



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR  
D'ARQUITECTURA

---

## **DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO ECUESTRE EN TERUEL**

---

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

Irene Bellido Blasco

Tutora: Jéscica Moreno Puchalt

Cotutora: Verónica Llopis Pulido

Dpto. de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras

Trabajo final de grado

Octubre 2019

A mis abuelos.

## RESUMEN

El presente trabajo consiste en el diseño y cálculo estructural de un centro ecuestre en Teruel que cumple con los requisitos establecidos de resistencia, rigidez, estabilidad y durabilidad en la normativa vigente en España referente a las estructuras metálicas, CTE DB-SE-A Acero.

Se ha elaborado un diseño exclusivamente para su realización que satisface las necesidades del programa de un centro ecuestre al que se dota de una gran estructura metálica aérea junto con pequeñas estructuras, acordes a sus requerimientos en cuanto a forma, funcionalidad y seguridad.

Ambos procesos, diseño y cálculo, se influyen en cada decisión tomada. Los materiales utilizados y la organización estructural de los pórticos proporcionan a la estructura una serie de cargas que solventar y, en consecuencia, unas deformaciones que condicionan su dimensionado.

La estructura proyectada y calculada debe salvar luces que oscilan entre 28 y 4 metros, lo que dota al proyecto de una enriquecedora variedad de soluciones estructurales que varían desde grandes cerchas metálicas hasta madera estructural KLH.

## PALABRAS CLAVE

Estructura, metálica, cálculo, diseño, ecuestre.

## ABSTRACT

This project consists in designing and calculating the structure of an equestrian centre in Teruel meeting the established requirements of resistance, stiffness, stability and durability of the current Spanish legislation regarding metallic structures, CTE DB-SE-A Acero.

An exclusive design for its implementation has been done, which obeys to the need of an equestrian centre's programme. It is equipped with a large air metallic structure with small ones, according to shape, functionality and safety requirements.

Both process, design and calculation are influenced by every decision that has been taken. The materials used and the structural organization of the porticos provide the structure a series of loads to support. Consequently, measurement is determined by deformations.

The calculated and projective structure must overcome oscillating lights between 28 and 4 metres. This supplies the project with an enriching variety of structural solutions changing from big metallic trusses to structural wooden KHL.

## KEY WORDS

Structure, metallic, calculation , design, equestrian.

## 0.ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS.....	6
2. DESARROLLO DEL TRABAJO .....	8
2.1. REPRESENTACIÓN DEL PROYECTO .....	9
2.1.1. Situación .....	10
2.1.2. Emplazamiento.....	13
2.1.3. Planta baja .....	14
2.1.4. Planta primera .....	15
2.1.5. Alzados.....	16
2.1.6. Secciones .....	16
2.1.7. Planos .....	16
2.1.8. Organización de pórticos.....	24
2.1.9. Pórtico .....	25
2.2. MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	27
2.3. ACCIONES SOBRE LA ESTRUCTURA.....	30
2.3.2. Cargas variables .....	32
2.3.3. Imperfecciones.....	37
2.3.4. Combinación de hipótesis .....	37
2.4. ORGANIZACIÓN ESTRUCTURAL, ARRIOSTRAMIENTOS.....	39
2.4.1. Ordenación general. El pórtico .....	40
2.4.2. Disposición de arriostramientos .....	41
2.5. DIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA.....	42
2.5.1. Bases de dimensionado.....	43
2.5.2. Dimensionado pórtico.....	44
2.5.3. Dimensionado de arriostramientos.....	53
3. CONCLUSIONES.....	54
4. BIBLIOGRAFÍA .....	57

## 1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS

El presente documento trata de dotar una solución estructural a un centro ecuestre que cumpla con las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a los Esfuerzos Límite de Servicio y los Esfuerzos Límite Últimos, con la resistencia y rigidez suficientes establecidas en el CTE DB SE.

Se realiza el diseño del edificio con todas las instalaciones necesarias para su uso, implantación en el terreno y estudio de recorridos, junto con el diseño y cálculo de su estructura aérea, dejando para otra fase posterior el estudio de su cimentación debido a la ya amplia extensión del trabajo.

Para ello, se ha localizado el diseño de dicho centro ecuestre en varias parcelas de Teruel. Esta ubicación del proyecto en una parcela real es necesaria tanto para el desarrollo del diseño como para el cálculo de las acciones, cuyos datos están establecidos en el CTE DB SE-AE.

Para la evaluación de las acciones tanto permanentes como variables que afectan a las diferentes tipologías, es necesario definir el edificio desde el punto de vista constructivo. Dotándole de una materialidad acorde al uso que va a tener y al entorno que lo rodea.

Debido a las exigencias de programa, se obtienen varios tipos de estructuras, desde estructuras ligeras hasta estructuras pesadas. Por ello, al tratarse de un programa con exigencias espaciales muy diversas, abarca un interesante reto estructural debido a la variedad del tamaño de las luces requeridas. Oscilando desde las grandes luces para el espacio de monta de los caballos hasta las pequeñas luces que generan los box en los que se albergan.

La organización estructural de los edificios se resuelve de manera distinta en cada uno de los tipos, colocando los debidos arriostramientos siempre que sea necesario para evitar el sobredimensionado de la estructura. No siendo objeto de estudio de este trabajo la cimentación y la transmisión de cargas al terreno y considerándose para la limitación de las deformaciones la estructura intraslacional, simplificando así los cálculos.

El proceso de cálculo de las sollicitaciones y dimensionado de los perfiles se realiza mediante el programa de cálculo CYPE, más concretamente con la versión del programa CYPE 3D. Para poder tener un criterio adecuado sobre los resultados que va obteniendo el programa, se realiza una pequeña comprobación con cálculos a mano de alguna de las barras de la estructura, siguiendo la metodología establecida en los libros de estructuras metálicas para la edificación adaptados al CTE.

## 2. DESARROLLO DEL TRABAJO

## 2.1. REPRESENTACIÓN DEL PROYECTO

En la realización del proyecto se ha pretendido unificar la visión del jinete con la del arquitecto, dando a una tipología edificatoria muy estandarizada interés proyectual sin dejar de lado la funcionalidad. Para ello se ha dotado riqueza espacial a los recorridos en los que habitualmente no se da importancia al espacio, estableciendo importancia a la visión tanto del jinete como del espectador.

### 2.1.1. Situación

Las parcelas elegidas se ubican a las afueras de la ciudad de Teruel, teniendo buen acceso tanto peatonal, desde el complejo deportivo y cultural de Los Planos, como rodado.



Imagen 1. Fotografía aérea de Teruel (Google Maps, 2019)

Se trata de una gran parcela dividida en varios tipos de terreno que se limitan con cambios de nivel acusados a la que se le anexan dos de menor tamaño.

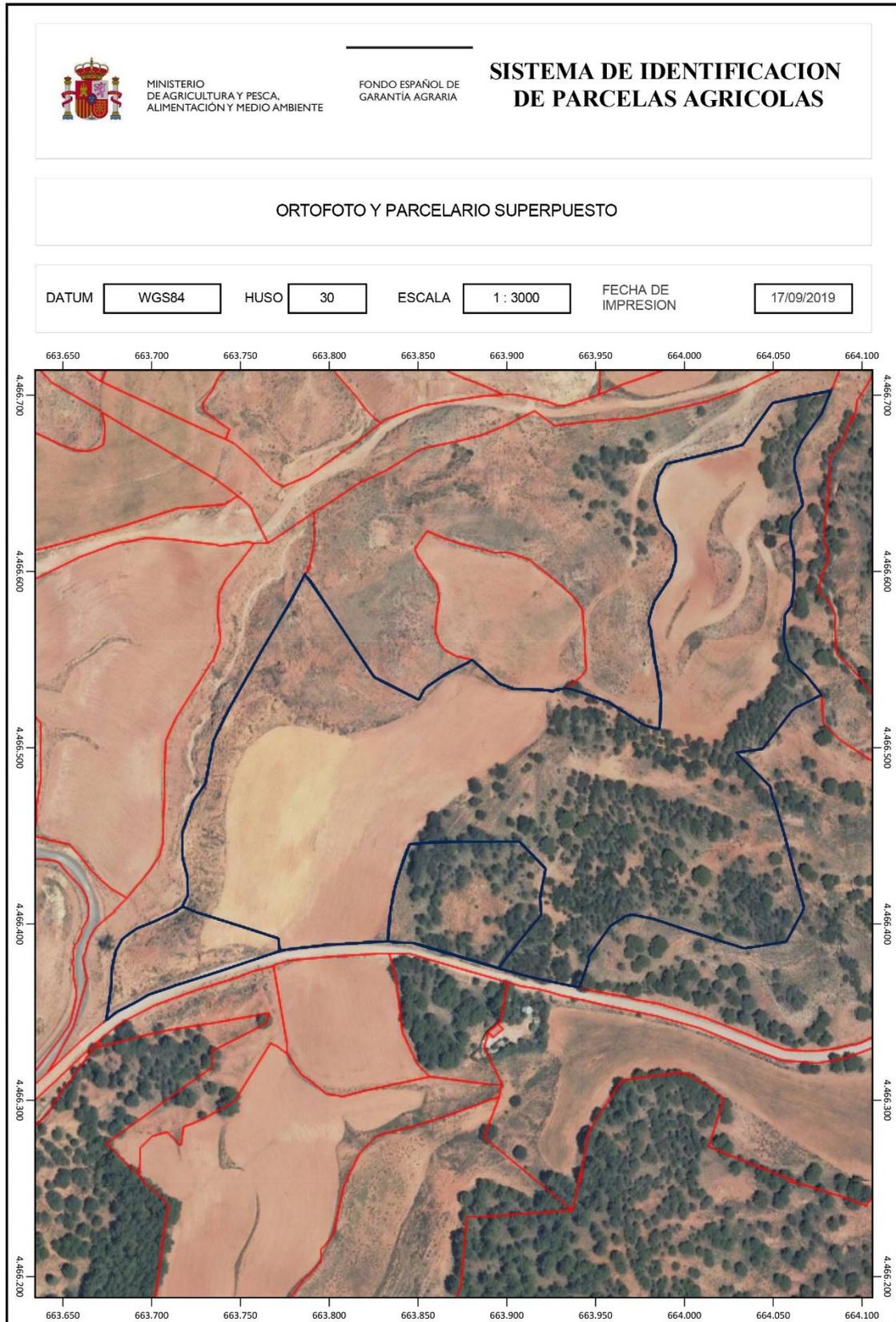


Imagen 2. Sistema de identificación de parcelas (SIGPAC, Gobierno de Aragón, 2019)



Imagen 3. Parcela (Irene Bellido Blasco, 2019)



Imagen 4. Parcela (Irene Bellido Blasco, 2019)



Imagen 5. Parcela (Irene Bellido Blasco, 2019)

### 2.1.2. Emplazamiento

Se ha colocado la parte más rígida de programa en la zona oeste de la parcela, la cual se encuentra sin desniveles aparentes. Desde ella se han proyectado unos edificios con recorridos de transición hasta llegar al entorno más natural, en el que pastan los caballos con la única intervención de su debido vallado.

El centro ecuestre se sitúa en un entorno natural con la pretensión de realizar el menor impacto posible, jugando con la materialidad y la forma de las construcciones. Debido a las exigencias del programa se genera un parking cercano al acceso desde el cual el viandante puede observar las tres tipologías de volúmenes generadas.

En la primera de ellas, con aspecto de nave, se alberga la actividad deportiva. La segunda de ellas actúa como nexo de unión entre los box de los caballos y algunas funciones asociadas a ellos y la pista cubierta. Este volumen contiene dos situaciones diferenciadas que no interfieren en los recorridos pero sí en las visuales, la del espectador y la del jinete. Y por último, los ya nombrados box, que con su situación pretenden dar importancia a las perspectivas de las personas que realizan el recorrido a la vez que imitan el caos ordenado de la naturaleza que los rodea, iniciando la transición hacia ella.

El proyecto pretende que el jinete pueda practicar la equitación en unas condiciones de confort ambiental independientemente de la climatología. Para ello se crean zonas tanto al aire libre como cubiertas para el ensillado, el calentamiento y la monta del caballo.

### 2.1.3. Planta baja

Desde el acceso a la finca, tanto rodado como peatonal, un camino desde el cual ya podemos intuir a través de la fachada la vida que alberga el volumen nos conduce al acceso principal.

Una vez en el interior nos encontramos con un espacio permeable que se distribuye mediante una franja de servicios anexada al volumen de la pista cubierta y el núcleo de comunicación vertical. La franja de servicios se divide por la entrada a pista en una zona cercana al acceso más pública y otra pensada para el jinete. Tras el núcleo de comunicaciones podemos observar el guardarnés, las argollas y las duchas para los caballos. Nos situamos en el nexo de unión entre la pista cubierta, la pista exterior, el picadero y los box.

Al atravesar la salida hacia estos últimos, encontramos al principio del recorrido los debidos almacenes de obstáculos, pienso y heno, y las salas de dirección y veterinario. Continuando por el recorrido marcado por el pavimento duro y la iluminación que contiene, se va accediendo a los box de los caballos. Al finalizarlo encontramos un estrechamiento de este camino para llegar a unas habitaciones con un espacio de cocina-comedor común para uso del personal del centro ecuestre.



Imagen 6. Esquema planta baja (Irene Bellido Blasco, 2019)

### 2.1.4. Planta primera

Una vez subido el núcleo de escaleras llegamos a una estancia pensada para el espectador que incluye un bar-restaurante con un voladizo que vuelca a la pista interior, una terraza con vistas a la pista exterior y los box. Además de cocina, almacén y un pequeño cuarto de limpieza.



Imagen 7. Esquema planta primera (Irene Bellido Blasco, 2019)

### 2.1.5. Alzados

En la vista en alzado quedan claramente diferenciados los distintos volúmenes con sus variadas funciones.

El volumen de la pista cubierta se caracteriza por la uniformidad de su cerramiento. Ambos testeros quedan completamente cerrados y se abren huecos únicamente a este y oeste para aprovechar la luz de la mañana y la de la tarde. La fachada se realiza con un panel sándwich color ocre que minimiza el impacto en el entorno natural en el que se encuentra y reduce el aspecto industrial que caracteriza a este tipo de edificios.

Junto a él aparece un volumen revestido con un sistema prefabricado de fachada ligera de hormigón GRC Stud-frame gracias al que podemos obtener un color y una textura que nos otorga el propio terreno sobre el que nos asentamos, minimizando su impacto en él.

Y para completar el conjunto aparecen una serie de elementos de madera, tanto el picadero como las cajas que emulan la distribución de los conjuntos de árboles que las rodean, acercándonos de una forma más sutil a este entorno inmediato.

