



05/12

Anejo 06: anejo de calculo

Este documento forma parte del “Proyecto Básico de las estructuras de un nuevo centro de equitación en Carpesa (Valencia)”, que consiste en el diseño y dimensionamiento de unas instalaciones para la realización de actividades hípcas.

En este anejo se analizan las variables utilizadas las normas y y las comprobaciones para el cálculo estructural de las naves.



INDICE

1. OBJETO DEL DOCUMENTO
2. DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS
3. BASES DE CALCULO
 - 3.1. BASE NORMATIVA
 - 3.2. BASES DE PROYECTO
 - 3.2.1. CRITERIOS DE SEGURIDAD
 - 3.2.2. CUANTIAS DE ARMADO MINIMAS
 - 3.2.3. VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS ACCIONES
 - 3.2.4. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES
 - 3.2.5. VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES
 - 3.2.6. COMBINACIÓN DE ACCIONES
 - 3.2.7. DURABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS
 - 3.2.8. DESIGNACIÓN Y CARACTERÍSTICA DE LOS MATERIALES EMPLEADOS
4. NAVE PRINCIPAL
5. NAVE DE BOXES
6. NAVE INTERMEDIA
7. NAVE ALMACEN



1 OBJETO DEL DOCUMENTO

El objeto del presente anejo es la justificación del comportamiento mecánico-estructural de Las estructuras para el complejo hípico en Carpesa (Valencia).

2 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

Las estructuras objeto de cálculo en la presente memoria se relacionan a continuación:

Nave principal

Nave intermedia

Nave de boxes

Nave de almacén

Se ha optado por las estructuras metálicas frente a hormigón o fábrica de bloques, por su ligereza, rapidez de montaje y sobre todo por su alto valor residual en comparación con las naves de hormigón o fábrica, debido a que la estructura metálica se puede desmontar y vender al peso o para volverla a montar en otra ubicación.

3 BASES DE CÁLCULO

A continuación, se exponen las bases que se han seguido para la redacción del Estudio de cálculos estructurales, que se pueden resumir en:

Base normativa: En los cálculos realizados se ha tenido en cuenta las normativas españolas vigentes y relativas a cálculos estructurales y a acciones a considerar sobre la estructura.

Bases de proyecto: Se han fijado las condiciones que permiten asegurar que, con una aceptable probabilidad, la estructura proyectada es capaz de soportar todas las acciones que la pueden solicitar durante el período de vida prevista, y pueda cumplir las funciones para las que ha sido construida con unos costes aceptables de mantenimiento. Se establecen los criterios de seguridad, se fijan las acciones, los valores de cálculo y la combinación de las mismas. También se fijan los criterios de durabilidad y protección de las estructuras.

Características de los Materiales: Se especifican las características mecánicas de los materiales que se requiere en el proyecto. También se definen los niveles de control, los coeficientes parciales de seguridad y los diagramas tensión - deformación con los que se caracteriza el comportamiento de los mismos de cara al cálculo de los esfuerzos últimos resistentes.

Cálculos mecanizados: Se realiza una descripción de los programas de cálculo por ordenador que se utilizan en la evaluación de esfuerzos y en la comprobación de secciones. Se utiliza programa de cálculo del prontuario de la Instrucción de Hormigón Estructural.

3.1 BASE NORMATIVA

Para la redacción del presente anejo se ha tenido en consideración el cumplimiento de las siguientes normativas:

“Instrucción de Hormigón Estructural” EHE

“Código Técnico de la Edificación”: Acciones y Acero

“Euro Código nº2”



3.2 BASES DE PROYECTO.

3.2.1 CRITERIOS DE SEGURIDAD.

La justificación de la seguridad de la estructura a la rotura y su adecuado funcionamiento en servicio se realizará mediante la comprobación de los distintos estados límites, definidos como aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que la estructura no cumple alguna de las funciones para las que ha sido proyectada. Podemos definir los siguientes estados límites:

ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO (E.L.S.)

Los estados límite de servicio son aquellas situaciones de la estructura para las que no se cumplen los requisitos de funcionalidad, de comodidad, estética, durabilidad, o de ciertos aspectos requeridos. Se consideran los siguientes:

Estado límite de deformación: Es el producido por deformaciones que pueden afectar a las acciones aplicadas o a la apariencia o al uso de la estructura o causar daños en elementos no estructurales.

Estado límite de vibraciones: Es el producido por vibraciones que pueden ser desagradables y causar inquietud a los usuarios o provocar daños en la estructura o equipos.

Estado límite de fisuración: Se produce cuando la fisuración del hormigón por tracción o por compresión puede afectar a la durabilidad, la impermeabilidad o el aspecto de la estructura.

ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS (E.L.U.)

Los estados límite últimos engloban todas aquellas situaciones que producen una puesta fuera de servicio de la estructura por colapso o rotura de la misma o de una parte de ella. Se consideran los siguientes:

Estado límite de pérdida de equilibrio: Es el colapso producido por falta de estabilidad de una parte o la totalidad de la estructura, considerada como un cuerpo rígido.

Estado límite de rotura por deformación plástica excesiva: Fallo de la estructura producido por inestabilidad local o pérdida de estabilidad de una parte o de la totalidad de la misma.

Estado límite de rotura por fatiga: Es la rotura de la estructura producida por fisuración progresiva bajo cargas repetidas.

3.2.2 CUANTÍAS DE ARMADO MÍNIMA

A continuación, se relacionan las **cuantías de armadura geométrica mínima** de acuerdo con la tabla 42.3.5 de la EHE-08.



Cuantías geométricas mínimas, en tanto por 1.000, referidas
a la sección total de hormigón⁽⁶⁾

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		Aceros con $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$	Aceros con $f_y = 500 \text{ N/mm}^2$
Pilares		4,0	4,0
Losas ⁽¹⁾		2,0	1,8
Forjados unidireccionales	Nervios ⁽²⁾	4,0	3,0
	Armadura de reparto perpendicular a los nervios ⁽³⁾	1,4	1,1
	Armadura de reparto paralela a los nervios ⁽³⁾	0,7	0,6
Vigas ⁽⁴⁾		3,3	2,8
Muros ⁽⁵⁾	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

⁽¹⁾ Cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Para losas de cimentación y zapatas armadas, se adoptará la mitad de estos valores en cada dirección dispuestos en la cara inferior.

⁽²⁾ Cuantía mínima referida a una sección rectangular de ancho b_w y canto d del forjado de acuerdo con la Figura 42.3.5. Esta cuantía se aplica estrictamente en los nervios y no en las zonas macizadas. Todas las viguetas deben tener en la cabeza inferior, al menos, dos armaduras activas o pasivas longitudinales simétricas respecto al plano medio vertical.

⁽³⁾ Cuantía mínima referida al espesor de la capa de compresión hormigonada *in situ*.

⁽⁴⁾ Cuantía mínima correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.

⁽⁵⁾ La cuantía mínima vertical es la correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.

A partir de los 2,5 m de altura del fuste del muro y siempre que esta distancia no sea menor que la mitad de la altura del muro podrá reducirse la cuantía horizontal a un 2‰. En el caso en que se dispongan juntas verticales de contracción a distancias no superiores a 7,5 m, con la armadura horizontal interrumpida, las cuantías geométricas horizontales mínimas pueden reducirse al 2‰. La armadura mínima horizontal deberá repartirse en ambas caras. Para muros vistos por ambas caras debe disponerse el 50% en cada cara. En el caso de muros con espesores superiores a 50 cm, se considerará un área efectiva de espesor máximo 50 cm distribuidos en 25 cm a cada cara, ignorando la zona central que queda entre estas capas superficiales.

⁽⁶⁾ En el caso de elementos pretensados, la armadura activa podrá tenerse en cuenta en relación con el cumplimiento de las cuantías geométricas mínimas sólo en el caso de las armaduras pretensas que actúen antes de que se desarrolle cualquier tipo de deformación térmica o reológica.

Figura 1. Tabla 42.3.5 de la EHE-08

Para la obtención de las cuantías mecánicas mínimas seguirá, en función de las solicitaciones que actúen sobre el elemento estudiado, los valores indicados a continuación:



Respecto a las **cuantías mecánicas mínimas en elementos sometidos a compresión simple o compuesta** las armaduras principales en compresión A'_{s1} y A'_{s2} deberán cumplir las limitaciones siguientes:

$$A'_{s1} \cdot f_{yc,d} \geq 0,05 N_d, A'_{s1} \cdot f_{yc,d} \leq 0,5 \cdot f_{cd} \cdot A_c$$

$$A'_{s2} \cdot f_{yc,d} \geq 0,05 N_d, A'_{s2} \cdot f_{yc,d} \leq 0,5 \cdot f_{cd} \cdot A_c$$

donde:

$f_{yc,d}$ Resistencia de cálculo del acero a compresión $f_{yc,d} = f_{yd} > 400 \text{ N/mm}^2$.

N_d Esfuerzo actuante normal mayorado de compresión.

f_{cd} Resistencia de cálculo del hormigón en compresión.

A_c Área de la sección total de hormigón.

Para los **elementos sometidos a flexión simple o compuesta** se adopta la expresión simplificada para secciones rectangulares que proporciona el articulado:

$$A_{s,min} = 0.04 \cdot A_c \cdot f_{cd} / f_{yd}$$

Para los **elementos sometidos a tracción simple o compuesta** se debe satisfacer la condición:

$$A_p \cdot f_{pd} + A_s \cdot f_{yd} \geq P + A_c \cdot f_{ct,m}$$

3.2.3 VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS ACCIONES

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en la Instrucción sobre las acciones a considerar en los cálculos de estructuras de edificación, siguiéndose el Código Técnico de la Edificación- Acciones, así como para el caso particular de los depósitos las normas británicas de aplicación específica para los mismos BS-8007 y BS-8102.

Acciones permanentes.

Se refiere a los pesos de los elementos que constituyen la obra, y se supone que actúan en todo momento, siendo constante en magnitud y posición. Están formadas por el peso propio y la carga muerta.

Peso propio

La carga se deduce de la geometría teórica de la estructura, considerando para la densidad los siguientes valores:

Hormigón: 25 kN/m³

Acero: 78,5 kN/m³

Carga muerta

Son las debidas a los elementos no resistentes que gravitan sobre las estructuras proyectadas, y que en este caso son:

Relleno de tierras: Se considera para el mismo una densidad de 20 kN/m³.

Acciones permanentes de valor no constante.

Acciones reológicas:



Es la producida por las deformaciones que experimentan los materiales en el transcurso del tiempo por retracción, fluencia bajo las cargas u otras causas. El valor del coeficiente de fluencia y del coeficiente de retracción considerados en el cálculo se incluye en los listados de las características mecánicas.

Terreno:

Se consideran las acciones originadas por el terreno natural o de relleno sobre las estructuras en contacto con él, fundamentalmente en muros.

Empuje activo

El empuje activo es aquel que se genera en el trasdós de estructuras en contacto con tierras en puntos con movimiento suficiente como para liberar las tensiones del empuje al reposo.

