

ANEJO 11:

Seguridad Estructural

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	213
1.1. Objeto	213
1.2. Generalidades de la construcción	213
1.2.1. Situación	213
1.2.2. Dimensiones	213
1.3. Programa utilizado para el cálculo	214
2. CÁLCULO DE LAS CORREAS	215
2.1. Método de cálculo	215
2.2. Datos de la obra	215
2.3. Normas y combinaciones	215
2.4. Datos de viento	215
2.5. Datos de nieve	216
2.6. Datos de cálculo	216
2.7. Descripción de las correas	216
2.8. Conclusiones	216
3. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE	217
3.1. Método de cálculo	217
3.2. Peso propio	217
3.3. Sobrecarga de uso	217
3.4. Datos de viento	218
3.5. Datos de nieve	219
3.6. Acciones sísmicas	219
3.7. Aceros en perfiles	219
3.8. Listado de cálculo	219
3.8.1. Nudos	220
3.8.2. Barras	221
3.8.3. Resultados	226
3.9. Conclusión	226
4. CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN	226
4.1. Método de cálculo	226
4.2. Listado de cálculo	226

4.2.1. Zapatas	226
4.2.2. Vigas de atado	240
4.3. Placas de anclaje	242
4.3.1. Listado de cálculo	243
4.4. Conclusión	245
5. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA	246
5.1. Bibliografía	246

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto

El objetivo del presente anejo es mostrar los resultados del cálculo de la estructura metálica y cimentación, que justifican la solución estructural proyectada, para la ejecución de una explotación agrícola en Berja.

La estructura metálica, placas de anclaje y la cimentación han sido calculadas con el programa informático CYPE, Arquitectura, Ingeniería y Construcción 2007 1.d, dicho programa está adaptado al nuevo CTE (Código Técnico de Edificación), ajustándose a las siguientes normativas:

- DB.SE: Documento Básico de Seguridad Estructural.
- DB.SE-AE: Acciones en la Edificación.
- DB.SE-C: Cimientos.
- DB.SE-A: Acero.
- DB.SE-F: Fábrica.
- NCSE: Norma de Construcción Sismo-resistente.
- EHE: Instrucción de Hormigón Estructural.

1.2. Generalidades de la construcción

1.2.1. Situación

- Parcelas nº 45, 46, 47, 48, y 49 del polígono parcelario nº34 “Llano Vilches” del Término Municipal de Berja (ALMERIA).
- Situación topográfica normal.

1.2.2. Dimensiones

- Luz de la nave: 12 m.
- Longitud de la nave: 30 m.
- Altura de pilares: 5 m.
- Ángulo de la cubierta: 14°.
- Altura máxima de la nave: 6.5 m.

- Material estructural = acero laminado (S275 y S235).
- Separación entre pórticos = 6 m.
- Material de cubierta = placas de panel sándwich de 30 mm de espesor.

1.3. Programa utilizado para el cálculo

Todos los cálculos que se presentan en este anejo se han realizado con el programa informático CYPE, Arquitectura, Ingeniería y Construcción 2007 1.d. Es un programa informático concebido para realizar el cálculo y dimensionado de estructuras de hormigón armado y metálicas, diseñado con forjados unidireccionales, reticulares y losas macizas para edificios sometidos a acciones verticales y horizontales. Las vigas de forjados pueden ser de hormigón y metálicas. Los soportes pueden ser pilares de hormigón armado, metálicos, pantallas de hormigón armado, muros de hormigón armado con o sin empujes horizontales y muros de fabrica. La cimentación puede ser fija (por zapatas o encepados) o flotante (mediante vigas y losas de cimentación).

Con él se puede obtener la salida gráfica de planos de dimensiones y armado de las plantas, vigas, pilares, pantallas y muros por plotter, impresora y ficheros DXF, DWG, así como listados de datos y resultados de cálculo.

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que constituyen la estructura: pilares, pantallas de hormigón armado, muros vigas y forjados. Al finalizar el cálculo se pueden consultar los errores de los diferentes elementos.

Este programa informático presenta una serie de subprogramas específicos para los diferentes cálculos que necesitemos realizar. Los subprogramas que se han empleado para la realización de los cálculos presentados en este anejo son:

- *Generador de Pórticos 2007.1.d*: Con él se ha optimizado y dimensionado las correas metálicas de cubierta.
- *Metal 3D 2007.1.d*: Con él se ha calculado la estructura tridimensional de nudos y barras, con dimensionado y optimización de perfiles (simples y compuestos). Éste programa te permite exportar los resultados y las cargas al programa Cypecad 2007.1.d.
- *Cypecad 2007.1.d*: Con él se ha calculado la cimentación a base de zapatas cuadradas centradas y las vigas de atado y centradoras.

2. CÁLCULO DE LAS CORREAS

2.1. Método de cálculo

Para el cálculo de las correas vamos a usar uno de los subprogramas que trae el paquete CYPE ingenieros: el Generador de pórticos 2007.1.d. Con este subprograma realizaremos el cálculo de las correas empleadas en cubierta.

2.2. Datos de la obra

- Separación entre pórticos: 6,00 m.
- Con cerramiento en cubierta:
 - Peso del cerramiento: $9,20 \text{ kg m}^{-2}$.
 - Sobrecarga del cerramiento: $40,80 \text{ kg m}^{-2}$.
- Sin cerramiento en laterales.
- Se han colocado tornapuntas cada dos correas para proteger del pandeo lateral originado a causa del viento.

2.3. Normas y combinaciones

<i>Perfiles conformados</i>	CTE Categoría de uso: G Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000m.
<i>Perfiles laminados</i>	CTE Categoría de uso: G Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000m.
<i>Desplazamientos</i>	Acciones características.

2.4. Datos de viento

- Según CTE DB-SE AE (España).
- Zona eólica: A.
- Grado de aspereza: II. Terreno rural llano sin obstáculos.
- Profundidad nave: 30 m.

- Sin huecos.

2.5. Datos de nieve

- Según CTE DB-SE AE (España).
- Zona de clima invernal: 6.
- Altitud topográfica: 335 m.
- Cubierta sin resaltos.
- Exposición al viento: Normal.

2.6. Datos de cálculo

- Límite flecha: $L/300$.
- Número de vanos: Tres o más vanos.
- Tipo de fijación: Fijación por rígida.

2.7. Descripción de las correas

- Tipo de perfil: ZF-200x2.
- Separación: 1,7 m.
- Tipo de acero: S235.

2.8. Conclusiones

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. El porcentaje de aprovechamiento es de:

- Tensión: 76,85%
- Flecha: 98,09%

Con esto damos por satisfechos los objetivos que buscábamos en este apartado, que se limitaban a calcular en él las correas que vamos a usar en el diseño de nuestra estructura. Concretamente hemos obtenido el ZF-200x2 que pesa $104,52 \text{ kg m}^{-1}$, siendo válido fabricado con acero S235 siempre que lo distanciamos como máximo 1,7 m. No debemos olvidar estos datos, ya que nos harán falta a la hora de cargar la nave.

3. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE

3.1. Método de cálculo

Para el cálculo de la estructura portante se empleará el subprograma Metal 3D 2007.1.d del paquete CYPE ingenieros. Una vez en este se realizará el diseño de nuestro pórtico tipo. A partir de él y mediante generación de planos se obtendrá el total de la estructura. Posteriormente se adaptará cada pórtico a su sollicitación.