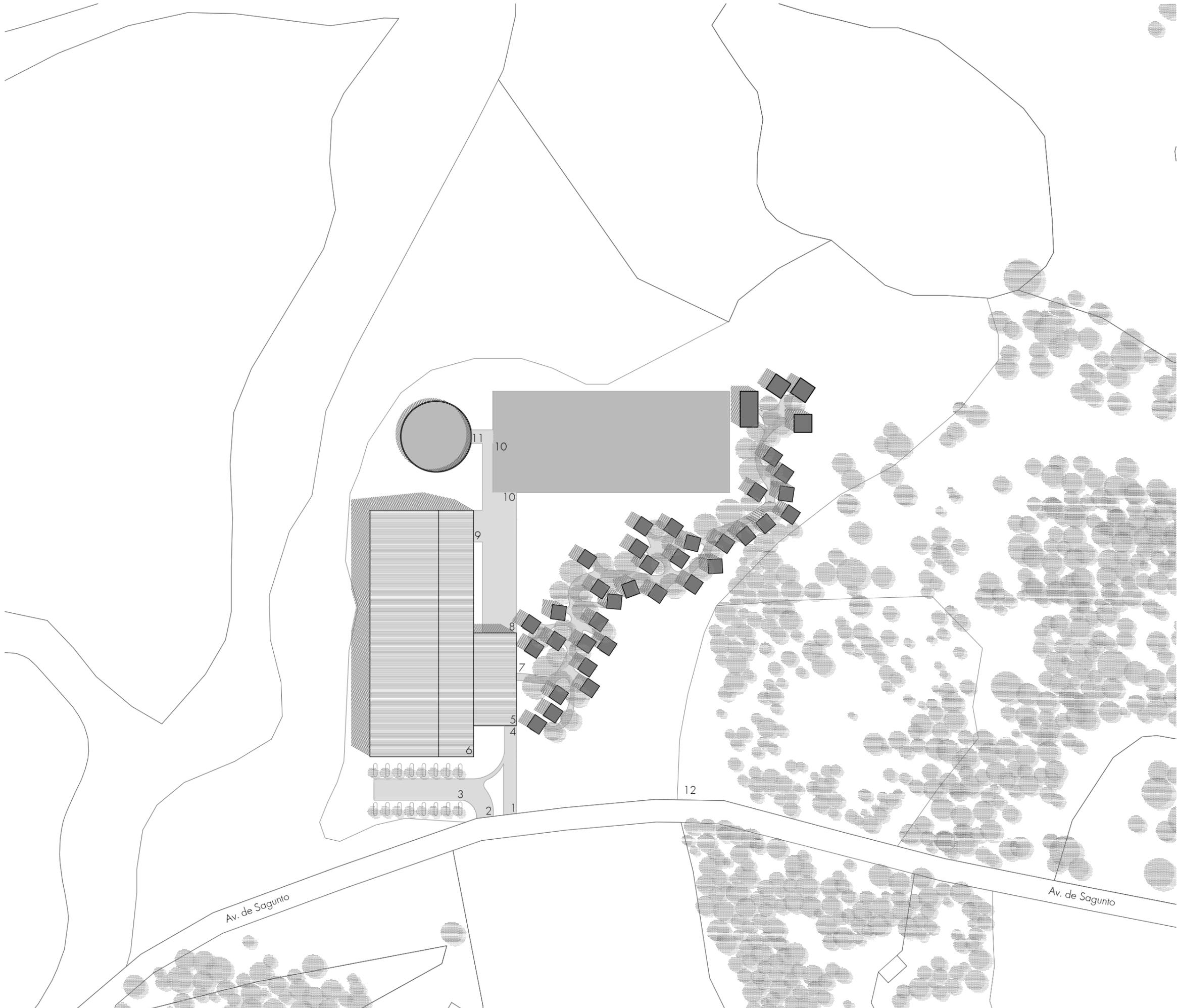
### 2.1.6. Secciones

En la sección transversal del conjunto podemos observar como el volumen del nexo se integra en el de la pista, generando un espacio idóneo para el espectador separado del espacio del jinete.

En la sección de los box podemos ver en detalle los espesores de la madera estructural KLH y su unión con el terreno junto con el diseño integrado de la puerta y la ventana.

### 2.1.7. Planos

A continuación.



- Legenda:
- 1\_ Entrada peatonal
  - 2\_ Entrada vehículos
  - 3\_ Aparcamiento vehículos
  - 4\_ Acceso principal centro ecuestre
  - 5\_ Volumen servicios
  - 6\_ Volumen pista interior
  - 7\_ Acceso a almacenes, dirección, veterinario, box y viviendas
  - 8\_ Acceso pista exterior y picadero
  - 9\_ Acceso exterior a pista interior
  - 10\_ Acceso pista exterior
  - 11\_ Acceso picadero
  - 12\_ Zona de vallados para recreo

- Legenda de sombreados:
- Arena morterenga
  - Arena de sílice

Legenda de sombreados:

## CENTRO ECUESTRE EN TERUEL

Octubre, 2019

Autor: IRENE BELLIDO BLASCO

Tutor: JÉSICA MORENO PUCHALT

Cotutor: VERÓNICA LLOPIS PULIDO

⊙ EMPLAZAMIENTO 1.1

Escala: 1/1000



- Leyenda:
- 1\_ Acceso principal. Edificio de servicios.
  - 2\_ WC minusválidos
  - 3\_ WC mujeres
  - 4\_ WC hombres
  - 5\_ Cuarto de limpieza
  - 6\_ Guardarnés
  - 7\_ Acceso a pista interior
  - 8\_ Pista interior
    - 8A\_ Zona de acceso y circulación
    - 8B\_ Zona de trabajo
  - 9\_ Zona de cepillado y puesta de monturas
  - 10\_ Duchas
  - 11\_ Taquillero jinetes
  - 12\_ Lavandería
  - 13\_ Acceso pista exterior y picadero
  - 14\_ Acceso exterior a pista interior
  - 15\_ Acceso pista exterior
  - 16\_ Acceso picadero
  - 17\_ Picadero, zona de dar cuerda
  - 18\_ Pista exterior
    - 18A\_ Zona de acceso y circulación
    - 18B\_ Zona de trabajo
  - 19\_ Acceso a almacenes, dirección, veterinario, box y viviendas
  - 20\_ Almacén objetos pista
  - 21\_ Almacén pienso
  - 22\_ Almacén heno
  - 23\_ Box
  - 24\_ Dirección
  - 25\_ Veterinario
  - 26\_ Vivienda temporal trabajadores
  - 27\_ Cocina-comedor

- Leyenda de sombreados:
- Arena morterenga
  - Arena de sílice

## CENTRO ECUESTRE EN TERUEL

Octubre, 2019

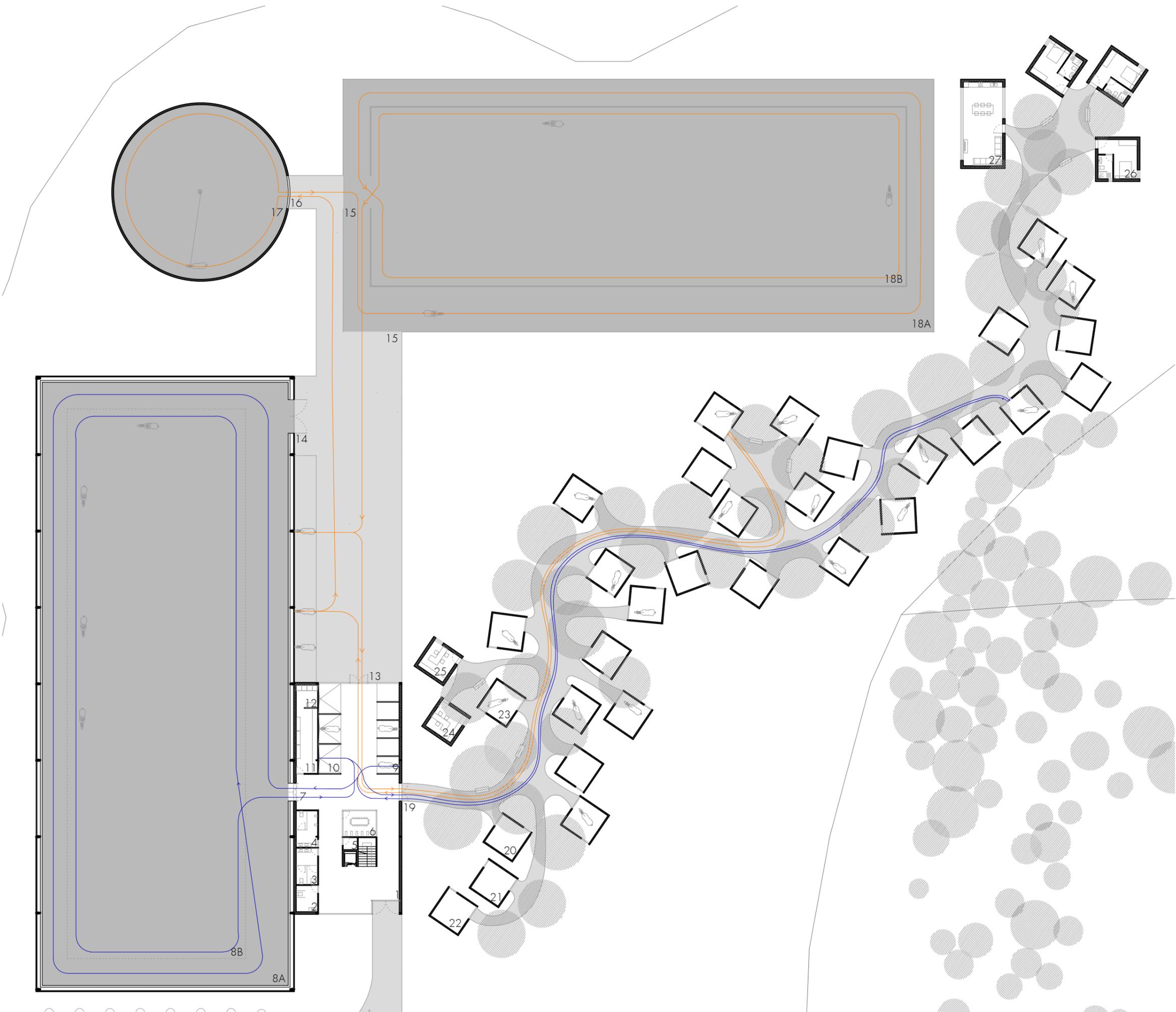
Autor: IRENE BELLIDO BLASCO

Tutor: JÉSICA MORENO PUCHALT

Cotutor: VERÓNICA LLOPIS PULIDO

⌚ PLANTA BAJA 2.1

Escala: 1/400



- Leyenda:
- 1\_ Acceso principal. Edificio de servicios.
  - 2\_ WC minusválidos
  - 3\_ WC mujeres
  - 4\_ WC hombres
  - 5\_ Cuarto de limpieza
  - 6\_ Guardarés
  - 7\_ Acceso a pista interior
  - 8\_ Pista interior
    - 8A\_ Zona de acceso y circulación
    - 8B\_ Zona de trabajo
  - 9\_ Zona de cepillado y puesta de monturas
  - 10\_ Duchas
  - 11\_ Taquillero jinetes
  - 12\_ Lavandería
  - 13\_ Acceso pista exterior y picadero
  - 14\_ Acceso exterior a pista interior
  - 15\_ Acceso pista exterior
  - 16\_ Acceso picadero
  - 17\_ Picadero, zona de dar cuerda
  - 18\_ Pista exterior
    - 18A\_ Zona de acceso y circulación
    - 18B\_ Zona de trabajo
  - 19\_ Acceso a almacenes, dirección, veterinario, box y viviendas
  - 20\_ Almacén objetos pista
  - 21\_ Almacén pienso
  - 22\_ Almacén heno
  - 23\_ Box
  - 24\_ Dirección
  - 25\_ Veterinario
  - 26\_ Vivienda temporal trabajadores
  - 27\_ Cocina-comedor

- Leyenda de sombreados:
- Arena morterenga
  - Arena de sílice

- Leyenda de recorridos:
- ← Recorrido equino buena climatología
  - ← Recorrido equino mala climatología

**CENTRO ECUESTRE EN TERUEL**  
 Octubre, 2019

Autor: IRENE BELLIDO BLASCO  
 Tutor: JÉSICA MORENO PUCHALT  
 Cotutor: VERÓNICA LLOPIS PULIDO

⌚ PLANTA BAJA - ESQUEMA CIRCULACIÓN EQUINA 2.2  
 Escala: 1/400



- Leyenda:
- 1\_ Sala de espera
  - 2\_ Almacén bar
  - 3\_ Bar
  - 4\_ WC
  - 5\_ Cuarto de limpieza
  - 6\_ Terraza exterior
  - 7\_ Cafetería-comedor
  - 8\_ Cocina
  - 9\_ Almacén cocina
  - 10\_ Zona espectador pista interior

- Leyenda de sombreados:
- Arena morterenga
  - Arena de sílice

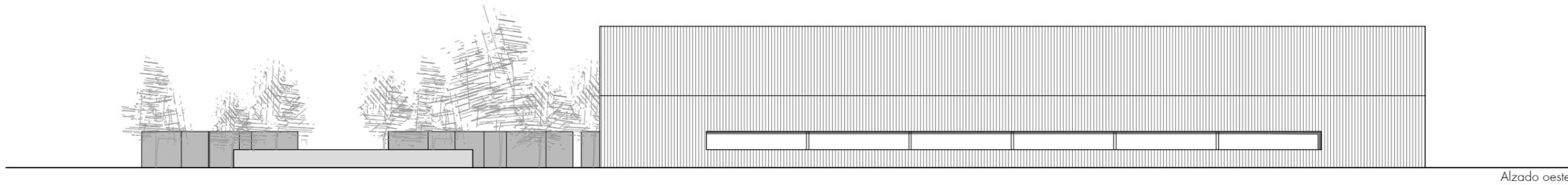


CENTRO ECUESTRE EN TERUEL

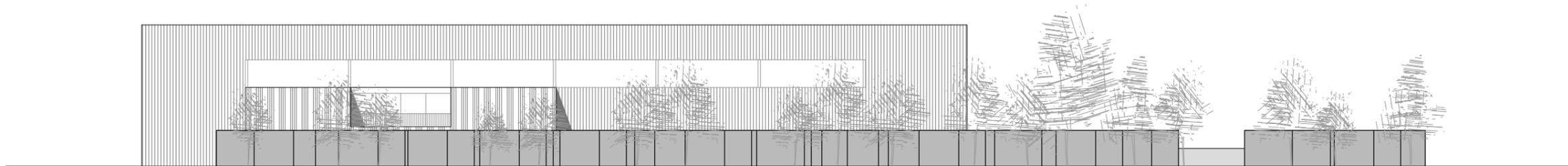
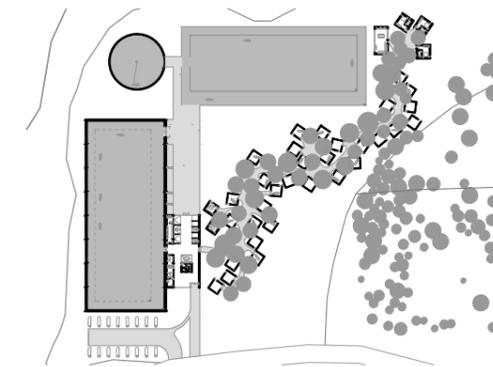
Octubre, 2019