En los cálculos de estabilidad de los elementos de contención se ha considerado un coeficiente de empuje activo de tierras de valor:

$$k_a = (1 - \sin \varphi') / (1 + \sin \varphi')$$

Siendo φ' el ángulo de rozamiento efectivo del terreno.

Empuje al reposo

Para la evaluación del empuje al reposo, en paramentos con escasa deformación, se supone una ley triangular actuando desde la coronación de la estructura. Se considera un coeficiente de empuje al reposo de valor:

$$k_o = (1 - \sin \varphi')$$

Los cálculos del empuje sobre elementos estructurales se realizan en condiciones de corto y largo plazo.

Empuje pasivo

Para la evaluación del empuje pasivo se supone una ley triangular actuando en el intradós de la estructura objeto de cálculo. El valor del coeficiente de empuje pasivo adoptado en el cálculo es:

$$k_p = (1 + \sin \varphi') / (1 - \sin \varphi')$$

Acciones variables

Se ha tenido en cuenta según el CTE una sobrecarga de uso para mantenimiento de 0.4 kN/m^2

Sobrecargas de uso, viento y nieve en edificios: Se describen en los apartados correspondientes al cálculo de los elementos donde intervienen. Sus valores se han obtenido del CTE-Acciones.

Acciones térmicas: Variación uniforme de temperatura. Se consideran los siguientes coeficientes de dilatación:

Hormigón y acero: $\alpha_H = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Acciones Sísmicas: Según la Norma de Construcción Sismorresistente 2002, puede clasificarse la obra de "importancia moderada", además que, según el mapa de Peligrosidad sísmica, la aceleración básica es 0.06 en el lugar de ubicación de la obra. Por tanto, en base a los criterios de la citada norma su aplicación no es de obligado cumplimiento. Además, la tipología estructural prevista no es susceptible de un comportamiento inadecuado frente a la acción sísmica.



3.2.4 VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en el artículo 11, capítulo III de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Definiremos las acciones por su valor representativo, que es aquel que se utiliza para la comprobación de un determinado estado límite, por lo que una misma acción podrá tener uno o varios valores representativos.

El valor representativo se obtiene afectando al valor característico de un coeficiente indicado en las respectivas normas de acciones vigentes.

A) Acciones permanentes (g)

Para las acciones permanentes se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico G_k , excepto en el caso de la acción correspondiente a las cargas muertas, para las que se considerarán dos valores representativos con $G_{k,sup}$ y $G_{k,inf}$.

B) Acciones permanentes de valor no constante (g^*)

Reológicas: se considerará, para las acciones de origen reológico, un único valor representativo, coincidente con el valor característico $R_{k,t}$, correspondiente al instante "t" en el que se realiza la comprobación.

Asientos del terreno de cimentación: el valor representativo de esta acción se considerará nulo de acuerdo con lo expuesto anteriormente.

Acciones del terreno: para el peso del terreno, que gravita sobre elementos de la estructura, se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico. Para el empuje del terreno, se considerará el valor representativo de acuerdo con lo expuesto en puntos anteriores.

C) Acciones variables (q)

Cada una de las acciones variables puede considerarse con los siguientes valores representativos:

Valor característico Q_k : valor de la acción cuando actúa aisladamente.

Valor de combinación $\psi_0 Q_k$: valor de la acción cuando actúa en compañía de alguna otra acción variable.

Valor frecuente $\psi_1 Q_k$: valor de la acción que es sobrepasado durante un período de corta duración respecto a la vida útil de la obra.

Valor cuasipermanente $\psi_2 Q_k$: valor de la acción que es sobrepasado durante una gran parte de la vida útil de la obra.

Los valores de los coeficientes ψ para las edificaciones son los siguientes:

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0.7	0.5	0.3

D) Acciones accidentales (a)

Para las acciones accidentales se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico A_k .



3.2.5 VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES.

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en el artículo 12, capítulo III de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Los valores de cálculo de las diferentes acciones son los obtenidos aplicando el correspondiente coeficiente parcial de seguridad γ a los valores representativos de las acciones, definidos en el apartado anterior.

Estados límites últimos (E.L.U.)

Para el cálculo de la combinación de acciones en estado límite último se han utilizado los coeficientes de ponderación correspondientes a un nivel de control NORMAL de las obras, lo que supone la adopción de los siguientes coeficientes:

HORMIGÓN		Situación permanente o transitoria	
TIPO DE ACCIÓN		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Acciones permanentes		$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$
Acciones permanentes de valor no constante	Reológicas	$\gamma_G^* = 1,00$	$\gamma_G^* = 1,50$
	Acciones del terreno	$\gamma_G^* = 1,00$	$\gamma_G^* = 1,50$
Acciones variables		$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$

Estados límites de servicio (E.L.S)

Para los coeficientes parciales de seguridad γ se tomarán los siguientes valores:

HORMIGÓN		Situaciones permanente o transitoria	
TIPO DE ACCION		Efecto favorable	Efecto desfavorable



Acciones permanentes		$\gamma G = 1,0$	$\gamma G = 1,00$
Acciones permanentes	Reológica	$\gamma G^* = 1,0$	$\gamma G^* = 1,0$
De valor no constante	Terreno	$\gamma G^* = 1,0$	$\gamma G^* = 1,0$
Acciones variables		$\gamma Q = 0$	$\gamma Q = 1,0$

3.2.6 COMBINACIÓN DE ACCIONES

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en el artículo 13, capítulo III de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Las hipótesis de carga a considerar se formarán combinando los valores de cálculo de las acciones cuya actuación pueda ser simultánea, según los criterios generales que se indican a continuación.

Estados límites últimos

Situaciones permanente o transitoria

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones, se realizará de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

donde:

$G_{k,j}$ valor representativo de cada acción permanente

$G^*_{k,j}$ valor representativo de cada acción permanente de valor no constante

$Q_{k,1}$ valor representativo (valor característico) de la acción variable dominante

$\Psi_{0,i} Q_{k,i}$ valores representativos (valores de combinación) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante

Con esta hipótesis de combinación dimensionaremos la armadura de flexión y de cortante de las estructuras contenidas en el proyecto.

Situaciones accidentales

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_{Q,1} \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i} + A_k$$

donde:

$G_{k,j}, G^*_{k,j}$ valores representativos de la carga permanente.

$\Psi_{1,1} Q_{k,1}$ valor representativo (valor frecuente) de la acción variable dominante

$\Psi_{2,i} Q_{k,i}$ valores representativos (valores casi - permanentes) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante y la acción accidental



A_k , valor representativo (valor característico) de la acción accidental.

Estados límites de servicio

Para estos estados se considera la combinación poco probable, la combinación frecuente y la combinación cuasi permanente.

Estas combinaciones de las distintas acciones se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

Combinación característica (poco probable o rara):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Combinación frecuente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinación cuasi permanente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Esta combinación es la que se utiliza para el cálculo del estado límite de fisuración y de flechas, con unos coeficientes ψ que se han definido anteriormente.

3.2.7 DURABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS.

Las estructuras proyectadas deben ser construidas y utilizadas de forma que mantengan sus condiciones de seguridad, funcionalidad y aspecto, ajustándose a los costes de conservación y explotación previstos.

Para cumplir los requisitos que aseguran un adecuado funcionamiento de la estructura a lo largo de su vida útil se han seguido las prescripciones contenidas en la Instrucción EHE-08. Y la EAE.

En la siguiente tabla se indican las características exigidas al hormigón:

CARACTERÍSTICAS	CRITERIOS DE DISEÑO
Ambiente	Clase de exposición IIa tomada de la tabla 8.2.2 de la EHE.
Resistencia mínima del hormigón	La mínima resistencia exigible por requisitos de durabilidad es de 25Mpa tomada de la tabla 37.3.2.b de la EHE.
Relación Agua-Cemento	La máxima relación agua cemento es de 0,60 para garantizar el adecuado comportamiento en lo referente a durabilidad, tomada de la tabla 37.3.2.a de la EHE.
Mínimo Contenido de Cemento	El mínimo contenido de cemento compatible con la resistencia mínima exigida es de 275 kg/m ³ , tomado de la tabla 37.3.2.a de la EHE.
Recubrimiento nominal (geométrico mínimo)	De acuerdo con la tabla 37.2.4, 70mm de recubrimiento geométrico mínimo, ya que se hormigona contra el terreno.



Valor Máximo de Abertura de Fisura	0'3 mm de acuerdo con la tabla 49.2.4.
Otros	Vibrar el hormigón en losas. Aplicar productos desencoformantes adecuados para evitar el desconchado superficial durante el desencofrado.

3.2.8 DESIGNACIÓN Y CARACTERÍSTICA DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

HORMIGÓN ARMADO EN ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN.

Zapatas:HA-25 / P / 20 / IIa

Nivel de control.....Normal

Resistencia característica f_{ck}25MPa

Resistencia característica f_{ctm}2.9MPa

Coefficiente de minoración γ_c (Persistentes o transitorias)1.50

Resistencia de cálculo f_{cd} : 20.00MPa

Módulo de Elasticidad E_c :27244 MPa

Coefficiente de Poisson (ν):0.20

HORMIGÓN ARMADO EN EDIFICIO.

Losas:HA-25 / P / 20 / IIa

Nivel de control.....Normal

Resistencia característica f_{ck}25MPa

Resistencia característica f_{ctm}2.9MPa

Coefficiente de minoración γ_c (Persistentes o transitorias)1.50

Resistencia de cálculo f_{cd} : 20.00MPa

Módulo de Elasticidad E_c :27244 MPa

Coefficiente de Poisson (ν):0.20

ARMADURAS PASIVAS.

