPE 180

## Conexiones soldadas

| Comprobaciones geométricas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura perimetral a la placa | En ángulo | 4 | 609 | 5.3 | 90.00 |

*a: Espesor de garganta efectivo*
*l: Longitud de las soldaduras*
*t: Espesores de material*

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Soldadura perimetral a la placa | La comprobación no procede. | | | | | | | 360.0 | 0.80 |

2) Placa de anclaje

| Referencia: | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Separación mínima entre pernos:<br>*2 diámetros* | Mínimo: 32 mm<br>Calculado: 85 mm | Cumple |
| Separación mínima pernos-borde:<br>*2 diámetros* | Mínimo: 32 mm<br>Calculado: 40 mm | Cumple |
| Esbeltez de rigidizadores:<br>- Paralelos a Y: | Máximo: 50<br>Calculado: 45.5 | Cumple |
| Longitud mínima del perno:<br>*Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.* | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 30 cm | Cumple |
| Anclaje perno en hormigón: | | |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Referencia: | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Tracción: | Máximo: 23.64 kN<br>Calculado: 12.18 kN | Cumple |
| - Cortante: | Máximo: 16.55 kN<br>Calculado: 0.27 kN | Cumple |
| - Tracción + Cortante: | Máximo: 23.64 kN<br>Calculado: 12.57 kN | Cumple |
| Tracción en vástago de pernos: | Máximo: 30.14 kN<br>Calculado: 12.18 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos: | Máximo: 240 MPa<br>Calculado: 77.6595 MPa | Cumple |
| Aplastamiento perno en placa:<br>*Límite del cortante en un perno actuando contra la placa* | Máximo: 112.8 kN<br>Calculado: 0.27 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en secciones globales: | Máximo: 235 MPa | |
| - Derecha: | Calculado: 25.0929 MPa | Cumple |
| - Izquierda: | Calculado: 24.0742 MPa | Cumple |
| - Arriba: | Calculado: 77.8446 MPa | Cumple |
| - Abajo: | Calculado: 122.101 MPa | Cumple |
| Flecha global equivalente:<br>*Limitación de la deformabilidad de los vuelos* | Mínimo: 250 | |
| - Derecha: | Calculado: 31170.7 | Cumple |
| - Izquierda: | Calculado: 35656.5 | Cumple |
| - Arriba: | Calculado: 12754.3 | Cumple |
| - Abajo: | Calculado: 8300.81 | Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br>*Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo* | Máximo: 235 MPa<br>Calculado: 0 MPa | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional: | | |
| - Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.0628 | | |

## Conexiones soldadas

| Comprobaciones geométricas | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base | En ángulo | 4 | -- | 85 | 5.0 | 90.00 |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza | En ángulo | 4 | -- | 85 | 5.0 | 90.00 |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base | En ángulo | 4 | -- | 85 | 5.0 | 90.00 |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza | En ángulo | 4 | -- | 85 | 5.0 | 90.00 |
| Soldadura de los pernos a la placa base | De penetración parcial | -- | 4 | 50 | 15.0 | 90.00 |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Comprobaciones geométricas | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| *a: Espesor de garganta efectivo*<br>*l: Longitud de las soldaduras*<br>*t: Espesores de material* | | | | | | |

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\|\|}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede. | | | | | | | 360.0 | 0.80 |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza | La comprobación no procede. | | | | | | | 360.0 | 0.80 |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede. | | | | | | | 360.0 | 0.80 |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza | La comprobación no procede. | | | | | | | 360.0 | 0.80 |
| Soldadura de los pernos a la placa base | 0.0 | 0.0 | 121.2 | 209.9 | 58.30 | 0.0 | 0.00 | 360.0 | 0.80 |

