

TRABAJO FINAL DE GRADO

Elaboración del proyecto de ejecución de la estructura de una vivienda unifamiliar. Estructura metálica.

Autor: Enrique Viedma García

Tutor: Luis María de Mazarredo Aznar

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Grado en Fundamentos de la arquitectura

Curso: 2018-2019



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN, RESUM, ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN	5
2. PROYECTO	9
3. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA PRPOUESTA	15
4. BASES DE CÁLCULO	18
4.1 Acciones en la edificación	
4.2 Combinación de acciones	
5. MODELO DE CÁLCULO	26
6. RESULTADOS PROPUESTA	31
7. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA	41
8. MEDICIONES	57
9. CONCLUSIONES	66
10. BIBLIOGRAFÍA	69
10.1 Bibliografía documental	
10.2 Bibliografía gráfica	



RESUMEN

El ejercicio profesional del arquitecto abarca distintas materias que debe de ser capaz de dominar. La dualidad artístico-técnica de la arquitectura se encuentra muy presente en las escuelas de arquitectura. Tomar conciencia de las estructuras es vital para poder proyectar en consecuencia a las posibilidades técnicas que se disponen hoy en día.

En este trabajo se propone el estudio de una vivienda unifamiliar con una estructura singular, con voladizos de hasta 10 metros. La Casa cruzada, como objeto de estudio, se plantea resolver los problemas que supone proyectar una estructura singular mediante elementos metálicos. De esta manera se desarrolla el proyecto de ejecución estructural con esta nueva propuesta de estructura. El proceso constante de comprobación y elección de los distintos elementos estructurales servirá como experiencia y ejercicio de aprendizaje. Existen una gran variedad de sistemas estructurales. Entender que es posible plantear distintos métodos para resolver de manera eficaz un mismo ejercicio nos permite proyectar con mejor perspectiva.

Palabras clave: Estructura singular, voladizos, Casa cruzada, elementos metálicos, proyecto de ejecución estructural.

RESUM

L'exercici professional de l'arquitecte comprén distintes matèries que deu de ser capaç de dominar. La dualitat artísticotècnica de l'arquitectura es troba molt present en les escoles d'arquitectura. Prendre consciència de les estructures és vital per a poder projectar en conseqüència a les possibilitats tècniques que es disposen hui en dia.

En este treball es proposa l'estudi d'una vivenda unifamiliar amb una estructura singular, amb volades de fins a 10 metres. La Casa cruzada, com a objecte d'estudi, es planteja resoldre els problemes que suposa projectar una estructura singular per mitjà d'elements metàl·lics. D'esta manera es desenrotlla el projecte d'execució estructural amb esta nova proposta d'estructura. El procés constant de comprovació i elecció dels distintes elements estructurals servirà com a experiència i exercici d'aprenentatge. Hi ha una gran varietat de sistemes estructurals. Entendre que és possible plantejar distintes mètodes per a resoldre de manera eficaç un mateix exercici ens permet projectar amb millor perspectiva.

Paraules clau: Estructura singular, volades, Casa cruzada, elements metàl·lics, projecte d'execució estructural.



ABSTRACT

The architect's professional practice covers many subjects that they must be able to master. The artistic-technical duality of architecture is very present in architecture schools. Becoming aware of the structures is vital to be able to design accordingly with the technical possibilities that can be available today.

In this work it is proposed the analysis of a detached house with a singular structure, with cantilevers of up to 10 meters. Casa Cruzada, as a case of study, aims to solve the problems that can be found while designing a singular structure by metallic elements. In this way, the structural execution project is developed with this new structure proposal. The constant process of checking and choosing the different structural elements will serve as an experience and exercise of learning. There is a great variety of structural systems. Understanding that it is possible to propose different methods to effectively solve the same exercise allows us to design with a better perspective

Keywords: Singular structure, cantilevers, Casa Cruzada, metal elements, structural execution project.



1. INTRODUCCIÓN

La arquitectura tiene como finalidad la materialización de las obras creadas por las personas habilitadas para su diseño. Proyectar una edificación supone diseñarla de tal forma que sea posible su construcción, aportar toda la documentación necesaria para la misma y llevarla a cabo. Por lo tanto, deben existir unas pautas a seguir y se debe aportar la documentación adecuada para que, sin necesidad de más información que la aportada, sea posible su construcción.

En la actualidad, se plantean todo tipo de diseños, desde los más convencionales hasta los más singulares. Todos ellos requieren de información que el arquitecto debe transmitir a las personas que llevarán a cabo la ejecución de la obra. El correcto desarrollo del proyecto de ejecución estructural es vital para poder materializar el diseño arquitectónico.

La necesidad de comprender la importancia de estos documentos y los contenidos de los mismos nos empujan a elegir una vivienda con una estructura singular que nos sirva de caso de estudio y de desarrollo de un proyecto de ejecución de estructura. La vivienda objeto se trata de La Casa Cruzada.



Imagen 1. 1 Vista exterior Casa cruzada



Imagen 1. 2 Vista exterior Casa cruzada

El autor de la vivienda objeto es Manuel Clavel Rojo, arquitecto murciano. Clavel, arquitecto por la Escuela Técnica Superior de Madrid, es socio de Clavel arquitectos, estudio donde trabaja.

Clavel arquitectos, estudio con más de 40 años de experiencia, se expande a nivel internacional contando con oficinas tanto en Murcia como en Miami, abarcando así proyectos en países europeos, americanos y asiáticos. Dicho estudio también cuenta con múltiples reconocimientos con más de 50 premios y más de 100 publicaciones a nivel internacional.

En su amplia colección de proyectos, encontramos un enorme abanico de estilos. Desde mastersplans hasta pequeñas intervenciones efímeras en formas de stands. Algunos ejemplos de estas obras son:

-Edificio San Cristobal: Tres aspectos fundamentales caracterizan esta intervención: Máxima transparencia a nivel de calle, reinterpretación de lo antiguo y construcción de lo nuevo.



Imagen 1. 3 Logo Clavel arquitectos



Imagen 1. 4 Manuel Clavel Rojo

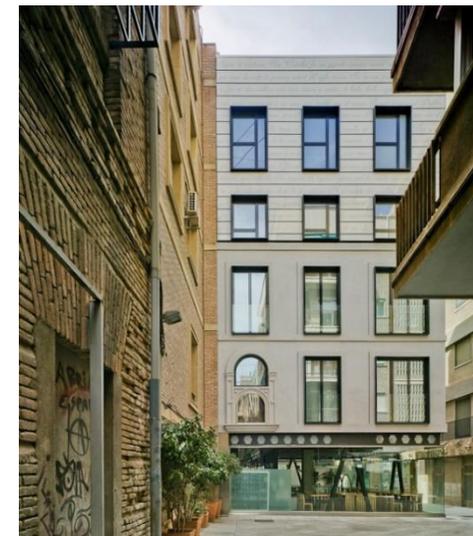


Imagen 1. 5 Edificio San Cristobal

-Casa 4 en 1: Vivienda unifamiliar singular donde se experimenta con 4 tipos distintos de habitar conviviendo en el mismo edificio.

1. La experiencia del ocio
2. La experiencia del estar.
3. La experiencia del habitar mínimo
4. La experiencia del visitar.



Imagen 1. 6 Casa 4 en 1

-Fachada del Museum garage: Intervención original con trascendencia internacional inspirada en el renacimiento de la vida urbana en el distrito del diseño de Miami. La fachada se compone de 45 carrocerías puestas en vertical que parecen atrapadas en un atasco surrealista.



Imagen 1. 7 Fachada Museum garage



2. PROYECTO

La vivienda unifamiliar a estudiar se ubica en La Alcayna, una urbanización residencial que se encuentra a las afueras de Murcia. Esta misma se construye en una parcela de la parte alta de dicha urbanización, siendo su emplazamiento el precursor de la potente idea que da lugar al edificio. Las envidiables vistas a la Sierra de la Pila y El Valle de Ricote que se disfrutan en dicha urbanización y las previsiones de aumento de densidad en el lugar provoca la necesidad de la construcción de una vivienda que pueda seguir disfrutando de dichas vistas aun considerando un aumento de la población en un futuro próximo.

De esta manera, se proyecta una vivienda unifamiliar de dos alturas. La planta baja, teniendo en cuenta las previsiones anteriormente mencionadas, no busca las vistas a la sierra. En su lugar, se orienta al jardín de la vivienda: un espacio, aunque exterior, privado. Las extraordinarias vistas quedan entonces para la planta superior, que gracias a encontrarse en un nivel elevado será capaz de sortear las posibles futuras edificaciones.



Imagen 2.1 Vistas al exterior desde el dormitorio



Imagen 2.2 Vistas al exterior desde el salón

Otro factor fundamental con el que el arquitecto se maneja en la idea de proyecto es, junto a las vistas, el soleamiento. Quiriendo aprovechar al máximo las posibilidades del emplazamiento se realiza un ejercicio de reflexión que deriva en un giro entre los bloques que componen las diferentes plantas. De esta manera, resultan dos volúmenes prismáticos longitudinales de aproximadamente 20 metros de largo por 5 metros de ancho girados entre sí formando un ángulo de 35°. Se consigue así, en los extremos del bloque superior las vistas y orientación deseadas y, a su vez, protección en planta baja gracias a los voladizos generados de hasta 10 metros de longitud.

Esta potente idea de dos bloques autónomos girados entre sí se ve reforzada mediante el cuidadoso tratamiento de las aristas de estos. Las aristas de cada bloque son redondeadas en función de la orientación de los mismos. Pues bien, la planta inferior que se encuentra abierta a sureste siendo toda la fachada longitudinal un vidrio continuo, las aristas transversales se redondean enmarcando dicha abertura y remarcando la dirección transversal. En la planta superior sucede al contrario, se redondean las aristas longitudinales enmarcando las vistas en los extremos de la planta. Se fortalece la idea de las dos geometrías puestas una sobre la otra dándole entidad a cada uno de los bloques y reduciendo notablemente su superficie de contacto.

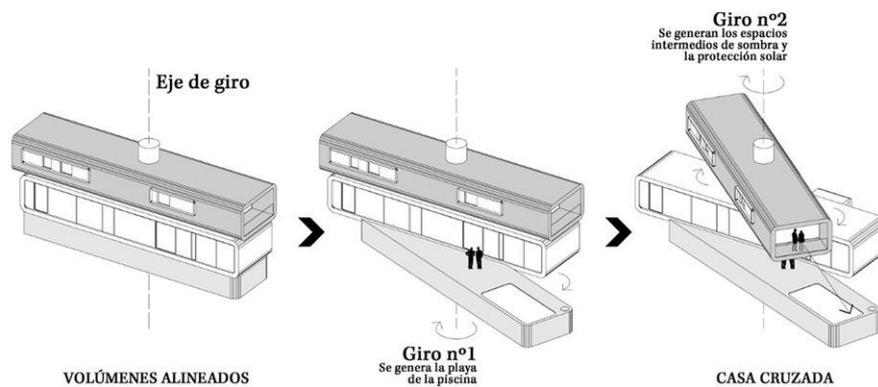


Imagen 2. 3 Idea del proyecto

Materializada la potente idea y resueltas las necesidades impuestas por el proyecto, se sigue el mismo discurso para acabar de definir la vivienda. La implantación del edificio con el terreno se resuelve de la misma manera que los dos bloques principales, creando un tercer volumen enterrado y girado sobre los otros dos anteriores. Este volumen enterrado corresponde a la plataforma de la piscina del jardín, que gracias al volumen superior se encuentra protegido del sol con zonas de sombra.

El programa, siguiendo el hilo de la idea de los dos bloques autónomos, se divide en los dos volúmenes de forma independiente. El volumen inferior alberga en él los espacios públicos, como son en este caso el comedor, el salón, la cocina, la galería y un pequeño aseo. Resultando así, la parte de la vivienda donde se encuentran las zonas diurnas y de mayor actividad, con salida al jardín privado y la piscina que nace del volumen que conforma la cimentación de la vivienda.

Por consiguiente, en la parte superior se encuentran las estancias que requieren un grado mayor de privacidad. Como son los dormitorios. Aquí encontramos el dormitorio principal en suite con walking closet, que gana gran protagonismo al gozar de las mejores vistas posibles y una zona exterior donde disfrutarlas. Junto a él, en la misma planta se encuentra otro dormitorio en el extremo opuesto al principal, también con un espacio exterior, un dormitorio individual y un cuarto de baño común.