Tipo: B - 500 S

Nivel de control.....Normal



Resistencia característica f_{yk} :500 MPa

Coefficiente de minoración γ_s (Persistentes o transitorias):.....1.15

Resistencia de cálculo f_{yd} : 443.5 MPa

Módulo de Elasticidad E_s :210 000 MPa

ACERO EN LA ESTRUCTURA:

Tipoacero laminado

Designacións275

Modulo de elasticidad.....210000 MPa

Coefficiente de Poisson (ν):.....0.3

G81000 MPa

F_y275 MPa

α_10.000012 m/m°C

γ77.01 KN/m³

ACERO de las correas:

Tipoacero conformado

Designacións235

Modulo de elasticidad.....210000 MPa

Coefficiente de Poisson (ν):.....0.3

G81000 MPa

F_y235 MPa

α_10.000012 m/m°C

γ77.01 KN/m³

TERRENO DE APOYO



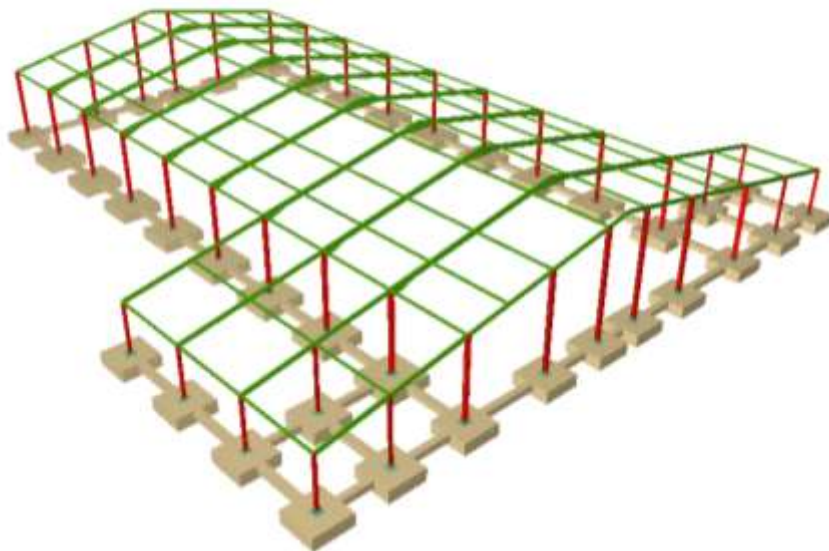
Tipo..... arcilla arenosa

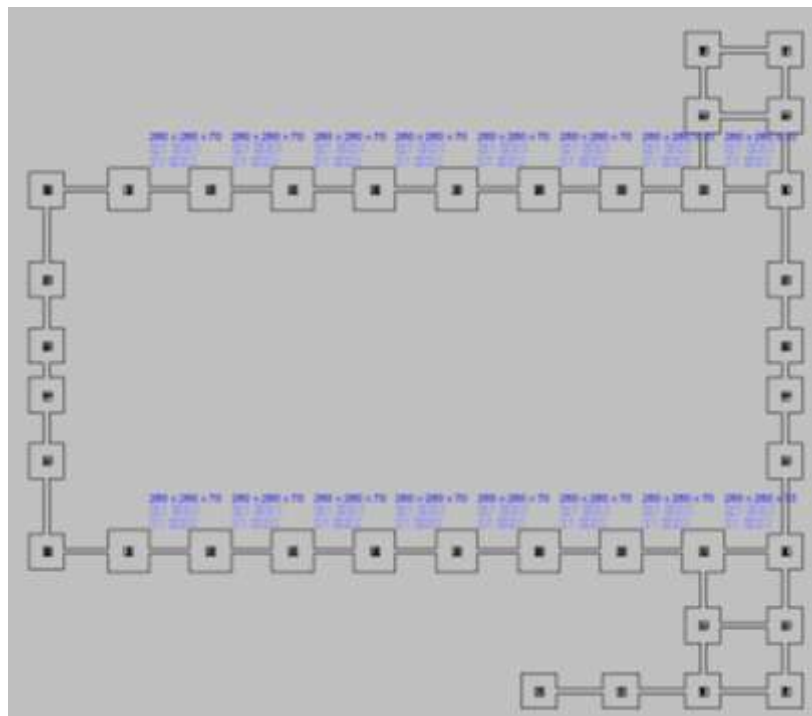
Tensión admisible: 120 kPa

Módulo de balasto: $K_{30 \times 30} = 15.000 \text{ kN/m}^3$.

4 Nave principal

La nave principal consta de 10 pórticos, ocho intermedios y dos hastiales. En un extremo tiene, además, un añadido que serán los vestuarios y el bar. La nave está modelizada en CYPE y se han utilizado perfiles IPE para las vigas de la cubierta y HEB para los pilares. Se ha cimentado mediante zapatas aisladas con vigas de atado. El alma de los perfiles se ha dispuesto en el plano más desfavorable para maximizar el aprovechamiento de los perfiles. Se han dispuesto perfiles HEB entre pórticos para minimizar el pandeo lateral de las vigas y reducir su canto.

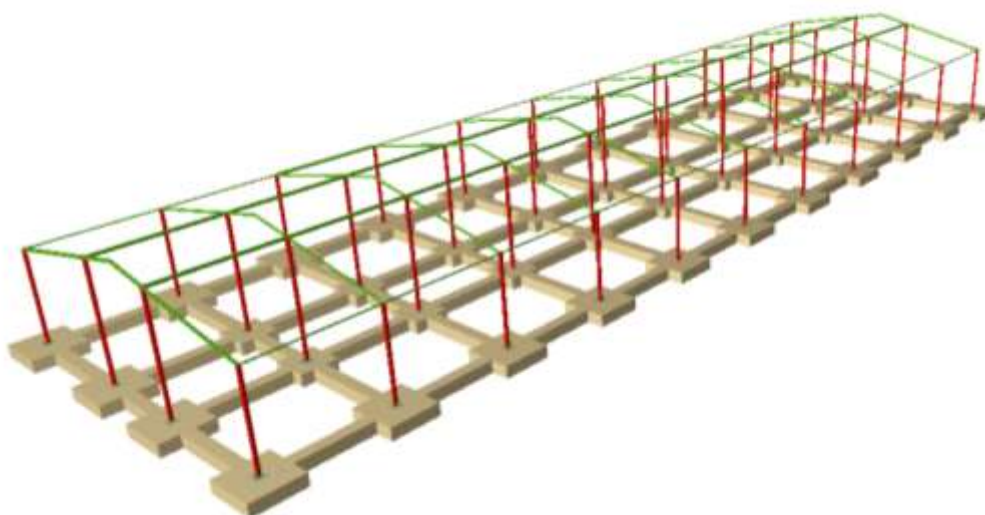




En el anexo “A.8.1. Listados de Cálculo Nave Principal” se muestran los listados de definición del modelo y de resultados obtenidos.

5 Nave de boxes

Para la nave de boxes se han utilizado perfiles de sección cuadrada y rectangular huecos. El motivo es para poder anclar los paneles que formaran el cerramiento tanto exterior como divisor de cuadras.

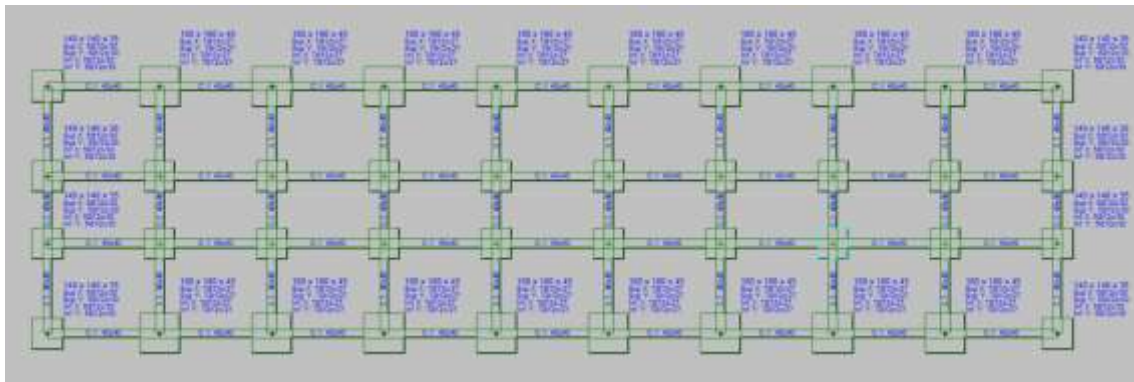


La cimentación se ha realizado con zapatas aisladas y vigas, pero dada la gran cantidad de zapatas y vigas se contempla la opción de realizar la cimentación mediante losa.

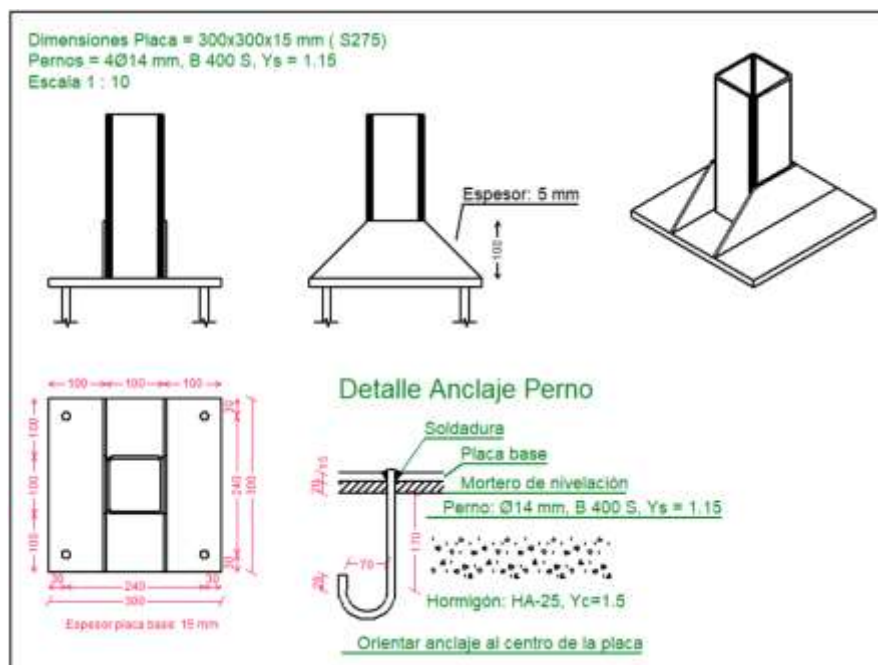


A continuació, se mostra la comparació de los resultats obtinguts si se projecta una cimentació superficial arriostrada, frente a una solució mediante losa. La finalitat de esta comparació es el estudi de la ventaja económica que puede suponer confundir el papel de pavimento de las naves con el de cimentación.

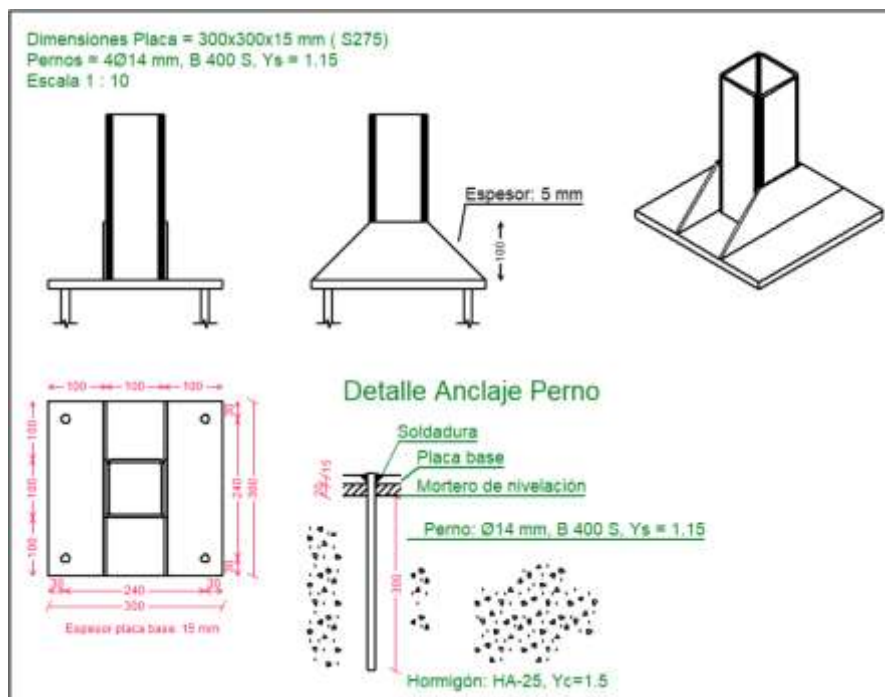
En las siguientes imágenes se muestran las soluciones obtenidas para cada una de las naves, tanto para la cimentación a base de zapatas aisladas como para la solución mediante cimentación.