Autor: IRENE BELLIDO BLASCO  
 Tutor: JÉSICA MORENO PUCHALT  
 Cotutor: VERÓNICA LLOPIS PULIDO

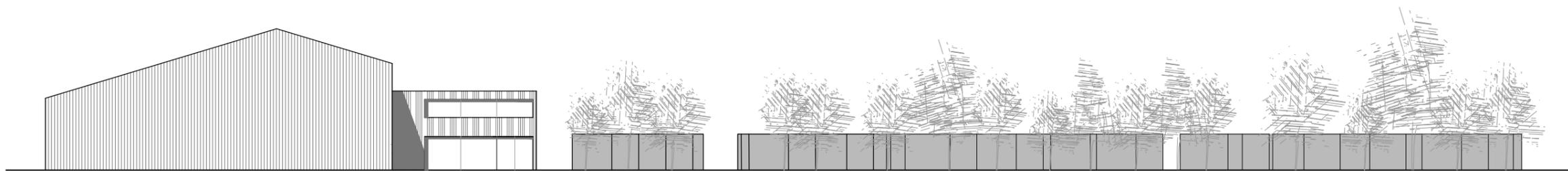
PLANTA PRIMERA **2.3**  
 Escala: 1/400



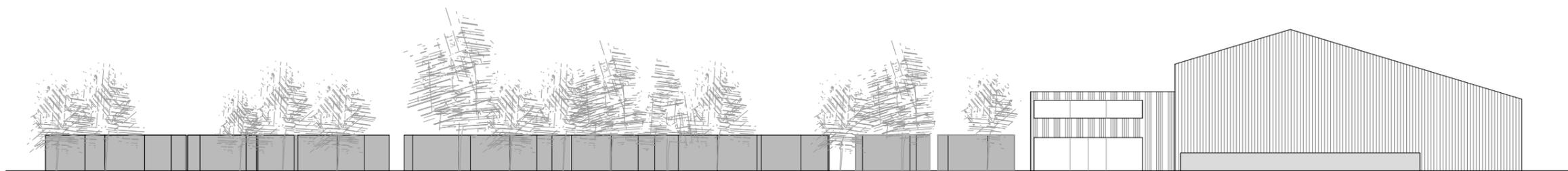
Alzado oeste



Alzado este



Alzado norte



Alzado sur

## CENTRO ECUESTRE EN TERUEL

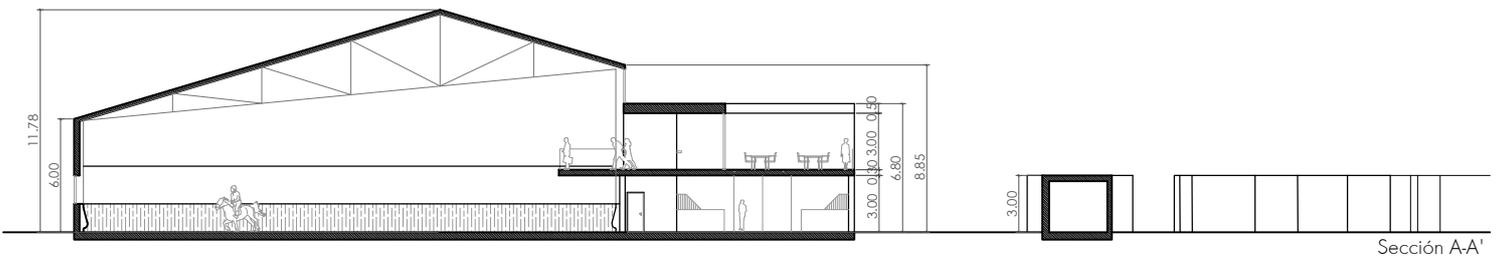
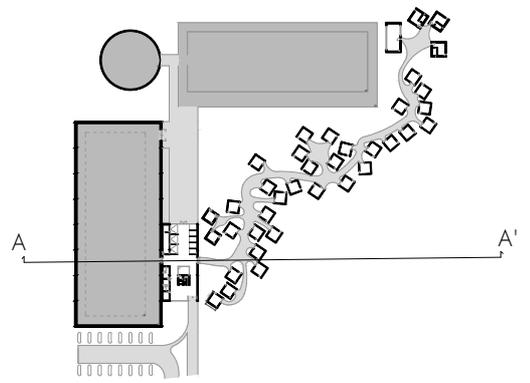
Octubre, 2019

Autor: IRENE BELLIDO BLASCO

Tutor: JÉSICA MORENO PUCHALT

Cotutor: VERÓNICA LLOPIS PULIDO

ALZADOS 3.1  
Escala: 1/400



## CENTRO ECUESTRE EN TERUEL

Octubre, 2019

Autor: IRENE BELLIDO BIASCO

Tutor: JÉSICA MORENO PUCHALT

Cotutor: VERÓNICA LLOPIS PULIDO

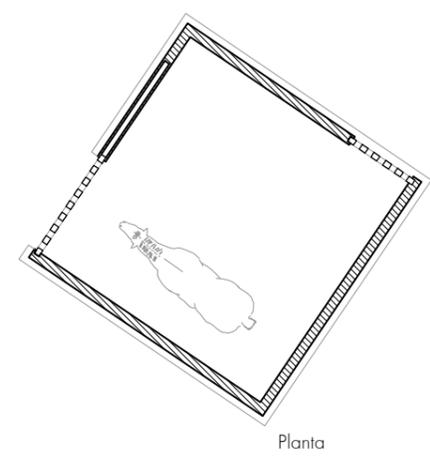
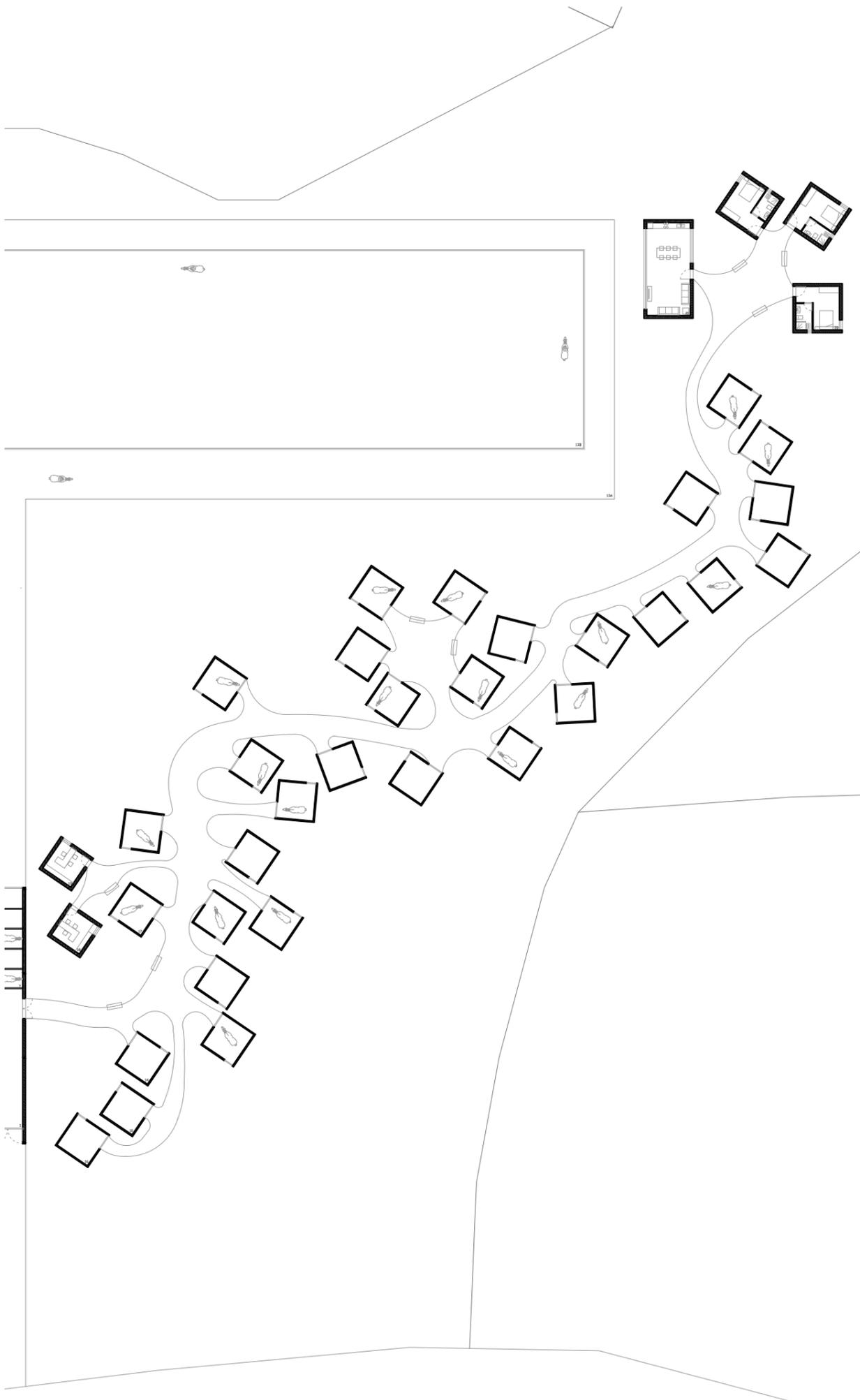


SECCIÓN A-A'

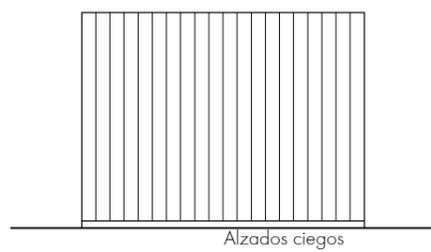
3.2

Escala:

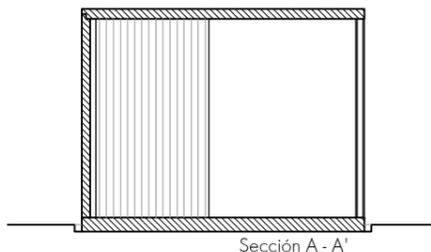
1/400



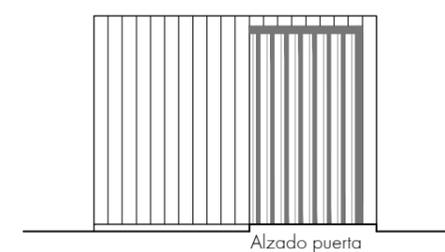
Planta



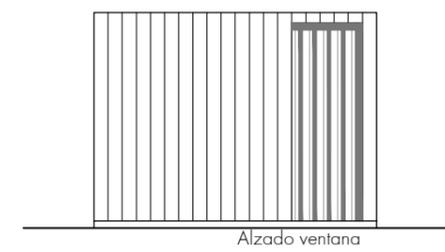
Alzados ciegos



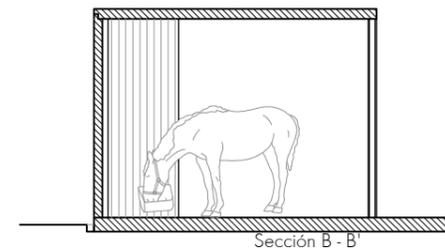
Sección A - A'



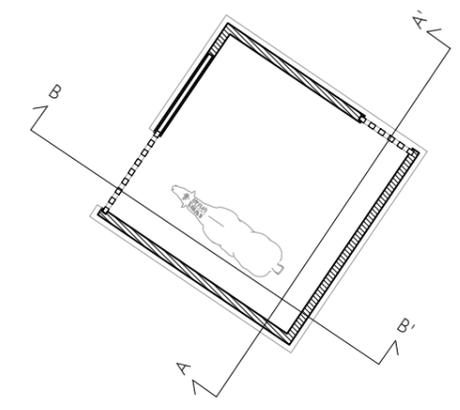
Alzado puerta



Alzado ventana



Sección B - B'



Para la realización de los box de los caballos se ha optado por la utilización de madera autoportante KLH, tanto para las paredes como para la cubierta.

Este tipo de cerramiento ayuda a reducir el impacto sobre el entorno natural que se sitúa el proyecto, además de aportar calidez a un elemento normalmente muy industrializado.

Gracias a la utilización de este material conseguimos una puesta en obra rápida y la opción de aumentar el número de box si las necesidades del centro ecuestre lo requiriesen.

Por ello el dimensionado no se ha realizado con el programa CYPE sino con las tablas de dimensionado de las extraídas de la web del fabricante.

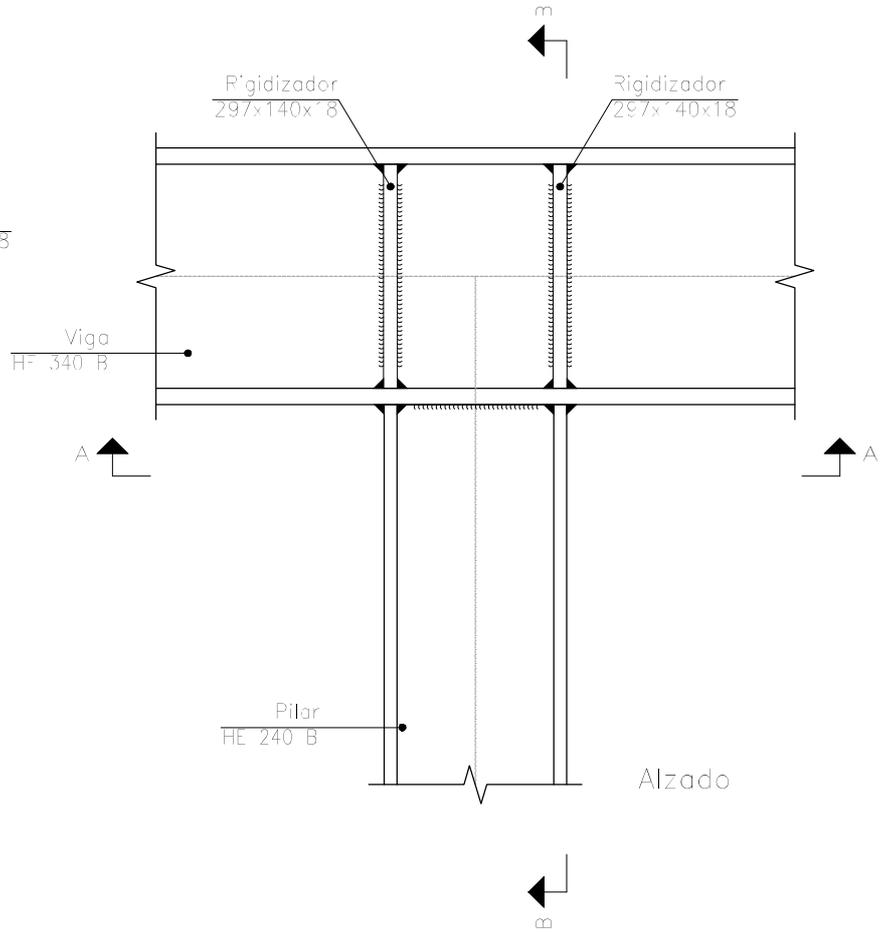
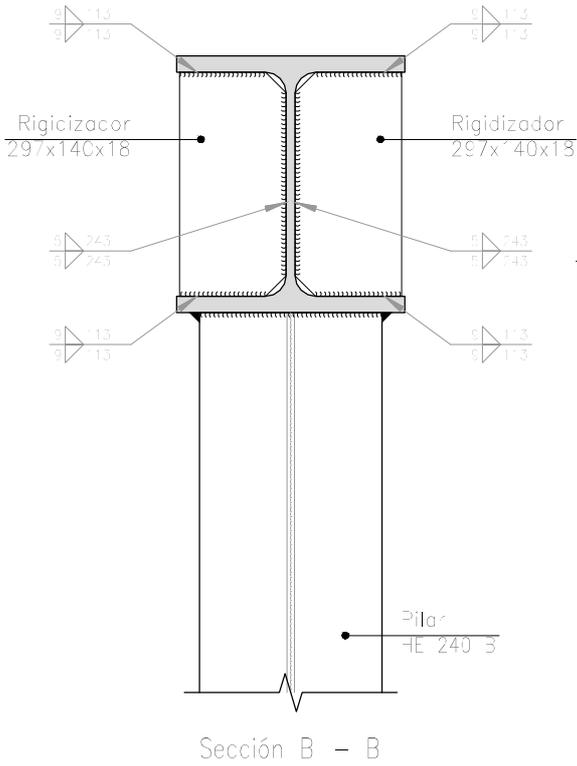
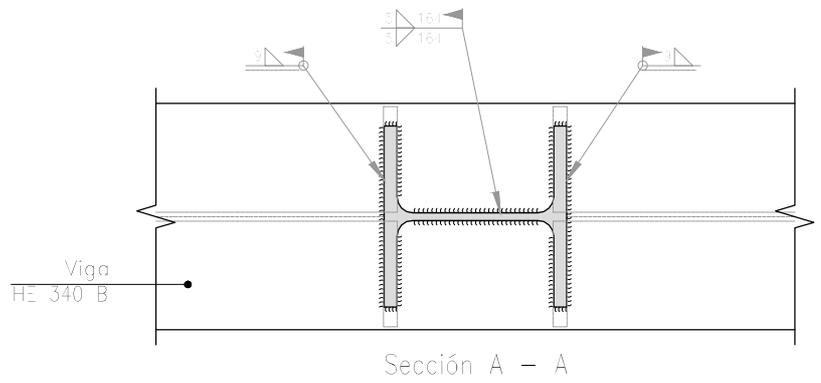
## CENTRO ECUESTRE EN TERUEL