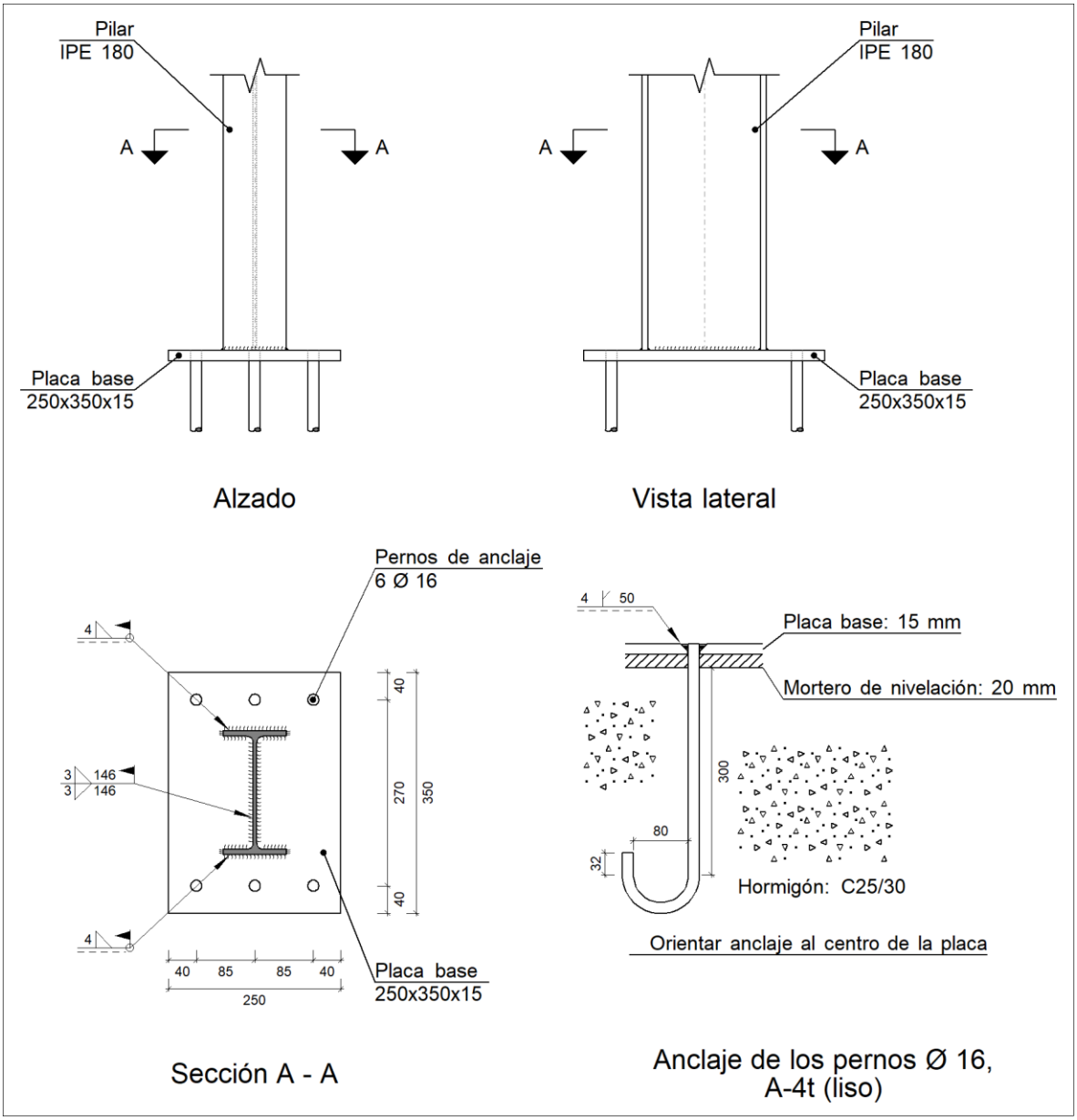
d) Medición

| Soldaduras | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 360.0 | En taller | En ángulo | 4 | 450 |
| | | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 4 | 302 |
| | En el lugar de montaje | En ángulo | 4 | 609 |

| Placas de anclaje | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Material | Elementos | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| Fe360 | Placa base | 1 | 250x350x15 | 10.30 |
| | Rigidizadores no pasantes | 2 | 85/5x100/20x5 | 0.42 |
| | | | Total | 10.72 |
| A-4t (liso) | Pernos de anclaje | 6 | Ø 16 - L = 351 + 183 | 5.06 |
| | | | Total | 5.06 |

***Tipo 3***

a) Detalle

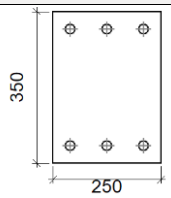



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pieza | Geometría | | | | Taladros | | | | Acero | | |
| | Esquema | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Elementos complementarios | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pieza | Geometría | | | | Taladros | | | | Acero | | |
| | Esquema | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Placa base |   | 250 | 350 | 15 | 6 | 24 | 18 | 4 | Fe360 | 235.0 | 360.0 |

c) Comprobación

1) Pilar IPE 180

Conexiones soldadas

| Comprobaciones geométricas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 4 | 91 | 8.0 | 90.00 |
| Soldadura del alma | En ángulo | 3 | 146 | 5.3 | 90.00 |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 4 | 91 | 8.0 | 90.00 |

*a: Espesor de garganta efectivo*
*l: Longitud de las soldaduras*
*t: Espesores de material*

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Soldadura del ala superior | 68.8 | 68.8 | 0.4 | 137.6 | 38.21 | 68.8 | 26.53 | 360.0 | 0.80 |
| Soldadura del alma | 55.7 | 55.7 | 0.9 | 111.4 | 30.93 | 55.7 | 21.48 | 360.0 | 0.80 |
| Soldadura del ala inferior | 55.9 | 55.9 | 0.4 | 111.8 | 31.06 | 55.9 | 21.57 | 360.0 | 0.80 |