Las placas de anclaje propuestas por el programa se muestran en la siguiente imagen:

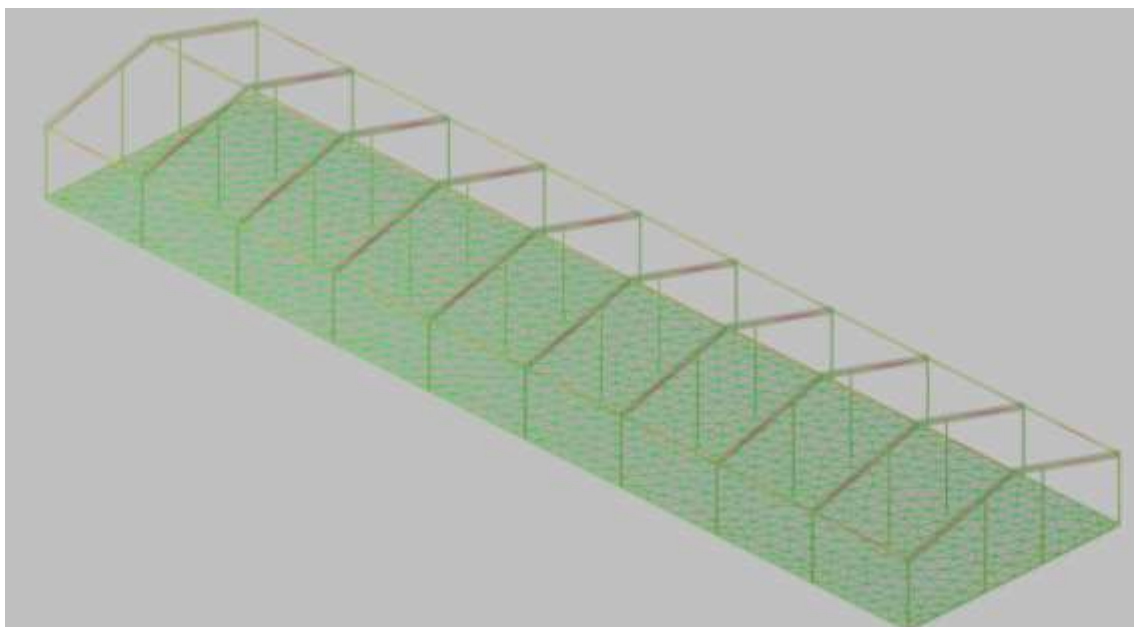


Se estudia la reducción que es posible empleando terminaciones normalizadas para los anclajes (en gancho o patilla), obteniendo el siguiente resultado:



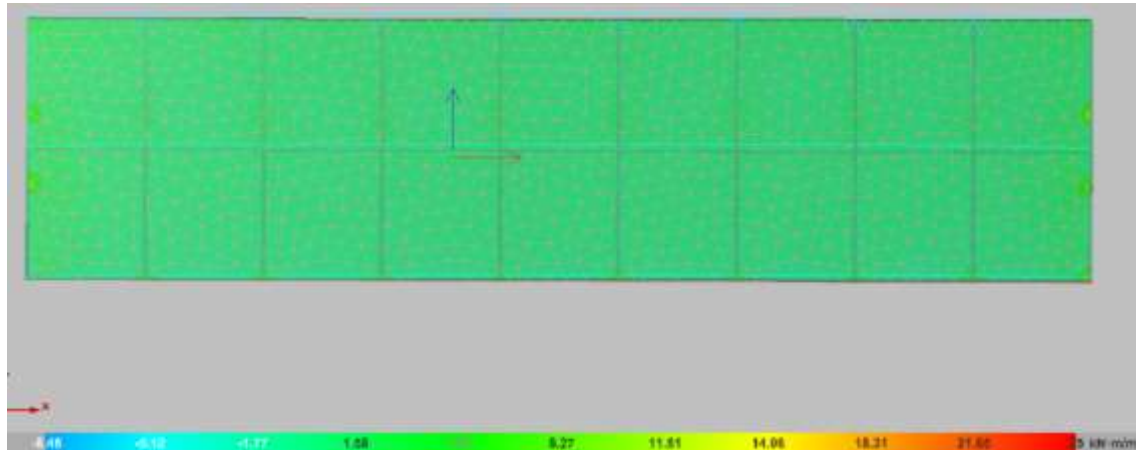
En el anexo “A.8.2. Listados de Cálculo Nave Boxes” se muestran los listados de definición del modelo y de resultados obtenidos.

Con la finalidad de estudiar el comportamiento de la losa se ha realizado un modelo con elementos tipo lámina de CYPE, que nos permitirá estudiar la interacción entre la estructura y la cimentación.

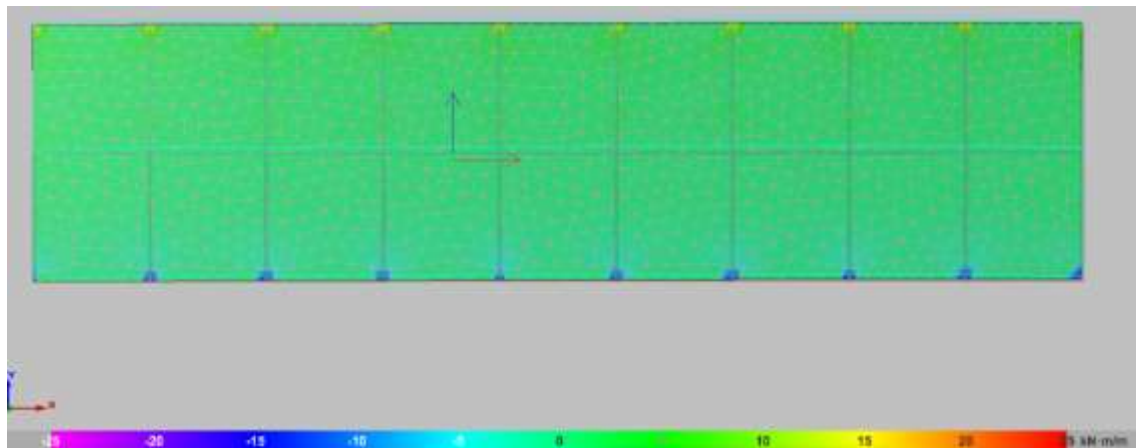




En las siguientes imágenes se muestran los momentos flectores obtenidos en cada dirección (X e Y), realizando una aproximación a las cuantías necesarias en cada dirección a partir de las mismas.



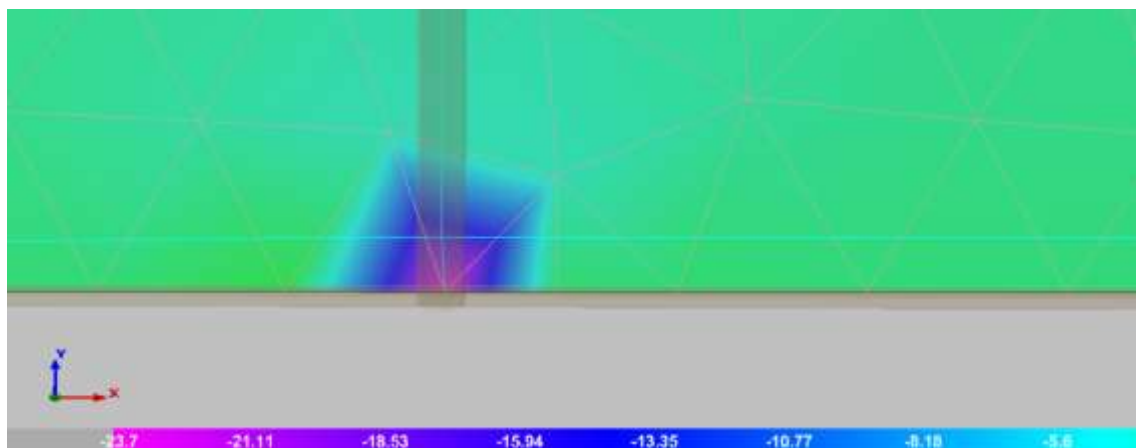
Esfuerzos flectores en X



Esfuerzos de flexión en Y

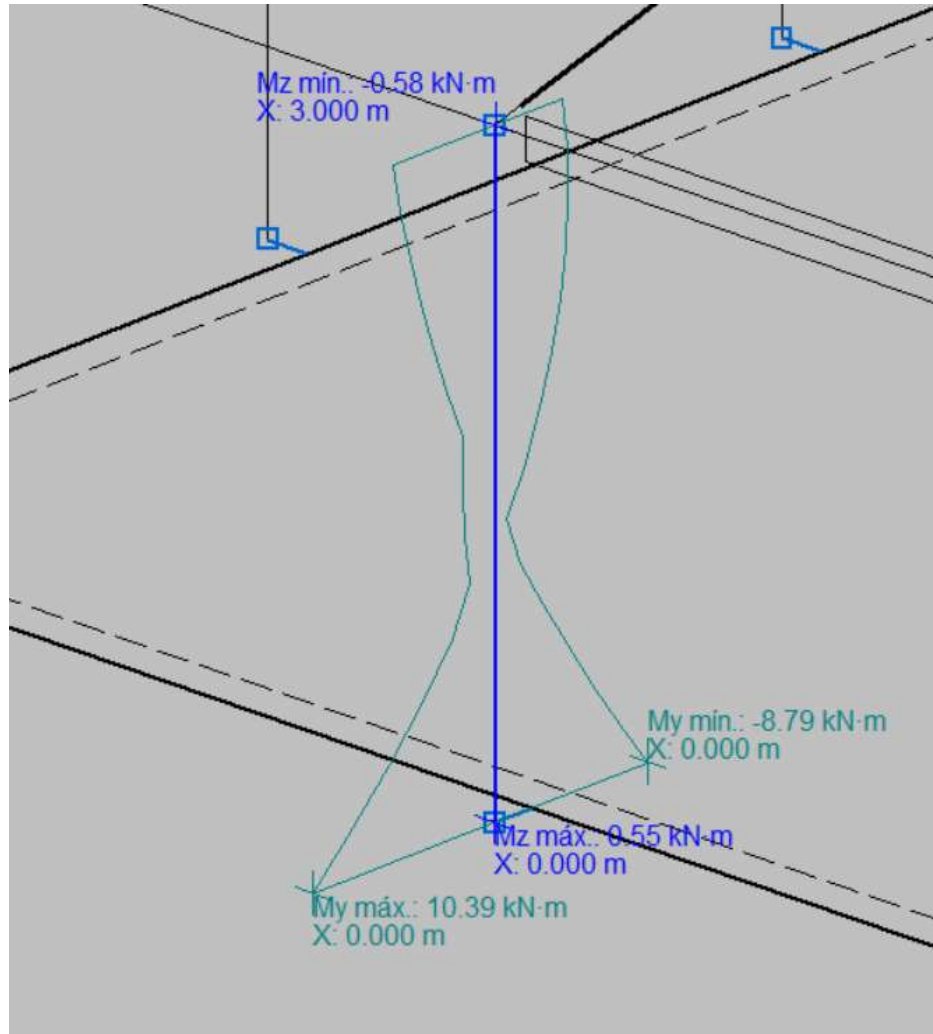
Como puede observarse y, como era previsible dadas las dimensiones de la construcción, los esfuerzos son muy bajos excepto en el entorno del anclaje de los pilares.