También se han empleado herramientas que tiene Metal 3D para ayudar a simplificar los cálculos, tales como: la agrupación de planos generados, lo cual significa que un conjunto de planos van a ser idénticos entre sí mientras no digamos lo contrario, por lo tanto, cualquier cosa que le hagamos a cualquier elemento de cualquiera de estos planos se lo estamos haciendo simultáneamente a todos los elementos homónimos del resto de los planos agrupados. Otra herramienta empleada es la agrupación de barras, la cual sólo significa que las barras agrupadas entre sí, van a ser del mismo perfil, aunque por cálculo pudieran no serlo. Mediante estas herramientas se simplifica el cálculo de nuestra estructura.

Como no ha sido posible realizar la exportación del pórtico cargado desde el generador de pórticos, debido a la geometría de este, se ha de introducir de forma manual las cargas a nuestra estructura desde Metal 3D. A continuación se presentan las cargas consideradas. En Metal 3D no se pueden introducir las cargas superficiales, se han de traducir a cargas lineales, lo cual basta con multiplicar por el área de actuación de cada carga en cada plano generado.

3.2. Peso propio

Tras realizar el diseño de nuestra estructura y describir el perfil y material empleado en las barras. El programa realiza el cálculo del peso de la estructura. Pero existen otros pesos que continuamente va a tener que soportar nuestra estructura y que no están incluidos en las cargas que ha dispuesto automáticamente el programa. Concretamente se trata del peso del cerramiento de cubierta y de las correas.

Como cerramiento en cubierta se ha proyectado la colocación de panel tipo sándwich considerando que pesa $9,20 \text{ kg m}^{-2}$. El peso de las correas se determina teniendo en cuenta el peso lineal del perfil seleccionado ($104,52 \text{ kp m}^{-1}$), correspondiente al perfil ZF-200x2, y la separación a la que se colocarán, 1,7 m, de este modo se determina una carga superficial de $5,32 \text{ kg m}^{-2}$.

3.3. Sobrecarga de uso

En este apartado nos toca afrontar los efectos que pueden solicitar a la nuestra estructura mediante cargas no constantes a lo largo de su vida útil, y no imputables a cargas de otra naturaleza ya contemplada en otras hipótesis (viento, sismo o nieve).

El Documento Básico SE: Acciones en la edificación, en su apartado 3.1.1 recoge una serie de valores característicos de sobrecargas de uso para cada una de las

categorías de uso. En nuestro caso: Cubierta accesible únicamente para conservación con inclinación superior a 25 ° (Categoría G2), se ha de considerar una sobrecarga de uso uniforme de 0 kN m⁻² o puntual de 1 kN. Se considera la sobrecarga de acción uniforme.

3.4. Datos de viento

Para el cálculo de la acción del viento sobre la nave se ha seguido lo dispuesto en el Documento Básico SE-AE del Código Técnico de la Edificación, donde la acción del viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Siendo:

- q_b : La presión dinámica del viento. El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión :

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot V_b^2$$

Donde:

- δ : La densidad del aire.
- V_b : El valor básico de la velocidad del viento, según la figura D.1 del Anejo D del DB-SE-AC, la provincia de Almería se encuentra en la zona A por lo tanto el valor básico de la velocidad del viento es 26 m s⁻¹.

Según lo expuesto anteriormente, el valor básico de la presión dinámica del viento es de 0,42 kN m⁻².

- c_e : El coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina, para alturas sobre el terreno, z , no mayores de 200 m, con la expresión:

$$c_e = F \cdot (F \cdot 7k)$$

Donde:

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

Siendo k , L , Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2. del DB-SE-AE. En nuestro caso:

$$k=0,22$$

$$L(m)=0,30$$

$$Z(m)=5,00$$

Obtenemos por tanto un coeficiente de exposición de 1,34.

- c_p : El coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. A efectos del cálculo de la estructura, del lado de la seguridad se empleará la resultante en cada plano de fachada o cubierta de los valores del Anejo D.2. del DB-SE-AE. Dichos valores vienen definidos en la zona de actuación de la nave. Por simplicidad de cálculo y por estar del lado de la seguridad estructural se han elegido para cada caso el coeficiente más desfavorable, siempre diferenciando las zonas de succión de las de presión. En nuestro caso el área de actuación es superior a 10 m^2 y la pendiente de la cubierta es más próxima a 30° que ha cualquier otro valor.

Para introducir en el programa, la carga de viento previamente calculada, se han considerado cuatro hipótesis de actuación:

- *Hipótesis 1*: Dirección del viento $-45^\circ \leq \Theta \leq 45^\circ$ (opción a), combinada con la acción del viento en los paramentos verticales a barlovento y a sotavento.
- *Hipótesis 2*: Dirección del viento $-45^\circ \leq \Theta \leq 45^\circ$ (opción b), combinada con la acción del viento en los paramentos verticales a barlovento y a sotavento.
- *Hipótesis 3*: Dirección del viento $45^\circ \leq \Theta \leq 135^\circ$, combinada con la acción del viento en los paramentos verticales a barlovento y a sotavento.
- *Hipótesis 4*: Acción del viento sobre los paramentos verticales frontal y posterior.

Considerando que de este modo estamos del lado de la seguridad.

3.5. Datos de nieve

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

Siendo:

- μ : Coeficiente de forma de la cubierta, determinado según el apartado 3.5.3. En la parte central de nuestra cubierta ambos módulos están inclinados en sentido contrario por tanto queda impedido el deslizamiento de la nieve, y como la semisuma de las inclinaciones es menor de 30° por lo tanto:

$$\mu = 1 + \beta / 30^\circ$$

En cambio en la parte periférica de la cubierta el coeficiente de forma será igual a 1.

- S_k : El valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal, que según la tabla 3.7 del apartado 3.5.2 del DB-SE-AE para Almería es de $0,3 \text{ kN m}^{-2}$.

Por lo tanto la carga de nieve en la parte central de la cubierta adquiere un valor de $0,48 \text{ kN m}^{-2}$ y en la parte periférica un valor de $0,30 \text{ kN m}^{-2}$.

3.6. Acciones sísmicas

Para la consideración de las acciones sísmicas, se tiene en cuenta lo dispuesto en el Anejo “Informe geotécnico”. Según el cual el área de estudio queda englobada dentro de la zona de intensidad media-alta, con aceleración sísmica básica “ a_b ” igual o superior a $0,14g$ siendo por tanto recomendable la aplicación de la Normativa Sismorresistente NCSE-02. Se puede clasificar como Tipo de terreno II.