2) Placa de anclaje

| Referencia: | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Separación mínima entre pernos:<br>*2 diámetros* | Mínimo: 32 mm<br>Calculado: 85 mm | Cumple |
| Separación mínima pernos-borde:<br>*2 diámetros* | Mínimo: 32 mm<br>Calculado: 40 mm | Cumple |
| Longitud mínima del perno:<br>*Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.* | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 30 cm | Cumple |
| Anclaje perno en hormigón:<br>-Tracción: | Máximo: 23.64 kN<br>Calculado: 11.66 kN | Cumple |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Referencia: | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Cortante: | Máximo: 16.55 kN<br>Calculado: 0.26 kN | Cumple |
| - Tracción + Cortante: | Máximo: 23.64 kN<br>Calculado: 12.03 kN | Cumple |
| Tracción en vástago de pernos: | Máximo: 30.14 kN<br>Calculado: 11.66 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos: | Máximo: 240 MPa<br>Calculado: 74.3198 MPa | Cumple |
| Aplastamiento perno en placa:<br>*Límite del cortante en un perno actuando contra la placa* | Máximo: 112.8 kN<br>Calculado: 0.26 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en secciones globales: | Máximo: 235 MPa | |
| - Derecha: | Calculado: 23.1 MPa | Cumple |
| - Izquierda: | Calculado: 22.7772 MPa | Cumple |
| - Arriba: | Calculado: 151.311 MPa | Cumple |
| - Abajo: | Calculado: 230.401 MPa | Cumple |
| Flecha global equivalente:<br>*Limitación de la deformabilidad de los vuelos* | Mínimo: 250 | |
| - Derecha: | Calculado: 33191.9 | Cumple |
| - Izquierda: | Calculado: 34590 | Cumple |
| - Arriba: | Calculado: 483.482 | Cumple |
| - Abajo: | Calculado: 325.831 | Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br>*Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo* | Máximo: 235 MPa<br>Calculado: 0 MPa | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional: | | |
| - Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.0575 | | |

## Conexiones soldadas

| Comprobaciones geométricas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | Preparación de bordes (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura de los pernos a la placa base | De penetración parcial | 4 | 50 | 15.0 | 90.00 |

*l: Longitud de las soldaduras*
*t: Espesores de material*

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Soldadura de los pernos a la placa base | 0.0 | 0.0 | 116.0 | 200.8 | 55.79 | 0.0 | 0.00 | 360.0 | 0.80 |

d) Medición

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Soldaduras | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 360.0 | En taller | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 4 | 302 |
| | En el lugar de montaje | En ángulo | 3 | 292 |
| | | | 4 | 349 |

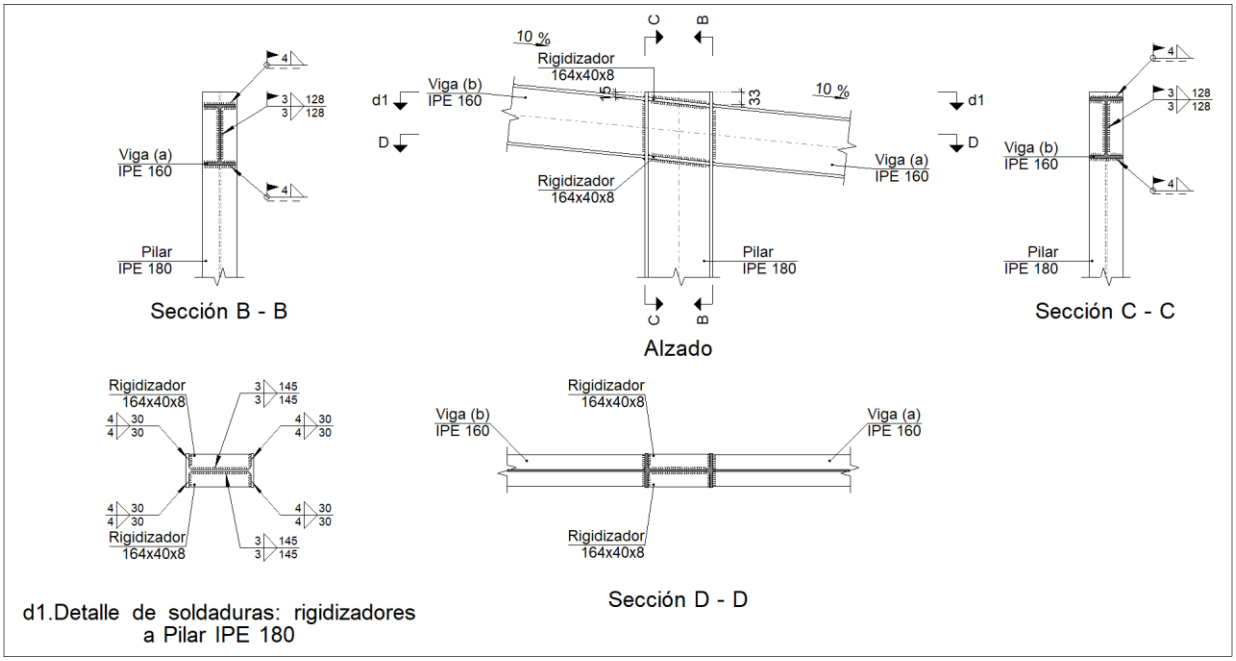
| Placas de anclaje | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Material | Elementos | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| Fe360 | Placa base | 1 | 250x350x15 | 10.30 |
| | | | Total | 10.30 |
| A-4t (liso) | Pernos de anclaje | 6 | Ø 16 - L = 351 + 183 | 5.06 |
| | | | Total | 5.06 |