Octubre, 2019

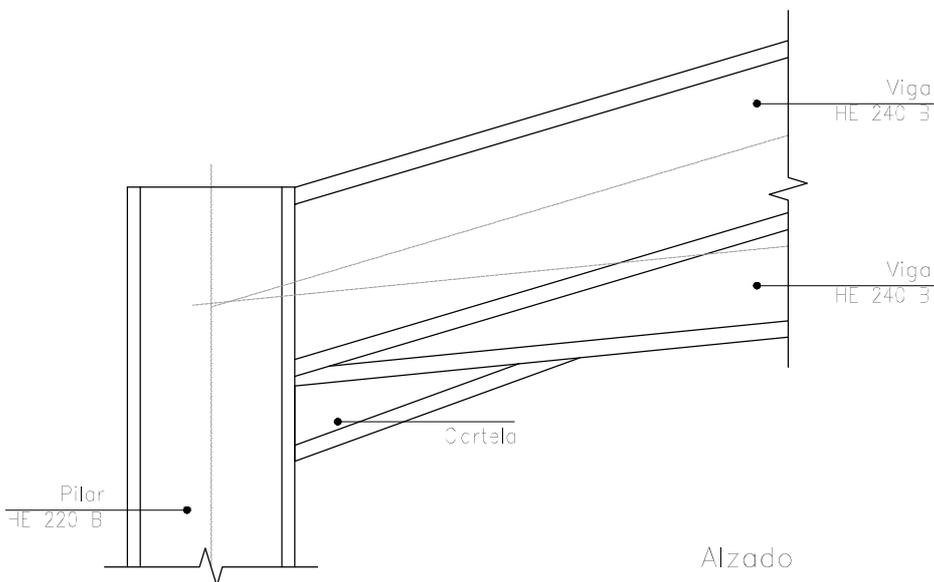
Autor: IRENE BELLIDO BLASCO  
 Tutor: JÉSICA MORENO PUCHALT  
 Cotutor: VERÓNICA LLOPIS PULIDO

⌚ DETALLE BOX  
 Escala: 1/100 **4.1**

# UNIÓN PILAR - VIGA



# UNIÓN PILAR - CERCHA



## CENTRO ECUESTRE EN TERUEL

Octubre, 2019

Autor: IRENE BELLIDO BLASCO

Tutor: JÉSICA MORENO PUCHALT

Cotutor: VERÓNICA LLOPIS PULIDO

⌚ DETALLES UNIONES

Escala:

1/10

4.2

### 2.1.8. Organización de pórticos

La organización de los pórticos se ha dispuesto de forma paralela a la fachada principal, la fachada sur. El volumen de mayor tamaño compuesto por una cubierta de panel sándwich a dos aguas está conformado por 9 pórticos de 28 metros de luz formados por una celosía inclinada. La estructura del edificio anexo a este volumen es una estructura de forjados planos que se realiza mediante 4 pórticos de vigas HEB unidos a la estructura anterior, salvando luces de 8.90 metros y 2.80 metros y conteniendo un voladizo de 3.30 metros que hará la función de balcón a la pista interior.

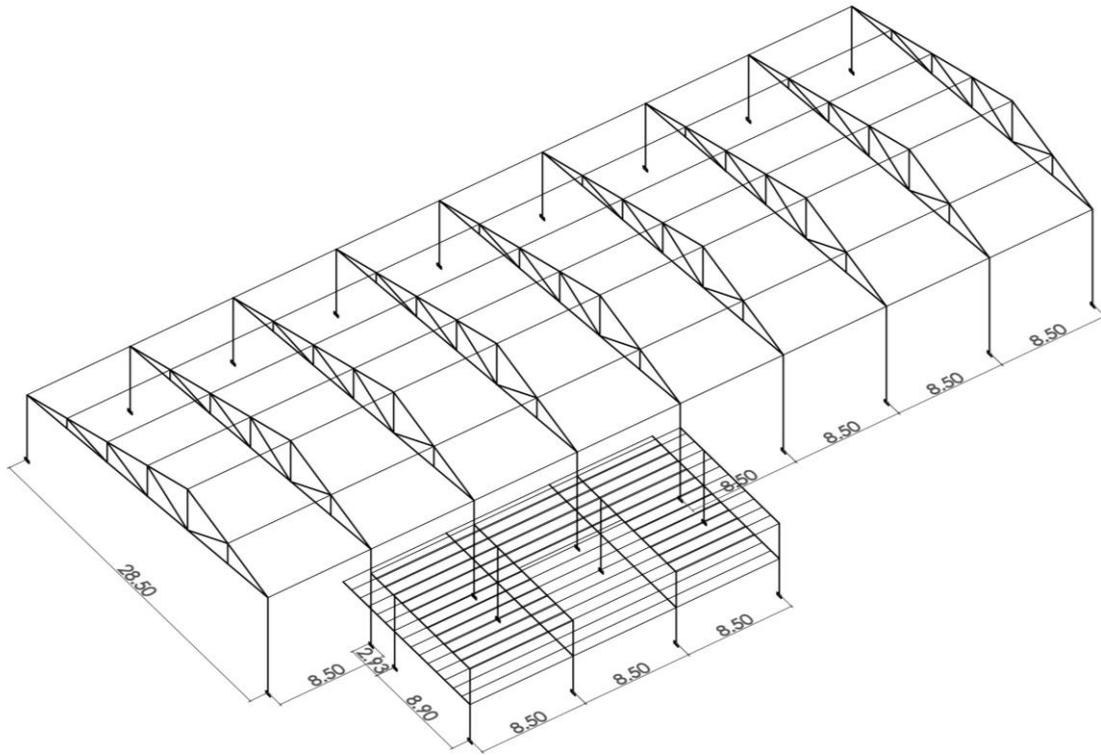


Imagen 8. Organización de pórticos 3D (Irene Bellido Blasco, 2019)

### 2.1.9. Pórtico

#### · PÓRTICO A

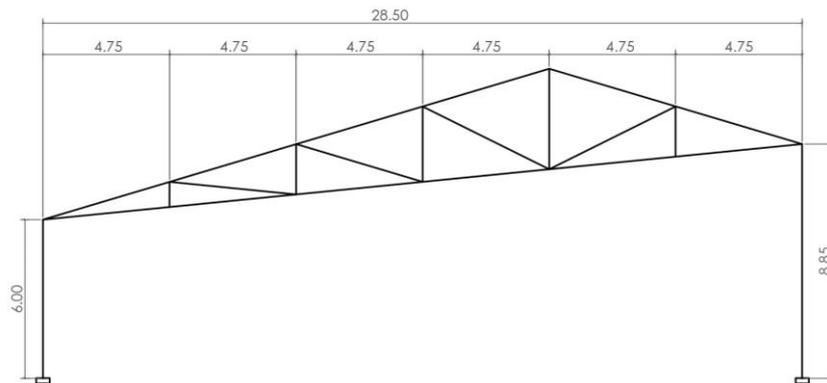


Imagen 9. Pórtico A 2D (Irene Bellido Blasco, 2019)

Este pórtico ha sido diseñado para salvar la luz de la pista cubierta interior, espacio que alberga la actividad deportiva principal del complejo y que requiere grandes luces necesariamente exentas de pilares.

La composición del volumen permite la entrada de luz por las fachadas este y oeste, dejando las fachadas norte y sur ciegas para albergar en su interior grandes espejos para la utilización de los jinetes mientras están realizando los ejercicios.

Para contrarrestar la esbeltez del conjunto se arriostran los pórticos mediante tirantes de sección circular metálica en todo su perímetro de cubierta y en el plano paralelo al pórtico.

#### · PÓRTICO B

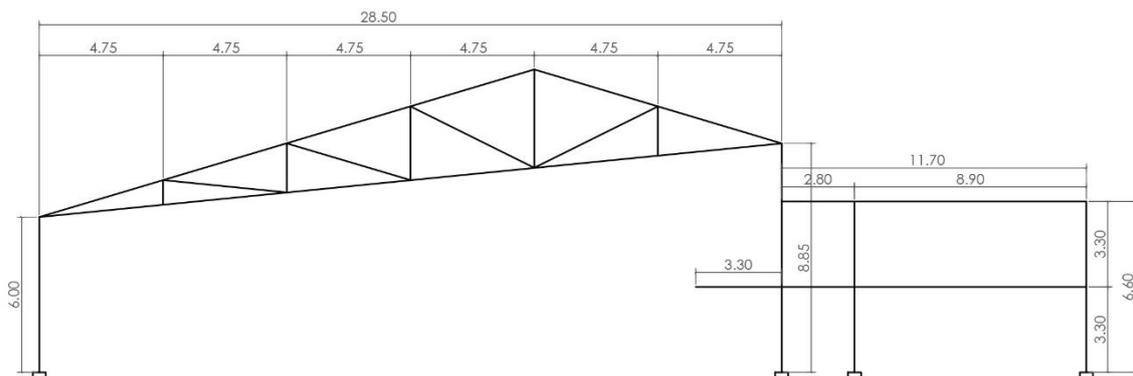


Imagen 10. Pórtico B 2D (Irene Bellido Blasco, 2019)

Debido al requerimiento de un espacio de servicios anexo a la pista interior, se une al pórtico tipo A unos pórticos planos de 2 alturas, 2 vanos y voladizo, creando el pórtico B.

En este caso se puede observar de mejor forma como la composición del volumen de la pista interior deja un espacio de entrada de luz en la fachada este, entre el volumen de servicio y esta misma.

## 2.2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

-EDIFICIO PISTA CUBIERTA

- Cubierta: Panel sándwich Easy Cub 5gr – hiansa panel

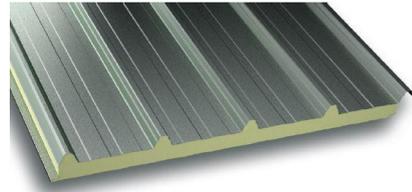


Imagen 11. Panel sándwich Easy Cub 5gr-hiansa panel (Ficha producto - Hiansa, 2019)

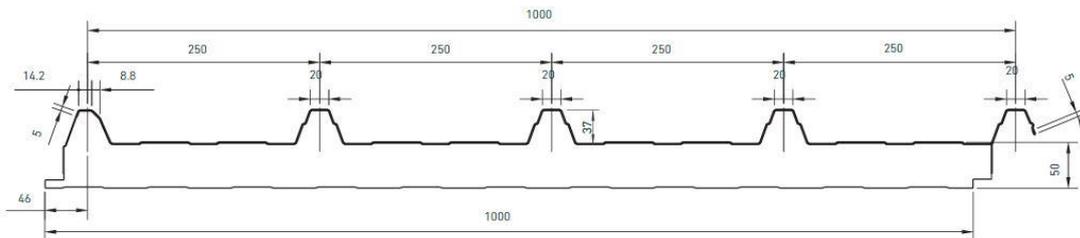


Imagen 12. Panel sándwich Easy Cub 5gr-hiansa panel (Ficha producto - Hiansa, 2019)

-EDIFICIO DE SERVICIOS

- Cubierta: cubierta no transitable de grava

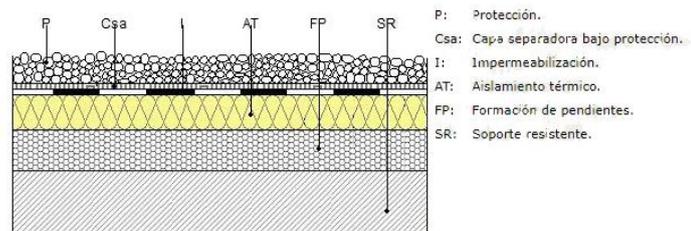


Imagen 13. Cubierta no transitable de grava (CYPE, 2019)

- Forjado 1: pavimento cerámico gran formato de grueso total < 0.08 metros
- Cerramiento 1:

-Hoja principal: Panel prefabricado de GRC, tipo STUD-FRAME, acabado estriado y pigmentado en masa + poliuretano proyectado + bastidor de tubos de acero galvanizado

- 1- Lámina de GRC
- 2- Bastidor tubular metálico
- 3- Aislamiento
- 4- Cámara de aire
- 5- Lana mineral entre guías metálicas
- 6- Doble placa de yeso laminado

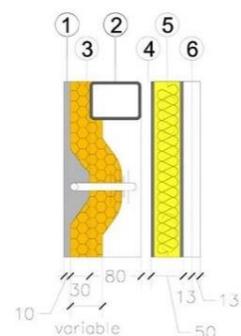


Imagen 14. Hoja principal panel prefabricado de GRC (Prehorquiza, 2019)

-Hoja secundaria: trasdosado autoportante.

- Cerramiento 2: carpintería de aluminio formada por dos vidrios de 8mm de espesor unidos mediante una lámina de butiral de polivinilo acústico incoloro, cámara

de aire deshidratada de 16mm con perfil separador de aluminio sellada perimetralmente y doble vidrio de 6mm de baja emisividad unidos mediante lámina de polivinilo incoloro.

#### -BOXS Y ALMACENES

- Cubierta: Madera contralaminada KLH – 5s 140 CL.

- Cerramiento: Madera contralaminada KLH – 5s 120 CT.

#### -VIVIENDAS, COMEDOR-COCINA, DIRECCIÓN, VETERINARIO

- Cubierta: Madera contralaminada KLH – 5s 170 CL.

- Cerramiento: Madera contralaminada KLH – 5s 120 CT



Imagen 15. Madera contralaminada (Inmatteria, 2019)

### 2.3. ACCIONES SOBRE LA ESTRUCTURA

Son las cargas originadas por los pesos propios de los elementos constructivos y la estructura del edificio. Estas últimas las determinará CYPE.

A continuación se calculan la magnitud de estas cargas en relación con los valores establecidos en el documento CTE DB-SE Acciones en la edificación y sus respectivos catálogos de materiales.

### A) Cubiertas y forjados:

#### -EDIFICIO PISTA CUBIERTA

- Cubierta:

Panel sándwich Easy Cub 5gr de 50 mm – hiansa panel	<b>0.1101 kN/m<sup>2</sup></b>
-----------------------------------------------------	--------------------------------

#### -EDIFICIO DE SERVICIOS

- Cubierta:

Cubierta no transitable de grava	<b>2.50 kN/m<sup>2</sup></b>
----------------------------------	------------------------------

- Forjado 1:

Pavimento cerámico gran formato + material de agarre	<b>1.00 kN/m<sup>2</sup></b>
------------------------------------------------------	------------------------------

### B) Cerramientos y tabiquería:

#### -EDIFICIO DE SERVICIOS

- Cerramiento 1:

Panel prefabricado de GRC, tipo STUD-FRAME	0.6 kN/m
--------------------------------------------	----------

Trasdosado autoportante PLADUR·METAL - 85(70)	0.16 kN/m
-----------------------------------------------	-----------

Total:	<b>0.76 kN/m</b>
--------	------------------

- Cerramiento 2: para simplificar los cálculos, quedándose del lado de la seguridad, trataremos las fachadas como si fuesen completamente opacas, sin huecos acristalados.

- Tabiquería:

<b>1.00 kN/m<sup>2</sup></b>
------------------------------

### 2.3.2. Cargas variables

#### A) Uso

Se establecen los valores característicos de sobrecargas de uso que aparecen en la tabla 3.1 del CTE DB-SE Acciones en la edificación.

#### -EDIFICIO PISTA CUBIERTA

· Cubierta: subcategoría G1, cubiertas accesibles únicamente para conservación, cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) **0.40 kN/m<sup>2</sup>**

#### -EDIFICIO DE SERVICIOS

· Cubierta: subcategoría G1, cubiertas accesibles únicamente para conservación, con inclinaciones inferiores a 20° **1.00 kN/m<sup>2</sup>**

· Forjado 1: subcategoría C1, zonas de acceso al público con mesas y sillas **3.00 kN/m<sup>2</sup>**

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

Imagen 16. Valores característicos sobrecarga de uso (CTE DB-SE AE, 2009)

Para su comprobación local, los balcones volados de toda clase de edificios se calcularán con la sobrecarga de uso correspondiente a la categoría de uso con la que se comunique, más una sobrecarga lineal actuando en sus bordes de 2 kN/m.

### B) Nieve

Se establecen los valores de sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas que aparecen en la tabla 3.8 del CTE DB-SE Acciones en la edificación.