3.7. Aceros en perfiles

Material	Mód.elás (GPa)	Mód.el.tra (GPa)	Lím.elás.Fck (MPa)	Co.dilat. (m/m°C)	Peso espec. (KN/m3)
Acero (S275)	206.01	79.23	275.00	1.2e-005	77.01
Acero (S235)	206.01	79.23	244.20	1.2e-005	77.01

3.8. Listado de cálculo

3.8.1. 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	Y	Z	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N2	0.000	0.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N3	0.000	12.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N4	0.000	12.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N5	0.000	6.000	6.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N6	6.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N7	6.000	0.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N8	6.000	12.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N9	6.000	12.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N10	6.000	6.000	6.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N11	12.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N12	12.000	0.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N13	12.000	12.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N14	12.000	12.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N15	12.000	6.000	6.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N16	18.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N17	18.000	0.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N18	18.000	12.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N19	18.000	12.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N20	18.000	6.000	6.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N21	24.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N22	24.000	0.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N23	24.000	12.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N24	24.000	12.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N25	24.000	6.000	6.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N26	30.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N27	30.000	0.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N28	30.000	12.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N29	30.000	12.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N30	30.000	6.000	6.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N31	30.000	6.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N32	0.000	6.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N33	30.000	6.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N34	0.000	6.000	5.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado

3.8.2. Barras

Materiales utilizados

Referencias:

- E: Módulo de elasticidad
- G: Módulo de cortadura
- σ_e : Límite elástico
- $\alpha \cdot \tau$: Coeficiente de dilatación

- γ : peso específico

Materiales utilizados					
Material	E	G	σ_e	α_t	γ
Acero (S275)	2100000.00	807692.31	2803.26	1.2e-005	7.85

Descripción

Referencias:

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

Descripción								
Barra	Pieza	Material	Perfil(Serie)	Longitud	β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Sup.}	Lb _{Inf.}
N1/N2	N1/N2	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	5.00	1.00	1.00	5.00	5.00
N3/N4	N3/N4	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	5.00	1.00	1.00	5.00	5.00
N2/N5	N2/N5	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	6.18	1.00	1.00	1.70	6.18
N4/N5	N4/N5	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	6.18	1.00	1.00	1.70	6.18
N6/N7	N6/N7	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	1.00	1.00	5.00	5.00
N8/N9	N8/N9	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	1.00	1.00	5.00	5.00
N7/N10	N7/N10	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	1.00	1.00	1.70	6.18
N9/N10	N9/N10	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	1.00	1.00	1.70	6.18
N11/N12	N11/N12	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	1.00	1.00	5.00	5.00
N13/N14	N13/N14	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	1.00	1.00	5.00	5.00
N12/N15	N12/N15	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	1.00	1.00	1.70	6.18
N14/N15	N14/N15	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	1.00	1.00	1.70	6.18
N16/N17	N16/N17	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	1.00	1.00	5.00	5.00
N18/N19	N18/N19	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	1.00	1.00	5.00	5.00
N17/N20	N17/N20	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	1.00	1.00	1.70	6.18
N19/N20	N19/N20	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	1.00	1.00	1.70	6.18
N21/N22	N21/N22	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	1.00	1.00	5.00	5.00
N23/N24	N23/N24	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	1.00	1.00	5.00	5.00
N22/N25	N22/N25	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	1.00	1.00	1.70	6.18
N24/N25	N24/N25	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	1.00	1.00	1.70	6.18
N26/N27	N26/N27	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	5.00	1.00	1.00	5.00	5.00
N28/N29	N28/N29	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	5.00	1.00	1.00	5.00	5.00
N27/N30	N27/N30	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	6.18	1.00	1.00	1.70	6.18
N29/N30	N29/N30	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	6.18	1.00	1.00	1.70	6.18
N32/N34	N32/N5	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	5.00	1.00	1.00	-	-
N34/N5	N32/N5	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	1.50	1.00	1.00	-	-
N31/N33	N31/N30	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	5.00	1.00	1.00	-	-
N33/N30	N31/N30	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	1.50	1.00	1.00	-	-

N27/N33	N27/N33	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N33/N29	N33/N29	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N24/N29	N24/N29	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N19/N24	N19/N24	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N14/N19	N14/N19	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N9/N14	N9/N14	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N4/N9	N4/N9	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N34/N4	N34/N4	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N2/N34	N2/N34	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N2/N7	N2/N7	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N7/N12	N7/N12	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N12/N17	N12/N17	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N17/N22	N17/N22	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N22/N27	N22/N27	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N25/N30	N25/N30	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N20/N25	N20/N25	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N15/N20	N15/N20	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N10/N15	N10/N15	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N5/N10	N5/N10	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	1.00	1.00	-	-
N2/N10	N2/N10	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.00	0.00	-	-
N7/N5	N7/N5	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.00	0.00	-	-
N4/N10	N4/N10	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.00	0.00	-	-
N9/N5	N9/N5	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.00	0.00	-	-
N27/N25	N27/N25	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.00	0.00	-	-
N22/N30	N22/N30	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.00	0.00	-	-
N29/N25	N29/N25	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.00	0.00	-	-
N24/N30	N24/N30	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.00	0.00	-	-

Características mecánicas

Referencias:

- A: Sección.
- Iyy: Inercia flexión Iyy.
- Izz: Inercia flexión Izz.
- Ixx: Inercia torsión.

Tipos de pieza	
Tipo	Piezas
1	N1/N2, N3/N4, N2/N5, N4/N5, N26/N27, N28/N29, N27/N30, N29/N30, N32/N5 y N31/N30
2	N6/N7, N11/N12, N16/N17 y N21/N22
3	N8/N9, N7/N10, N9/N10, N13/N14, N12/N15, N14/N15, N18/N19, N17/N20, N19/N20, N23/N24, N22/N25 y N24/N25
4	N27/N33, N33/N29, N24/N29, N19/N24, N14/N19, N9/N14, N4/N9, N34/N4, N2/N34, N2/N7, N7/N12, N12/N17, N17/N22, N22/N27, N25/N30, N20/N25, N15/N20, N10/N15 y N5/N10
5	N2/N10, N7/N5, N4/N10, N9/N5, N27/N25, N22/N30, N29/N25 y N24/N30

Características mecánicas						
Tipo	Material	Descripción	A	Iyy	Izz	Ixx
1	Acero (S275)	IPE-300, Perfil simple, (IPE)	53.80	8360.00	604.00	20.10
2	Acero (S275)	IPE-360, Simple con cartelas, (IPE)	72.70	16270.00	1040.00	37.30
3	Acero (S275)	IPE-360, Simple con cartelas, (IPE)	72.70	16270.00	1040.00	37.30
4	Acero (S275)	#90x3, Perfil simple, (Huecos cuadrados)	10.10	124.87	124.87	202.35
5	Acero (S275)	Ø10, Perfil simple, (Redondos)	0.79	0.05	0.05	0.10

Nota: Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

Tabla de medición

Referencias:

- Ni: Nudo inicial
- Nf: Nudo final

Tabla de medición					
Pieza	Material	Perfil(Serie)	Longitud	Volumen	Peso
N1/N2	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	5.00	0.027	211.16
N3/N4	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	5.00	0.027	211.16
N2/N5	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	6.18	0.033	261.20
N4/N5	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	6.18	0.033	261.20
N6/N7	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	0.048	326.52
N8/N9	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	0.048	326.52
N7/N10	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	0.060	394.12
N9/N10	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	0.060	394.12
N11/N12	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	0.048	326.52
N13/N14	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	0.048	326.52
N12/N15	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	0.060	394.12
N14/N15	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	0.060	394.12
N16/N17	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	0.048	326.52
N18/N19	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	0.048	326.52
N17/N20	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	0.060	394.12
N19/N20	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	0.060	394.12
N21/N22	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	0.048	326.52
N23/N24	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	5.00	0.048	326.52
N22/N25	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	0.060	394.12
N24/N25	Acero (S275)	IPE-360 (IPE)	6.18	0.060	394.12
N26/N27	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	5.00	0.027	211.16
N28/N29	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	5.00	0.027	211.16
N27/N30	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	6.18	0.033	261.20
N29/N30	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	6.18	0.033	261.20
N32/N5	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	6.50	0.035	274.51