# Listados

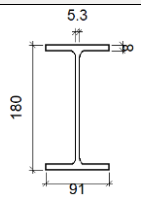
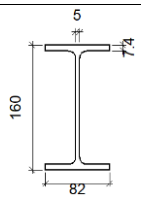
MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

***Tipo 4***

a) Detalle



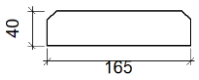

b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pieza | Descripción | Geometría | | | | | Acero | | |
| | | Esquema | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar | IPE 180 |   | 180 | 91 | 8 | 5.3 | S275 (EN 1993-1-1) | 275.0 | 430.0 |
| Viga | IPE 160 |   | 160 | 82 | 7.4 | 5 | S275 (EN 1993-1-1) | 275.0 | 430.0 |

| Elementos complementarios | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pieza | Geometría | | | | Acero | | |
| | Esquema | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Tipo | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Elementos complementarios | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pieza | Geometría | | | | Acero | | |
| | Esquema | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Tipo | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador |   | 165 | 40 | 8 | S275 (EN 1993-1-1) | 275.0 | 430.0 |

c) Comprobación

1) Pilar IPE 180

| Comprobaciones de resistencia | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Componente | Comprobación | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel | Esbeltez | -- | -- | -- | 48.51 |
| | Cortante | kN | 40.95 | 136.32 | 30.04 |
| Rigidizador superior | Tensión de Von Mises | N/mm² | 84.54 | 275.00 | 30.74 |
| Rigidizador inferior | Tensión de Von Mises | N/mm² | 83.71 | 275.00 | 30.44 |
| Rigidizador superior | Tensión de Von Mises | N/mm² | 84.54 | 275.00 | 30.74 |
| Rigidizador inferior | Tensión de Von Mises | N/mm² | 83.71 | 275.00 | 30.44 |
| Ala | Cortante | N/mm² | 49.17 | 275.00 | 17.88 |

## Conexiones soldadas

| Comprobaciones geométricas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | En ángulo | 4 | 30 | 8.0 | 83.74 |
| Soldadura del rigidizador superior al alma | En ángulo | 3 | 145 | 5.3 | 90.00 |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | En ángulo | 4 | 30 | 8.0 | 83.74 |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma | En ángulo | 3 | 145 | 5.3 | 90.00 |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | En ángulo | 4 | 30 | 8.0 | 83.74 |
| Soldadura del rigidizador superior al alma | En ángulo | 3 | 145 | 5.3 | 90.00 |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | En ángulo | 4 | 30 | 8.0 | 83.74 |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma | En ángulo | 3 | 145 | 5.3 | 90.00 |

*a: Espesor de garganta efectivo*
*l: Longitud de las soldaduras*
*t: Espesores de material*

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | 56.4 | 63.0 | 0.0 | 122.8 | 30.34 | 56.4 | 18.22 | 430.0 | 0.85 |
| Soldadura del rigidizador superior al alma | 0.0 | 0.0 | 18.5 | 32.1 | 7.92 | 0.0 | 0.00 | 430.0 | 0.85 |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | 55.9 | 62.3 | 0.0 | 121.6 | 30.04 | 55.9 | 18.05 | 430.0 | 0.85 |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma | 0.0 | 0.0 | 18.2 | 31.5 | 7.78 | 0.0 | 0.00 | 430.0 | 0.85 |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | 56.4 | 63.0 | 0.0 | 122.8 | 30.34 | 56.4 | 18.22 | 430.0 | 0.85 |
| Soldadura del rigidizador superior al alma | 0.0 | 0.0 | 18.5 | 32.1 | 7.92 | 0.0 | 0.00 | 430.0 | 0.85 |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | 55.9 | 62.3 | 0.0 | 121.6 | 30.04 | 55.9 | 18.05 | 430.0 | 0.85 |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma | 0.0 | 0.0 | 18.2 | 31.5 | 7.78 | 0.0 | 0.00 | 430.0 | 0.85 |

2) Viga (a) IPE 160

## Conexiones soldadas

| Comprobaciones geométricas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 4 | 82 | 7.4 | 84.29 |
| Soldadura del alma | En ángulo | 3 | 128 | 5.0 | 90.00 |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 4 | 82 | 7.4 | 84.29 |

*a: Espesor de garganta efectivo*
*l: Longitud de las soldaduras*
*t: Espesores de material*

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Soldadura del ala superior | 17.6 | 19.4 | 0.0 | 38.0 | 9.39 | 17.6 | 5.68 | 430.0 | 0.85 |
| Soldadura del alma | 14.6 | 14.6 | 5.0 | 30.4 | 7.52 | 14.6 | 4.71 | 430.0 | 0.85 |
| Soldadura del ala inferior | 19.7 | 17.8 | 0.0 | 36.6 | 9.05 | 19.7 | 6.36 | 430.0 | 0.85 |

3) Viga (b) IPE 160

## Conexiones soldadas

| Comprobaciones geométricas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 4 | 82 | 7.4 | 84.29 |
| Soldadura del alma | En ángulo | 3 | 128 | 5.0 | 90.00 |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 4 | 82 | 7.4 | 84.29 |