En la siguiente imagen se muestra este entorno:





El momento flector máximo obtenido es del orden de 25 kN·m/m en la dirección transversal (en la zona de máxima concentración. Debe tenerse presente que el momento que transmite el pilar es del orden de 11 kNm.



Resultaría conveniente implementar un refuerzo acorde a los esfuerzos realmente transmitidos por la estructura.

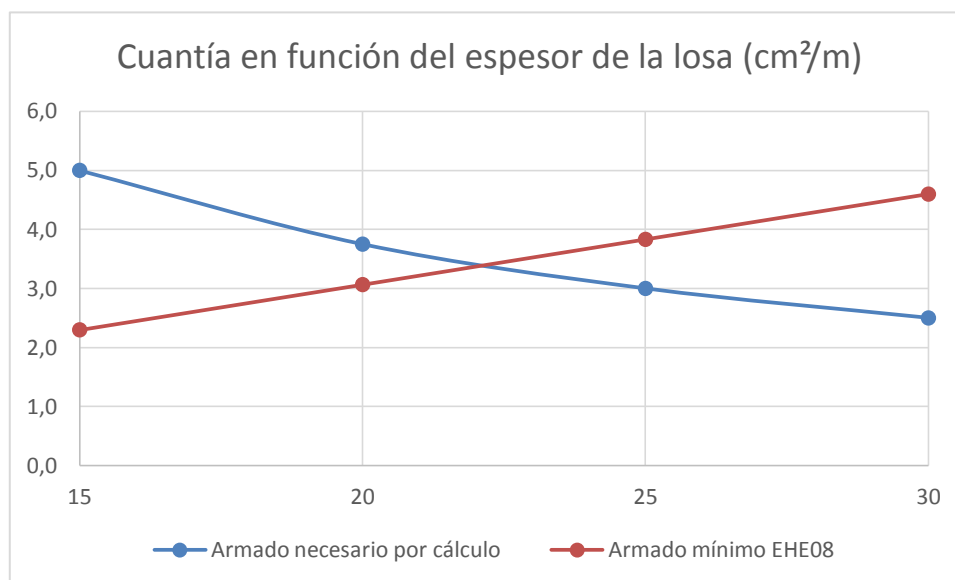
Para evaluar el orden de magnitud del armado requerido por la losa, en la siguiente tabla se muestra la comparativa en función del espesor de la misma (aproximación sencilla obteniendo A_s como $M_d/(0.8 \cdot h \cdot f_{yd})$).

			DIMENSIONAMIENTO		CUANTÍAS MÍNIMAS	
ESPESO R	MOMENT X max	MOMENTO Y max	CUANTÍA X max	CUANTÍA Y max	GEOMÉTRIC A	MECÁNIC A
cm	mkN/m	mkN/m	cm ² /m	cm ² /m	cm ² /m	cm ² /m
15	25	10	5.0	2.0	1.35	2.30



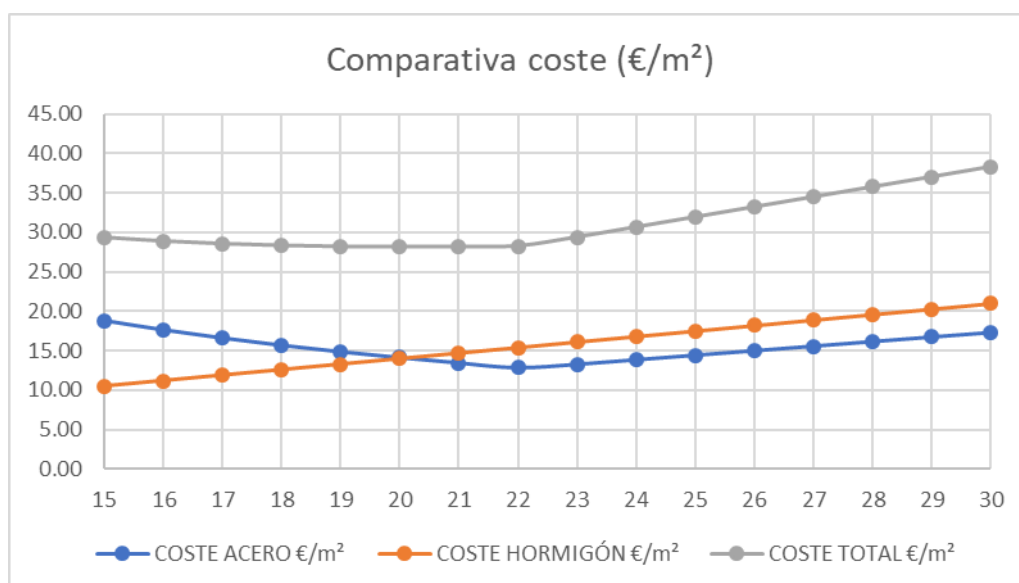
20	25	10	3.8	1.5	1.8	3.07
25	25	10	3.0	1.2	2.25	3.83
30	25	10	2.5	1.0	2.7	4.60

En la siguiente gráfica se muestran las relaciones entre el espesor y los armados necesarios por dimensionamiento y por cumplimiento de las armaduras geométricas y mecánicas mínimas.



De donde se obtiene que el espesor de hormigón para el que la cuantía de armado es mínima será de aproximadamente 23 cm (y cuantía de valor $3.5 \text{ cm}^2/\text{m}$ aproximadamente, cosa que supone el empleo de un mallazo doble de con 7 $\phi 8$ por metro).

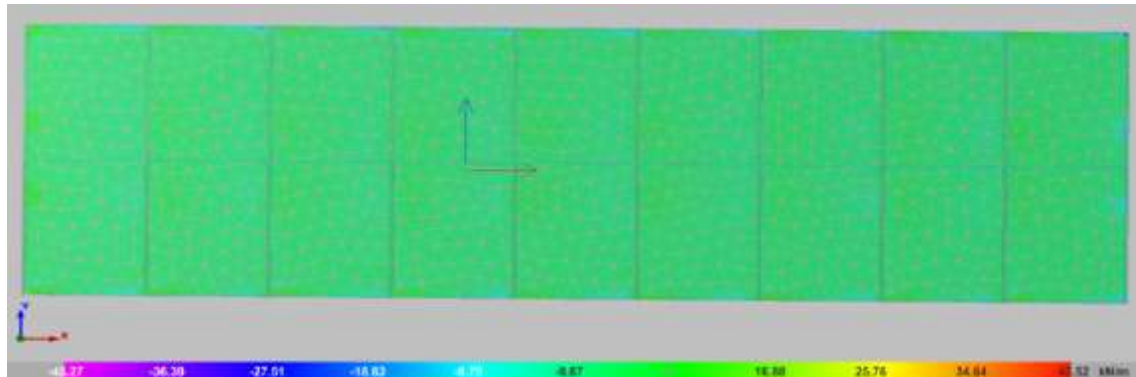
Si se admite un coste para el acero de 1.2 €/kg y de 70 €/m³ para el hormigón, la relación entre el coste y el espesor de la losa se puede observar en la siguiente gráfica:





La opción óptima es aquella que tiene un canto del orden de 20-22 cm, que sea ejecutable por condicionantes constructivos. En este caso para albergar los anclajes es conveniente disponer del mayor espacio posible, por lo que se emplea un espesor de 22 cm.

Con respecto a los esfuerzos cortantes en la siguiente imagen se muestran los valores obtenidos.



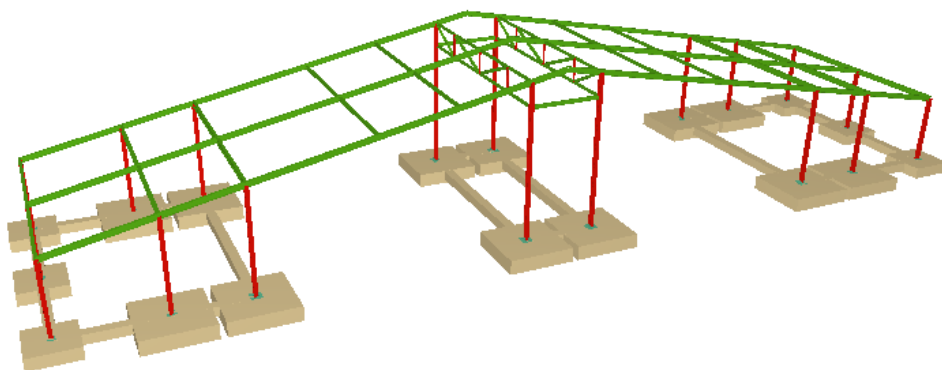
Que quedan por debajo de los 140 kN/m para los que una losa de 22 cm de espesor requiere refuerzo frente a esfuerzo cortante.

Finalmente cabe indicar que para una solera de 150 mm de espesor el coste de los materiales estaría en aproximadamente 20 €/m². A ese coste se debe sumar el coste de la cimentación si la misma se ejecuta independientemente, que es de acuerdo con los cálculos presentados en el anexo de entre 15-18 €/m², sin contabilizar el movimiento de tierras.

Por lo tanto el empleo de la solución que unifica la función de cimentación y solera supondría un ahorro en materiales del orden del 25 %.