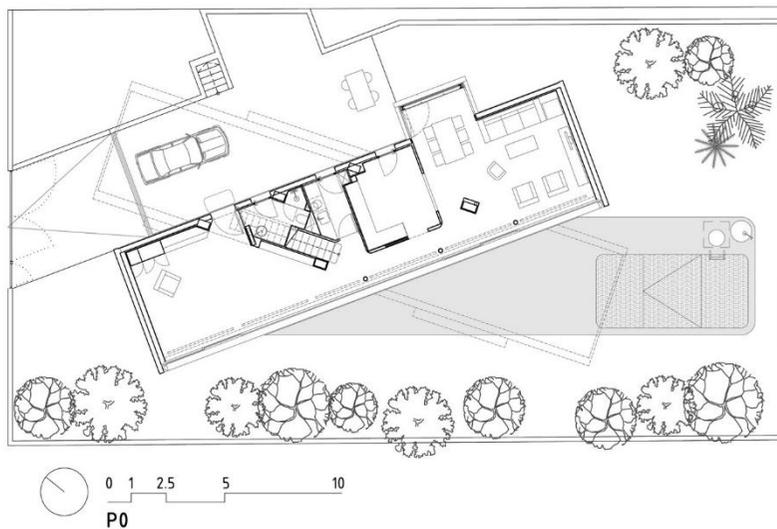


Imagen 2. 4 Planta baja

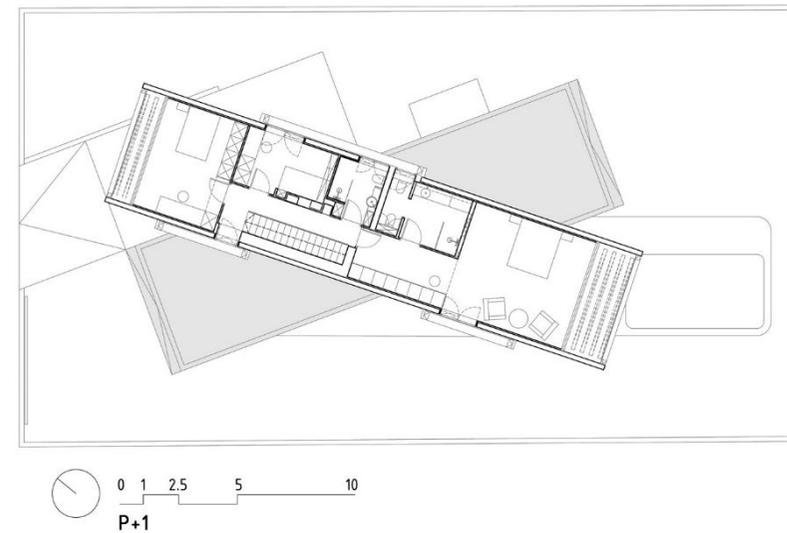


Imagen 2. 5 Planta primera

A nivel estructural, la propia idea de proyecto es la que resuelve estos problemas, pues bien, los prismas apilados de hormigón pretensados son los encargados de repartir las cargas y sostener el inmueble. Los esfuerzos generados en los voladizos son eficazmente soportados y transmitidos gracias a las losas de hormigón que con el espesor suficiente son capaces de soportar grandes momentos.

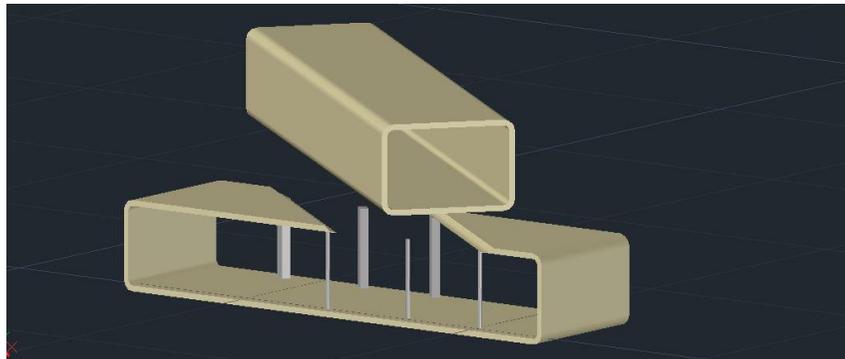


Imagen 2. 6 Modelado concepto estructura

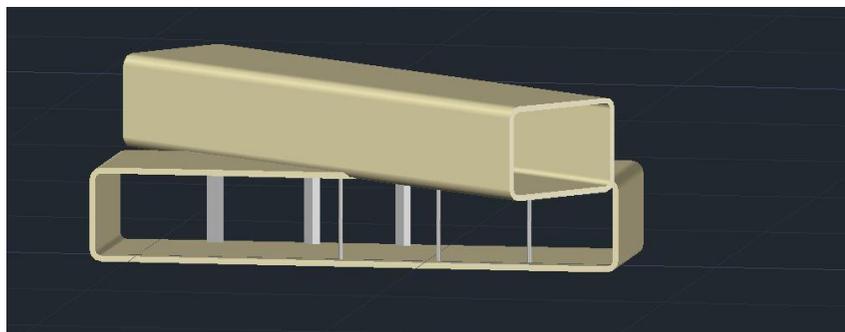


Imagen 2. 7 Modelado concepto estructura

Cerca del eje donde los bloques pivotan, se disponen dos filas de 3 pilares a cada lado, estos son los responsables de transmitir las cargas del volumen superior a la cimentación. La naturaleza de estos pilares se ve condicionada por las necesidades del proyecto. Siendo así posible ocultarlos en la cara longitudinal opaca de la planta baja, pudiendo ser los mismos, pilares de hormigón armado y de grandes dimensiones. En el caso de los pilares de la cara que da al jardín privado, que consiste en un paño abierto de vidrio al mismo, estos soportes deben de ser sutiles y discretos. Consisten en tres perfiles tubulares retranqueados del cerramiento que siguen el ritmo de la carpintería del cerramiento.

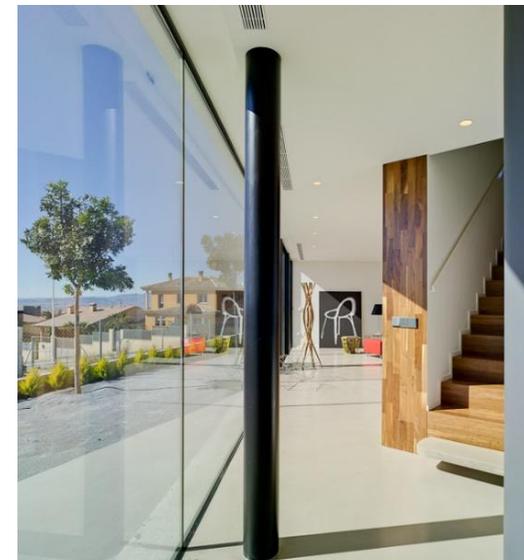


Imagen 2. 8 Soporte perfil tubular cilíndrico

El tratamiento de los acabados exteriores causa un gran contraste con los acabados interiores. Los exteriores, con la intención de crear la sensación de grandes bloques de hormigón anteriormente mencionada, se crea un acabado rugoso gracias a los listones de pino chorreado con arena usados en el encofrado de la superficie.

El interior, por contraparte, se compone de materiales limpios y tersos. En oposición a la brutalidad del hormigón mostrado en el exterior, el mobiliario interior consiste en piezas de diseño de importantes nombres. Conviven obras destacables del siglo XX, librerías hechas a medidas y nuevas creaciones del arte contemporáneo.



Imagen 2.10 Contraste interior-exterior



Imagen 2.9 Vista del salón desde el exterior



Imagen 2.11 Materialidad interior



3. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA PROPUESTA



El motivo de estudio de La casa cruzada reside en los voladizos anteriormente mencionados generados por el giro entre los dos bloques que conforman el proyecto. Sendos voladizos de hasta 10 metros caracterizan la vivienda y suponen un alarde estructural fruto de un ejercicio minucioso de estudio.

En este ejercicio académico, con motivo de tomar conciencia de las distintas opciones que manejamos hoy día para poder ejecutar este tipo de estructuras, planteamos la posibilidad de proyectar esta vivienda unifamiliar únicamente con elementos estructurales metálicos.

Tratándose de que el proyecto progresa junto a la estructura adoptada en el mismo, este evoluciona según la estructura y viceversa, resulta complicado adecuar la nueva propuesta estructural a una vivienda ya materializada. Por lo tanto, resolveremos un sistema estructural simplificado del edificio que nos de a entender una forma eficiente de resolver los problemas que suponen salvar los característicos voladizos.

Como resultado se barajan distintos métodos para resolver el bloque del nivel superior: desde proyectar una viga pared, obtenida mediante el soldado de chapas en taller, de canto considerable a cada uno de los cerramientos longitudinales; hasta el uso de soportes en los extremos de los voladizos.

El sistema a desarrollar en el trabajo consiste en el modelado y análisis de dos grandes celosías que cubren los laterales longitudinales del volumen superior. Partimos de esta solución por considerarla correcta para el desarrollo de este ejercicio y el aprendizaje mediante la práctica de dicho sistema estructural.

Los soportes que se encuentran en el nivel inferior serán también modelizados como elementos metálicos a fin de unificar la naturaleza del sistema estructural del edificio. El nivel inferior, que consiste en un prisma abierto al exterior por sus caras longitudinales, se modelará además de con los soportes existentes, con soportes a los extremos del prisma. De esta manera se emulará el actual funcionamiento del volumen, transmitiendo las cargas a la cimentación a través de las caras transversales.

La cimentación en este caso, al tratarse los elementos encargados de transmitir las cargas a los niveles inferiores de soportes puntuales, se modelizarán como zapatas aisladas e independientes.

Los forjados, buscando una forma eficaz de transmitir las cargas, se escoge un sistema de forjado colaborante mediante una chapa grecada.

Las necesidades de la estructura podrán condicionar el tipo de perfil seleccionado en cada caso, sin embargo, se parte de la siguiente base:

-Soportes: Perfiles HEB. Siendo estos un tipo de perfil que trabaja eficazmente como soporte.

-Vigas: Perfiles IPE. Este tipo de perfiles funcionan bien como elementos horizontales gracias a su gran inercia y a que permite apoyar con facilidad otros elementos estructurales.

-Cordones cercha: Perfiles IPE. Además de por lo mencionado anteriormente en el apartado de las vigas, estos perfiles consiguen una inercia alta contando con un bajo peso, esto es beneficioso a la hora del diseño del voladizo.

-Correas cercha: Perfiles IPE. Por los mismos motivos que en los cordones de la cercha.

-Montantes cercha: Perfiles tubulares rectangulares. En este caso, para conseguir una mayor resistencia a pandeo lateral, se escogen este tipo de perfiles que ofrecen una mayor resistencia y permiten fáciles uniones con otros elementos estructurales.

-Diagonales cercha: Perfiles en L. La función principal de estos perfiles es la de arriostrar los montantes, por lo tanto, este tipo de perfiles con poco peso cumplen bien dicha función y son beneficiosos a la hora de aligerar el peso en el voladizo.



4. BASES DE CÁLCULO

4.1. Acciones en la edificación

Dentro de las acciones en la edificación, según su variación en el tiempo, se separarán entre cargas permanentes (DB-SE-AE, capítulo 2) y cargas variables (DB-SE-AE, capítulo 3).

Para los valores de las acciones permanentes, se toman los valores del peso del forjado colaborante y de los pesos propios de los elementos del edificio. Siendo así:

-Peso forjado colaborante: 2,5 Kn/m².

-Peso de los elementos estructurales: aplicado directamente en *Architrave*®.

Para los valores de las acciones variables tendremos en cuenta las hipótesis de sobrecarga de uso y la sobrecarga de nieve. En este ejercicio no contemplaremos la sobrecarga de viento debido a la baja influencia en la estructura debido a su emplazamiento y sobre todo a su baja altura.

-Sobrecarga de uso: Esta variará según la finalidad del forjado. Estos valores se ven definidos en la tabla 3.1 del CTE DB-SE-AE.

En nuestro caso, para el forjado interior de la vivienda será de 2 Kn/m². Para el forjado de cubierta, la sobrecarga de uso será de 1 Kn/m².