*a: Espesor de garganta efectivo*
*l: Longitud de las soldaduras*
*t: Espesores de material*

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Soldadura del ala superior | 61.7 | 55.8 | 0.0 | 114.7 | 28.34 | 61.7 | 19.93 | 430.0 | 0.85 |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\|\|}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Soldadura del alma | 45.7 | 45.7 | 10.7 | 93.2 | 23.04 | 45.7 | 14.75 | 430.0 | 0.85 |
| Soldadura del ala inferior | 55.5 | 61.3 | 0.0 | 119.8 | 29.60 | 55.5 | 17.92 | 430.0 | 0.85 |

d) Medición

| Soldaduras | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 430.0 | En taller | En ángulo | 3 | 1160 |
| | | | 4 | 480 |
| | En el lugar de montaje | En ángulo | 3 | 511 |
| | | | 4 | 564 |

| Chapas | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Material | Tipo | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275 (EN 1993-1-1) | Rigidizadores | 4 | 164x40x8 | 1.66 |
| | | | Total | 1.66 |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

## CIMENTACIÓN

**Medición**

| Referencias: N2, N6, N10, N14, N18 y N22 | | S-500 | Total |
|---|---|---|---|
| Nombre de armado | | Ø12 | |
| Parrilla inferior - Armado X | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 8x1.50<br>8x1.33 | 12.00<br>10.65 |
| Parrilla inferior - Armado Y | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 8x1.50<br>8x1.33 | 12.00<br>10.65 |
| Parrilla superior - Armado X | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 8x1.50<br>8x1.33 | 12.00<br>10.65 |
| Parrilla superior - Armado Y | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 8x1.50<br>8x1.33 | 12.00<br>10.65 |
| Totales | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 48.00<br>42.60 | <br>42.60 |
| Total con mermas<br>(10.00%) | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 52.80<br>46.86 | <br>46.86 |

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

| | S-500 (kg) | Hormigón (m³) | |
|---|---|---|---|
| Elemento | Ø12 | C25/30 | Limpieza |
| Referencias: N2, N6, N10, N14, N18 y N22 | 6x46.86 | 6x1.09 | 6x0.27 |
| Totales | 281.16 | 6.53 | 1.63 |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

**Comprobación**

Referencia: N2
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE* | | |
| - Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.0140283 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.306563 MPa<br>Calculado: 0.0152055 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.306563 MPa<br>Calculado: 0.0238383 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | | |
| - En dirección X: | Reserva seguridad: 5658.2 % | Cumple |
| - En dirección Y: | Reserva seguridad: 211.1 % | Cumple |
| Flexión en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Momento: 2.47 kN·m | Cumple |
| - En dirección Y: | Momento: 5.28 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Cortante: 3.73 kN | Cumple |
| - En dirección Y: | Cortante: 8.34 kN | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata: | | |
| - Situaciones persistentes:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 40 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 40 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación: | | |
| - N2: | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 33 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.2.1.1* | Mínimo: 0.0013 | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.8.2.1* | Mínimo: 8 mm | |
| - Parrilla inferior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| - Parrilla superior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 30 cm | |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

Referencia: N2
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.4* | | |
| - Armado inf. dirección X hacia der: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Información adicional:
- Zapata de tipo rígido
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.03
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.05
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 229.75 kN
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 229.75 kN

Referencia: N6
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE* | | |
| - Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.0160884 MPa | Cumple |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Referencia: N6<br>Dimensiones: 165 x 165 x 40<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.306563 MPa<br>Calculado: 0.01962 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.306563 MPa<br>Calculado: 0.0292338 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | | |
| - En dirección X: | Reserva seguridad: 25752.0 % | Cumple |
| - En dirección Y: | Reserva seguridad: 53.4 % | Cumple |
| Flexión en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Momento: 3.55 kN·m | Cumple |
| - En dirección Y: | Momento: 7.59 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Cortante: 5.30 kN | Cumple |
| - En dirección Y: | Cortante: 11.87 kN | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata: | | |
| - Situaciones persistentes:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 60.2 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 40 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación: | | |
| - N6: | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 33 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.2.1.1* | Mínimo: 0.0013 | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.8.2.1* | Mínimo: 8 mm | |
| - Parrilla inferior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| - Parrilla superior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 30 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

Referencia: N6
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Separación mínima entre barras:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.4* | | |
| - Armado inf. dirección X hacia der: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Información adicional:
- Zapata de tipo rígido
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.04
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.08
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 229.75 kN
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 229.75 kN

Referencia: N10
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE* | | |
| - Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.015696 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.306563 MPa<br>Calculado: 0.0195219 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.306563 MPa<br>Calculado: 0.0276642 MPa | Cumple |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Referencia: N10<br>Dimensiones: 165 x 165 x 40<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Vuelco de la zapata:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | | |
| - En dirección X: | Reserva seguridad: 85750.1 % | Cumple |
| - En dirección Y: | Reserva seguridad: 64.0 % | Cumple |
| Flexión en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Momento: 3.32 kN·m | Cumple |
| - En dirección Y: | Momento: 7.04 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Cortante: 4.91 kN | Cumple |
| - En dirección Y: | Cortante: 10.99 kN | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata: | | |
| - Situaciones persistentes:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 56.6 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 40 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N10: | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 33 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.2.1.1* | Mínimo: 0.0013 | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.8.2.1* | Mínimo: 8 mm | |
| - Parrilla inferior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| - Parrilla superior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 30 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