6 NAVE INTERMEDIA:

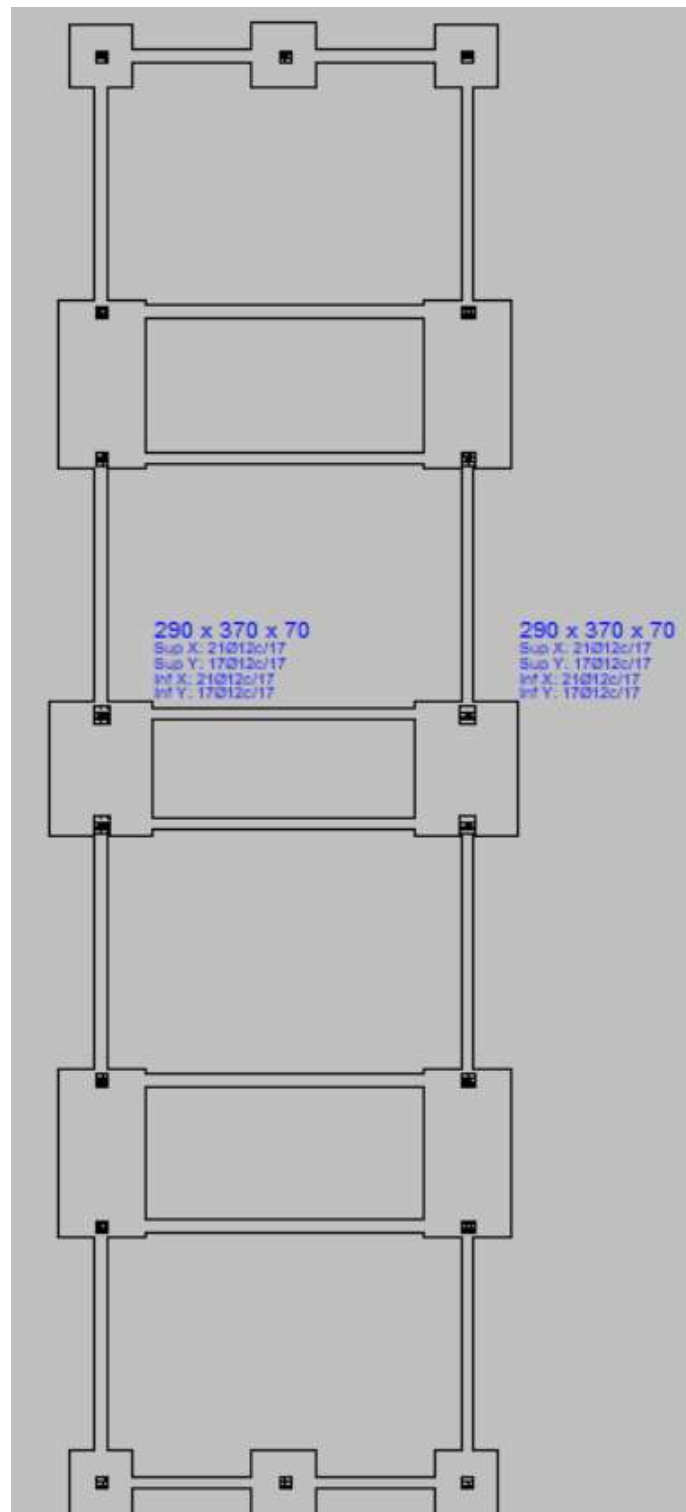
La nave intermedia se ha modelizado con CYPE mediante vigas metálicas y zapatas como cimentación. Las vigas son perfiles IPE y los pilares y las traviesas para reducir el pandeo son perfiles HEB. Entre los pilares centrales se ha dispuesto una viga en celosía ya que el pórtico central tiene mucha luz sin apoyos y requeriría de una viga de gran canto entre los pórticos hastiales, cuya distancia es de 9 metros.

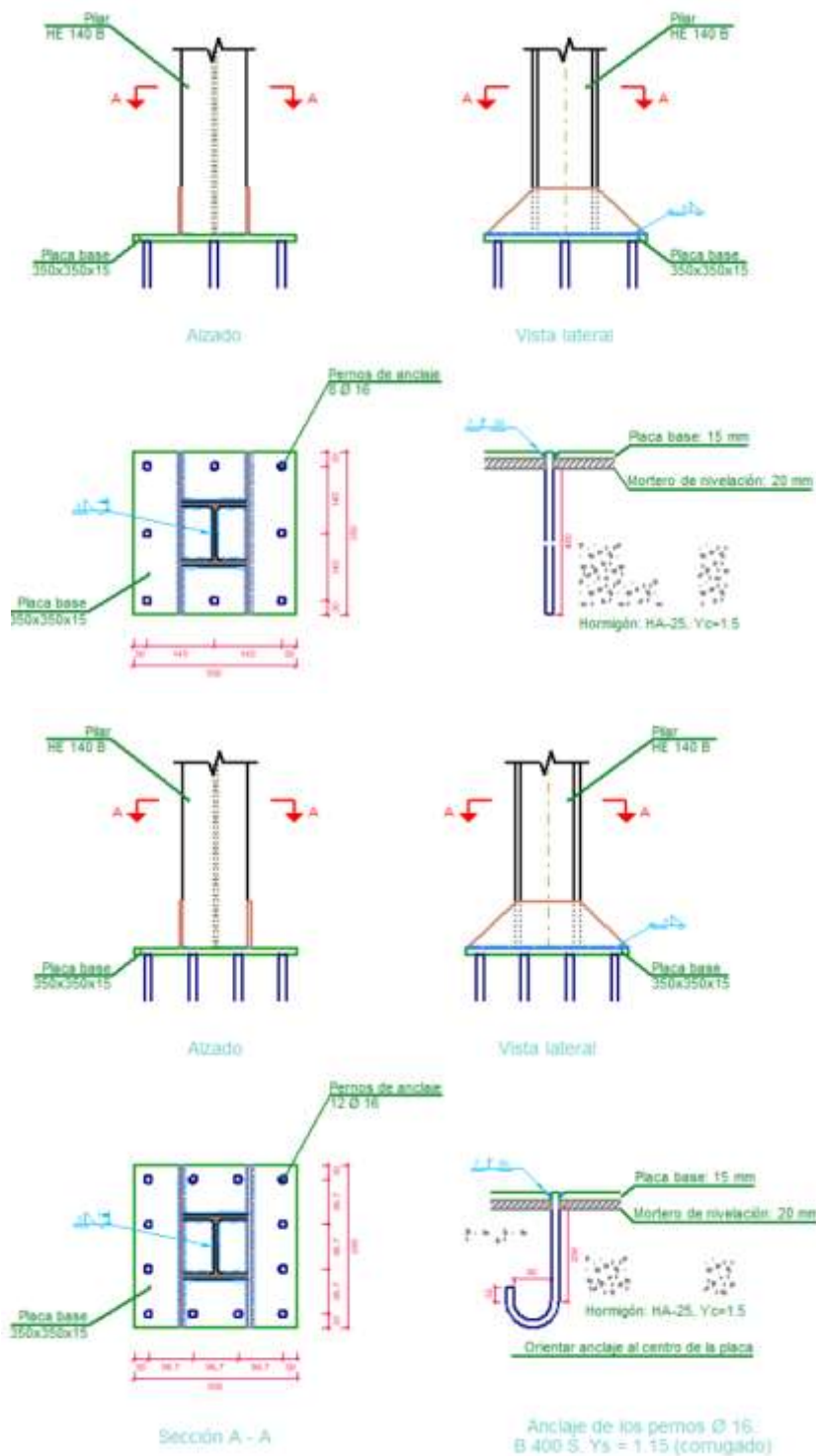




En esta nave se valora la posibilidad de una cimentación mediante losa ya que se va a realizar una solera de hormigón.

Se muestran las imágenes según el razonamiento realizado para la nave de boxes.

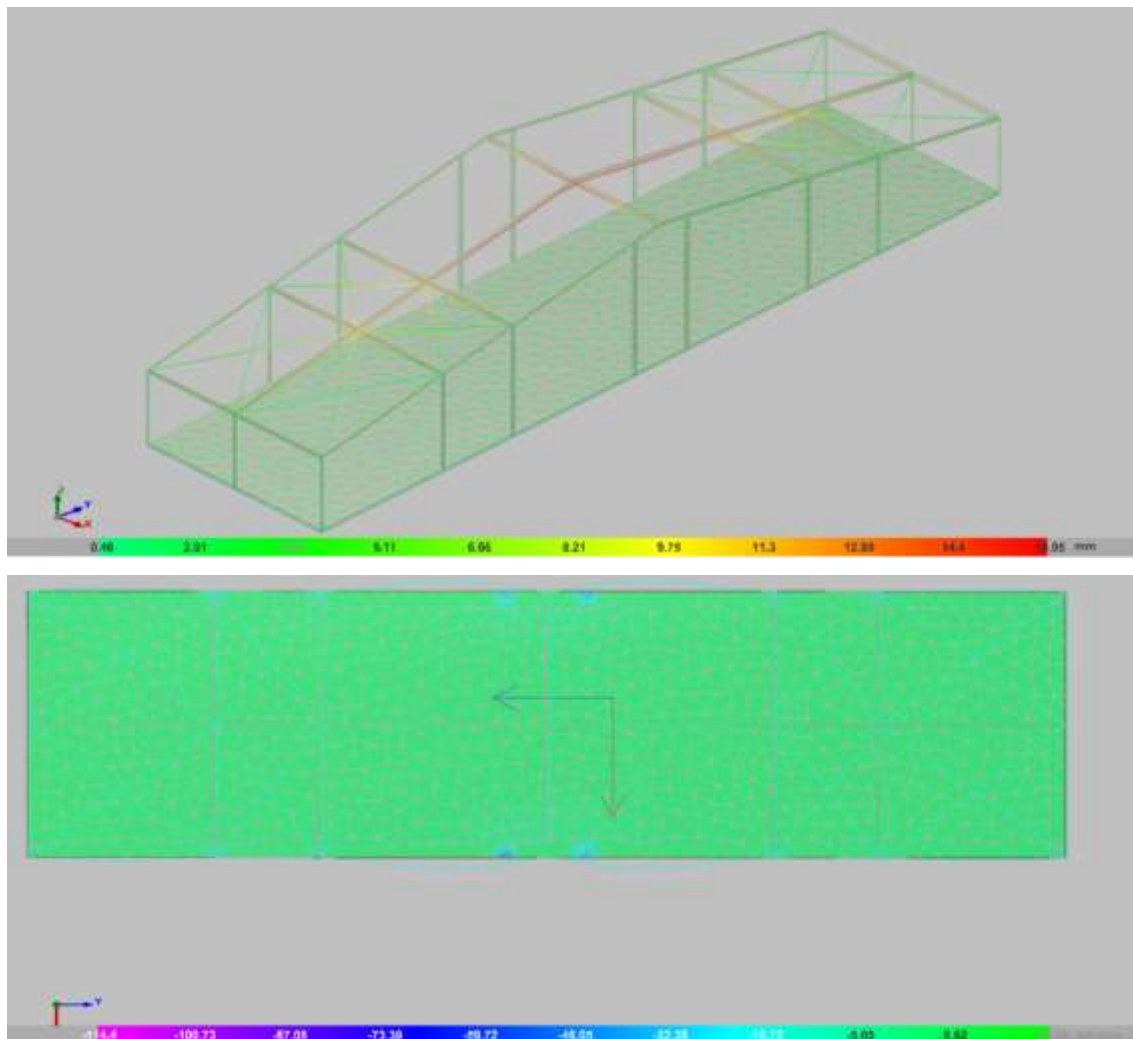




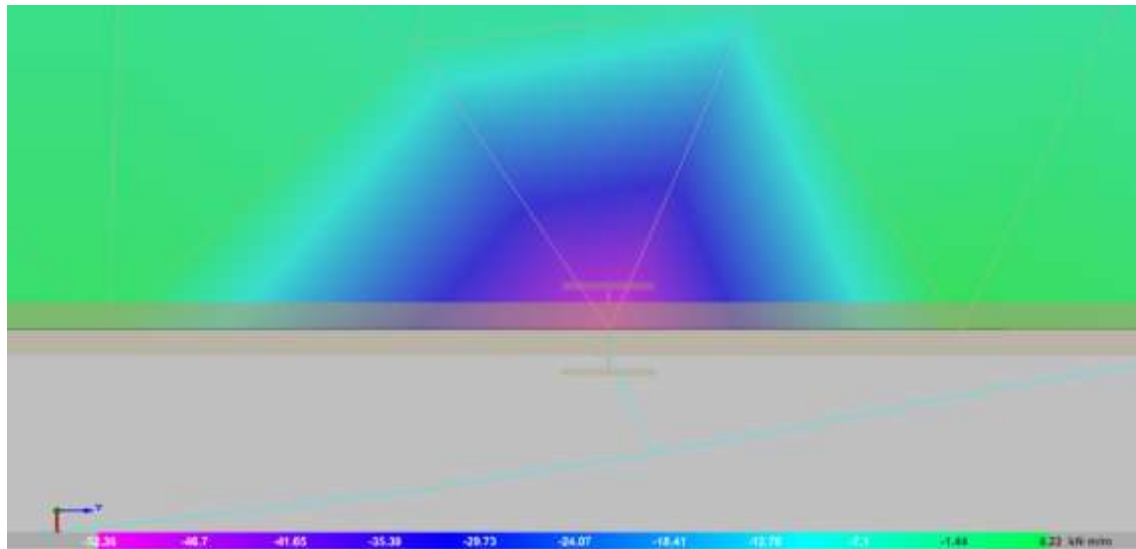
En el anexo “A.8.3. Listados de Cálculo Nave Intermedia” se muestran los listados de definición del modelo y de resultados obtenidos.