Teruel (altitud 950 metros)

**0.90 kN/m<sup>2</sup>**

**Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas**

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

Imagen 17. Sobrecarga de nieve (CTE DB-SE AE, 2009)

### C) Viento

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

siendo:

**q<sub>b</sub>**: la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse **0,5 kN/m<sup>2</sup>**.

**c<sub>e</sub>**: coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción (tabla 3.4).

**Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c<sub>e</sub>**

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
<b>I</b> Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
<b>II</b> Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
<b>III</b> Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
<b>IV</b> Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
<b>V</b> Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Imagen 18. Coeficiente de exposición C<sub>e</sub> (CTE DB-SE AE, 2009)

Por tanto, nos encontramos en una zona de grado III.

-EDIFICIO PISTA CUBIERTA: el punto medio de los paneles de fachada se encuentra a 3.00 metros, a lo que le corresponde un valor de 1.6.

-EDIFICIO DE SERVICIOS: el forjado se encuentra a altura de 3.30 metros, a lo que le corresponde un valor de 1.6.

Por tanto cogemos:  $c_e = 1.6$  para los paramentos.

-EDIFICIO PISTA CUBIERTA: nos encontramos con alturas de 6.00 y 8.85 metros, por tanto corresponden unos valores de 2.0 y 2.3 respectivamente.

-EDIFICIO DE SERVICIOS: tiene una altura de 6.60 metros, a lo que le corresponde un valor de 2.0.

Para simplificar los cálculos quedándonos de lado de la seguridad, establecemos un  $C_e = 2.3$  para las cubiertas.

$C_p$ : 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 significa succión.

**-Paramentos verticales**

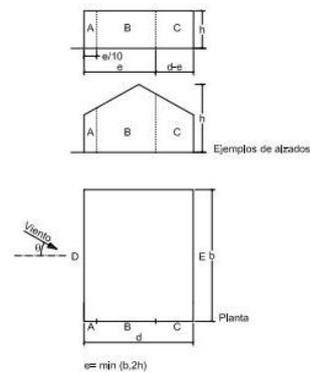
$h/d: 11.75/29 = 0.405$

Debido a que la región B es el área más significativa, cogemos dicho valor para simplificar los cálculos en los paramentos paralelos al viento, ya que es para realizar los cálculos a nivel estructural.

-Paramentos paralelos al viento: **-0.8 kN/m<sup>2</sup>**

-Paramento a barlovento: **0.8 kN/m<sup>2</sup>**

-Paramento a sotavento: **-0.5 kN/m<sup>2</sup>**



A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

Imagen 19. Tabla D3 – Parámetros verticales (CTE DB-SE AE, Anejo D, 2009)

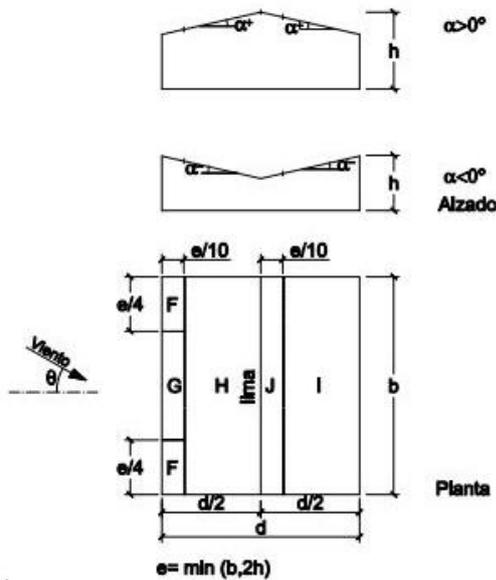
**-Paramentos horizontales (cubiertas)**

En el caso del edificio de mayor volumen el esquema no corresponde exactamente con el esquema propuesto. Para simplificar los cálculos vamos a tratar la cubierta como si se tratase de una cubierta simétrica con una altura media entre ambos extremos ( $h= 7,425 \text{ m}$ ). Con una pendiente de cubierta de  $30^\circ$  y un área de influencia  $> 10 \text{ m}^2$ , de forma simplificada, se distingue entre las zonas H e I ya que son las más representativas. Si se quisiese comprobar la resistencia de los anclajes se deberían coger todas.

-Región H, coeficiente de presión: -0,4, 0

-Región I, coeficiente de presión: -0,5, 0

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



Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	$\geq 10$	-0.6	-0.6	-0.8	-0.7	-1
	$\leq 1$	-0.6	-0.6	-0.8	-0.7	-1.5
-30°	$\geq 10$	-1.1	-0.8	-0.8	-0.6	-0.8
	$\leq 1$	-2	-1.5	-0.8	-0.6	-1.4
-15°	$\geq 10$	-2.5	-1.3	-0.9	-0.5	-0.7
	$\leq 1$	-2.8	-2	-1.2	-0.5	-1.2
-5°	$\geq 10$	-2.3	-1.2	-0.8	0.2	0.2
	$\leq 1$	-2.5	-2	-1.2	0.2	0.2
5°	$\geq 10$	-1.7	-1.2	-0.6	-0.6	0.2
	$\leq 1$	-2.5	-2	-1.2	-0.6	0.2
15°	$\geq 10$	+0.0	+0.0	+0.0	-0.6	-0.6
	$\leq 1$	-0.9	-0.8	-0.3	-0.4	-1
30°	$\geq 10$	0.2	0.2	0.2	+0.0	+0.0
	$\leq 1$	-2	-1.5	-0.3	-0.4	-1.5
45°	$\geq 10$	0.2	0.2	0.2	+0.0	+0.0
	$\leq 1$	-0.5	-0.5	-0.2	-0.4	-0.5
60°	$\geq 10$	0.7	0.7	0.4	0	0
	$\leq 1$	-1.5	-1.5	-0.2	-0.4	-0.5
75°	$\geq 10$	-0.0	-0.0	0.4	0	0
	$\leq 1$	-0.0	-0.0	-0.0	-0.2	-0.3
75°	$\geq 10$	0.7	0.7	0.6	+0.0	+0.0
	$\leq 1$	-0.0	-0.0	-0.0	-0.2	-0.3
75°	$\geq 10$	0.7	0.7	0.7	-0.2	-0.3
	$\leq 1$	0.8	0.8	0.8	-0.2	-0.3
75°	$\geq 10$	0.8	0.8	0.8	-0.2	-0.3
	$\leq 1$	0.8	0.8	0.8	-0.2	-0.3

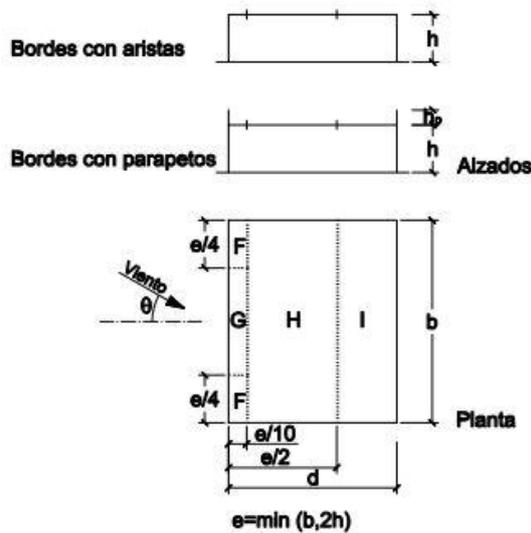
Imagen 20. Tabla D4 – Cubiertas a dos aguas (CTE DB-SE AE, Anejo D, 2009)

En el caso del edificio de servicios el esquema corresponde con el propuesto. Considerando la cubierta plana con bordes con aristas y un área de influencia > 10 m<sup>2</sup>, de forma simplificada, se distingue entre las zonas H e I ya que son las más representativas. Si se quisiese comprobar la resistencia de los anclajes se deberían coger todas.

-Región H, coeficiente de presión: -0,7

-Región I, coeficiente de presión: 0,2, -0,2

Tabla D.4 Cubiertas planas



	$h_p/h$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$			
			F	G	H	I
Bordes con aristas		$\geq 10$	-1,8	-1,2	-0,7	0,2
		$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-0,2
Con parapetos	0,025	$\geq 10$	-1,6	-1,1	-0,7	0,2
		$\leq 1$	-2,2	-1,8	-1,2	-0,2
	0,05	$\geq 10$	-1,4	-0,9	-0,7	0,2
		$\leq 1$	-2,0	-1,6	-1,2	-0,2
0,10	$\geq 10$	-1,2	-0,8	-0,7	0,2	
	$\leq 1$	-1,8	-1,4	-1,2	-0,2	

Nota: Se considerarán cubiertas planas aquellas con una pendiente no superior a 5°

Imagen 21. Tabla D4 – Cubiertas planas (CTE DB-SE AE, Anejo D, 2009)

## D) Accidentales

Las acciones de sismo e incendio quedan fuera del presente trabajo con objeto de simplificarlo.

### 2.3.3. Imperfecciones

Las posibles imperfecciones que puedan ocurrir en la puesta en obra de los materiales quedan fuera del presente trabajo con objeto de simplificarlo.

### 2.3.4. Combinación de hipótesis

#### A. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

- Peso propio, carga permanente (G)
- Uso, carga variable (Q)

En sobrecarga de uso tendremos dos subcategorías distintas: G1 para , cubiertas accesibles únicamente para conservación, cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) y cubiertas accesibles únicamente para conservación, con inclinaciones inferiores a 20°; y C1 para zonas de acceso al público con mesas y sillas.

- Nieve, carga variable (Q)
- Viento, carga variable (Q)
- Imperfecciones (I)
- Sismo e incendio, cargas accidentales (A)

#### B. COMBINACIONES DE HIPÓTESIS

-Combinaciones de Estados Límite Últimos (ELU). Se realizan para asegurar que no se produzca un fallo en la estructura que pueda ocasionar víctimas.

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		<b>desestabilizadora</b>	<b>estabilizadora</b>
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

<sup>(1)</sup> Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

-Combinaciones de Estados Límite de Servicio (ELS). Si sobrepasan los límites afectan a la funcionalidad del edificio y al confort de los usuarios, pero no pueden provocar un fallo estructural que pudiese ocasionar víctimas.

Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

### C. COMBINACIONES PARA ELU EN RESISTENCIA

-Uso como variable principal:

$$1,35 \times G + 1,5 \times Q_{\text{uso C} + G}$$

$$1,35 \times G + 1,5 \times Q_{\text{uso C}} + 1,5 \times 0,6 \times Q_{\text{viento}} + 1,5 \times 0,5 \times Q_{\text{nieve}}$$

-Nieve como variable principal:

$$1,35 \times G + 1,5 \times Q_{\text{viento}} + 1,5 \times 0,7 \times Q_{\text{uso C}} + 1,5 \times 0,5 \times Q_{\text{nieve}}$$

-Viento como variable principal:

$$1,35 \times G + 1,5 \times Q_{\text{nieve}} + 1,5 \times 0,6 \times Q_{\text{viento}} + 1,5 \times 0,7 \times Q_{\text{uso C}}$$

$$0,8 \times G + 1,5 \times Q_{\text{viento}}$$

## 2.4. ORGANIZACIÓN ESTRUCTURAL, ARRIOSTRAMIENTOS

### 2.4.1. Ordenación general. El pórtico

Se entiende como pórtico a la una subestructura del sistema estructural del edificio que presenta gran rigidez a las acciones que ocurren en su plano en comparación con las que se dan fuera de este.

Para aumentar la rigidez fuera del plano del pórtico se utilizan los arriostramientos, consiguiendo minimizar las deformaciones del conjunto estructural y adquiriendo el carácter de estructura intraslacional.

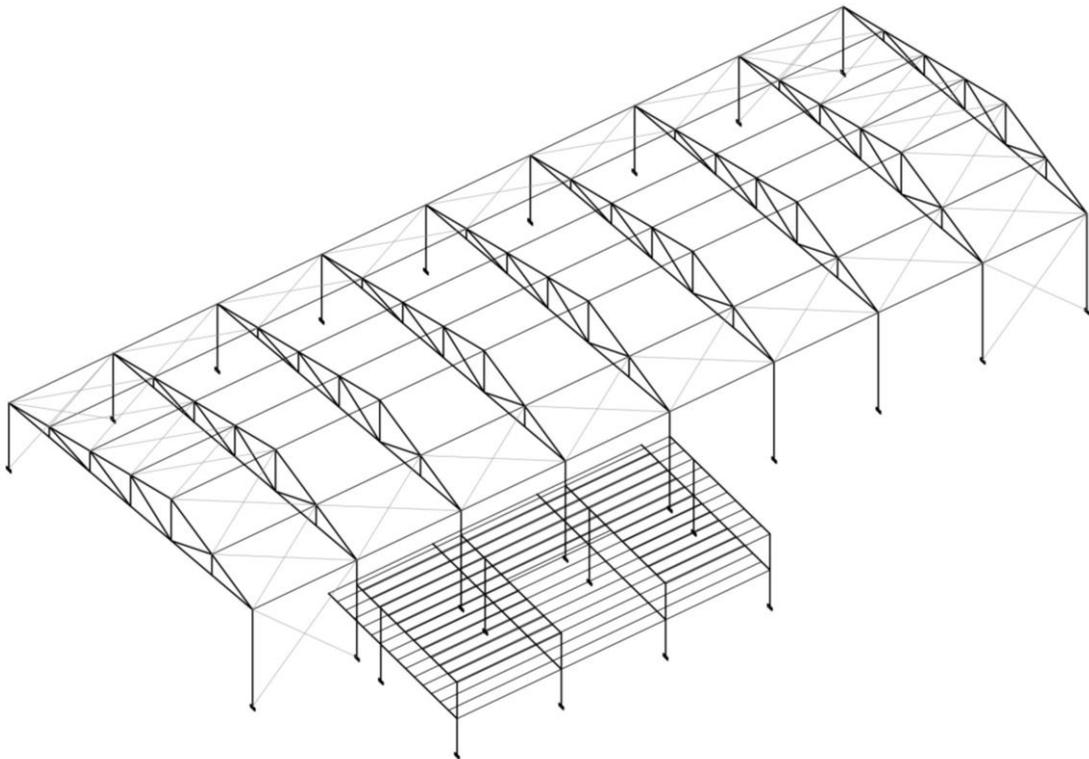


Imagen 23. Organización de pórticos con arriostramiento en 3D (Irene Bellido Blasco, 2019)

### 2.4.2. Disposición de arriostramientos

El volumen de mayor tamaño de la estructura propuesta esta arriostrado mediante tirantes metálicos de sección circular en el plano paralelo al pórtico y en todo el perímetro de la cubierta.