Referencia: N10
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.4* | | |
| - Armado inf. dirección X hacia der: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Información adicional:
- Zapata de tipo rígido
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.04
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.07
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 229.75 kN
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 229.75 kN

Referencia: N14
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE* | | |
| - Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.015696 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.306563 MPa<br>Calculado: 0.0195219 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.306563 MPa<br>Calculado: 0.0276642 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | | |
| - En dirección X: | Reserva seguridad: 85750.1 % | Cumple |
| - En dirección Y: | Reserva seguridad: 64.0 % | Cumple |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Referencia: N14<br>Dimensiones: 165 x 165 x 40<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Flexión en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Momento: 3.32 kN·m | Cumple |
| - En dirección Y: | Momento: 7.04 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Cortante: 4.91 kN | Cumple |
| - En dirección Y: | Cortante: 10.99 kN | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata: | | |
| - Situaciones persistentes:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 56.6 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 40 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación: | | |
| - N14: | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 33 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.2.1.1* | Mínimo: 0.0013 | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.8.2.1* | Mínimo: 8 mm | |
| - Parrilla inferior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| - Parrilla superior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 30 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.4* | | |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

Referencia: N14
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| - Armado inf. dirección X hacia der: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Información adicional:

- Zapata de tipo rígido
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.04
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.07
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 229.75 kN
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 229.75 kN

Referencia: N18
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE* | | |
| - Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.0160884 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.306563 MPa<br>Calculado: 0.01962 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.306563 MPa<br>Calculado: 0.0292338 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | | |
| - En dirección X: | Reserva seguridad: 25752.0 % | Cumple |
| - En dirección Y: | Reserva seguridad: 53.4 % | Cumple |
| Flexión en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Momento: 3.55 kN·m | Cumple |
| - En dirección Y: | Momento: 7.59 kN·m | Cumple |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

Referencia: N18
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Cortante en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Cortante: 5.30 kN | Cumple |
| - En dirección Y: | Cortante: 11.87 kN | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata: | | |
| - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 60.2 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo: *Criterio de CYPE* | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 40 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación: | | |
| - N18: | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 33 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima: *Norma EC-2. Artículo 9.2.1.1* | Mínimo: 0.0013 | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras: *Norma EC-2. Artículo 9.8.2.1* | Mínimo: 8 mm | |
| - Parrilla inferior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| - Parrilla superior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras: *Criterio de CYPE* | Máximo: 30 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje: *Norma EC-2. Artículo 8.4* | | |
| - Armado inf. dirección X hacia der: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

Referencia: N18
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Información adicional:
- Zapata de tipo rígido
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.04
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.08
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 229.75 kN
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 229.75 kN

Referencia: N22
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE* | | |
| - Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.0140283 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.306563 MPa<br>Calculado: 0.0152055 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.306563 MPa<br>Calculado: 0.0238383 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | | |
| - En dirección X: | Reserva seguridad: 5658.2 % | Cumple |
| - En dirección Y: | Reserva seguridad: 211.1 % | Cumple |
| Flexión en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Momento: 2.47 kN·m | Cumple |
| - En dirección Y: | Momento: 5.28 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Cortante: 3.73 kN | Cumple |
| - En dirección Y: | Cortante: 8.34 kN | Cumple |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

Referencia: N22
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Compresión oblicua en la zapata: | | |
| - Situaciones persistentes:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 40 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 40 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación: | | |
| - N22: | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 33 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.2.1.1* | Mínimo: 0.0013 | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 0.0014 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.8.2.1* | Mínimo: 8 mm | |
| - Parrilla inferior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| - Parrilla superior: | Calculado: 12 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 30 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.4* | | |
| - Armado inf. dirección X hacia der: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

Referencia: N22
Dimensiones: 165 x 165 x 40
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| - Armado sup. dirección X hacia der: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 21 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Información adicional:

- Zapata de tipo rígido
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.03
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.05
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 229.75 kN
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 229.75 kN

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

## Vigas

### Descripción

| Referencias | Geometría | Armado |
|---|---|---|
| C.1.1 [N6-N2], C.1.1 [N18-N14], C.1.1 [N10-N6], C.1.1 [N22-N18] y C.1.1 [N14-N10] | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2Ø12<br>Inferior: 2Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/25 |

### Medición

| Referencias: C.1.1 [N6-N2], C.1.1 [N18-N14], C.1.1 [N10-N6], C.1.1 [N22-N18] y C.1.1 [N14-N10] | | S-500 | | Total |
|---|---|---|---|---|
| Nombre de armado | | Ø8 | Ø12 | |
| Armado viga - Armado inferior | Longitud (m)<br>Peso (kg) | | 2x3.40<br>2x3.02 | 6.80<br>6.04 |
| Armado viga - Armado superior | Longitud (m)<br>Peso (kg) | | 2x3.52<br>2x3.13 | 7.04<br>6.25 |
| Armado viga - Estribo | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 7x1.33<br>7x0.52 | | 9.31<br>3.67 |
| Totales | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 9.31<br>3.67 | 13.84<br>12.29 | <br>15.96 |
| Total con mermas (10.00%) | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 10.24<br>4.04 | 15.22<br>13.52 | <br>17.56 |