N31/N30	Acero (S275)	IPE-300 (IPE)	6.50	0.035	274.51
N27/N33	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N33/N29	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N24/N29	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N19/N24	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N14/N19	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N9/N14	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N4/N9	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N34/N4	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N2/N34	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N2/N7	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N7/N12	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N12/N17	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N17/N22	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N22/N27	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N25/N30	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N20/N25	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N15/N20	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N10/N15	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N5/N10	Acero (S275)	#90x3 (Huecos cuadrados)	6.00	0.006	47.56
N2/N10	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.001	5.31
N7/N5	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.001	5.31
N4/N10	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.001	5.31
N9/N5	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.001	5.31
N27/N25	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.001	5.31
N22/N30	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.001	5.31
N29/N25	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.001	5.31
N24/N30	Acero (S275)	Ø10 (Redondos)	8.62	0.001	5.31

Resumen de medición

Resumen de medición									
Descripción			Longitud			Peso			
Material	Serie	Perfil	Perfil	Serie	Material	Perfil	Serie	Material	
Acero (S275)	IPE	IPE-300, Perfil simple	57.74	147.22	330.15	2438.48	8203.60	9149.71	
		IPE-360, Simple con cartelas	89.48			5765.12			
		#90x3, Perfil simple	114.00			903.61			
		Huecos cuadrados	Ø10, Perfil simple			114.00			903.61
		Redondos				68.93			42.50

3.8.3. Resultados

Tensiones en barras

Referencias:

- N: Esfuerzo axil (Tn).
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (Tn).
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (Tn).
- Mt: Momento torsor (Tn·m)
- My: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (Tn·m).
- Mz: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (Tn·m).

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que produce la máxima tensión o el máximo coeficiente de aprovechamiento.

Origen de las solicitaciones pésimas:

- ≡ G: Sólo gravitatorias
- ≡ GV: Gravitatorias + viento
- ≡ GS: Gravitatorias + sismo
- ≡ GVS: Gravitatorias + viento + sismo

η : Coeficiente de aprovechamiento. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que $\eta \leq 1.00$.

Tensión máxima en barras										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pèsimos						Origen	Estado
			N	Vy	Vz	Mt	My	Mz		
N1/N2	22.981	5.000	-0.783	-0.004	-0.334	0.000	1.670	0.022	GS	Cumple
N3/N4	22.981	5.000	-0.783	-0.004	0.334	0.000	-1.670	0.022	GS	Cumple
N2/N5	28.104	6.185	0.185	0.004	1.669	0.000	-1.858	-0.015	GV	Cumple
N4/N5	28.104	6.185	0.185	-0.004	1.669	0.000	-1.858	0.015	GV	Cumple
N6/N7	46.603	3.499	-5.418	0.001	-1.637	0.000	5.728	-0.003	GV	Cumple
N8/N9	46.603	3.499	-5.418	0.001	1.637	0.000	-5.728	-0.003	GV	Cumple
N7/N10	74.700	0.000	-3.161	0.008	-4.629	0.000	-8.169	0.016	GV	Cumple
N9/N10	74.700	0.000	-3.161	-0.008	-4.629	-0.000	-8.169	-0.016	GV	Cumple
N11/N12	47.968	3.499	-5.519	0.000	-1.692	0.000	5.919	0.000	GV	Cumple
N13/N14	47.968	3.499	-5.519	0.000	1.692	0.000	-5.919	0.000	GV	Cumple
N12/N15	76.063	0.000	-2.923	-0.001	-4.716	0.000	-8.440	0.000	GV	Cumple
N14/N15	76.063	0.000	-2.923	0.001	-4.716	0.000	-8.440	-0.000	GV	Cumple

N16/N17	47.968	3.499	-5.519	0.000	-1.692	0.000	5.919	-0.000	GV	Cumple
N18/N19	47.968	3.499	-5.519	0.000	1.692	0.000	-5.919	-0.000	GV	Cumple
N17/N20	76.063	0.000	-2.923	0.001	-4.716	0.000	-8.440	-0.000	GV	Cumple
N19/N20	76.063	0.000	-2.923	-0.001	-4.716	0.000	-8.440	0.000	GV	Cumple
N21/N22	46.603	3.499	-5.418	-0.001	-1.637	0.000	5.728	0.003	GV	Cumple
N23/N24	46.603	3.499	-5.418	-0.001	1.637	0.000	-5.728	0.003	GV	Cumple
N22/N25	74.700	0.000	-3.161	-0.008	-4.629	-0.000	-8.169	-0.016	GV	Cumple
N24/N25	74.700	0.000	-3.161	0.008	-4.629	0.000	-8.169	0.016	GV	Cumple
N26/N27	22.876	5.000	-0.781	0.005	-0.332	0.000	1.661	-0.023	GS	Cumple
N28/N29	22.876	5.000	-0.781	0.005	0.332	0.000	-1.661	-0.023	GS	Cumple
N27/N30	28.104	6.185	0.185	-0.004	1.669	0.000	-1.858	0.015	GV	Cumple
N29/N30	28.104	6.185	0.185	0.004	1.669	0.000	-1.858	-0.015	GV	Cumple
N32/N34	15.829	5.000	-0.701	-0.003	-0.428	0.000	2.138	0.017	GS	Cumple
N34/N5	14.072	0.000	-0.652	-0.004	0.805	-0.000	2.079	0.017	GS	Cumple
N31/N33	15.757	5.000	-0.701	0.003	-0.425	0.000	2.126	-0.017	GS	Cumple
N33/N30	14.002	0.000	-0.652	0.004	0.800	0.000	2.068	-0.017	GS	Cumple
N27/N33	18.964	6.000	-0.579	-0.000	0.035	0.000	-0.054	0.001	GS	Cumple
N33/N29	18.964	0.000	-0.579	0.000	-0.035	-0.000	-0.054	0.001	GS	Cumple
N24/N29	56.814	0.000	-0.130	-0.022	-0.143	-0.001	-0.379	-0.059	GS	Cumple
N19/N24	52.213	0.000	-0.046	-0.019	-0.141	0.001	-0.375	-0.059	GS	Cumple
N14/N19	43.287	0.000	0.048	-0.017	-0.141	0.000	-0.376	-0.051	GS	Cumple
N9/N14	52.229	6.000	-0.046	0.019	0.141	-0.001	-0.375	-0.059	GS	Cumple
N4/N9	56.814	6.000	-0.130	0.022	0.143	0.001	-0.379	-0.059	GS	Cumple
N34/N4	19.059	0.000	-0.582	-0.000	-0.035	0.000	-0.054	-0.001	GS	Cumple
N2/N34	19.059	6.000	-0.582	0.000	0.035	-0.000	-0.054	-0.001	GS	Cumple
N2/N7	56.814	6.000	-0.130	-0.022	0.143	-0.001	-0.379	0.059	GS	Cumple
N7/N12	52.229	6.000	-0.046	-0.019	0.141	0.001	-0.375	0.059	GS	Cumple
N12/N17	43.287	0.000	0.048	0.017	-0.141	-0.000	-0.376	0.051	GS	Cumple
N17/N22	52.213	0.000	-0.046	0.019	-0.141	-0.001	-0.375	0.059	GS	Cumple
N22/N27	56.814	0.000	-0.130	0.022	-0.143	0.001	-0.379	0.059	GS	Cumple
N25/N30	36.498	6.000	-0.476	0.000	0.061	0.000	-0.188	0.000	GS	Cumple
N20/N25	21.225	0.000	-0.105	0.044	-0.024	0.005	-0.025	0.133	GS	Cumple
N15/N20	15.896	6.000	-0.592	0.000	0.032	0.000	-0.034	0.000	GV	Cumple
N10/N15	21.313	6.000	-0.105	-0.045	0.024	-0.005	-0.025	0.134	GS	Cumple
N5/N10	36.498	0.000	-0.476	0.000	-0.061	0.000	-0.188	0.000	GS	Cumple
N2/N10	14.602	0.000	0.292	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GS	Cumple
N7/N5	21.732	0.000	0.435	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N4/N10	14.602	0.000	0.292	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GS	Cumple
N9/N5	21.732	0.000	0.435	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N27/N25	14.601	0.000	0.292	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GS	Cumple
N22/N30	21.732	0.000	0.435	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N29/N25	14.601	0.000	0.292	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GS	Cumple
N24/N30	21.732	0.000	0.435	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple

Flechas

Referencias:

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

flecha.

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

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Pos.	Flecha	Pos.	Flecha	Pos.	Flecha	Pos.	Flecha
N1/N2	2.813 2.813	9.67 L/516.8	2.813 2.813	3.35 L(>1000)	2.813 2.813	18.88 L/526.8	2.813 2.813	6.03 L(>1000)
N3/N4	2.813 2.813	9.67 L/516.8	2.813 2.813	3.35 L(>1000)	2.813 2.813	18.88 L/526.8	2.813 2.813	6.03 L(>1000)
N2/N5	4.020 4.020	4.11 L(>1000)	2.474 2.474	4.65 L(>1000)	4.020 4.020	8.03 L(>1000)	2.474 2.474	7.48 L(>1000)
N4/N5	4.020 4.020	4.11 L(>1000)	2.474 2.474	4.65 L(>1000)	4.020 4.020	8.03 L(>1000)	2.474 2.474	7.48 L(>1000)
N6/N7	3.000 3.000	12.62 L/396.2	2.750 2.750	5.56 L/898.6	3.000 3.000	25.20 L/396.2	2.750 2.750	7.92 L/927.3
N8/N9	3.000 3.000	12.62 L/396.2	2.750 2.750	5.56 L/898.6	3.000 3.000	25.20 L/396.2	2.750 2.750	7.92 L/927.3
N7/N10	3.123 3.123	3.33 L(>1000)	3.435 3.435	9.15 L/676.1	3.123 3.123	6.53 L(>1000)	3.123 3.123	14.96 L/684.2
N9/N10	3.123 3.123	3.33 L(>1000)	3.435 3.435	9.15 L/676.1	3.123 3.123	6.53 L(>1000)	3.123 3.123	14.96 L/684.2
N11/N12	3.000 3.000	12.63 L/395.8	2.750 2.750	7.23 L/691.6	3.000 3.000	25.25 L/395.8	2.750 2.750	11.18 L/724.3
N13/N14	3.000 3.000	12.63 L/395.8	2.750 2.750	7.23 L/691.6	3.000 3.000	25.25 L/395.8	2.750 2.750	11.18 L/724.3
N12/N15	2.811 2.811	2.22 L(>1000)	3.435 5.246	12.72 L/132.5	2.811 2.811	4.37 L(>1000)	3.123 5.246	22.10 L/133.2
N14/N15	2.811 2.811	2.22 L(>1000)	3.435 5.246	12.72 L/132.5	2.811 2.811	4.37 L(>1000)	3.123 5.246	22.10 L/133.2
N16/N17	3.000 3.000	12.63 L/395.8	2.750 3.250	7.21 L/71.2	3.000 3.000	25.25 L/395.8	2.750 3.250	11.14 L/71.5
N18/N19	3.000 3.000	12.63 L/395.8	2.750 3.250	7.21 L/71.2	3.000 3.000	25.25 L/395.8	2.750 3.250	11.14 L/71.5
N17/N20	2.811 2.811	2.22 L(>1000)	3.435 5.153	12.68 L/144.0	2.811 2.811	4.37 L(>1000)	3.123 5.153	22.02 L/144.8
N19/N20	2.811 2.811	2.22 L(>1000)	3.435 5.153	12.68 L/144.0	2.811 2.811	4.37 L(>1000)	3.123 5.153	22.02 L/144.8
N21/N22	3.000 3.000	12.62 L/396.2	2.750 2.750	5.55 L/900.9	3.000 3.000	25.20 L/396.2	2.750 2.750	7.89 L/929.8
N23/N24	3.000 3.000	12.62 L/396.2	2.750 2.750	5.55 L/900.9	3.000 3.000	25.20 L/396.2	2.750 2.750	7.89 L/929.8
N22/N25	3.123 3.123	3.33 L(>1000)	3.435 3.435	9.12 L/678.4	3.123 3.123	6.53 L(>1000)	3.123 3.123	14.89 L/686.6
N24/N25	3.123 3.123	3.33 L(>1000)	3.435 3.435	9.12 L/678.4	3.123 3.123	6.53 L(>1000)	3.123 3.123	14.89 L/686.6
N26/N27	2.813 2.813	9.67 L/516.8	2.813 2.813	3.34 L(>1000)	2.813 2.813	18.88 L/526.8	2.813 2.813	6.00 L(>1000)
N28/N29	2.813 2.813	9.67 L/516.8	2.813 2.813	3.34 L(>1000)	2.813 2.813	18.88 L/526.8	2.813 2.813	6.00 L(>1000)
N27/N30	4.020	4.11	2.474	4.64	4.020	8.03	2.474	7.45