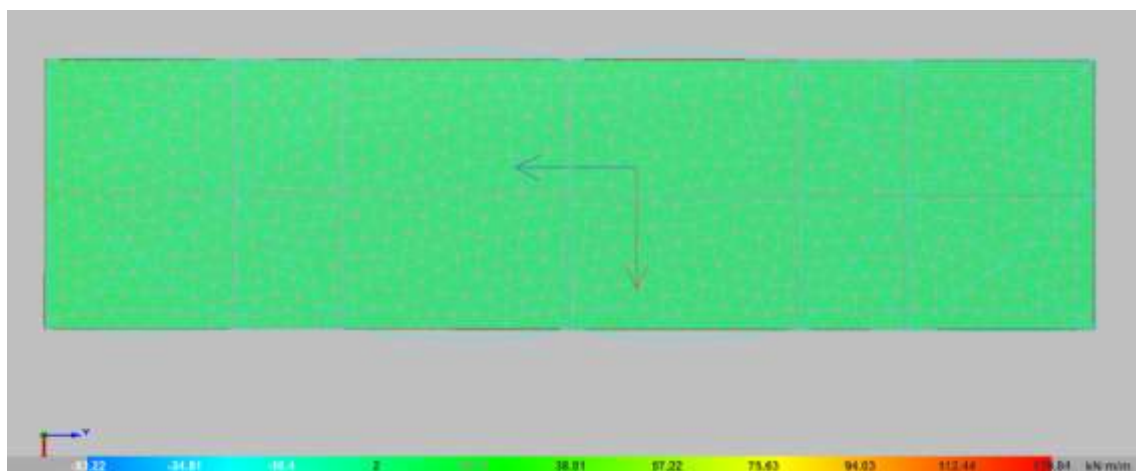
Además se ha realizado el estudio de cimentación en losa análogo al desarrollado en la nave de boxes.



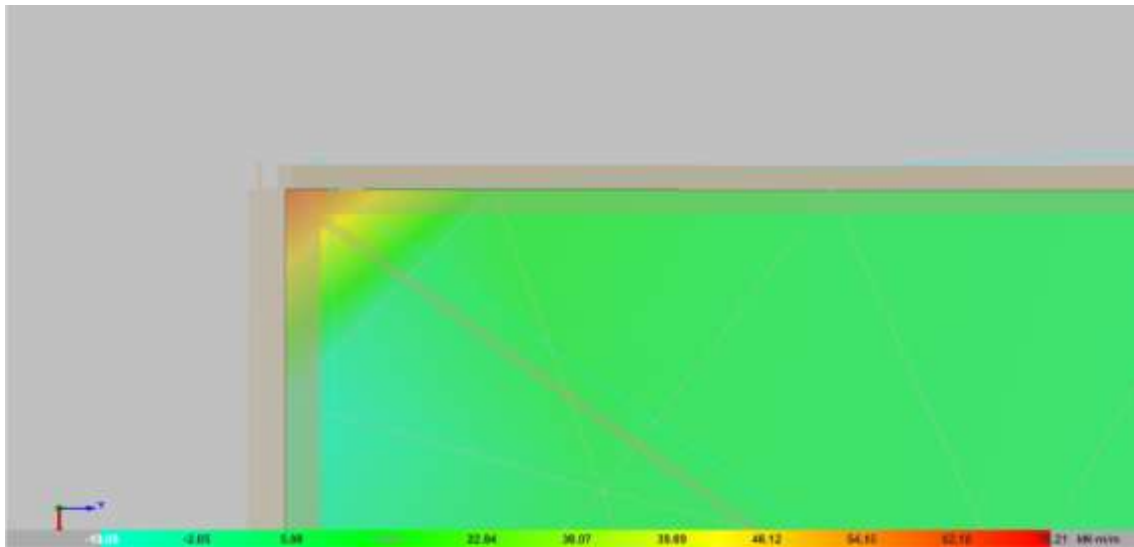
flector x



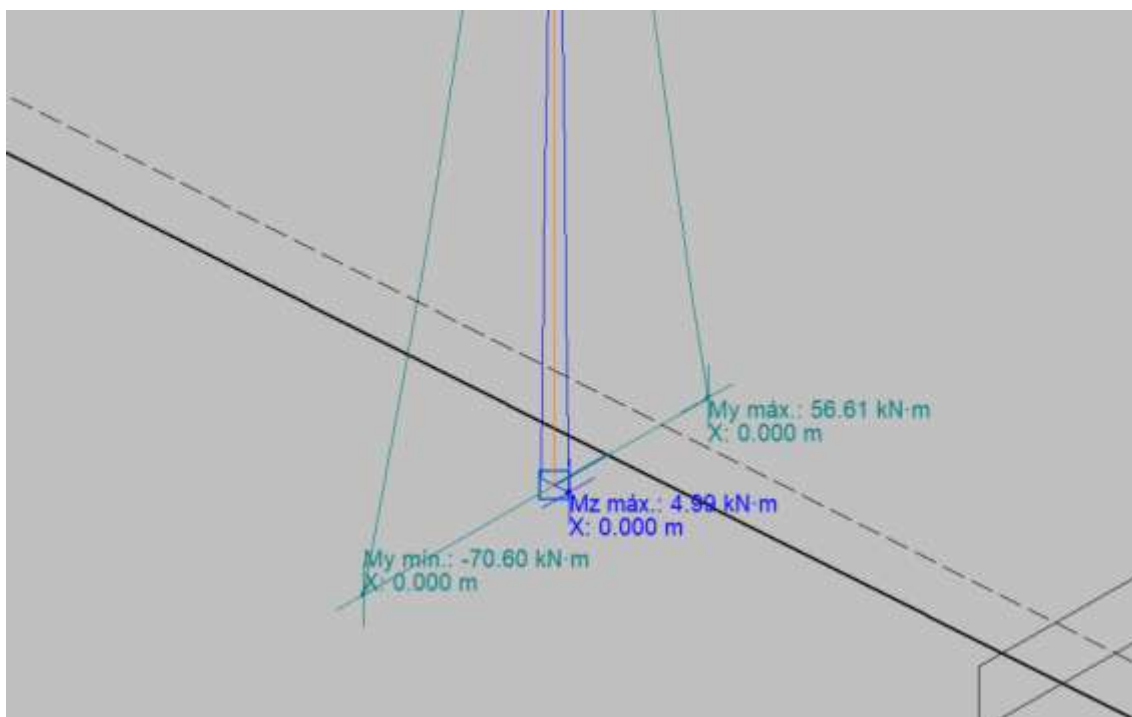
detalle zona de anclaje



flector en y



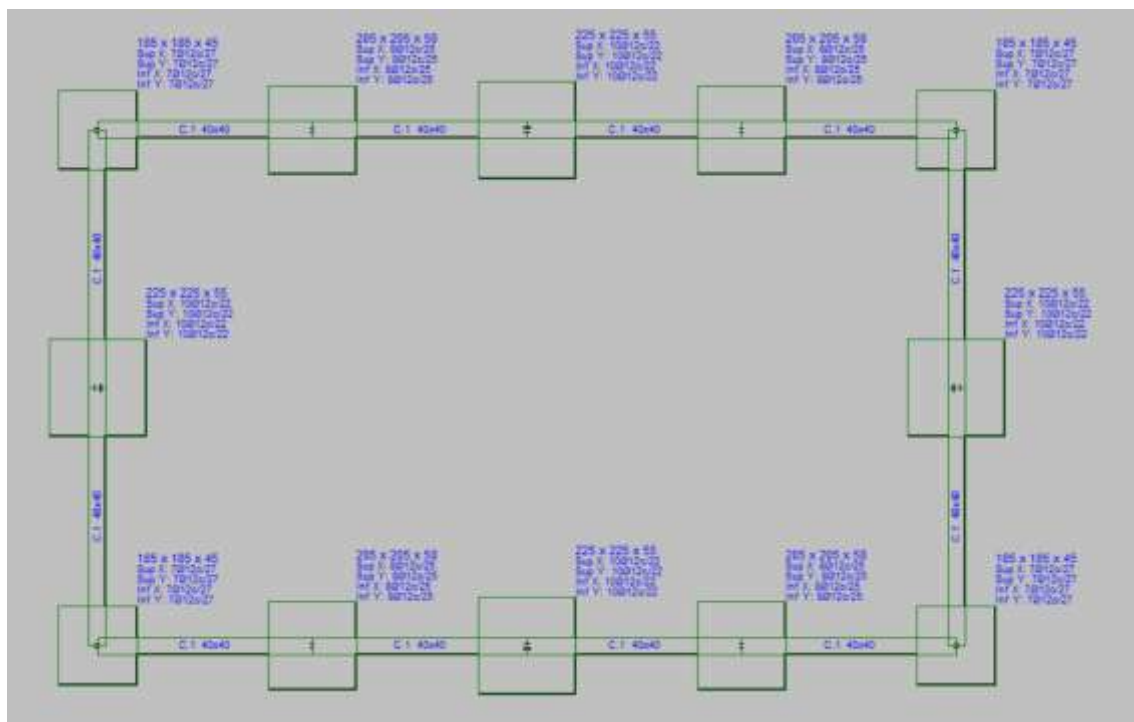
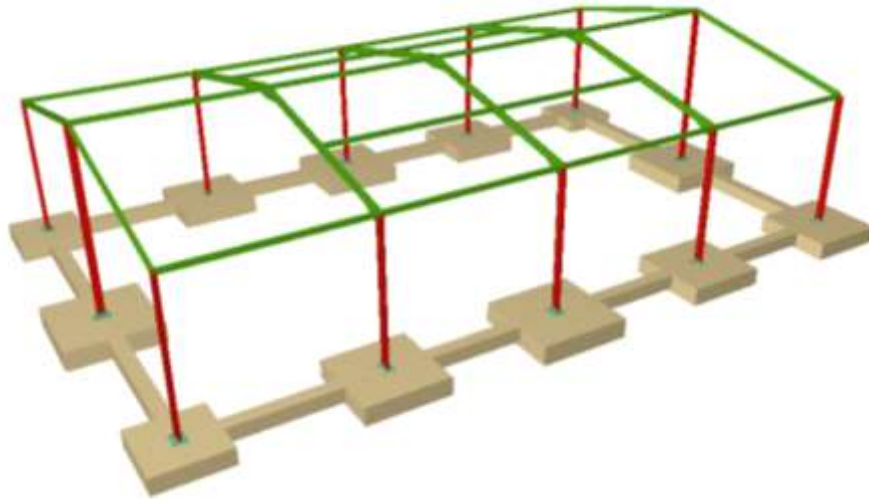
Detalle zona de anclaje esquina