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	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 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ^{(4),(6)}	2
		G2	Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
				0	2

Tabla 4.1 Valores característicos sobrecargas de uso

-Sobrecarga de nieve: Se considera como una carga vertical por unidad de superficie según la expresión del punto 3. 5. 1. 2 de CTE DB-SE-AE:

$$q_s = \mu \cdot S_k$$

Según 3. 5. 2. 1, la carga de nieve sobre un terreno horizontal se obtiene mediante la tabla 3. 8. Siendo la localización geográfica de Murcia, este valor equivale a 0,2 Kn/ m².

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

Tabla 4. 2 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia



Cuadro resumen de cargas superficiales permanentes:

	Peso Propio	Tabiquería	Pavimento	Tratamiento Cubierta
Forjado interior	2,5 Kn/m ²	1 Kn/m ²	1 Kn/m ²	
Forjado cubierta	2,5 Kn/m ²			2,5 Kn/m ²

Cuadro resumen de cargas superficiales variables:

	Sobrecarga de Uso	Sobrecarga de Nieve
Forjado interior	2 Kn/m ²	
Forjado cubierta	1 Kn/m ²	0,2 Kn/m ²

Cuadro resumen cargas lineales permanentes:

	Cerramiento ligero de Hormigón	Peso Escalera/Barandilla
Cordones inferior cercha	7 Kn/m	
Zuncho escalera		5 Kn/m

Cuadro resumen cargas lineales variables:

	Sobrecarga de Uso
Zuncho escalera	2 Kn/m

4. 2. Combinación de acciones

- Estados Límites Últimos:

Según el CTE DB-SE, apartado 3. 2. 1: *Se denominan estados límites aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales para las que ha sido concebido.*

CTE DB-SE, apartado 4. 1. 1: *La verificación de los estados límite mediante coeficientes parciales, para la determinación del efecto de las acciones, así como de la respuesta estructural, se utilizan los valores de cálculo de las variables, obtenidos a partir de sus valores característicos, u otros valores representativos, multiplicándolos o dividiéndolos por los correspondientes coeficientes parciales para las acciones y la resistencia, respectivamente.*

CTE DB-SE, apartado 4. 2. 2. 1: *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:*

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

$G_{k,j}$: Valor característico de las acciones permanentes

$Q_{k,j}$: Valor característico de la acciones determinante

γ_G, γ_Q : Coeficientes de mayoración de cargas permanentes

Ψ_0 : Coeficientes de simultaneidad de las sobrecargas

Tipo de verificación ⁽¹⁾	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		desestabilizadora	estabilizadora
	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

Tabla 4. 3 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

Tabla 4. 4 Coeficientes de simultaneidad (Ψ)

Los coeficientes empleados en este trabajo son para las cargas permanentes de 1,35 y para las cargas variables de 1,50.

- Estados Límites de Servicio

CTE DB-SE, apartado 3. 2. 2. 1: *Los estados límite de servicio son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción.*

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

$G_{k,j}$: Valor característico de las acciones permanentes

$Q_{k,j}$: Valor característico de la acción variable determinante

Ψ_0 : Coeficientes de simultaneidad de las sobrecargas

Debido a los importantes voladizos, es importante realizar la comprobación a flecha. Es muy posible, que en nuestro caso, los perfiles seleccionados cumplan a resistencia (ELU) pero no a deformación (ELS).

CTE DB-SE, apartado 4. 3. 3. 1: *Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones características, considerando solo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento. La flecha relativa es menor que:*

- a) 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas.
- b) 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas.
- c) 1/300 en el resto de los casos

Según la naturaleza del forjado, nos veremos en el caso b) o el caso c) pues bien, los forjados interiores tendrían una flecha límite de 1/400 mientras que los forjados correspondientes a cubiertas tendríamos una limitación de 1/300.



Debido a que no consideramos hipótesis de viento, no se considera necesario calcular el desplome total ya que al no haber cargas horizontales y la baja altura del inmueble este entrará dentro de los límites a cumplir. Consideramos suficiente la rigidez aportada por el hormigón del forjado colaborante situado sobre la chapa grecada, de esta forma obviamos la comprobación a pandeo de los perfiles metálicos.



5. MODELO DE CÁLCULO

Una vez elegido el sistema estructural a emplear, se procede al dibujo de esta. El diseño de la estructura se realizará, como anteriormente hemos mencionado, con el programa informático de dibujo *AutoCAD®*. Trabajaremos entonces con el modelado obtenido con el programa de cálculo *Architrave®* (Pérez-García, et al., 2015) para obtener las solicitaciones y deformaciones que nos servirán para el correcto dimensionado de los elementos que conformarán la estructura de nuestra propuesta.



Gracias al programa *Architrave®*, que nos permite, una vez predimensionados los perfiles, ajustarlos en función de las solicitaciones y deformaciones que sufren para escoger la sección optimizada que cumpla con la normativa. Por consiguiente, en el predimensionado escogeremos una sección tipo para los perfiles y una vez calculadas las solicitaciones y deformaciones elegiremos el caso del perfil más desfavorable y unificaremos para facilitar y evitar problemas a la hora de puesta en obra.



Mediante el programa *AutoCAD®* y la aplicación del programa de *Architrave®*, se dibujan tanto los elementos estructurales como las cargas que actúan sobre la estructura ya calculadas anteriormente.

Para el modelado de estos elementos estructurales utilizaremos líneas. Estas líneas representarán las barras de todos los elementos que conforman la estructura. Gracias a la aplicación, podremos asignar a cada línea del perfil metálico escogido que podrá cambiar o no en función de los resultados obtenidos.

Por otro lado, las cargas serán representadas mediante la misma aplicación. Estas las aplicaremos de dos formas, la primera como áreas de reparto. Aquí entrarán las hipótesis de peso propio de los forjados, sobrecarga de uso y de nieve. Estas cargas, aplicadas en las distintas hipótesis para la posterior aplicación de los coeficientes de simultaneidad se aplicarán tal y como en la *Imagen 5. 3* sobre un forjado unidireccional, como es el forjado de chapa colaborante que hemos escogido previamente.

La segunda manera de aplicar las cargas consistirá en cargas linealmente repartidas donde representaremos el peso de los cerramientos sobre los elementos estructurales o bien el peso de la escalera sobre el zuncho realizado para salvar el hueco. Las cargas correspondientes a los pesos propios de los elementos estructurales no serán modelizadas debido a que la propia aplicación de *Architrave®* ya la tiene en cuenta cuando asignamos los perfiles a cada una de las líneas.



Imagen 5. 3 Menú de la aplicación de Architrave® para AutoCAD®

Para terminar con el predimensionado de la estructura, en cada uno de los apoyos, como cimentación, se colocará un empotramiento. Este nos va a servir para comprobar que todos los elementos de la estructura diseñada se encuentran conectados. Una vez verifiquemos esto último, comenzaremos con la comprobación del dimensionado de los perfiles y más adelante, de la cimentación.

A la hora de elegir la orientación de los perfiles abiertos en los soportes, debido a que no consideramos cargas horizontales debido a la baja altura del edificio, estos se disponen con la inercia mayor en el sentido perpendicular al de los cordones de la celosía. Buscando así un comportamiento más eficiente del mismo, nos situamos del lado de la seguridad respecto a estas cargas que obviamos.

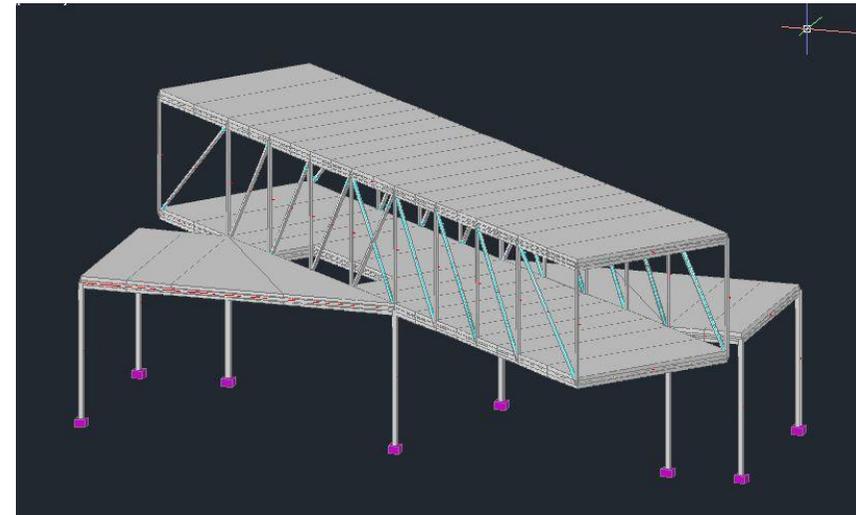


Imagen 5. 4 Modelado estructura con cargas aplicadas

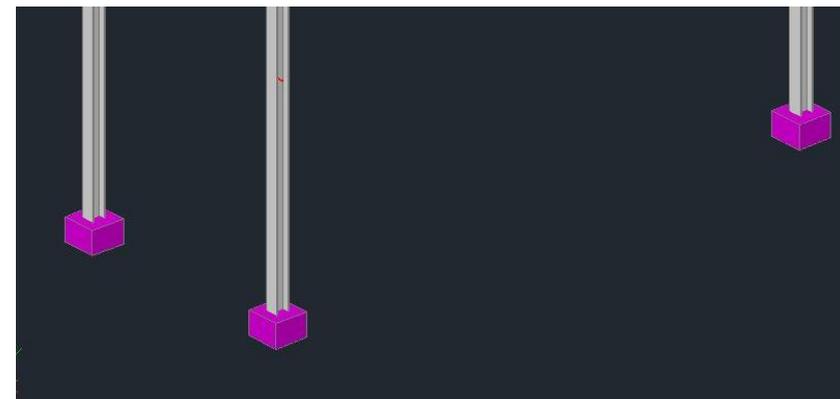


Imagen 5. 5 Modelado apoyos empotrados y orientación perfiles HEB

Los perfiles modelados para el predimensionado de la estructura son:

-Vigas y elementos horizontales de la cercha

(cordones y correas):

----- IPE 120

-Soportes:

----- HEB 120

-Montantes cercha:

----- PHR 80 x 60 x 5

-Diagonales cercha:

----- PERFIL EN L60 x 60

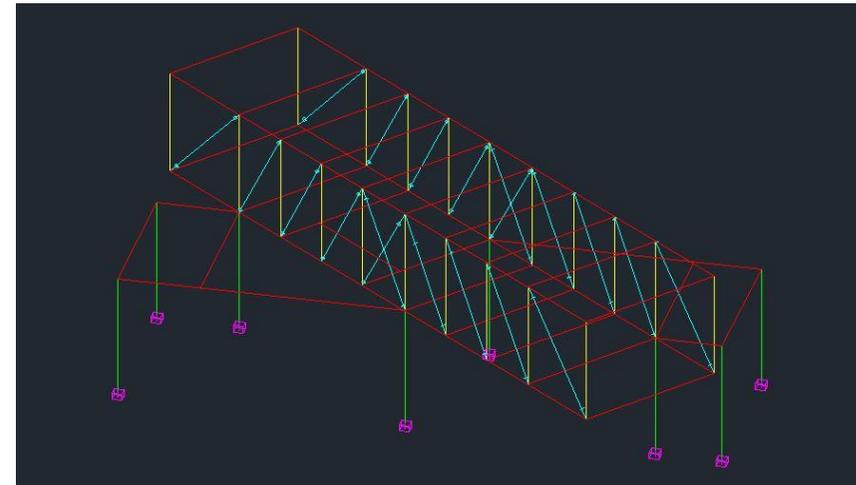


Imagen 5. 6 Captura modelado líneas

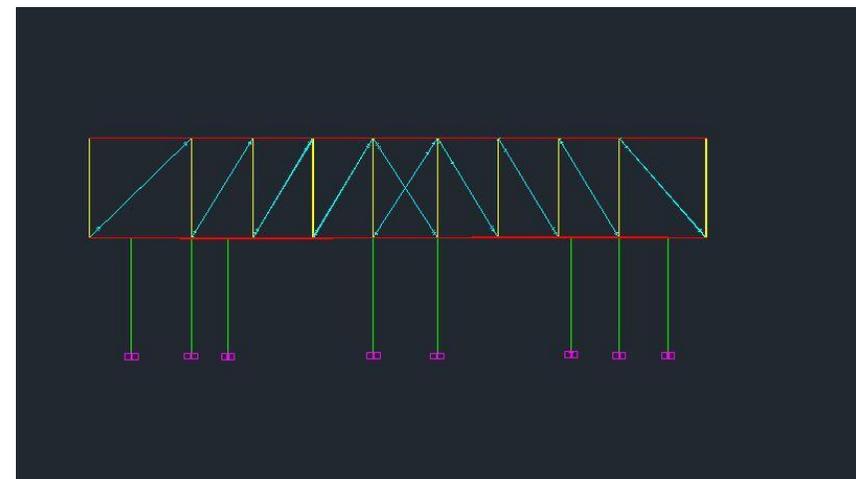


Imagen 5. 7 Captura modelado líneas alzado



6. RESULTADOS PROPUESTA

Teniendo el modelado en *AutoCAD®*, procedemos a exportarlo al programa de cálculo *Architrave®*. Calculamos la estructura y comprobamos que todos los elementos se encuentren conectados y trabajando. Habiendo realizado un predimensionado con perfiles pequeños, los resultados nos confirman lo evidente, la estructura no cumple ni a resistencia ni a deformación. Por lo tanto, hay que redimensionarla.