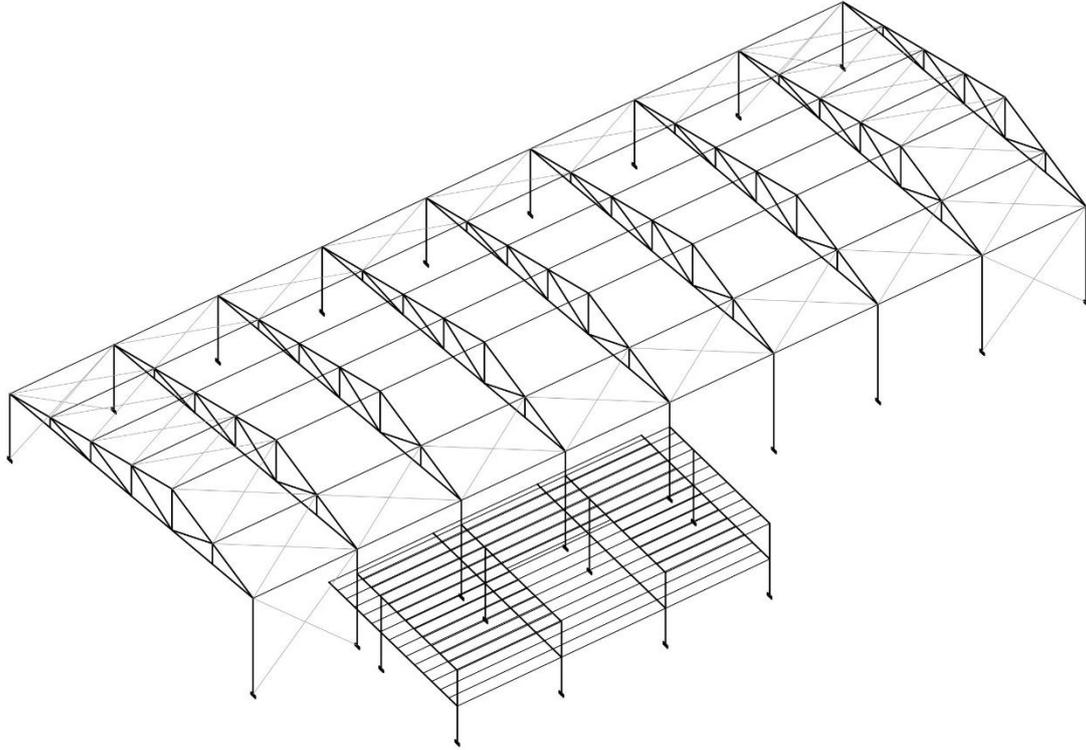


Imagen 24. Organización de pórticos con arriostramiento en 3D (Irene Bellido Blasco, 2019)

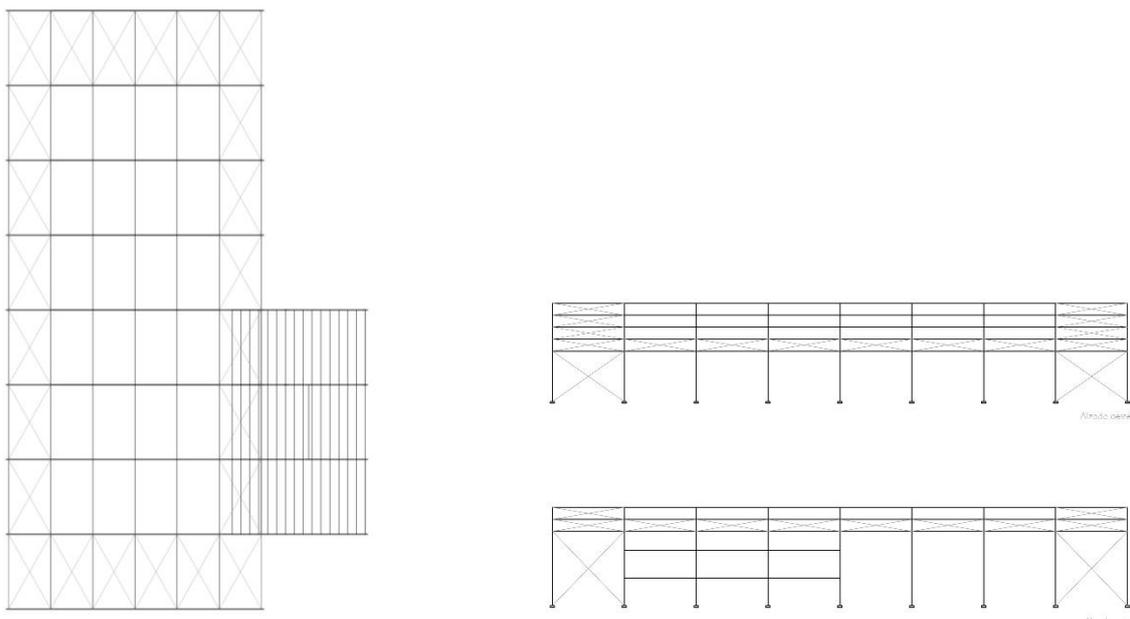


Imagen 25. Planta y alzado de pórticos con arriostramiento (Irene Bellido Blasco, 2019)

## 2.5. DIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA

### 2.5.1. Bases de dimensionado

Tras establecer las condiciones de arriostramiento de la estructura se procede a dimensionarla. Para se utiliza el programa CYPE y además, para adquirir un orden de magnitud, se realiza una pequeña comprobación a mano de algunas de las barras más solicitadas.

Tras la realización del modelo en CYPE3D con perfiles dimensionados de manera intuitiva, se introducen las combinaciones de cargas calculadas anteriormente y se calcula la estructura.

A través de las solicitaciones, deformadas y resistencia de las barras que se muestran tras el cálculo, se redimensiona la estructura de forma que cumpla todos los requisitos de resistencia, rigidez y estabilidad establecidos.

Durante el proceso se aplican criterios de homogeneización a los perfiles de características similares para facilitar su adquisición y puesta en obra.

## 2.5.2. Dimensionado p $\acute{o$ rtico

### 2.5.2.1. Solicitaciones, deformaciones y enlaces p $\acute{o$ rtico

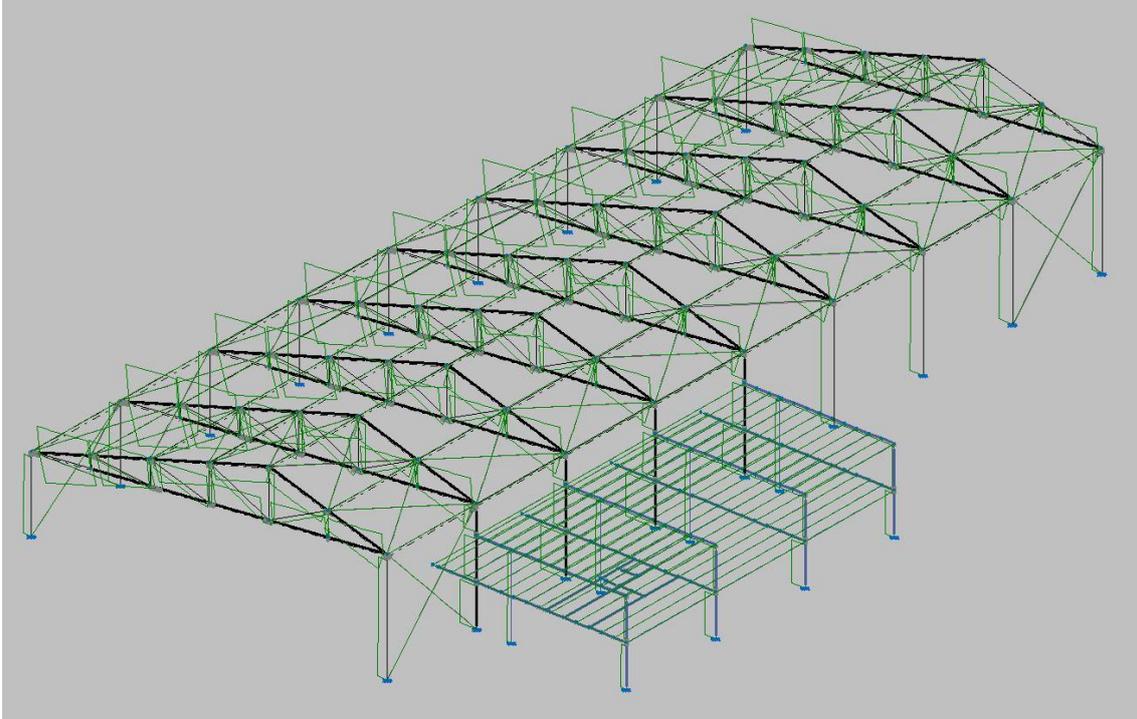


Imagen 26. Solicitaciones en estructura en 3D – axiles (Irene Bellido Blasco, 2019)

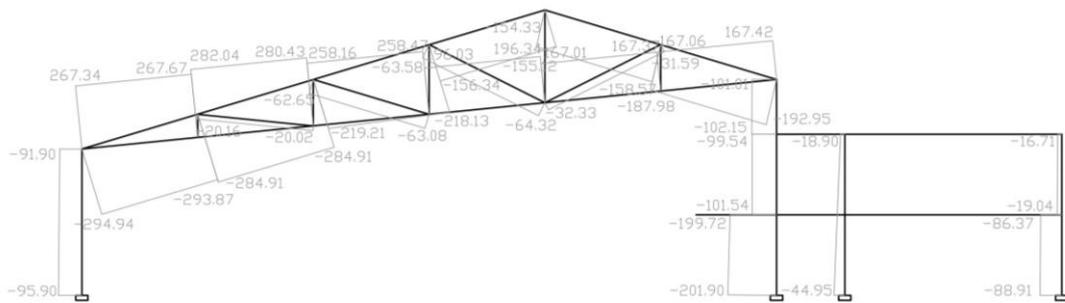


Imagen 27. Solicitaciones en p $\acute{o$ rtico m $\acute{a}$ s desfavorable – axiles en kN (Irene Bellido Blasco, 2019)

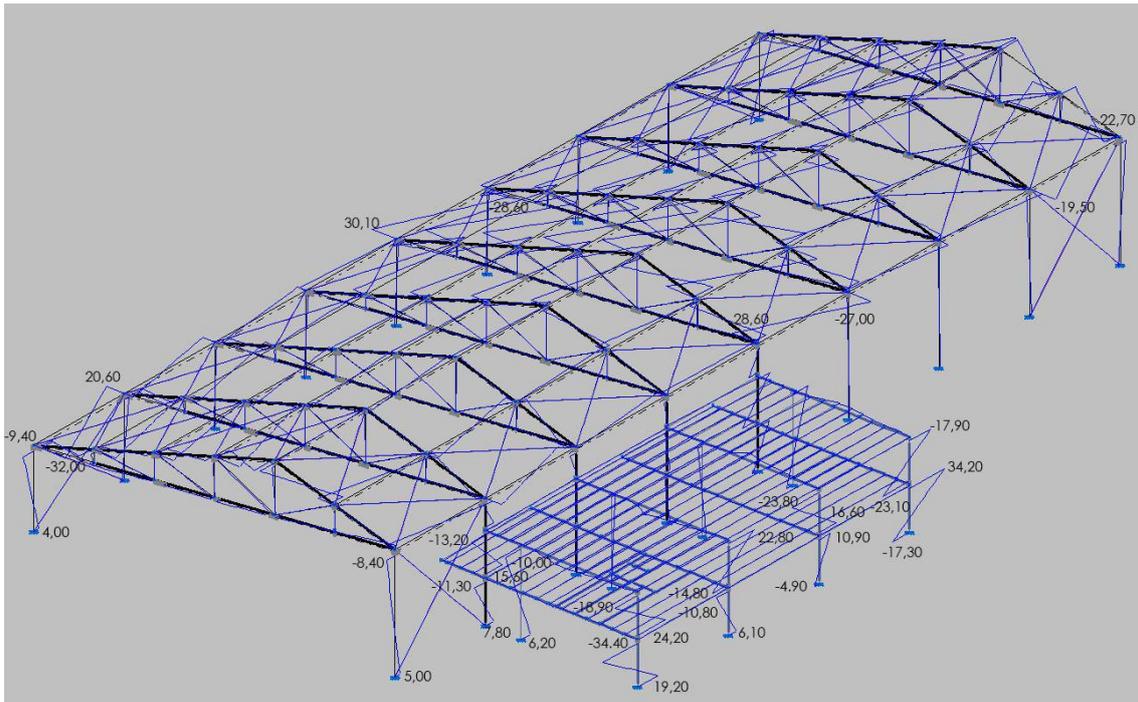


Imagen 28. Solicitaciones en la estructura en 3D – momentos en z en kN.m (Irene Bellido Blasco, 2019)

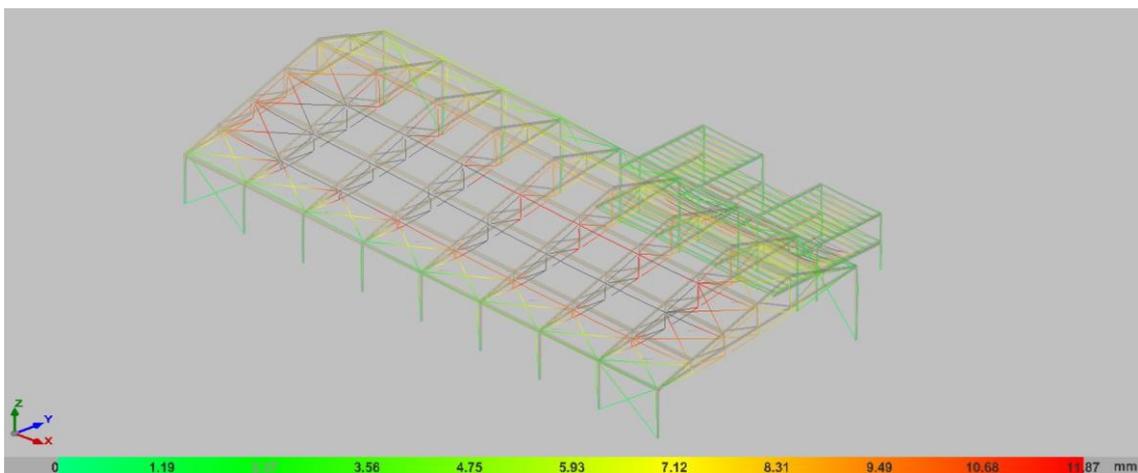


Imagen 29. Desplazamientos de los nudos en la estructura en 3D (Irene Bellido Blasco, 2019)

Valor máximo en la estructura: 11,900 mm

Valor máximo admisible:

-Desplome total (en la altura mayor):  $\frac{h}{500} = \frac{8850}{500} = 17,700 \text{ mm} > 11,900 \text{ mm}$

-Desplome local (por planta):  $\frac{h}{250} = \frac{300}{250} = 12,000 \text{ mm} > 11,900 \text{ mm}$ , como podemos ver en la imagen 29 el valor máximo no se sitúa en las zonas divididas en varias plantas. A pesar de ello estaría dentro del valor admisible.