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

| | S-500 (kg) | | | Hormigón (m³) | |
|---|---|---|---|---|---|
| Elemento | Ø8 | Ø12 | Total | C25/30 | Limpieza |
| Referencias: C.1.1 [N6-N2], C.1.1 [N18-N14], C.1.1 [N10-N6], C.1.1 [N22-N18] y C.1.1 [N14-N10] | 5x4.04 | 5x13.52 | 87.80 | 5x0.23 | 5x0.06 |
| Totales | 20.20 | 67.60 | 87.80 | 1.16 | 0.29 |

### Comprobación

Referencia: C.1.1 [N6-N2] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/25

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Diámetro mínimo estribos: | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.2 (2)* | Mínimo: 3.5 cm<br>Calculado: 24.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.2 (2)* | Mínimo: 3.5 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.2.2 (6)* | Máximo: 25.2 cm<br>Calculado: 25 cm | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 30 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

Referencia: C.1.1 [N6-N2] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/25

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Información adicional: | | |
| - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Norma EC-2. Artículo 9.8.3): Mínimo: 8.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) | | |
| - No llegan estados de carga a la cimentación. | | |

Referencia: C.1.1 [N18-N14] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/25

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Diámetro mínimo estribos: | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.2 (2)* | Mínimo: 3.5 cm<br>Calculado: 24.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.2 (2)* | Mínimo: 3.5 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.2.2 (6)* | Máximo: 25.2 cm<br>Calculado: 25 cm | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 30 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional: | | |
| - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Norma EC-2. Artículo 9.8.3): Mínimo: 8.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) | | |
| - No llegan estados de carga a la cimentación. | | |

Referencia: C.1.1 [N10-N6] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/25

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Diámetro mínimo estribos: | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.2 (2)* | Mínimo: 3.5 cm<br>Calculado: 24.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.2 (2)* | Mínimo: 3.5 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 26 cm | Cumple |

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

Referencia: C.1.1 [N10-N6] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/25

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| - Armadura inferior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.2.2 (6)* | Máximo: 25.2 cm<br>Calculado: 25 cm | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 30 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Información adicional:

- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Norma EC-2. Artículo 9.8.3): Mínimo: 8.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)
- No llegan estados de carga a la cimentación.

Referencia: C.1.1 [N22-N18] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/25

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Diámetro mínimo estribos: | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.2 (2)* | Mínimo: 3.5 cm<br>Calculado: 24.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.2 (2)* | Mínimo: 3.5 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.2.2 (6)* | Máximo: 25.2 cm<br>Calculado: 25 cm | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 30 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Información adicional:

- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Norma EC-2. Artículo 9.8.3): Mínimo: 8.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)
- No llegan estados de carga a la cimentación.

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

Referencia: C.1.1 [N14-N10] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/25

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Diámetro mínimo estribos: | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.2 (2)* | Mínimo: 3.5 cm<br>Calculado: 24.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br>*Norma EC-2. Artículo 8.2 (2)* | Mínimo: 3.5 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Separación máxima estribos: | | |
| - Sin cortantes:<br>*Norma EC-2. Artículo 9.2.2 (6)* | Máximo: 25.2 cm<br>Calculado: 25 cm | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br>*Criterio de CYPE* | Máximo: 30 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Información adicional:

- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Norma EC-2. Artículo 9.8.3): Mínimo: 8.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)
- No llegan estados de carga a la cimentación.

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

## CORREAS

Descripción

| Datos de correas de cubierta | |
|---|---|
| Descripción de correas | Parámetros de cálculo |
| Tipo de perfil: # 75x4.50 | Límite flecha: L / 300 |
| Separación: 1.00 m | Número de vanos: Tres vanos |
| Tipo de Acero: S275 | Tipo de fijación: Fijación rígida |

**Medición**

| Medición de correas | | | |
|---|---|---|---|
| Tipo de correas | Nº de correas | Peso lineal kg/m | Peso superficial kg/m² |
| Correas de cubierta | 5 | 22.51 | 7.50 |

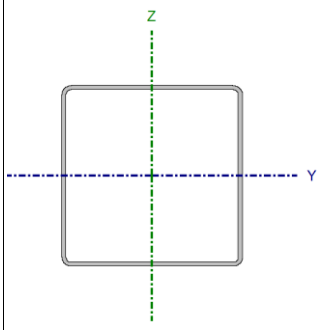
**Comprobación**

Comprobación de resistencia

| Comprobación de resistencia |
|---|
| El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. |
| Aprovechamiento: 42.57 % |