Gracias al programa *Architrave®*, apreciamos la deformada que generan las cargas aplicadas y la geometría de la estructura a los perfiles escogidos. *Architrave®* también nos ofrece la posibilidad de optimizar la sección de los perfiles escogidos para así ajustarnos más a secciones que cumplan utilizando un alto porcentaje de su capacidad.

Una vez optimizados los perfiles, volvemos a la aplicación de *AutoCAD®* para redimensionarlos en el modelo y obtener así un nuevo modelo con las secciones que aparentemente cumplirán tanto a resistencia como a flecha. No obstante, este proceso no es inmediato, es preciso repetirlo constantemente hasta que una vez exportemos el modelo definitivo, este no de errores de dimensionado.

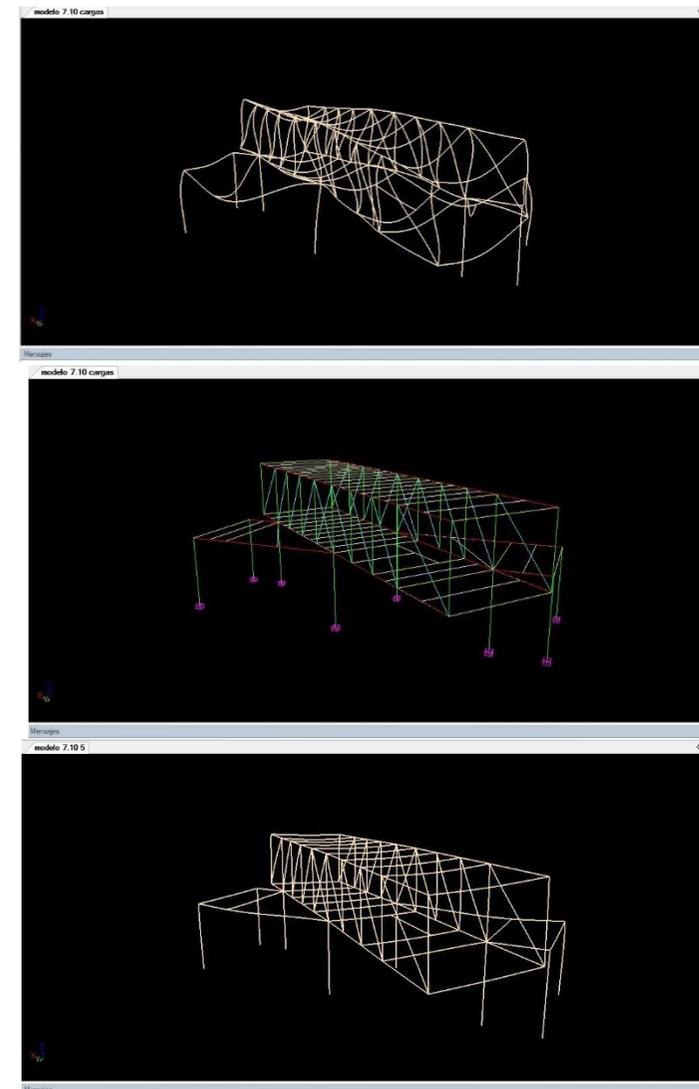


Imagen 6.1 Comparación deformada predimensionado-final

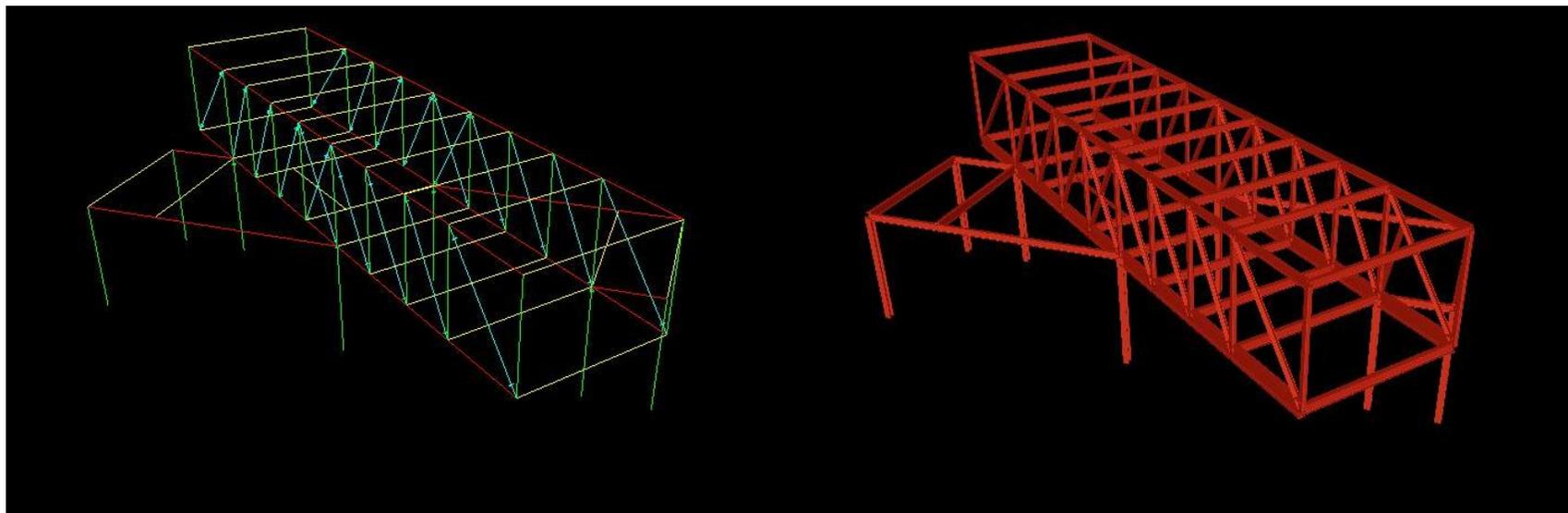


Imagen 6. 2 Captura modelado final estructura

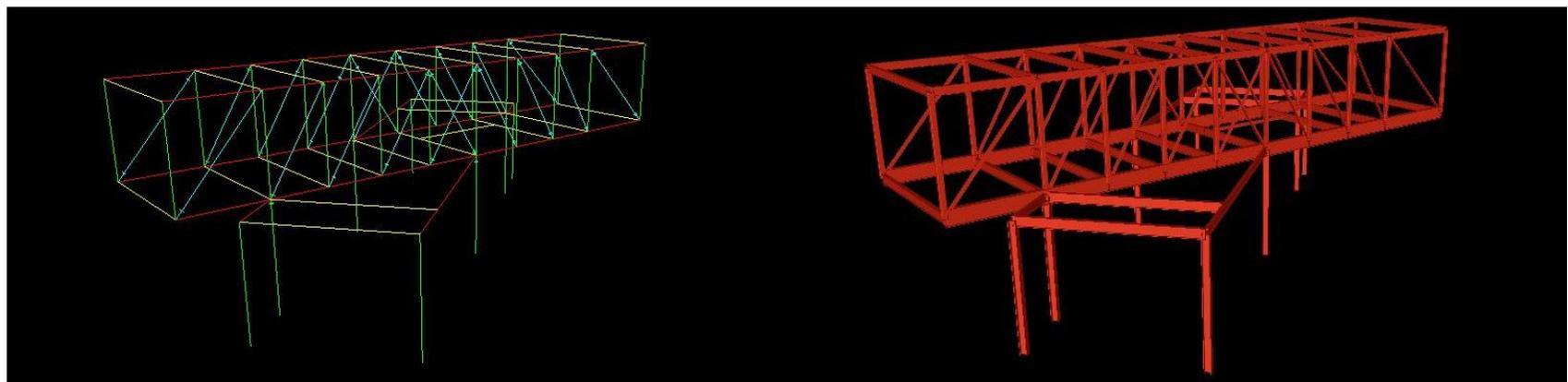


Imagen 6. 3 Captura modelado final estructura

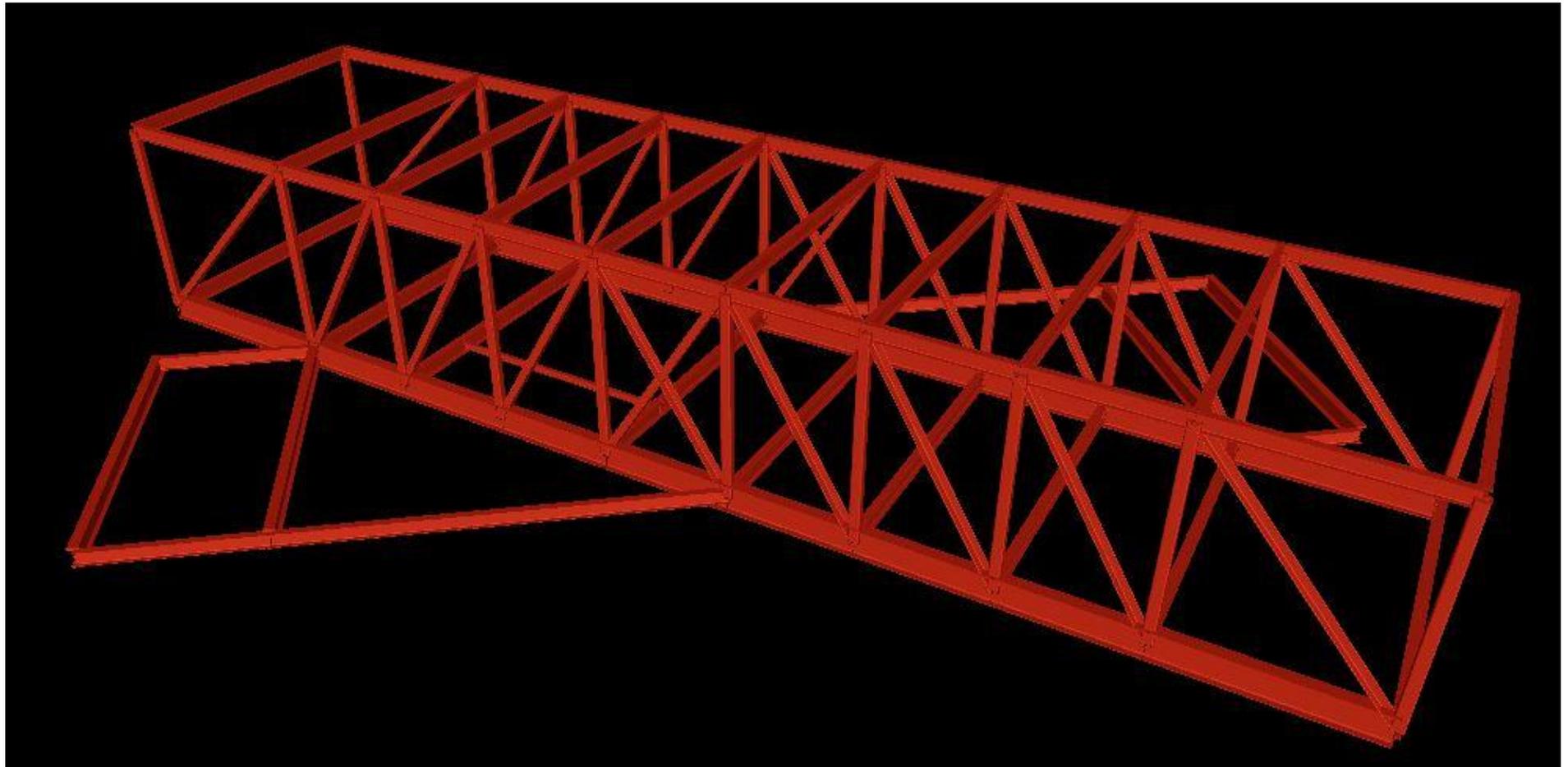


Imagen 6. 4 Captura modelado final bloque volado. Nivel +3. 2m

A continuación del proceso de redimensionado, con el modelado definitivo ya calculado en *Architrave®*, procedemos al diseño de la cimentación. Este consistirá, como ya hemos decidido anteriormente, en zapatas puntuales en cada uno de los soportes. Estas zapatas se modelizarán en *AutoCAD®*, como hemos hecho con el resto de la estructura para después calcularlas en *Architrave®*.