	4.020	L(>1000)	2.474	L(>1000)	4.020	L(>1000)	2.474	L(>1000)
N29/N30	4.020 4.020	4.11 L(>1000)	2.474 2.474	4.64 L(>1000)	4.020 4.020	8.03 L(>1000)	2.474 2.474	7.45 L(>1000)
N32/N5	3.750 3.750	12.11 L/536.8	3.750 3.750	8.48 L/661.6	3.750 3.750	22.77 L/546.4	3.750 3.750	16.97 L/661.6
N31/N30	3.750 3.750	12.11 L/536.8	3.750 3.750	8.44 L/770.2	3.750 3.750	22.77 L/546.4	3.750 3.750	16.88 L/770.2
N27/N33	3.750 3.750	5.15 L(>1000)	1.875 1.875	3.30 L(>1000)	3.750 3.750	10.26 L(>1000)	1.500 1.875	4.55 L(>1000)
N33/N29	2.250 2.250	5.15 L(>1000)	4.125 4.125	3.30 L(>1000)	2.250 2.250	10.26 L(>1000)	4.500 4.125	4.55 L(>1000)
N24/N29	4.500 4.500	4.73 L/823.0	4.500 4.500	16.20 L/192.1	4.500 4.500	9.13 L/826.9	4.875 4.875	31.23 L/195.3
N19/N24	4.875 1.125	5.08 L/263.6	1.125 4.875	15.73 L/195.3	4.875 1.125	10.15 L/263.6	1.125 4.875	30.69 L/196.8
N14/N19	3.000 1.125	2.43 L(>1000)	1.125 1.125	15.73 L/195.4	3.000 1.125	4.79 L(>1000)	1.125 1.125	30.69 L/196.3
N9/N14	1.125 4.875	5.11 L/261.8	4.875 1.125	15.73 L/195.3	1.125 4.875	10.19 L/261.8	4.875 1.125	30.69 L/196.8
N4/N9	1.500 1.500	4.73 L/823.0	1.500 1.500	16.20 L/192.1	1.500 1.500	9.13 L/826.9	1.125 1.125	31.23 L/195.3
N34/N4	2.250 2.250	5.15 L(>1000)	4.125 4.125	3.31 L(>1000)	2.250 2.250	10.26 L(>1000)	4.500 4.125	4.58 L(>1000)
N2/N34	3.750 3.750	5.15 L(>1000)	1.875 1.875	3.31 L(>1000)	3.750 3.750	10.26 L(>1000)	1.500 1.875	4.58 L(>1000)
N2/N7	1.500 1.500	4.73 L/823.0	1.500 1.500	16.20 L/192.1	1.500 1.500	9.13 L/826.9	1.125 1.125	31.23 L/195.3
N7/N12	1.125 4.875	5.11 L/261.8	4.875 1.125	15.73 L/195.3	1.125 4.875	10.19 L/261.8	4.875 1.125	30.69 L/196.8
N12/N17	3.000 4.875	2.43 L(>1000)	1.125 4.875	15.73 L/195.4	3.000 4.875	4.79 L(>1000)	1.125 1.125	30.69 L/196.3
N17/N22	4.875 1.125	5.08 L/263.6	1.125 4.875	15.73 L/195.3	4.875 1.125	10.15 L/263.6	1.125 4.875	30.69 L/196.8
N22/N27	4.500 4.500	4.73 L/823.0	4.500 4.500	16.20 L/192.1	4.500 4.500	9.13 L/826.9	4.875 4.875	31.23 L/195.3
N25/N30	1.125 4.875	0.23 L(>1000)	3.750 3.750	21.14 L/283.9	1.125 4.875	0.46 L(>1000)	3.750 3.750	40.87 L/284.3
N20/N25	1.125 1.125	5.84 L/514.4	3.750 3.750	5.47 L(>1000)	1.125 1.125	11.69 L/514.4	3.750 3.750	8.03 L(>1000)
N15/N20	2.250 3.375	0.16 L(>1000)	3.000 2.250	1.15 L(>1000)	2.250 3.375	0.33 L(>1000)	1.500 1.500	0.84 L(>1000)
N10/N15	4.875 4.875	5.88 L/511.6	2.250 2.250	5.47 L(>1000)	4.875 4.875	11.75 L/511.6	2.250 2.250	8.03 L(>1000)
N5/N10	4.875 1.125	0.23 L(>1000)	2.250 2.250	21.14 L/283.9	4.875 1.125	0.47 L(>1000)	2.250 2.250	40.87 L/284.2
N2/N10	7.001 -	0.00 L(>1000)	7.001 -	0.00 L(>1000)	5.386 -	0.00 L(>1000)	7.540 -	0.00 L(>1000)
N7/N5	4.308 -	0.00 L(>1000)	4.847 -	0.00 L(>1000)	4.308 -	0.00 L(>1000)	7.001 -	0.00 L(>1000)
N4/N10	4.308 -	0.00 L(>1000)	7.540 -	0.00 L(>1000)	5.386 -	0.00 L(>1000)	7.540 -	0.00 L(>1000)
N9/N5	7.001 -	0.00 L(>1000)	5.386 -	0.00 L(>1000)	7.001 -	0.00 L(>1000)	5.386 -	0.00 L(>1000)
N27/N25	5.386 -	0.00 L(>1000)	5.924 -	0.00 L(>1000)	5.386 -	0.00 L(>1000)	3.770 -	0.00 L(>1000)
N22/N30	7.001 -	0.00 L(>1000)	4.847 -	0.00 L(>1000)	7.001 -	0.00 L(>1000)	4.847 -	0.00 L(>1000)

N29/N25	5.386	0.00	7.540	0.00	5.386	0.00	7.540	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N24/N30	4.308	0.00	7.001	0.00	4.308	0.00	7.001	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)

3.9. Conclusión

Una vez realizados los cálculos se realiza un estudio de los resultados ofrecidos por el programa, además se realiza una valoración geométrica de la estructura. A partir de esto se decide que la estructura portante estará formada por dos tipos de pórticos; pórtico central y pórtico hastial, ambos definidos en el Documento N° 2 Planos.

4. CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN

4.1. Método de cálculo

Una vez estudiada, comprendida y optimizada la estructura es el momento de calcular su cimentación. Metal 3D tiene un módulo para calcular zapatas independientes entre sí, pero una nave como esta merece un trato más detallado. Este cálculo se realizará desde el subprograma CYPECAD y para ello se exportará la estructura a dicho subprograma. No sólo se ha exportado la posición de los pilares, sino que también se han trasladado las reacciones oportunas para el cálculo de la cimentación. Únicamente introduciremos el valor de la tensión admisible del terreno, aportada por el Anejo, “Informe geotécnico”. Según este el suelo tiene una resistencia de $\sigma = 3 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$ y $\alpha = 30^\circ$.

A continuación se presenta la descripción de cada tipo considerado y su comprobación en la situación más desfavorable. Esta decisión ayuda a simplificar la ejecución de la obra.

Las representaciones gráficas de las zapatas y las vigas de atado quedarán definidas en el Documento N° 2 Planos.

4.2. Listado de cálculo

4.2.1. Zapatas

Descripción

Referencias	Geometría	Armado
N1, N6, N8 y N13	Zapata cuadrada Ancho inicial X: 47.5 cm Ancho inicial Y: 47.5 cm Ancho final X: 47.5 cm	X: 6Ø16 c/ 20 Y: 5Ø16 c/ 20
N2, N5, N9 y N12	Zapata cuadrada Ancho inicial X: 80.0 cm Ancho inicial Y: 80.0 cm Ancho final X: 80.0 cm	Sup X: 8Ø12 c/ 22 Sup Y: 8Ø12 c/ 22 Inf X: 8Ø12 c/ 22 Inf Y: 8Ø12 c/ 22
N3, N4, N10 y N11	Zapata cuadrada Ancho inicial X: 70.0 cm Ancho inicial Y: 70.0 cm Ancho final X: 70.0 cm	Sup X: 7Ø12 c/ 22 Sup Y: 7Ø12 c/ 22 Inf X: 7Ø12 c/ 22 Inf Y: 7Ø12 c/ 22
N13 y N14	Zapata cuadrada Ancho inicial X: 67.5 cm Ancho inicial Y: 67.5 cm Ancho final X: 67.5 cm	Sup X: 7Ø12 c/ 22 Sup Y: 7Ø12 c/ 22 Inf X: 7Ø12 c/ 22 Inf Y: 7Ø12 c/ 22