Barra pésima en cubierta

**Perfil: # 75x4.50**
**Material: S 275**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$ (1) (cm4) | $I_z$ (1) (cm4) | $I_t$ (2) (cm4) |
| 1.498, 15.500, 2.050 | 1.498, 12.400, 2.050 | 3.100 | 5.73 | 50.42 | 50.42 | 79.04 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 3.100 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

# Listados

MARQUESINA PARA ALOJAR EL INVERSOR

| Barra | COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 3 EN 1993-1-1: 2005) | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\lambda_w$ | $N_t$ | $N_c$ | $M_Y$ | $M_Z$ | $V_Z$ | $V_Y$ | $M_YV_Z$ | $M_ZV_Y$ | $NM_YM_Z$ | $NM_YM_ZV_YV_Z$ | $M_t$ | $M_tV_Z$ | $M_tV_Y$ | |
| pésima en cubierta | x: 0.517 m<br>$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$<br>Cumple | $N_{Ed}$ = 0.00<br>N.P.(1) | $N_{Ed}$ = 0.00<br>N.P.(2) | x: 3.1 m<br>$\eta$ = 42.6 | $M_{Ed}$ = 0.00<br>N.P.(3) | x: 3.1 m<br>$\eta$ = 6.6 | $V_{Ed}$ = 0.00<br>N.P.(4) | x: 0.517 m<br>$\eta$ < 0.1 | N.P.(5) | N.P.(6) | N.P.(7) | $M_{Ed}$ = 0.00<br>N.P.(8) | N.P.(9) | N.P.(9) | **CUMPLE**<br>**$\eta$ = 42.6** |

*Notación:*
- *$\lambda_w$: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida*
- *$N_t$: Resistencia a tracción*
- *$N_c$: Resistencia a compresión*
- *$M_Y$: Resistencia a flexión eje Y*
- *$M_Z$: Resistencia a flexión eje Z*
- *$V_Z$: Resistencia a corte Z*
- *$V_Y$: Resistencia a corte Y*
- *$M_YV_Z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
- *$M_ZV_Y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
- *$NM_YM_Z$: Resistencia a flexión y axil combinados*
- *$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
- *$M_t$: Resistencia a torsión*
- *$M_tV_Z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
- *$M_tV_Y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- *$\eta$: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
- *N.P.: No procede*

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

## **Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

**35.50 ≤ 577.91** ✓

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **$h_w$**: Altura del alma. | **$h_w$** : | *71.00* | mm |
| **$t_w$**: Espesor del alma. | **$t_w$** : | *2.00* | mm |
| **$A_w$**: Área del alma. | **$A_w$** : | *2.84* | cm² |
| **$A_{fc,ef}$**: Área reducida del ala comprimida. | **$A_{fc,ef}$** : | *1.50* | cm² |
| **k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. | **k** : | *0.55* | |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | *2140673* | kp/cm² |
| **$f_{yf}$**: Límite elástico del acero del ala comprimida. | **$f_{yf}$** : | *2803.26* | kp/cm² |

Siendo:

## **Resistencia a tracción** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

## **Resistencia a compresión** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

## **Resistencia a flexión eje Y** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.426*** ✓

Para flexión positiva:

**$M_{Ed}^+$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^+$** : *0.000* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 1.498, 12.400, 2.050, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 0.75*N(R) 2 + 1.50*V H1.

**$M_{Ed}^-$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^-$** : *0.160* t·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

**$M_{c,Rd}$** : *0.377* t·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *3*

**$W_{el,y}$**: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3. **$W_{el,y}$** : *13.45* cm³

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *2803.26* kp/cm²

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Tabla 3.1) **$f_y$** : *2803.26* kp/cm²

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.00*

**Resistencia a flexión eje Z** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : ***0.066*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 1.498, 12.400, 2.050, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 0.75*N(R) 2 + 1.50*V H1.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.305* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

**$V_{c,Rd}$** : *4.596* t

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. **$A_v$** : *2.84* cm²

Siendo:

**d**: Altura del alma. **d** : *71.00* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. **$t_w$** : *2.00* mm

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *2803.26* kp/cm²

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Tabla 3.1) **$f_y$** : *2803.26* kp/cm²

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.00*

**Abolladura por cortante del alma:** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 5)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**35.50** < **55.46** ✓

Donde:

**$\lambda_w$**: Esbeltez del alma. **$\lambda_w$** : *35.50*

**$\lambda_{máx}$**: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *55.46*

**$\eta$**: Coeficiente que permite considerar la resistencia adicional en régimen plástico debida al endurecimiento por deformación del material. **$\eta$** : *1.20*

**$\varepsilon$**: Factor de reducción. **$\varepsilon$** : *0.92*

Siendo:

**$f_{ref}$**: Límite elástico de referencia. **$f_{ref}$** : *2395.51* kp/cm²

**$f_y$**: Límite elástico. (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Tabla 3.1) **$f_y$** : *2803.26* kp/cm²

**Resistencia a corte Y** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **$V_{Ed}$** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

**0.149 t** ≤ **2.298 t** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.517 m del nudo 1.498, 15.500, 2.050, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 0.75*N(R) 2 + 1.50*V H1.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.149* t

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *4.596* t

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.9)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.7)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-1: 2005, Artículo 6.2.7)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.