Con la finalidad de protegernos de posibles acciones externas como el sismo, procedemos a atar el perímetro de la cimentación, es decir, diseñamos unas vigas de atado para las zapatas.

A continuación, el modelado definitivo con la cimentación será exportado a *Architrave®* donde será calculada teniendo como resistencia del suelo un valor de 200 Kn/m^2 .

Obtenemos zapatas de dimensiones muy dispares en consecuencia a las cargas que transmiten al terreno, con motivo de garantizar el buen funcionamiento de las mismas, establecemos un mínimo de 80 cm. El armado que nos indica *Architrave®* es de redondos del 16 cada 10 cm.

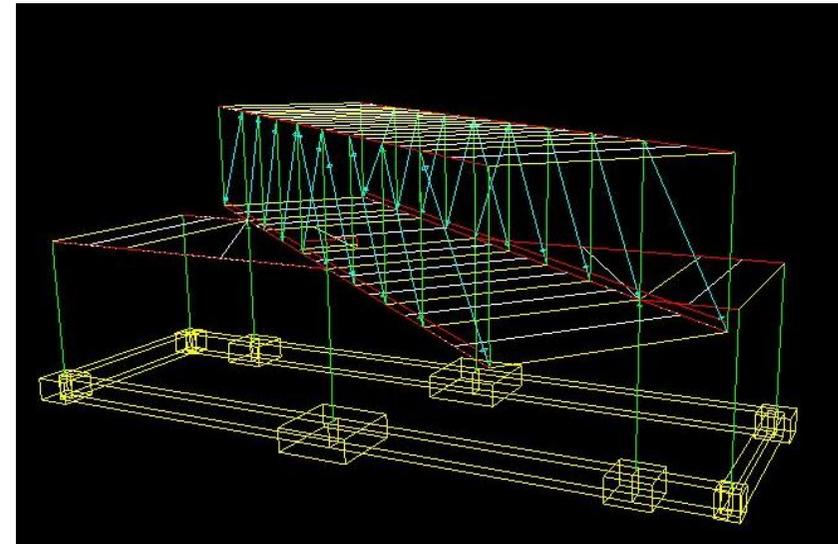


Imagen 6. 5 Modelado estructura final



Imagen 6. 6 Modelado estructura final

Para poder garantizar el correcto dimensionado de la estructura, nos disponemos a analizar los puntos críticos de la estructura, donde disponemos de una mayor flecha, estos son pues los extremos de los voladizos del volumen superior y los grandes vanos de las vigas del volumen inferior.

La combinación de cargas empleada para los cálculos de la deformada de la estructura es la correspondiente a la hipótesis en la que la sobrecarga de uso toma el lugar de carga variable principal. Utilizando entonces esta hipótesis en el programa de cálculo Architrave® obtenemos los valores a estudiar en los puntos más desfavorables anteriormente mencionados.

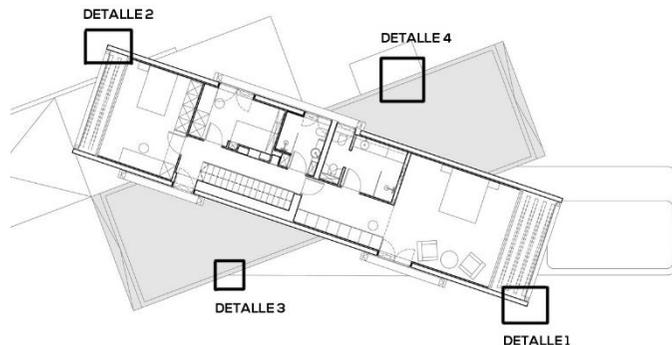


Imagen 6. 7 Esquema en planta puntos más desfavorables

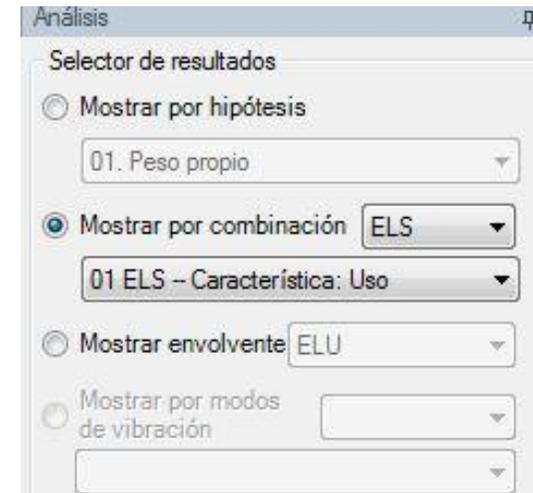


Imagen 6. 8 Menú combinación de hipótesis de Architrave®

Siendo la limitación en el caso del forjado inferior del volumen superior, al tratarse de un elemento volado y de tener cerramientos sobre el forjado:

$$2 \cdot \text{luz} / 400$$

Limite Detalle 1:

$$2 \cdot 872 / 400 = 4,36 \text{ cm}$$

Flecha máxima en extremo de voladizo: 2,4 cm

Limite Detalle 2:

$$2 \cdot 921 / 400 = 4,6 \text{ cm}$$

Flecha máxima en extremo de voladizo: 3,3 cm

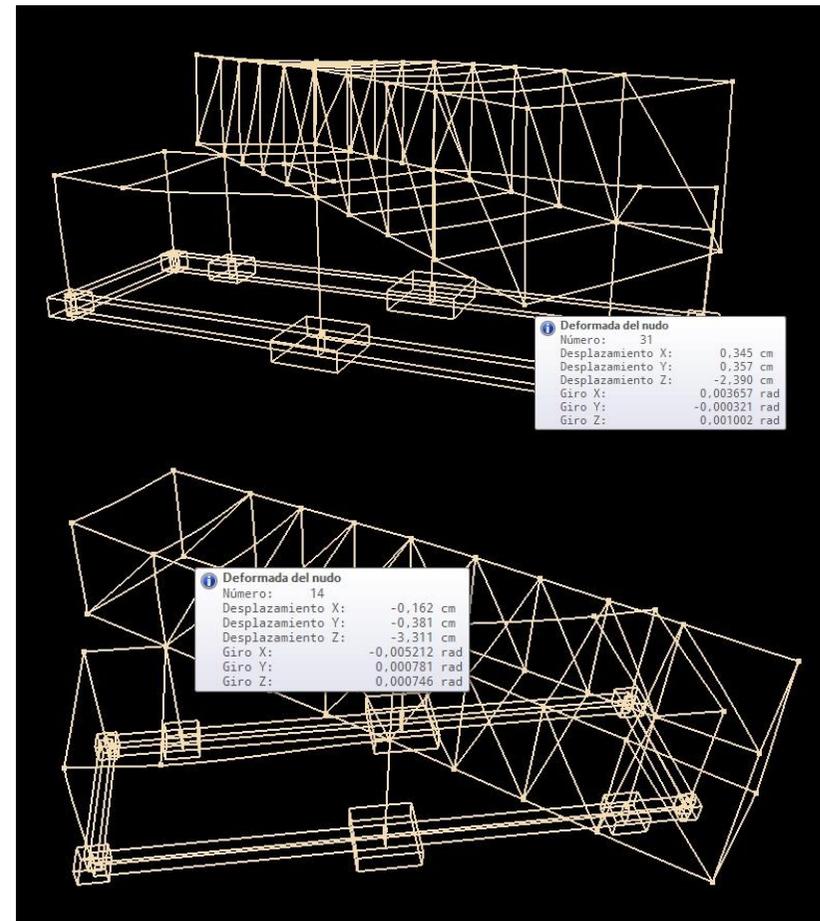


Imagen 6. 9 Flecha en extremos de voladizo

La limitación, en el caso del forjado superior del bloque inferior, donde nos encontramos la luz más grande biapoyada, al encontrarse en cubierta es la siguiente:

$$\text{luz}/300$$

Limite Detalle 3:

$$8,7/300 = 2,9 \text{ cm}$$

Flecha máxima en extremo de voladizo: 2,09 cm

Limite Detalle 4:

$$8,24/300 = 2,74 \text{ cm}$$

Flecha máxima en extremo de voladizo: 1,33 cm

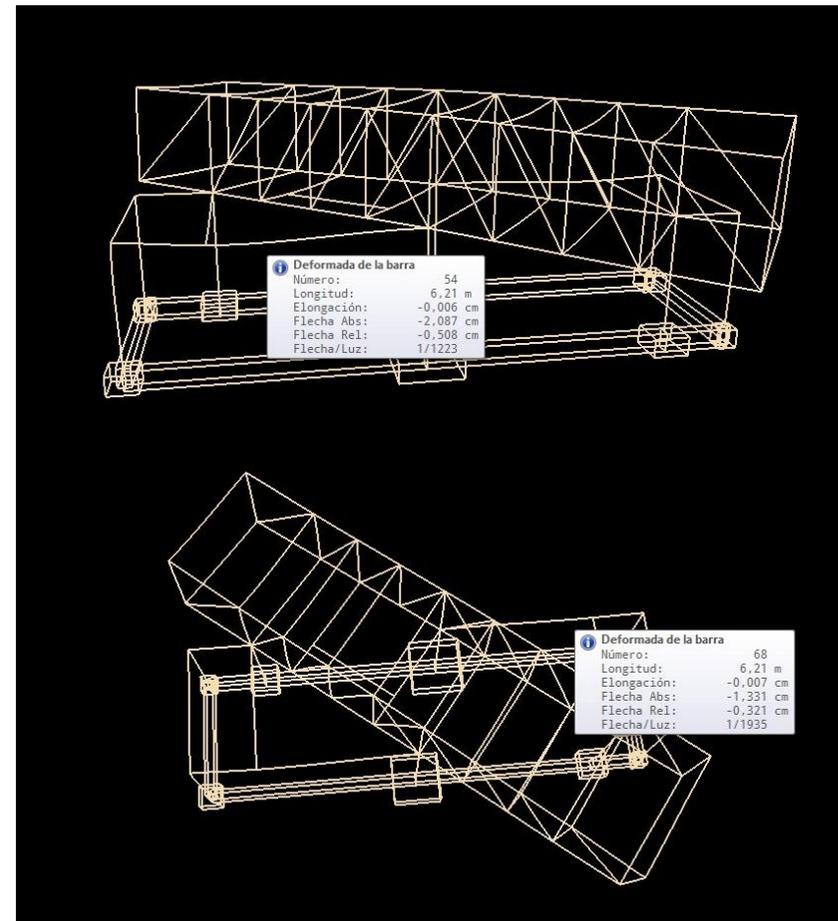


Imagen 6.10 Flecha en centro de vano más desfavorable

Confirmado el cumplimiento tanto a resistencia como a deformación de la estructura damos por válido el dimensionado y damos por resuelta la estructura. Gracias al programa Architrave® podemos estudiar el funcionamiento de los elementos de la estructura.

Las solicitaciones obtenidas nos ayudan a comprender el funcionamiento de la estructura. Al tratarse el sistema estructural del bloque volado de una cercha, las diagonales que transmiten las cargas a los cordones para llevarlos a los soportes, con intención de evitar el pandeo de estos perfiles, trabajan a tracción. De esta forma podemos elegir perfiles de menor sección que si los pusiéramos al revés y trabajaran a compresión.

Por otro lado, estas diagonales, al tratarse de los elementos de una cercha, no transmiten momentos y trabajan únicamente a esfuerzo axial, esto se puede comprobar viendo los flectores de los elementos de la celosía.