Medición

Referencias: N1, N6, N8 y N13		B 400 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø16	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	5x1.15	5.75
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	5x1.15	5.75
Totales	Longitud (m)	11.50	
Total con mermas	Longitud (m)	12.65	

Referencias: N2, N5, N9 y N12		B 400 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	7x1.50	10.50

Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	7x1.73	12.11
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	7x1.50	10.50
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	7x1.73	12.11
Totales	Longitud (m)	45.22	
Total con mermas	Longitud (m)	49.74	

Referencias: N3, N4, N10 y N11		B 400 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	6x1.53	9.18
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	6x1.59	9.54
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	6x1.53	9.18
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	6x1.59	9.54
Totales	Longitud (m)	37.44	
Total con mermas	Longitud (m)	41.18	

Referencias: N13 y 14		B 400 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	6x1.48	8.88
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	6x1.54	9.24
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	6x1.48	8.88
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	6x1.54	9.24
Totales	Longitud (m)	36.24	
Total con mermas	Longitud (m)	39.86	

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 400 S, CN (Kg)			Hormigón (m ³)	
	Ø12	Ø16	Total	HA-25, Control estadístico	Limpieza
Referencias: N1, N6, N8 y N13		4x19.98	79.92	4x0.45	4x0.09
Referencias: N2, N5, N9 y N12	4x44.15		176.60	4x1.28	4x0.26
Referencias: N3, N4, N10 y N11	4x36.56		146.24	4x0.98	4x0.20
Referencias: N7 y N14	2x35.38		70.76	2x0.91	2x0.18
Totales	393.60	79.92	473.52	12.67	2.53

Comprobación

Referencia: N1, N6, N8 y N13		
Dimensiones: 95 x 95 x 70		
Armados: Xi:Ø16 c/ 20 Yi:Ø16 c/ 20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media:	Máximo: 2 Kp/cm ² Calculado: 0.331 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima acc. gravitatorias:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.318 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. de viento:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.338 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. sísmicas:	Máximo: 3 Kp/cm ² Calculado: 0.482 Kp/cm ²	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.12 Tn·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 0.10 Tn·m	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 1792.7 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 162.0 %	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
	Máximo: 588.1 Tn/m ² Calculado: 2.74 Tn/m ²	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.00 Tn	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.00 Tn	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N1:	Mínimo: 35 cm Calculado: 42 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-En dirección X:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.0021	Cumple
-En dirección Y:	Calculado: 0.0021	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
-Armado inferior dirección X: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.0021	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
-Parrilla inferior: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>		
-Armado inferior dirección X:	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple

Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>		
-Armado inferior dirección X:	Mínimo: 10 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N2, N5, N9 y N12 Dimensiones: 160 x 160 x 70 Armados: Xi:Ø12 c/ 22 Yi:Ø12 c/ 22 Xs:Ø12 c/ 22 Ys:Ø12 c/ 22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media:	Máximo: 2 Kp/cm ² Calculado: 0.346 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima acc. gravitatorias:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.418 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. de viento:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.433 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. sísmicas:	Máximo: 3 Kp/cm ² Calculado: 0.497 Kp/cm ²	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.93 Tn·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 0.93 Tn·m	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 4647.8 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 122.5 %	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
	Máximo: 588.1 Tn/m ² Calculado: 9.15 Tn/m ²	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.99 Tn	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.84 Tn	Cumple

Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: -N6:	Mínimo: 35 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
-En dirección X:	Calculado: 0.0021	Cumple
-En dirección Y:	Calculado: 0.0021	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i>	Calculado: 0.0011	
-Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
-Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Díámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
-Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 24 cm Calculado: 25 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 22 cm	Cumple

-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 24 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N3, N4, N10 y N11		
Dimensiones: 140 x 140 x 70		
Armados: Xi:Ø12 c/ 22 Yi:Ø12 c/ 22 Xs:Ø12 c/ 22 Ys:Ø12 c/ 22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media:	Máximo: 2 Kp/cm ² Calculado: 0.437 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima acc. gravitatorias:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.533 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. de viento:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.559 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. sísmicas:	Máximo: 3 Kp/cm ² Calculado: 0.711 Kp/cm ²	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.79 Tn·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 0.78 Tn·m	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 3431.6 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 45.0 %	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
	Máximo: 588.1 Tn/m ² Calculado: 9.24 Tn/m ²	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.67 Tn	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.34 Tn	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N11:	Mínimo: 35 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
	Mínimo: 0.002	

-En dirección X:	Calculado: 0.0021	Cumple
-En dirección Y:	Calculado: 0.0021	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i>	Calculado: 0.0011	
-Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
-Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
-Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
-Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple

-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N7 y N14		
Dimensiones: 135 x 135 x 70		
Armados: Xi:Ø12 c/ 22 Yi:Ø12 c/ 22 Xs:Ø12 c/ 22 Ys:Ø12 c/ 22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media:	Máximo: 2 Kp/cm ² Calculado: 0.3 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima acc. gravitatorias:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.294 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. de viento:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.31 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. sísmicas:	Máximo: 3 Kp/cm ² Calculado: 0.345 Kp/cm ²	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.46 Tn·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 0.35 Tn·m	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 10156.8 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 912.7 %	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
	Máximo: 588.1 Tn/m ² Calculado: 5.93 Tn/m ²	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.37 Tn	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.15 Tn	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N31:	Mínimo: 35 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-En dirección X:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.0021	Cumple
-En dirección Y:	Calculado: 0.0021	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i>		
	Mínimo: 0.0001	

-Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
-Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
-Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple

-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

4.2.2. Vigas de atado

Descripción

Referencias	Geometría	Armado
C.2 [N1-N2], [2-N3], [N3-N4], [N4-N5], [N5-N6], [N6-N7], [N7-N8], [N8-N9], [N9-N10], [N10-N11], [N11-N12], [N12-N13], [N13-N14] y [N14-N1].	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø16 Inferior: 2 Ø16 Estribos: 1xØ8 c/ 30

Medición

Referencias: C.2 [N1-N2], [2-N3], [N3-N4], [N4-N5], [N5-N6], [N6-N7], [N7-N8], [N8-N9], [N9-N10], [N10-N11], [N11-N12], [N12-N13], [N13-N14] y [N14-N1].	B 400 S, CN		Total
Nombre de armado	Ø8	Ø16	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)	2x6.32	12.64
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)	2x6.42	12.84
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	17x1.33	22.61
Totales	Longitud (m)	22.61	25.48
Total con mermas	Longitud (m)	24.87	28.03

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 400 S, CN (Kg)			Hormigón (m3)	
	Ø8	Ø16	Total	HA-25, Control estadístico	Limpieza
Referencias: C.2 [N1-N2], [2-N3], [N3-N4], [N4-N5], [N5-N6], [N6-N7], [N7-N8], [N8-N9], [N9-N10], [N10-N11], [N11-N12], [N12-N13], [N13-N14] y [N14-N1].	14x9.81	14x44.24	756.70	14x0.74	14x0.18
Totales	137.34	619.36	756.70	10.30	2.58