Esfuerzos en base pilares centrales



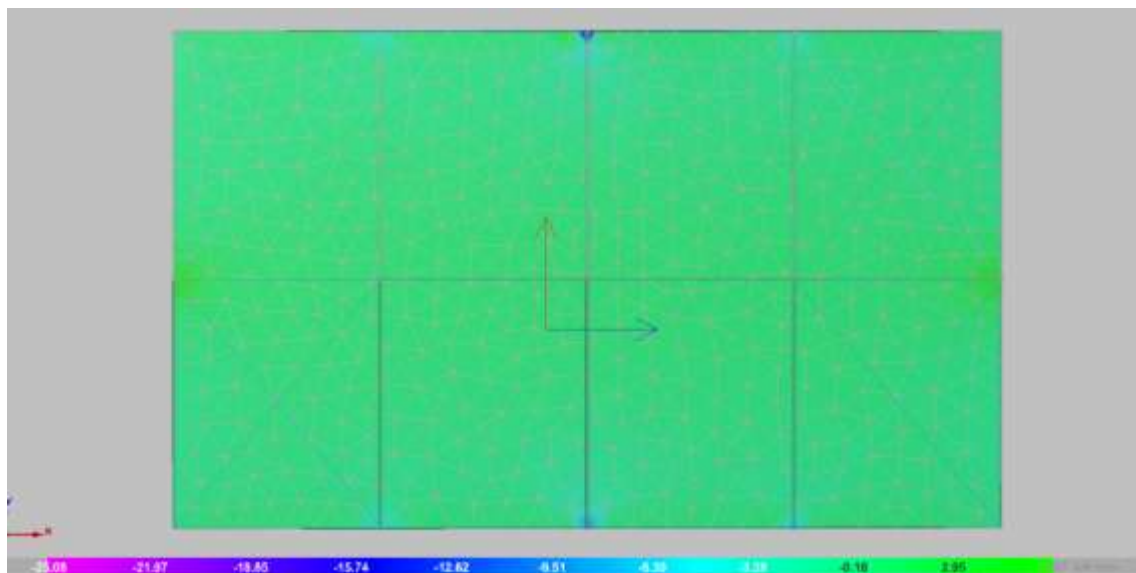
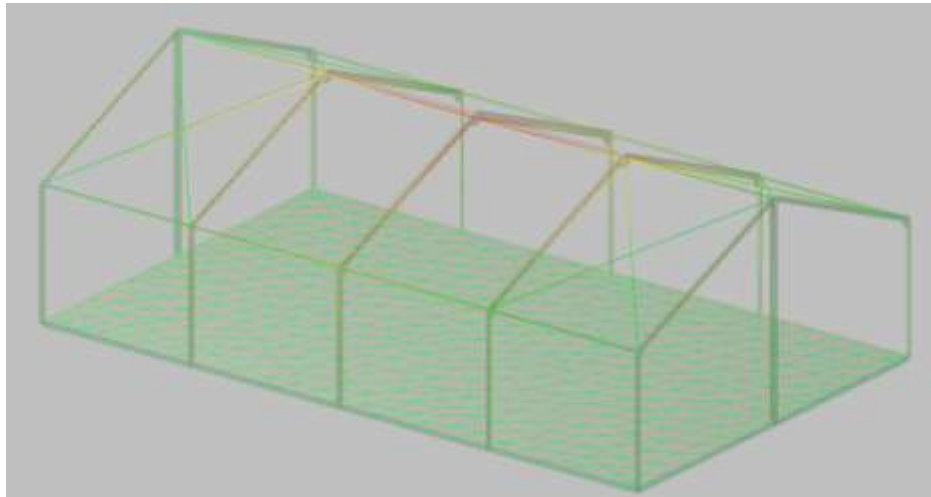
La nave que albergara el almacén tiene una estructura en 5 pórticos formados por perfiles IPE para las vigas y pilares. Esto se debe a su limitación a pandeo debida al arriostramiento por los muros en el eje débil del perfil, si hubiéramos dispuesto HEB aumentaríamos el peso de acero y disminuiríamos el canto de perfil por lo que no podríamos embeber los muros en el.



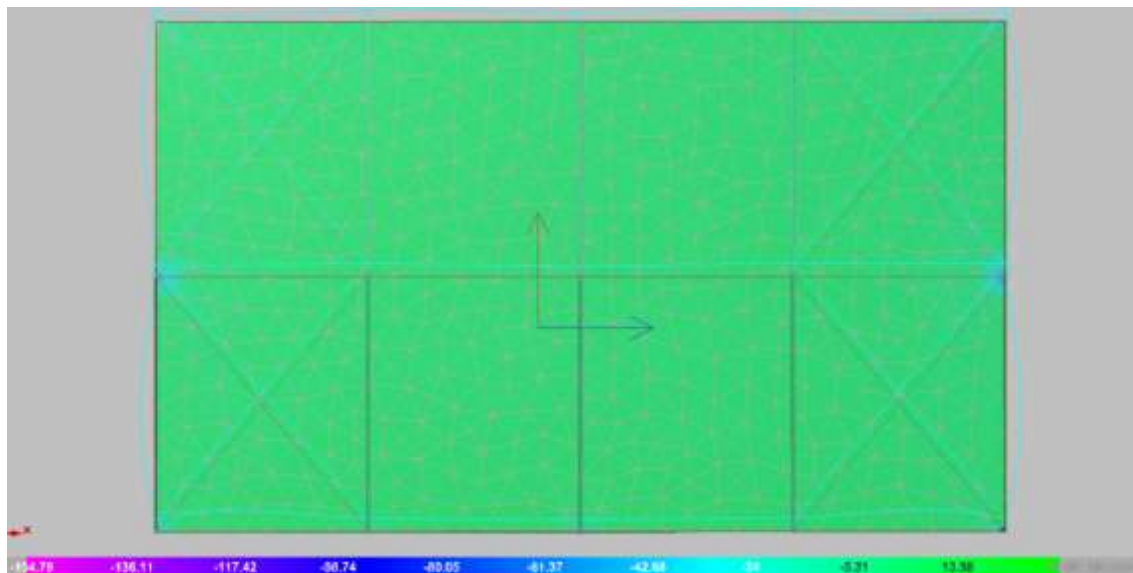




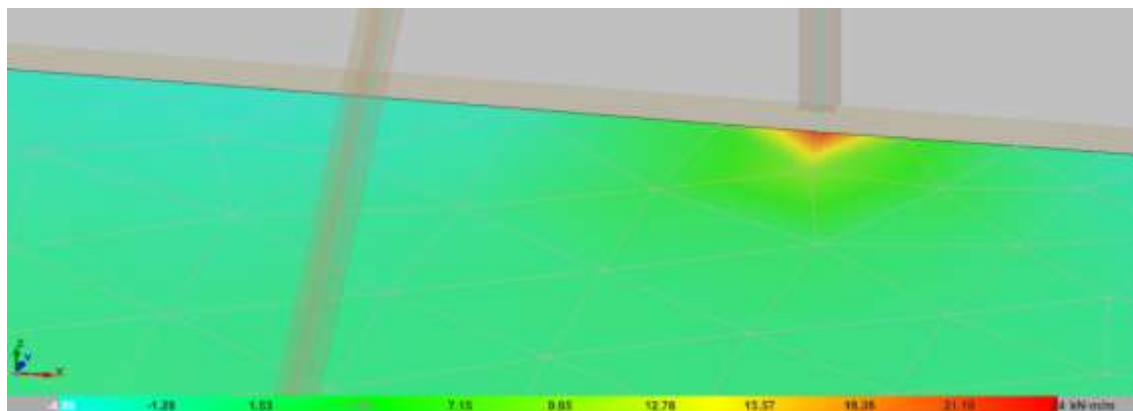
Además se ha realizado el estudio de cimentación en losa análogo al desarrollado en la nave de boxes.



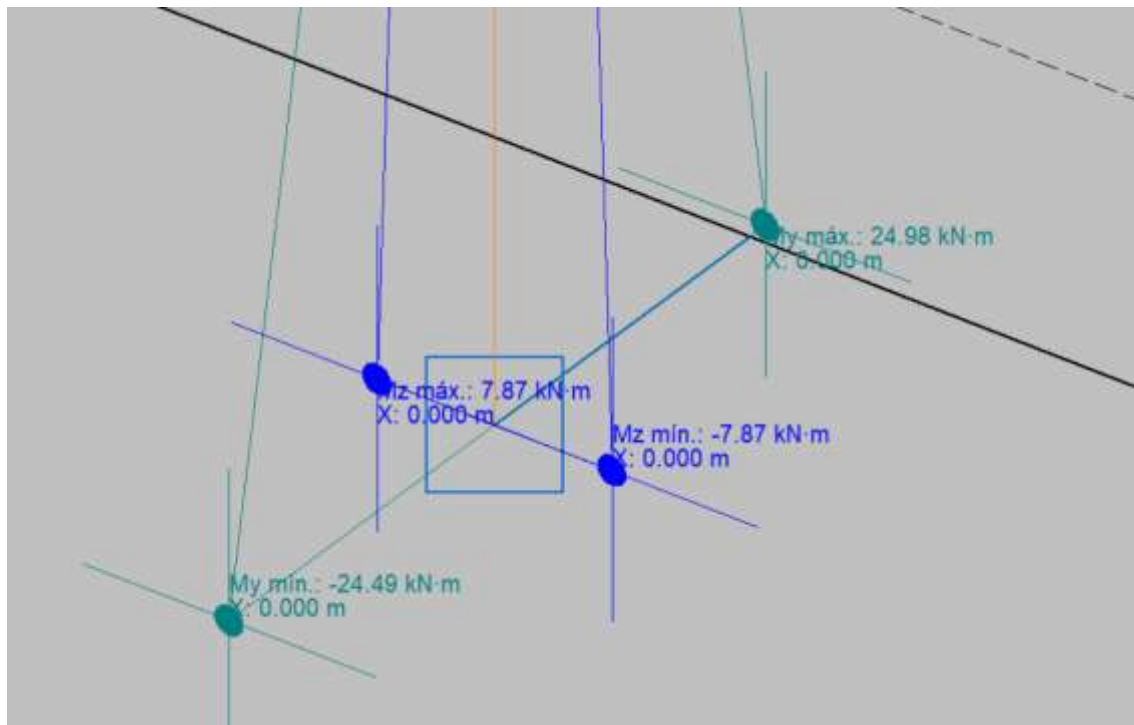
flector x



flector y



Detalle flector en Y arranque columnas



Valor del momento transmitido por los pilares.