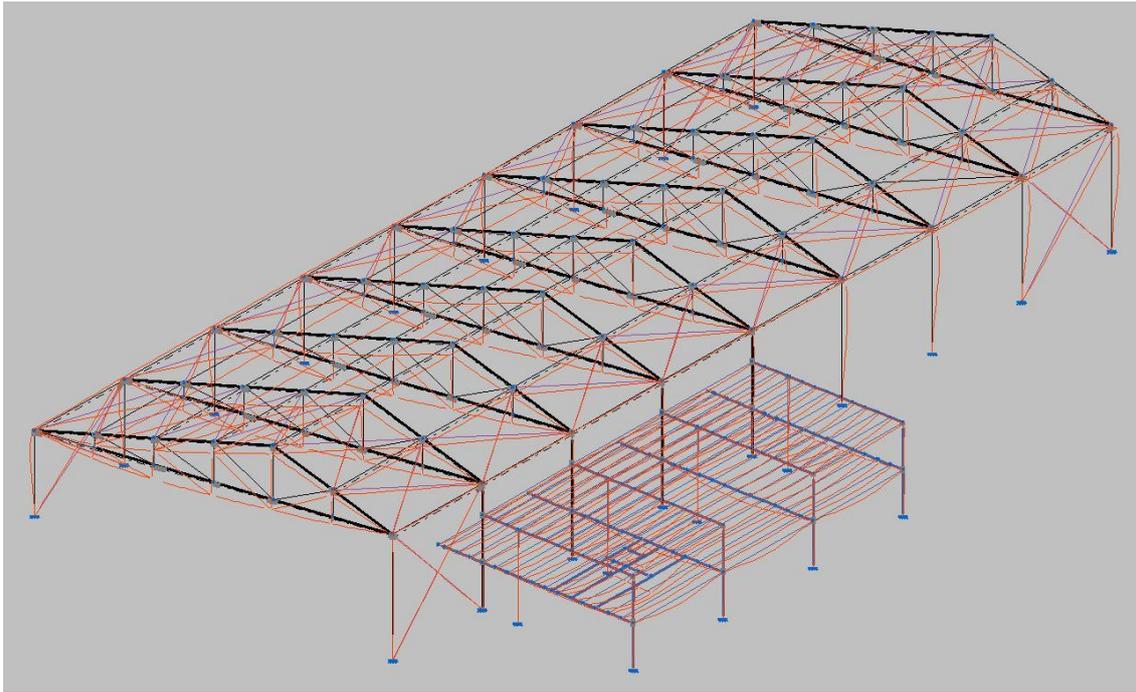


Imagen 30. Deformada en el eje z en la estructura en 3D (Irene Bellido Blasco, 2019)

Valor máximo en la estructura: 14,044 mm

Valor máximo admisible:  $\frac{L}{500} = \frac{28000}{500} = 56,000 \text{ mm} > 14,044 \text{ mm}$

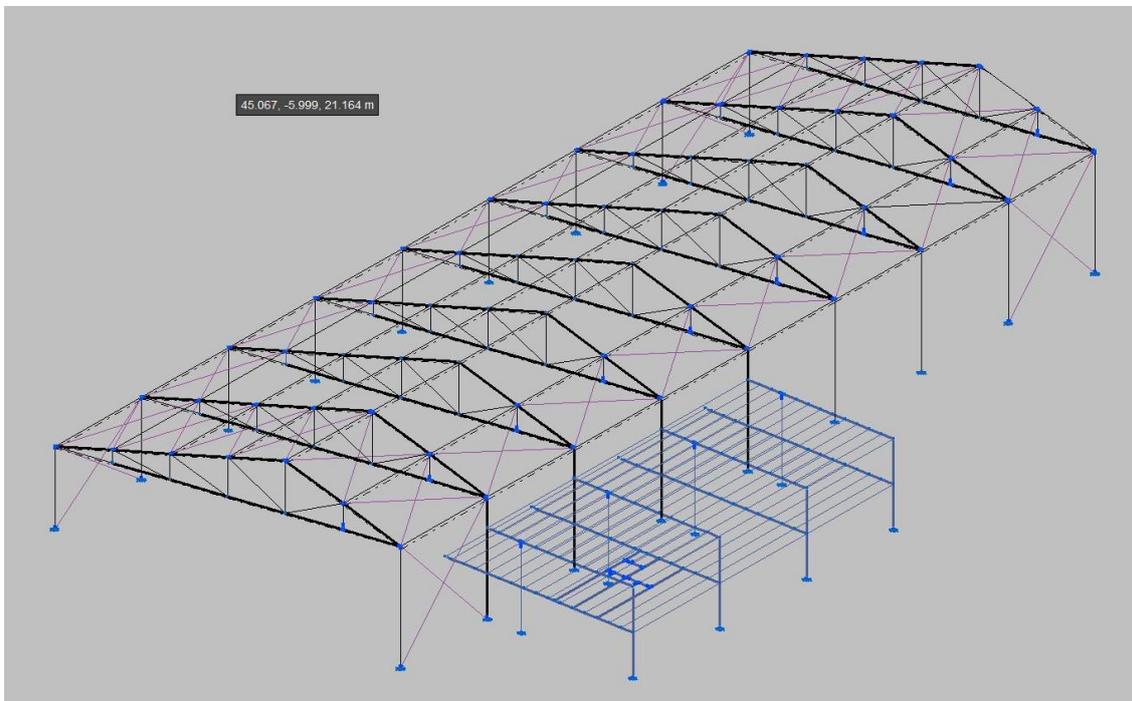


Imagen 31. Uniones en la estructura en 3D (Irene Bellido Blasco, 2019)

2.5.2.2. Dimensionado pórtico

**Pilares**

Mediante el programa de cálculo CYPE3D se ha comprobado que el primer perfil de la serie HEB que cumple los criterios ELU en la estructura del volumen mayor realizada mediante cerchas inclinadas es **HEB 220**, con un aprovechamiento de resistencia del 75,75 % en el caso más desfavorable quedando condicionado su dimensionamiento por la esbeltez límite; mientras que en la estructura del volumen de servicios realizada con vigas metálicas se trata de perfiles **HEB 240**, esta vez con un 98,11% en el caso más desfavorable.

Barra N25/N24

Perfil: HE 220 B Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas				
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N25	N24	8.850	91.00	8091.00	2843.00	76.57	
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L <sub>K</sub>	8.850	8.850	0.000	0.000		
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTEDBSE-A)													Estado		
	λ̄	λ <sub>w</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>x</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	NM <sub>x</sub> M <sub>y</sub>	NM <sub>x</sub> V <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	M <sub>t</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N25/N24	λ̄ < 2.0 Cumple	λ <sub>w</sub> ≤ λ <sub>w,lim</sub> Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0,00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 56.7	x: 8,45 m η = 28.1	x: 0 m η = 0,3	η = 2,9	η < 0,1	η < 0,1	η < 0,1	x: 8,45 m η = 75,8	η < 0,1	M <sub>Ed</sub> = 0,00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 75,8
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N: Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>x</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>x</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>x</sub> M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>x</sub> V <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Imagen 32. Comportamiento frente a ELU del pilar más desfavorable del volumen mayor (Irene Bellido Blasco, 2019)

Perfil: HEB 220

Fyd: 275/1,05 = 261,9

N: 201,90 kN

M: 430 kN.m

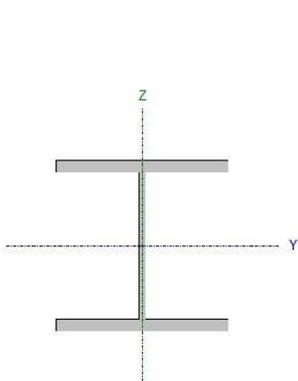
A: 91,00 cm<sup>2</sup>

W: 736 mm<sup>3</sup>

$$\sigma_{max} = \frac{N}{A} + \frac{Md}{w} = \frac{201.9 \times 10^3 \times 1,5}{91 \times 10^2} + \frac{43 \times 10^6 \times 1,5}{736 \times 10^3} = 120.91 \text{ N/mm}^2 < 261,9$$

Como era de esperar, cumple sobradamente ya que la condición de resistencia no es la más restrictiva en este caso, sino que la dimensión del perfil establecido queda condicionada por la esbeltez límite.

Barra N93/N90

Perfil: HE 240 B Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N93	N90	3.300	106.00	11260.00	3923.00	102.70
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
$\beta$	1.00	1.00	0.00	0.00			
L <sub>K</sub>	3.300	3.300	0.000	0.000			
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000			
C <sub>t</sub>	-		1.000				
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>t</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

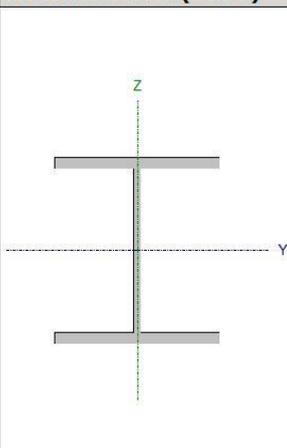
Barra	COMPROBACIONES(CTEDBSE-A)															Estado
	$\lambda$	$\lambda_{lim}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>c</sub>	V <sub>t</sub>	V <sub>c</sub>	M,V <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>c</sub>	NM,M <sub>t</sub>	NM,M <sub>c</sub> V <sub>t</sub> V <sub>c</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>c</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>c</sub> V <sub>c</sub>	
N93/N90	$\lambda < 2.0$ Cumple	$\lambda_{lim} \leq \lambda_{lim,max}$ Cumple	N <sub>ts</sub> = 0,00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 17.8$	x: 3.13 m $\eta = 80.5$	x: 3.13 m $\eta = 1.7$	$\eta = 20.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.13 m $\eta = 98.1$	$\eta < 0.1$	M <sub>ts</sub> = 0,00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	<b>CUMPLE</b> <b><math>\eta = 98.1</math></b>
Notación: $\lambda$ : Limitación de esbeltez $\lambda_{lim}$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>t</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>c</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>t</sub> : Resistencia a corte Y V <sub>c</sub> : Resistencia a corte Z M,V <sub>t</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>t</sub> V <sub>c</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM,M <sub>t</sub> : Resistencia a flexión y axial combinados NM,M <sub>c</sub> V <sub>t</sub> V <sub>c</sub> : Resistencia a flexión, axial y cortante combinados M: Resistencia a torsión M,V <sub>t</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados M,V <sub>c</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axial de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Imagen 33. Comportamiento frente a ELU del pilar más desfavorable del volumen de servicios (Irene Bellido Blasco, 2019)

### Vigas y viguetas

Mediante el programa de cálculo CYPE3D se ha comprobado que el primer perfil de la serie HEB que cumple los criterios ELU en la estructura del volumen de servicios se trata del **HEB 340**, con un aprovechamiento de resistencia del 97,31 % en el caso más desfavorable; mientras que haciendo la función de viguetas se trata del perfil **UPE 160, doble en cajón soldado**, con un 49.28 % limitado por la esbeltez.

Barra N131/N129

Perfil: HE 340 B Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N131	N129	1.000	170.90	36660.00	9690.00	257.20
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	1.00	1.00	0.00	0.00			
L <sub>K</sub>	1.000	1.000	0.000	0.000			
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000			
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTEDBSE-A)														Estado	
	λ̄	λ̄ <sub>sw</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>
N131/N129	λ̄ < 2,0 Cumple	λ̄ <sub>sw</sub> ≤ λ̄ <sub>sw,lim</sub> Cumple	η = 0.2	η = 0.1	x: 0.11 m η = 97.1	x: 0.11 m η = 0.1	x: 0.11 m η = 38.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.11 m η = 97.3	η < 0.1	η = 15.1	x: 0.11 m η = 40.9	η < 0.1	<b>CUMPLE η = 97.3</b>
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ̄ <sub>sw</sub> : Abolladura del alma inducida por el alma comprimida N: Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión en eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión en eje Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte en eje Y V <sub>z</sub> : Resistencia a corte en eje Z M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y torsión combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axial y torsión combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Imagen 34. Comportamiento frente a ELU de la viga más desfavorable (Irene Bellido Blasco, 2019)

Perfil: HEB 340

F<sub>yd</sub>: 275/1,05 = 261,9

N: 10,80 kN

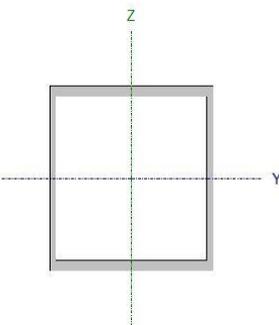
M: 257,40 kN.m

A: 170,90 cm<sup>2</sup>

W: 2160 mm<sup>3</sup>

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{Md}{w} = \frac{10,8 \times 10^3 \times 1,5}{170,90 \times 10^2} + \frac{257,40 \times 10^6 \times 1,5}{2160 \times 10^3} = 179,70 \text{ N/mm}^2 < 261,9$$

BarraN125/N124

Perfil: UPE 160, Doble en cajón soldado (Cordón continuo) Material: Acero (S275)						
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N125	N124	8.500	43.40	1822.20	1184.58
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeolateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	8.500	8.500	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

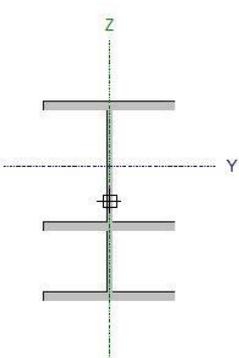
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	λ <sub>w</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>x</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> V <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>
N125/N124	λ < 2.0 Cumple	λ <sub>w</sub> ≤ λ <sub>w,adm</sub> Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 4,781 m η = 49.2	x: 8.5 m η = 0.7	x: 0 m η = 9.9	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 4,781 m η = 49.3	η < 0.1	η = 4.5	x: 0 m η = 10.4	η < 0.1	<b>CUMPLE</b> η = 49.3
Notación: λ: Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N: Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M: Resistencia a flexión eje Y M <sub>x</sub> : Resistencia a flexión eje X M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V: Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM: Resistencia a flexión y momento torsor combinados NM <sub>x</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, eje X y momento torsor combinados NM <sub>y</sub> V <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a flexión, eje Y y momento torsor combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Imagen 35. Comportamiento frente a ELU de la vigueta más desfavorable (Irene Bellido Blasco, 2019)

**Celosías**

**-Cordones superior e inferior:** el primer perfil de la serie HEB que cumple los criterios ELU es el **HEB 240**, con un aprovechamiento de resistencia del 77,63 % en el caso más desfavorable.

BarraN221/N28

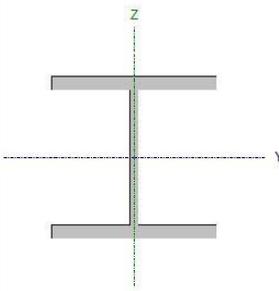
Perfil: HE 240 B, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 1.00 m. Cartela final inferior: 1.00 m.) Material: Acero (S275)									
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas <sup>(1)</sup>						
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>x</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(3)</sup> (cm <sup>4</sup> )	Y <sub>g</sub> <sup>(4)</sup> (mm)	Z <sub>g</sub> <sup>(4)</sup> (mm)	
N221	N28	4.959	158.00	29662.52	5882.33	145.74	0.00	64.49	
Notas: <sup>(1)</sup> Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N221) <sup>(2)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(3)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme <sup>(4)</sup> Coordenadas del centro de gravedad									
	Pandeo				Pandeo lateral				
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
	$\beta$	1.00	1.00	0.00	0.00				
	$L_K$	4.959	4.959	0.000	0.000				
	$C_m$	1.000	1.000	1.000	1.000				
$C_1$	-			1.000					
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo $L_K$ : Longitud de pandeo (m) $C_m$ : Coeficiente de momentos $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico									

Barra	COMPROBACIONES(CTEDBSE-														Estado
	$\bar{\lambda}$	$\bar{\lambda}_{el}$	$N_s$	$N$	$M_s$	$M$	$V_s$	$V$	$M/V$	$NMM_s$	$NMM/V/V_s$	$M$	$M/V_s$	$M/V$	
N221/N28	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\bar{\lambda}_{el} \leq \bar{\lambda}_{el,lim}$ Cumple	$N_{s0} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$N < 0.475 m$ $\eta = 59.0$	$M_s < 0.475 m$ $\eta = 15.5$	$M < 0.475 m$ $\eta = 4.7$	$V_s < 4.802 m$ $\eta = 2.2$	$V < 0.2$ $\eta < 0.1$	$M/V < 0.1$ $\eta < 0.1$	$NMM_s < 0.475 m$ $\eta = 77.6$	$NMM/V/V_s < 0.1$ $\eta < 0.1$	$M < 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$M/V_s < N.P.(1)$	$M/V < N.P.(1)$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 77.6$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\bar{\lambda}_{el}$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida $N_s$ : Resistencia a tracción $N$ : Resistencia a compresión $M_s$ : Resistencia a flexión eje Y $M$ : Resistencia a flexión eje X $V_s$ : Resistencia a corte Z $V$ : Resistencia a corte Y $M/V_s$ : Resistencia a momento flexor Y y fuerza cortante Z combinados $M/V$ : Resistencia a momento flexor Z y fuerza cortante Y combinados $NMM_s$ : Resistencia a flexión y axil combinados $NMM/V_s$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados $M$ : Resistencia a torsión $M/V_s$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M/V$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados $x$ : Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

Imagen 36. Comportamiento frente a ELU del cordón más desfavorable (Irene Bellido Blasco, 2019)

**-Montantes y diagonales:** el primer perfil de la serie HEB que cumple los criterios ELU es el **HEB 140**, con un aprovechamiento de resistencia del 80,98 % en el caso más desfavorable.