Comprobación

Referencia: C.2 [N1-N2], [2-N3], [N3-N4], [N4-N5], [N5-N6], [N6-N7], [N7-N8], [N8-N9], [N9-N10], [N10-N11], [N11-N12], [N12-N13], [N13-N14] y [N14-N1].
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2 Ø16

Comprobación	Valores	Estado
Recomendación para el ancho mínimo de la viga de atado: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15 (pag.126).</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Recomendación para el canto mínimo de la viga de atado: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15 (pag.126).</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i> -Armadura superior: -Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 25.2 cm Calculado: 25.2 cm	Cumple Cumple
Separación máxima estribos: -Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Recomendación para la separación máxima de estribos en vigas comprimidas por axiles en combinaciones sísmicas (1) <i>(1)Al no ser necesaria la armadura longitudinal en compresión, no se aplica el requisito de separación de estribos en barras comprimidas.</i>		No procede
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 (norma EHE-98)</i> -Armadura superior: -Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 25.2 cm Calculado: 25.2 cm	Cumple Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de esfuerzos axiles: -Armadura total (Acciones dinámicas): <i>Criterio de CYPE Ingenieros basado en el Artículo 38.4 de la EH-91</i>	Mínimo: 6.15 cm ² Calculado: 8.04 cm ²	Cumple
Armadura necesaria por cálculo para el axil de compresión: -Acciones dinámicas: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15 (pag.125).</i>	Mínimo: 0 cm ² Calculado: 8.04 cm ²	Cumple
Armadura necesaria por cálculo para el axil de tracción: -Acciones dinámicas: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15 (pag.125).</i>	Mínimo: 0.08 cm ² Calculado: 8.04 cm ²	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i> -Acciones estáticas: -Acciones dinámicas:	Calculado: 21 cm Mínimo: 16 cm Mínimo: 21 cm	Cumple Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i> -Acciones estáticas: -Acciones dinámicas:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i> -Acciones estáticas: -Acciones dinámicas:	Calculado: 21 cm Mínimo: 16 cm Mínimo: 21 cm	Cumple Cumple

Longitud de anclaje barras inferiores extremo: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i> -Acciones estáticas: -Acciones dinámicas:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: -Acciones dinámicas:	Momento flector: 0.00 Tn·m	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

4.3. Placas de anclaje

Las placas de anclaje son los elementos utilizados para la unión del pilar a la cimentación. Este elemento de transición aumenta la sección de acero del pilar, adaptándola a la resistencia de proyecto del hormigón.

La unión del pilar a la cimentación se realiza en nuestro caso mediante empotramiento, el cual impide el giro y el desplazamiento en cualquier dirección. Las placas de anclaje se diseñan para que la transición entre el soporte y el hormigón de la cimentación se realicen sin que en ningún punto se superen las tensiones máximas admisibles por estos materiales.

Las características técnicas del tipo de placa empleada se describen en el Documento N° 2 Planos.

4.3.1. Listado de cálculo

Descripción

Descripción				
Referencia	Placa base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
N1, N6, N7, N8, N13 y N14	Ancho X: 300 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: -	4Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados
N2, N3, N4, N5, N9, N10, N11, N12	Ancho X: 300 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 18 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: -	4Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados

Medición placas de anclaje

Pilares	Acero	Peso Kp	Totales Kp
N1, N6, N7, N8, N13 y N14	S275	6 x 19.08	
N2, N3, N4, N5, N9, N10, N11, N12	S275	8 x 21.20	

			284.01
Totales			284.01

Medición pernos placas de anclaje

Pilares	Pernos	Acero	Longitud m	Peso Kp	Totales m	Totales Kp
N1, N6, N7, N8, N13 y N14	24Ø16 mm L=54 cm	B 400 S	24 x 0.54	24 x 0.85		
N2, N3, N4, N5, N9, N10, N11, N12	32Ø16 mm L=54 cm	B 400 S	32 x 0.54	32 x 0.85		
					30.06	47.45
Totales					30.06	47.45

Comprobación de las placas de anclaje

Referencia: N1, N6, N7, N8, N13 y N14.		
-Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm		
-Pernos: 4Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 241 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
-Tracción:	Máximo: 5.437 Tn Calculado: 0.204 Tn	Cumple
-Cortante:	Máximo: 3.806 Tn Calculado: 0.083 Tn	Cumple
-Tracción + Cortante:	Máximo: 5.437 Tn Calculado: 0.323 Tn	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 6.557 Tn Calculado: 0.207 Tn	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 4077.47 Kp/cm ² Calculado: 106.555 Kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 16.147 Tn Calculado: 0.083 Tn	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2803.26 Kp/cm ²	
-Derecha:	Calculado: 77.894 Kp/cm ²	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 77.894 Kp/cm ²	Cumple
-Arriba:	Calculado: 117.244 Kp/cm ²	Cumple
-Abajo:	Calculado: 117.244 Kp/cm ²	Cumple

Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
-Derecha:	Calculado: 13664.9	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 13664.9	Cumple
-Arriba:	Calculado: 9109.9	Cumple
-Abajo:	Calculado: 9109.9	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2803.26 Kp/cm2 Calculado: 0 Kp/cm2	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N2, N3, N4, N5, N9, N10, N11, N12. -Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 18 mm -Pernos: 4Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 241 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: -Tracción: -Cortante: -Tracción + Cortante:	Máximo: 5.437 Tn Calculado: 0.551 Tn Máximo: 3.806 Tn Calculado: 0.441 Tn Máximo: 5.437 Tn Calculado: 1.181 Tn	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 6.557 Tn Calculado: 0.56 Tn	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 4077.47 Kp/cm2 Calculado: 391.828 Kp/cm2	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 16.147 Tn Calculado: 0.409 Tn	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: -Derecha: -Izquierda: -Arriba: -Abajo:	Máximo: 2803.26 Kp/cm2 Calculado: 159.663 Kp/cm2 Calculado: 159.663 Kp/cm2 Calculado: 285.932 Kp/cm2 Calculado: 285.932 Kp/cm2	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
-Derecha:	Calculado: 8537.5	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 8537.5	Cumple
-Arriba:	Calculado: 4220.55	Cumple
-Abajo:	Calculado: 4220.55	Cumple

Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2803.26 Kp/cm ² Calculado: 0 Kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

4.4. Conclusión

Como elemento de arriostramiento de las zapatas el programa nos ha dado como solución la colocación de vigas de atado de diferente tipo según las dimensiones correspondientes a cada zapata. Estos elementos quedarán definidos en el Documento N° 2 Planos.

5. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

5.1. Bibliografía

- **CYPE. Arquitectura, ingeniería y construcción.** Versión 2007.1.d.
- **Código Técnico de la Edificación, DB-SE: Seguridad Estructural.** Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo del Ministerio de Vivienda. (BOE 28-03-2006).
- **Código Técnico de la Edificación, DB-SE-AE: Acciones en la Edificación.** Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo del Ministerio de Vivienda. (BOE 28-03-2006).
- **Código Técnico de la Edificación, DB-SE-C: Cimientos.** Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo del Ministerio de Vivienda. (BOE 28-03-2006).
- **Código Técnico de la Edificación DB-SE.A: Acero.** Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo del Ministerio de Vivienda. (BOE 28-03-2006).
- **NCSE.** Norma de Construcción Sismorresistente (2002), Ministerio de Fomento.
- **EHE.** Instrucción de Hormigón Estructural (2008), Ministerio de Fomento.