Barra N238/N21

Perfil: HE 140 B Material: Acero (S275)							
Nudos	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N238	N21		5.311	43.00	1509.00	549.70	20.06
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	$\beta$	1.00	1.00	0.00	0.00		
	$L_K$	5.311	5.311	0.000	0.000		
	$C_m$	1.000	1.000	1.000	1.000		
$C_1$	-			1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo $L_K$ : Longitud de pandeo (m) $C_m$ : Coeficiente de momentos $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTEDB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	$\bar{\lambda}_{cr}$	$N_t$	$N_c$	$M_t$	$M_c$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y$	$NM_z V_z$	$M_t$		$M_y V_z$	$M_z V_y$
N238/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\bar{\lambda}_{cr} \leq \bar{\lambda}_{cr,max}$ Cumple	$N_{t,d} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$x: 0.079$ $\eta = 76.2$	$x: 4.96$ $\eta = 4.3$	$x: 4.96$ $\eta = 0.9$	$x: 4.96$ $\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 4.96$ $\eta = 81.0$	$\eta < 0.1$	$M_{t,d} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 81.0$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\bar{\lambda}_{cr}$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida $N_t$ : Resistencia a tracción $N_c$ : Resistencia a compresión $M_t$ : Resistencia a flexión eje Y $M_c$ : Resistencia a flexión eje Z $V_z$ : Resistencia a corte Z $V_y$ : Resistencia a corte Y $M_y V_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $NM_y$ : Resistencia a flexión y axil combinados $NM_z V_z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados $M_t$ : Resistencia a torsión $M_y V_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_z V_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados $x$ : Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede. Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Imagen 37. Comportamiento frente a ELU de la diagonal más desfavorable (Irene Bellido Blasco, 2019)

### 2.5.3.3. Resumen dimensionado pórtico

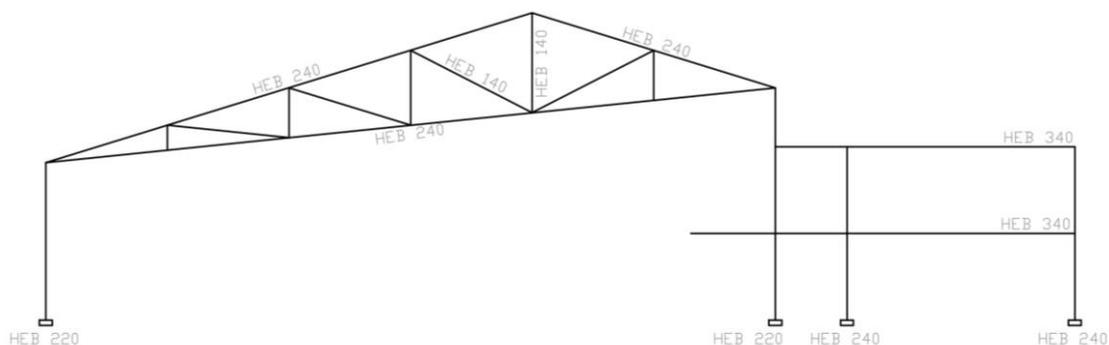


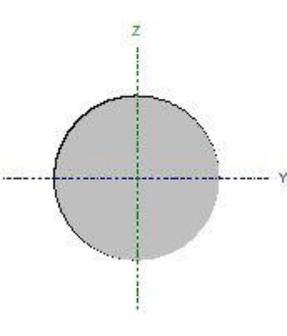
Imagen 38. Perfiles dimensionado pórtico (Irene Bellido Blasco, 2019)

### 2.5.3. Dimensionado de arriostramientos

#### TRIANGULACIONES. CRUCES DE SAN ANDRÉS

Mediante el programa de cálculo CYPE3D se ha comprobado que el primer tirante metálico de sección circular que cumple los criterios ELU en la estructura del volumen mayor realizada mediante cerchas inclinadas es **R 12**, con un aprovechamiento del 31,47% en el caso más desfavorable.

Barra N32/N38

Perfil: R 12 Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N32	N38	9.841				
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeolateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
$\beta$	0.00		0.00	0.00	0.00		
$L_e$	0.000		0.000	0.000	0.000		
$C_m$	1.000		1.000	1.000	1.000		
$C_1$	-			1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo $L_e$ : Longitud de pandeo (m) $C_m$ : Coeficiente de momentos $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DBSE-A)													Estado				
	$\lambda$	$N_c$	$N_t$	$M_x$	$M_y$	$M_z$	$V_x$	$V_y$	$V_z$	$MV_x$	$NM_x$	$NM_y$	$NM_z$		$M_t$	$MV_x$	$MV_y$	$MV_z$
N32/N38	$\lambda \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 31.5$	$N_{t,d} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$M_{x,d} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$M_{y,d} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$M_{z,d} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$V_{x,d} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{y,d} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{z,d} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{t,d} = 0.00$ N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.5$
Notación: $\lambda$ : Limitación de esbeltez $N_c$ : Resistencia a tracción $N_t$ : Resistencia a compresión $M_x$ : Resistencia a flexión en X $M_y$ : Resistencia a flexión en Y $M_z$ : Resistencia a flexión en Z $V_x$ : Resistencia a corte X $V_y$ : Resistencia a corte Y $MV_x$ : Resistencia a momento flector y fuerza cortante Z combinados $MV_y$ : Resistencia a momento flector y fuerza cortante Y combinados $NM_x$ : Resistencia a flexión y torsión combinados $NM_y$ : Resistencia a flexión y torsión combinados $NM_z$ : Resistencia a flexión y torsión combinados $M_t$ : Resistencia a torsión $MV_x$ : Resistencia a corte X y momento torsor combinados $MV_y$ : Resistencia a corte Y y momento torsor combinados $x$ : Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																		
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay eje de compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzos cortantes. (4) No hay interacción entre momento flector y fuerza cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) No hay interacción entre momento flector en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (6) No hay interacción entre momento flector y fuerza cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (8) No hay interacción entre momento torsor y fuerza cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																		

Imagen 39. Comportamiento frente a ELU del tirante más desfavorable (Irene Bellido Blasco, 2019)

### 3. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo de fin de grado ha sido comprobar la importancia que tiene la organización estructural sobre el proyecto, realizando tanto el diseño como el cálculo desde cero, utilizando criterios de forma, rigidez, resistencia y estabilidad. Para su realización ha sido indispensable la utilización del programa CYPE3D.

En cuanto a la organización estructural se puede hablar de 3 tipologías estructurales:

La primera de ellas se trata de los box de los caballos, los cuales al tratarse de madera estructural se han calculado a través de una serie de tablas aportadas por el fabricante, en nuestro caso la compañía KLH. Gracias a este carácter prefabricado se puede asegurar un aumento del complejo si las necesidades lo requieren.

La segunda se trata de un edificio de servicios que se anexa al volumen de la pista interior creando una zona de voladizo para los espectadores. Esta estructura se compone de pilares, vigas y viguetas metálicas, con unas luces algo mayores a las cotidianas.

La tercera y última es la del edificio que contiene la actividad más importante del complejo, el ejercicio de la equitación. Debido a las exigencias de este deporte que debe albergar una pista de 60 x 20 metros, a los que se le añaden 3 metros en los laterales de circulación y 5 metros en los laterales que contienen accesos, se ha creado una estructura metálica de grandes luces mediante pilares metálicos, celosías inclinadas y correas que unen los pórticos.

La elección del tipo de perfil es muy importante para realizar un buen dimensionado de la estructura. Es conveniente utilizar tirantes para perfiles que trabajan principalmente a tracción, perfiles rectangulares (UPN) para elementos que trabajan principalmente a flexión y perfiles cuadrados (HEB) para elementos que trabajen principalmente a compresión.

Además, para evitar el sobredimensionado de los perfiles que forman esta última estructura se ha realizado el arriostamiento de todo el perímetro de cubierta junto con los extremos de la nave en el plano paralelo al pórtico, permitiéndonos un importante ahorro económico y trabajando para lograr una estructura lo más eficiente posible. Ya que gracias a la rigidez que aportan los arriostamientos se consigue reducir las deformaciones de los perfiles.

Los arriostamientos actúan como vigas trianguladas que trabajan principalmente a esfuerzo axial trabajando como puntos de apoyo para los pórticos que absorben esfuerzos y minimizan las deformaciones. Esto ayuda a reducir las longitudes de pandeo y los momentos flectores, evitando el sobredimensionado. Es conveniente estudiar la rigidez de cada plano para arriostar el perfil en función de esta.

En conclusión, es tan importante la organización estructural, como la elección de un tipo de perfil adecuado y unas condiciones de arriostamiento adecuadas, para conseguir una estructura eficiente.

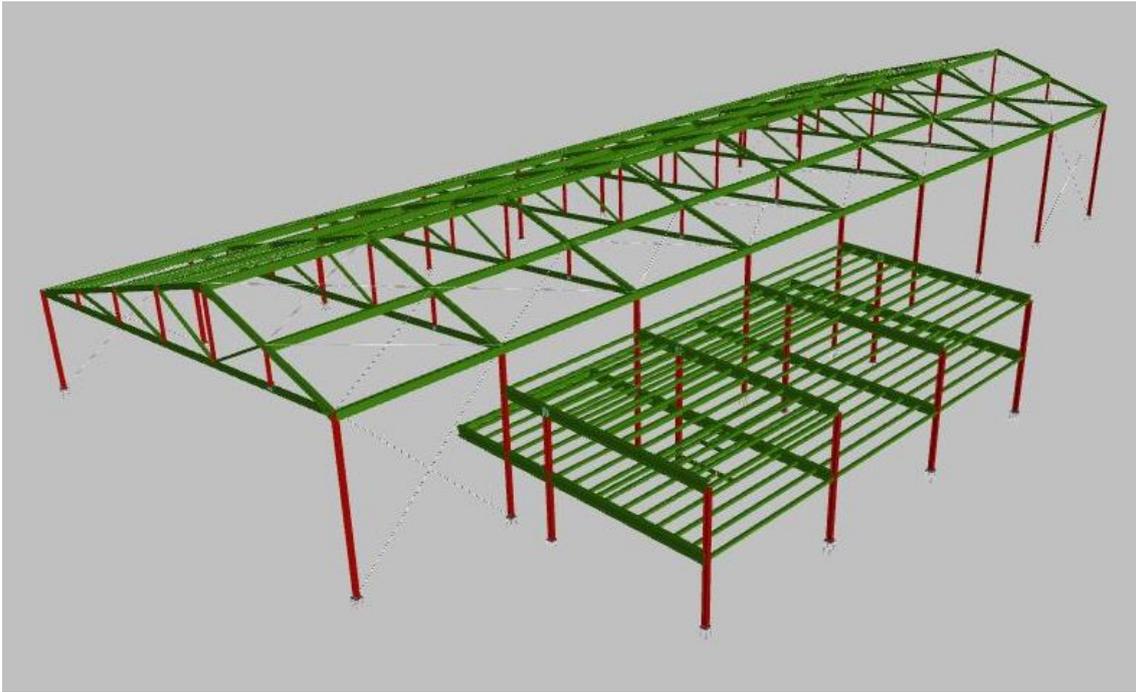


Imagen 40. Vista 3D de la estructura (Irene Bellido Blasco, 2019)

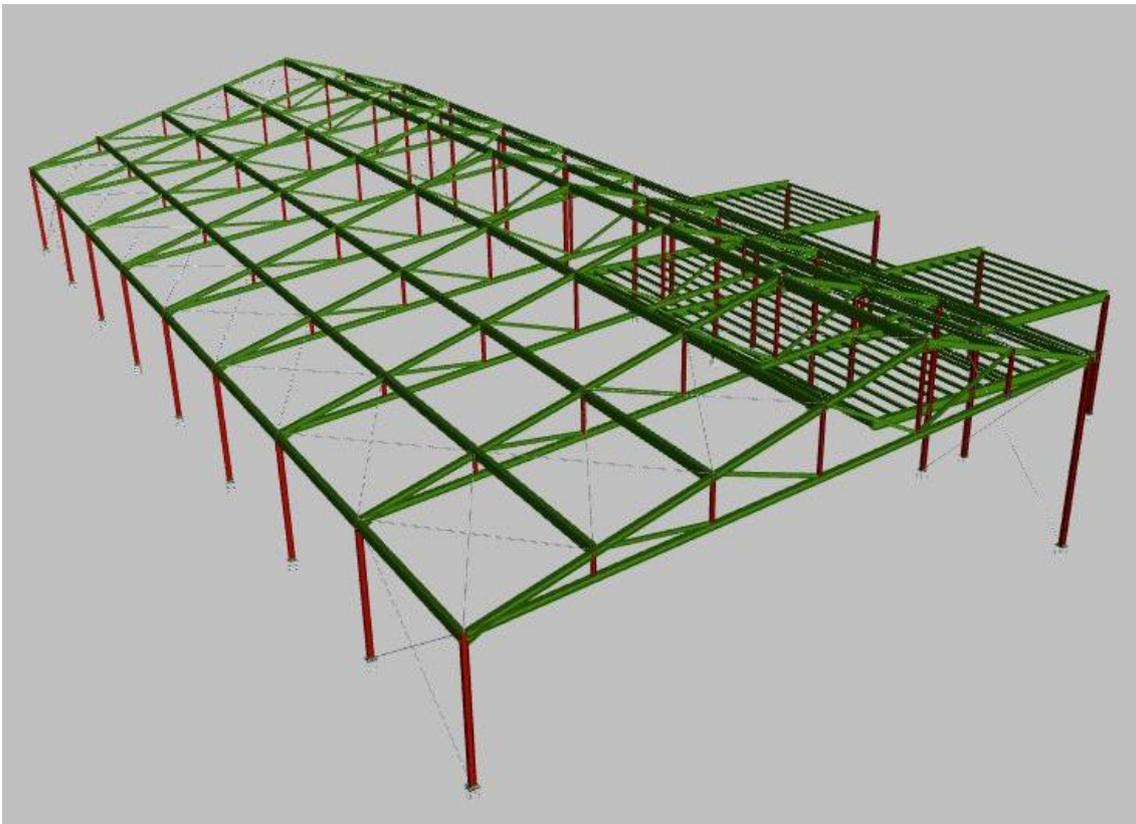


Imagen 41. Vista 3D de la estructura (Irene Bellido Blasco, 2019)

## 4. BIBLIOGRAFÍA

## Libros:

- Kister, Johannes. (Ed.) (2013). *Neufert. Arte de proyectar en arquitectura*. Barcelona, España: Gustavo Gili, SL.
- Monfort Lleonart, J. (2006). *Estructuras metálicas para edificación adaptado al CTE*. Valencia, España: Editorial Universitat Politècnica de València.
- 

## Normativa:

- CTE DB SE
- CTE DB SE-AE

## Páginas web:

- Centro Ecuestre Robledales de Ultzama. (Febrero de 2019). Recuperado de: <http://robledalesdeultzama.com/>
- Hiansa. Grupo Hiemesa. Fabricantes de panel sándwich y chapa perfilada. (Septiembre de 2019). Recuperado de: <https://www.hiansa.com/es>
- Inmatteria. Una disección de materiales innovadores. (Septiembre de 2019). Recuperado de: <https://www.inmatteria.com/2016/05/16/conoce-el-sistema-de-construccion-de-madera-contra-laminada-o-clt/>
- KLH, Construcción con madera maciza. (Septiembre de 2019). Recuperado de: <https://www.klh.at/es/>
- Prehorquisa. Sus diseños en prefabricado. (Septiembre de 2019). Recuperado de: [https://www.prehorquisa.com/index.php/es/grc?gclid=CjwKCAjw5\\_DsBRBPEiwA\\_IEDRW1UMutHutbSRoxcS28s-iRT2cu3oskV7kUZ5tPeODVr6ywpJ-obFPBoCEcsQAvD\\_BwE](https://www.prehorquisa.com/index.php/es/grc?gclid=CjwKCAjw5_DsBRBPEiwA_IEDRW1UMutHutbSRoxcS28s-iRT2cu3oskV7kUZ5tPeODVr6ywpJ-obFPBoCEcsQAvD_BwE)
- Visor SIGPAC, Gobierno de Aragón. (Septiembre de 2019). Recuperado de: <http://sigpac.aragon.es/visor/#>

## Programas:

- CYPE 2019. (1998). CYPE ingenieros, S.A.

## Referencias:

- Centro Ecuestre Robledales de Ultzama. Ultzama, Pamplona. (2008). Francisco Mangado.
- Aulario Arenals. Universidad Miguel Hernández. Elche, Alicante. (2013-2014). GRUPOTEC Servicios de ingeniería. Lola Romera Martínez.