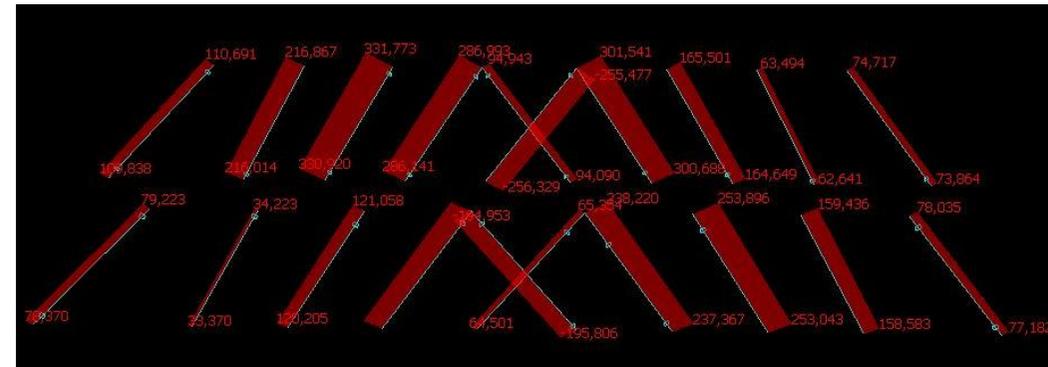


Imagen 6.11 Tracciones en diagonales de la cercha

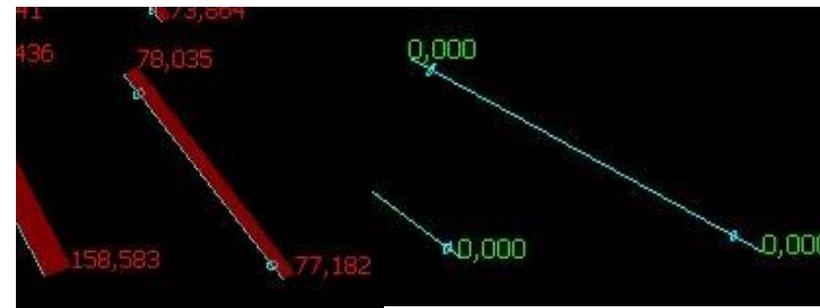


Imagen 6.12 Valores axiles y flectores en diagonales de la cercha

Por otro lado, en los cordones de la cercha, encontramos claras diferencias entre los del nivel inferior y superior. Los dos trabajan únicamente a esfuerzo axial (a excepción del inferior, que según como se diseñe la unión con la viga superior del volumen inferior y con los soportes, este absorberá dichos momentos si se tratan de uniones empotradas o no si se encuentran articulados, en nuestro caso, la unión con el soporte es articulada mientras que el encuentro con la viga es empotrado).

El cordón inferior se encuentra comprimido, esta compresión aumenta conforme nos acercamos al centro de los mismos. Esto es así porque los extremos de la viga empujan hacia abajo provocando a su vez tracciones en el cordón superior. De no ser por haberla modelizado como una cercha, estos esfuerzos axiales serían momentos flectores del mismo sentido.

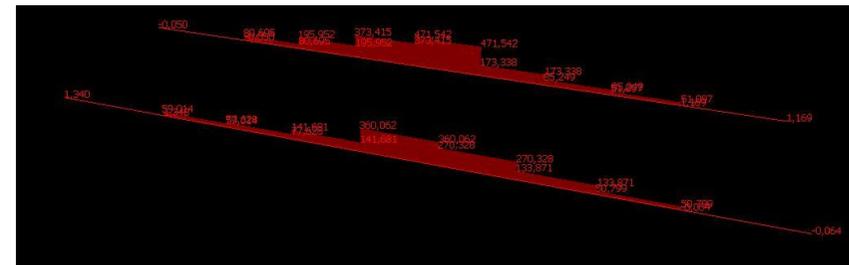


Imagen 6.13 Tracciones en los cordones superiores de la cercha

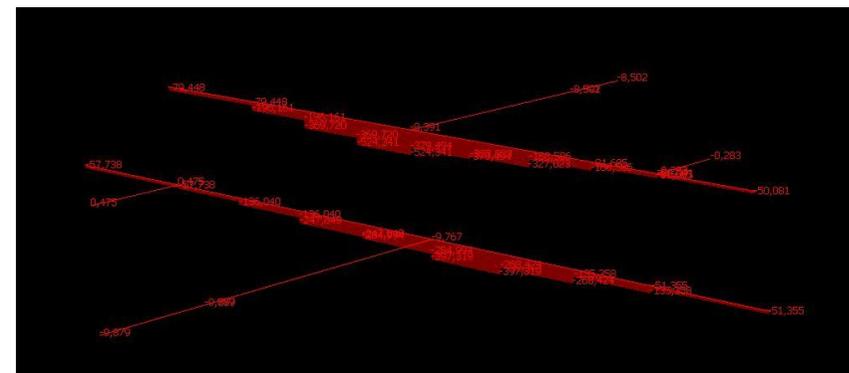


Imagen 6.14 Compresiones en los cordones inferiores de la cercha

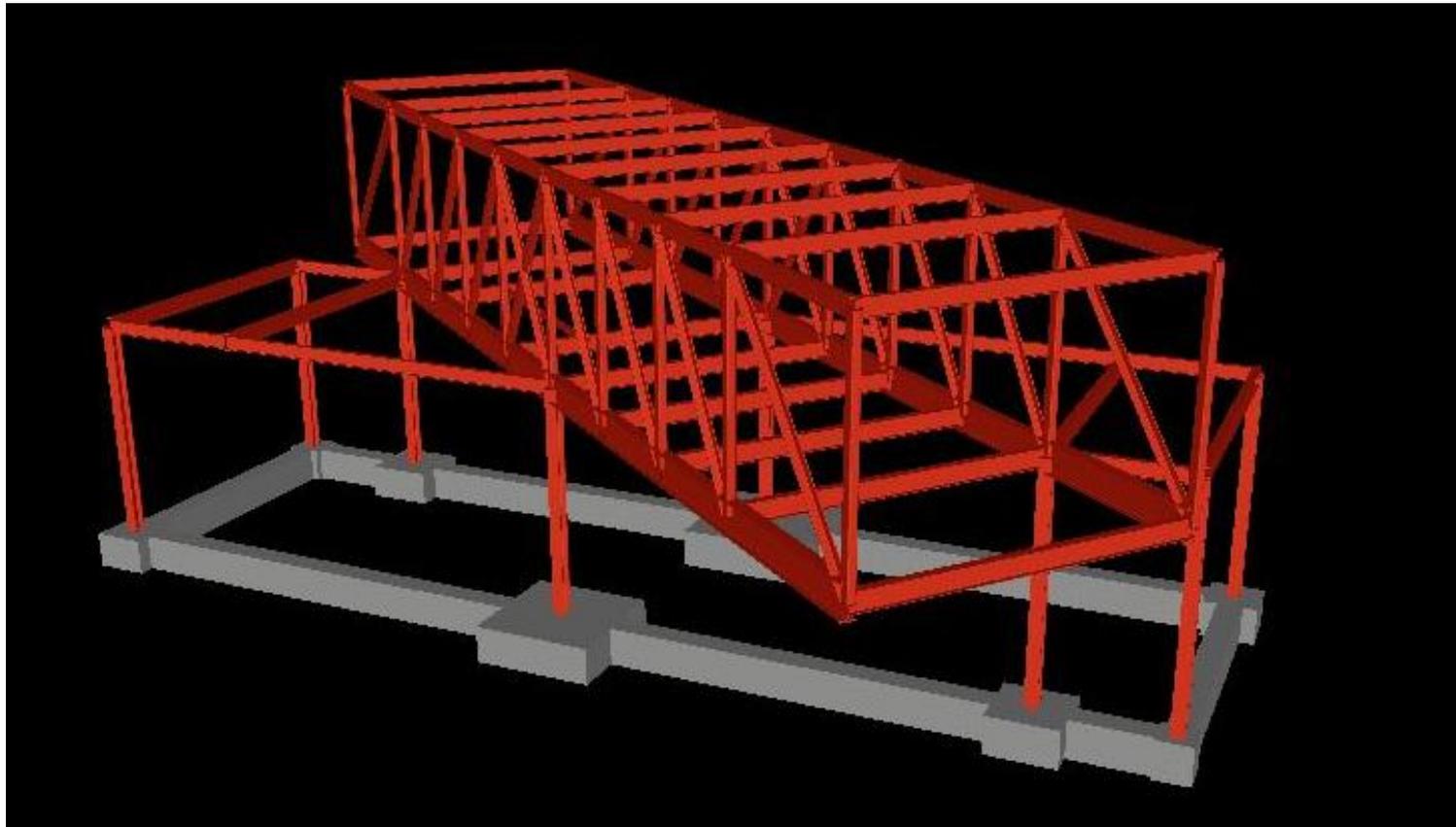


Imagen 6.15 Captura modelado final



Observando el comportamiento de los perfiles seleccionados, que todos cumplen con la normativa, prestamos atención en el rendimiento de varios de los elementos de la estructura. Bajo la premisa de escoger la sección más desfavorable y elegir esa sección para el resto de elementos similares para estar del lado de la seguridad y evitar cualquier tipo de problema de puesta en obra tenemos perfiles que trabajan por debajo del 50% de su rendimiento.

Se plantea entonces otro criterio a la hora de escoger las secciones de los perfiles. En vez de escoger el más desfavorable probamos a escoger las secciones que trabajen a mayor rendimiento en cada uno de los elementos que conforman la estructura.

De esta manera, al final del ejercicio podremos comparar las ventajas y desventajas de cada uno de los dos criterios de dimensionado.

Tras un proceso repetitivo de “prueba y error” damos con las secciones que cumplen normativa, este proceso de remodelado y redimensionado, al no ser inmediato, nos obliga a prestar atención a todas las secciones, pues errores en alguno perfiles que nos obligan a aumentar o disminuir la sección, más adelante, nos conduce a cambios de otras secciones debido al aumento de peso o a que al disminuir la sección nos reduce el peso que tienen que soportar otros elementos.

Para garantizar el correcto cumplimiento tanto a deformaciones como a resistencia, repasamos uno por uno las secciones confirmando que cumplen a ELU y repasamos los puntos más desfavorables a flecha, los mismo que revisamos para el modelado anterior.

Limitación del forjado inferior del volumen superior:

$$2 \cdot \text{luz} / 400$$

Limite Detalle 1:

$$2 \cdot 872 / 400 = 4,36 \text{ cm}$$

Flecha máxima en extremo de voladizo: 2,4 cm

Limite Detalle 2:

$$2 \cdot 921 / 400 = 4,6 \text{ cm}$$

Flecha máxima en extremo de voladizo: 3,3 cm

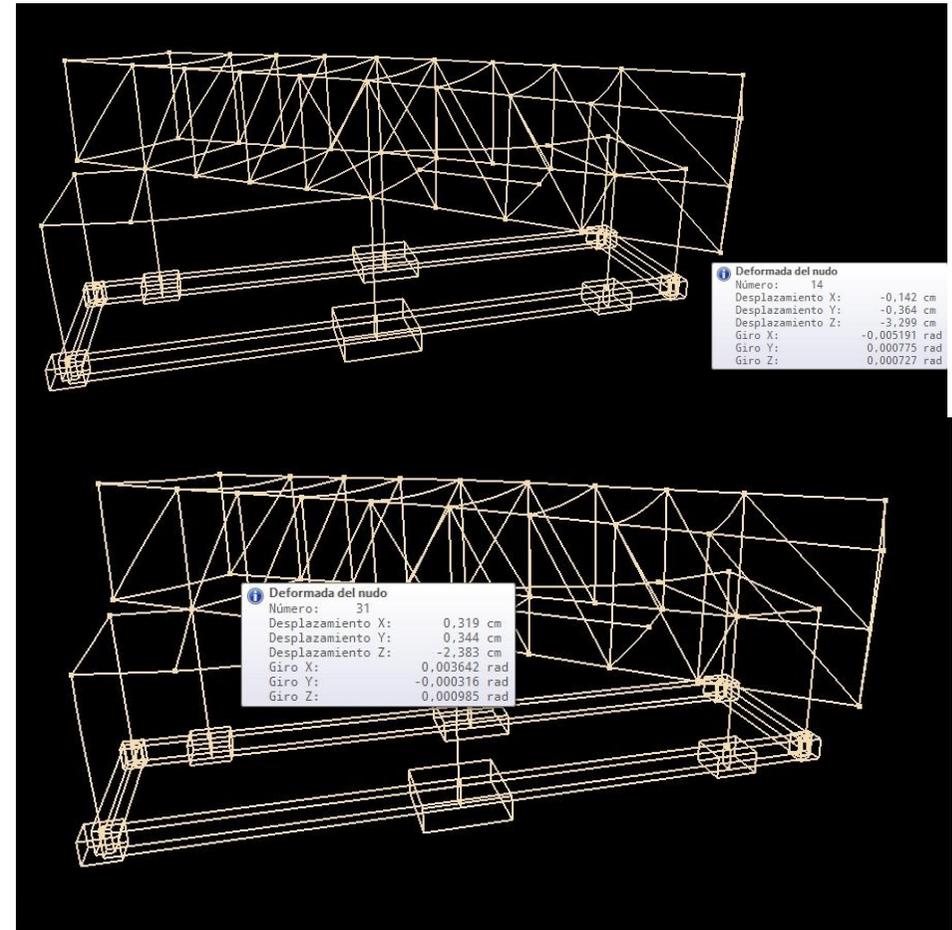


Imagen 6.16 Flecha en extremos de voladizo modelado optimizado

Limitación del forjado superior del bloque inferior:

$$\text{luz}/300$$

Limite Detalle 3:

$$8,7/300 = 2,9 \text{ cm}$$

Flecha máxima en extremo de voladizo: 2,09 cm

Limite Detalle 4:

$$8,24/300 = 2,74 \text{ cm}$$

Flecha máxima en extremo de voladizo: 1,33 cm

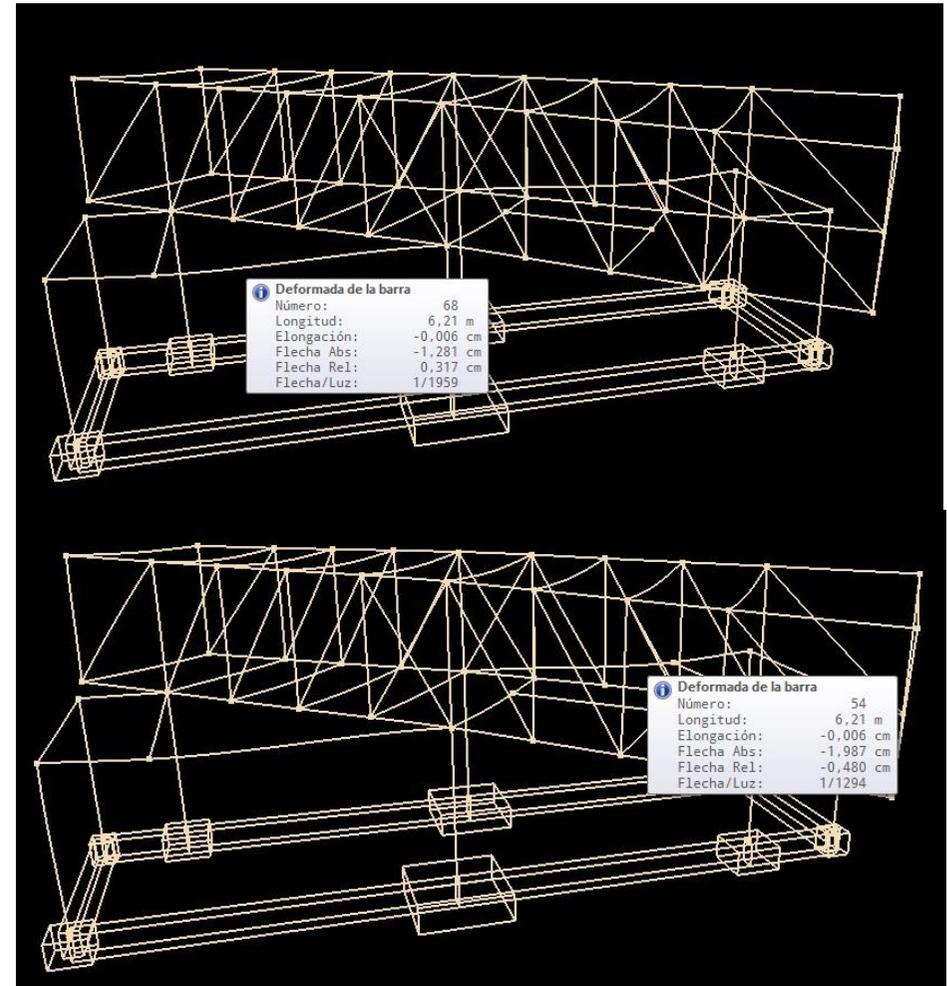


Imagen 6.17 Flecha en centro de vano más desfavorable

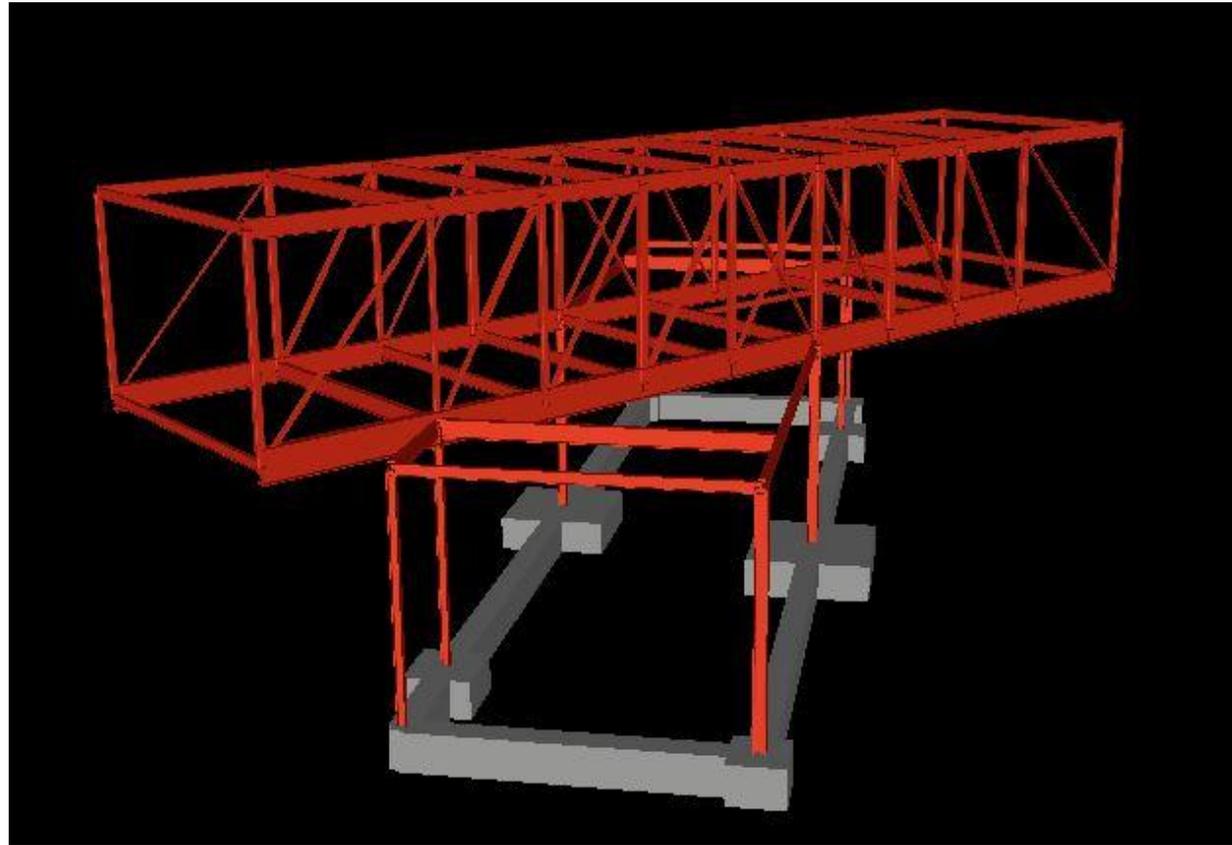


Imagen 6.18 Captura modelado final propuesta optimizada



7. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

Planta cimentación:

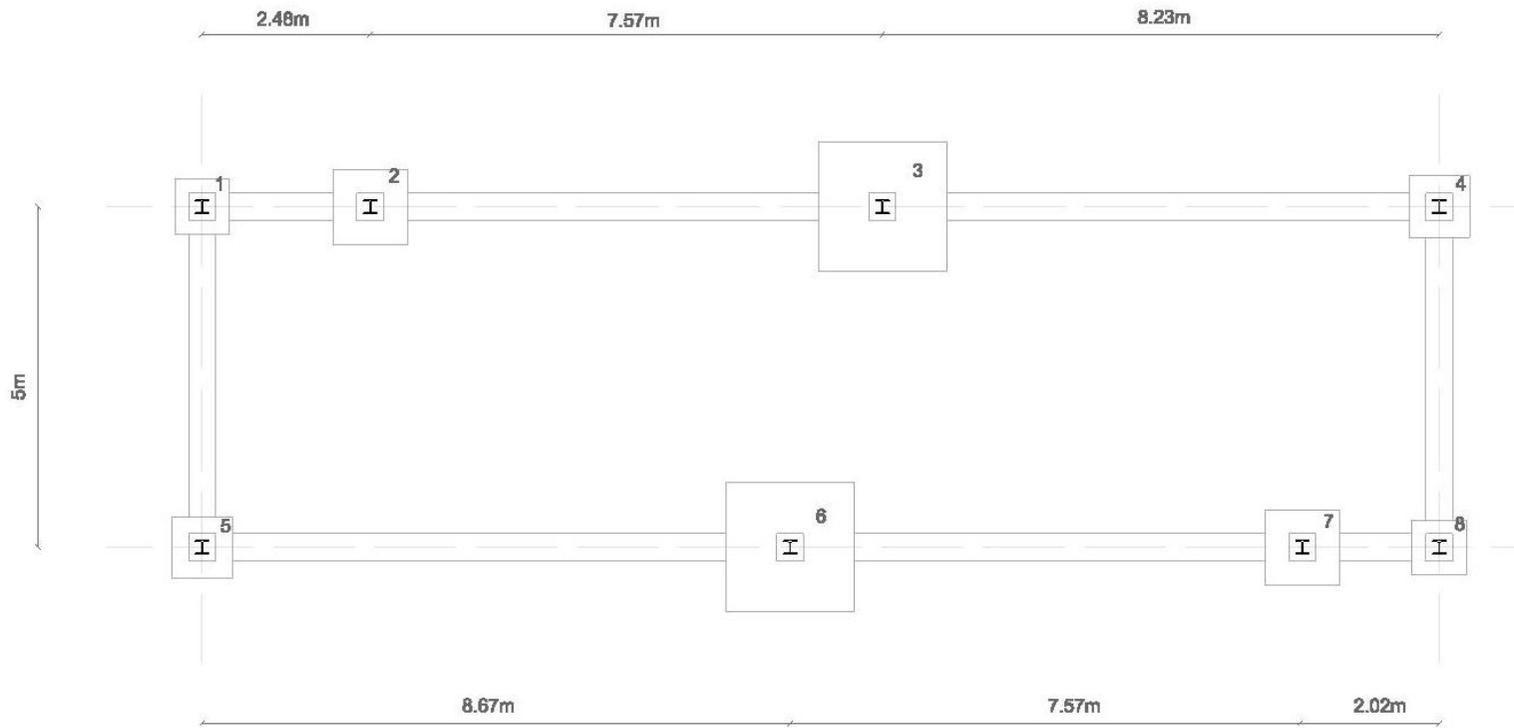


Imagen 7.1 Plano planta cimentación



Modelo unificado::

Elemento	Dimensiones	Armado
Zapata 1	0.8m x 0.8m x 0.6m	φ16/10
Zapata 2	1.1m x 1.1m x 0.6m	φ16/10
Zapata 3	2.2m x 2.2m x 0.6m	φ16/10
Zapata 4	0.9m x 0.9m x 0.6m	φ16/10
Zapata 5	0.9m x 0.9m x 0.6m	φ16/10
Zapata 6	2m x 2m x 0.6m	φ16/10
Zapata 7	1.1m x 1.1m x 0.6m	φ16/10
Zapata 8	0.8m x 0.8m x 0.6m	φ16/10

Modelo optimizado:

Elemento	Dimensiones	Armado
Zapata 1	0.8m x 0.8m x 0.6m	φ16/10
Zapata 2	1.1m x 1.1m x 0.6m	φ16/10
Zapata 3	2.2m x 2.2m x 0.6m	φ16/10
Zapata 4	0.9m x 0.9m x 0.6m	φ16/10
Zapata 5	0.9m x 0.9m x 0.6m	φ16/10
Zapata 6	2m x 2m x 0.6m	φ16/10
Zapata 7	1.1m x 1.1m x 0.6m	φ16/10
Zapata 8	0.8m x 0.8m x 0.6m	φ16/10



Modelo unificado::

Elemento	Sección	Longitud
Soporte 1	HEB 200	3.7m
Soporte 2	HEB 200	3.7m
Soporte 3	HEB 200	3.7m
Soporte 4	HEB 200	3.7m
Soporte 5	HEB 200	3.7m
Soporte 6	HEB 200	3.7m
Soporte 7	HEB 200	3.7m
Soporte 8	HEB 200	3.7m

Modelo optimizado:

Elemento	Sección	Longitud
Soporte 1	HEB 120	3.7m
Soporte 2	HEB 120	3.7m
Soporte 3	HEB 180	3.7m
Soporte 4	HEB 180	3.7m
Soporte 5	HEB 200	3.7m
Soporte 6	HEB 160	3.7m
Soporte 7	HEB 120	3.7m
Soporte 8	HEB 120	3.7m

Planta nivel +3.2 m:

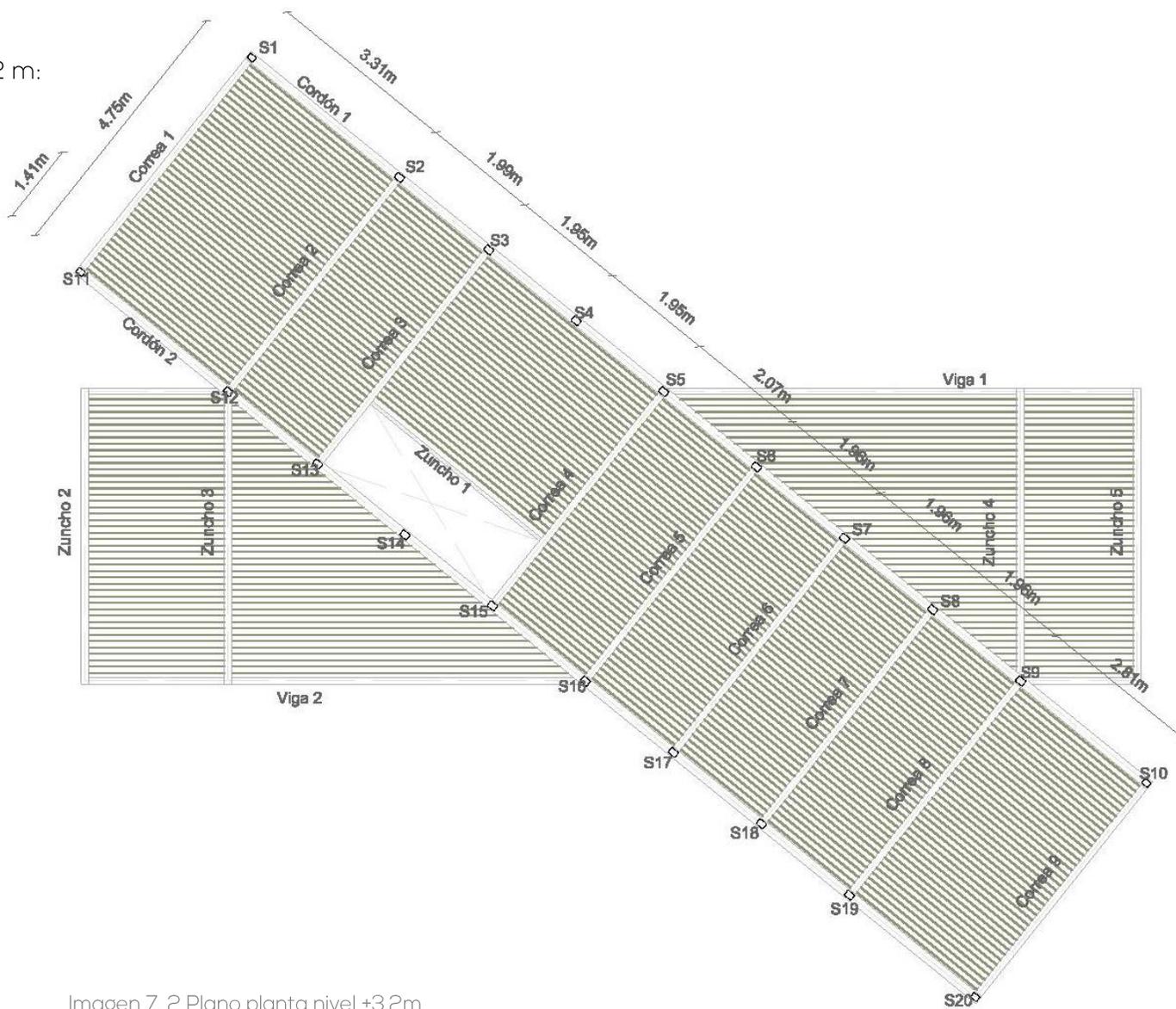


Imagen 7.2 Plano planta nivel +3.2m



Modelo unificado::

Elemento	Sección	Longitud
Cordón 1	IPE 450	20 m
Cordón 2	IPE 450	20 m
Correa 1	IPE 270	4,75 m
Correa 2	IPE 270	4,75 m
Correa 3	IPE 270	4,75 m
Correa 4	IPE 270	4,75 m
Correa 5	IPE 270	4,75 m
Correa 6	IPE 270	4,75 m
Correa 7	IPE 270	4,75 m
Correa 8	IPE 270	4,75 m
Correa 9	IPE 270	4,75 m
Zuncho 1	IPE 120	3,91 m
Viga 1	IPE 220	10.73 m
Viga 2	IPE 220	10.73 m
Zuncho 2	IPE 300	5 m
Zuncho 3	IPE 300	5 m
Zuncho 4	IPE 300	5 m
Zuncho 5	IPE 300	5 m

Modelo optimizado:

Elemento	Sección	Longitud
Cordón 1	IPE 500	20 m
Cordón 2	IPE 400	20 m
Correa 1	IPE 180	4,75 m
Correa 2	IPE 300	4,75 m
Correa 3	IPE 220	4,75 m
Correa 4	IPE 220	4,75 m
Correa 5	IPE 200	4,75 m
Correa 6	IPE 200	4,75 m
Correa 7	IPE 200	4,75 m
Correa 8	IPE 270	4,75 m
Correa 9	IPE 160	4,75 m
Zuncho 1	IPE 120	3,91 m
Viga 1	IPE 220	10.73 m
Viga 2	IPE 220	10.73 m
Zuncho 2	IPE 160	5 m
Zuncho 3	IPE 300	5 m
Zuncho 4	IPE 270	5 m
Zuncho 5	IPE 160	5 m



Modelo unificado::

Elemento	Sección	Longitud
Montante 1	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 2	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 3	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 4	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 5	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 6	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 7	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 8	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 9	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 10	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 11	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 12	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 13	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 14	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 15	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 16	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 17	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 18	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 19	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 20	# 160 x 120 x 8	3.2 m

Modelo optimizado::

Elemento	Sección	Longitud
Montante 1	# 140 x 100 x 6	3.2 m
Montante 2	# 160 x 120 x 6	3.2 m
Montante 3	# 120 x 100 x 6	3.2 m
Montante 4	# 120 x 100 x 6	3.2 m
Montante 5	# 120 x 80 x 6	3.2 m
Montante 6	# 160 x 120 x 8	3.2 m
Montante 7	# 180 x 140 x 8	3.2 m
Montante 8	# 120 x 80 x 6	3.2 m
Montante 9	# 140 x 100 x 6	3.2 m
Montante 10	# 120 x 80 x 6	3.2 m
Montante 11	# 120 x 100 x 5	3.2 m
Montante 12	# 160 x 120 x 6	3.2 m
Montante 13	# 160 x 120 x 6	3.2 m
Montante 14	# 200 x 150 x 8	3.2 m
Montante 15	# 180 x 140 x 8	3.2 m
Montante 16	# 140 x 100 x 6	3.2 m
Montante 17	# 160 x 120 x 6	3.2 m
Montante 18	# 120 x 100 x 6	3.2 m
Montante 19	# 100 x 60 x 4	3.2 m
Montante 20	# 120 x 100 x 6	3.2 m

Planta nivel +6.4 m:

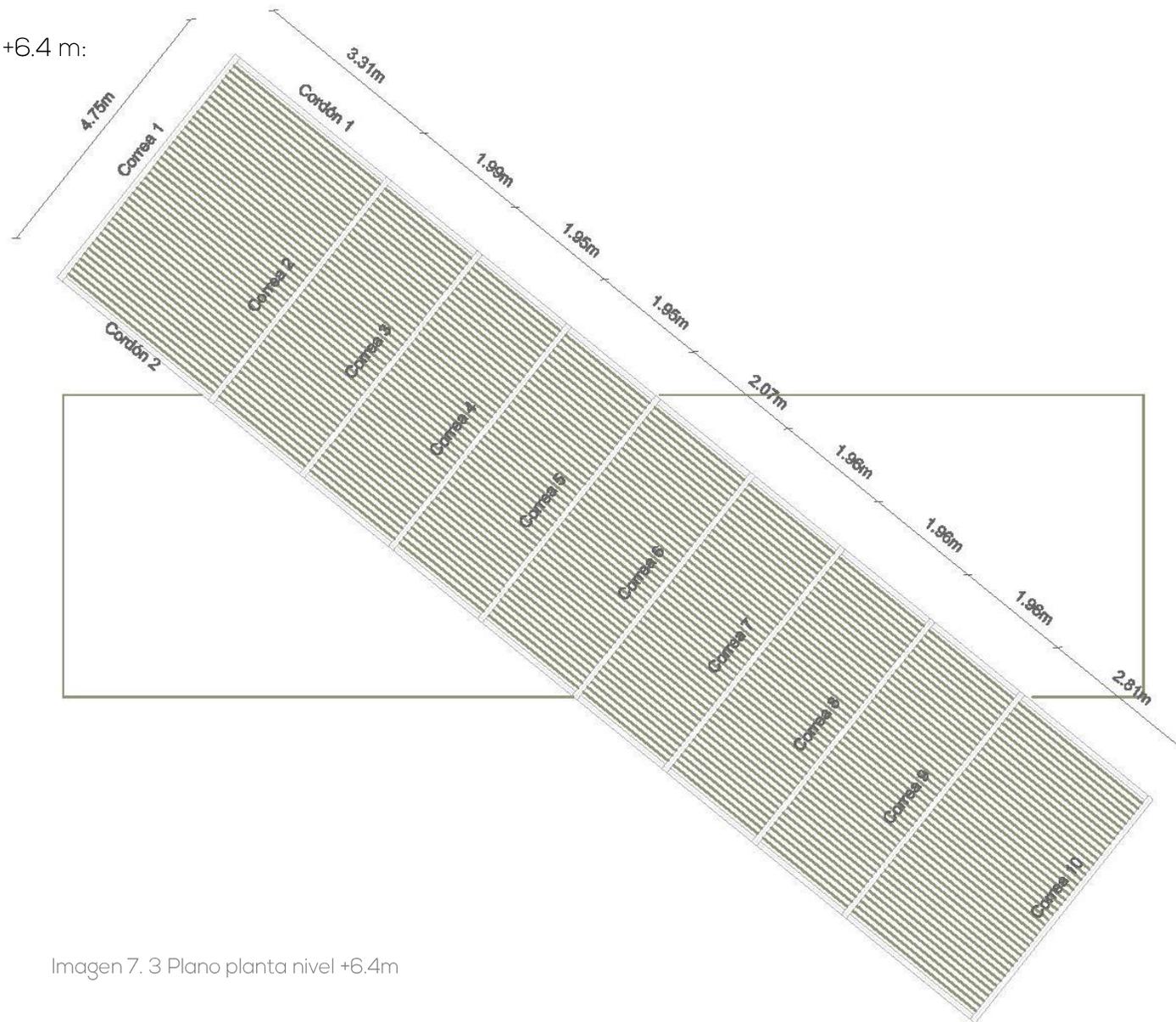


Imagen 7. 3 Plano planta nivel +6.4m



Modelo unificado::

Elemento	Sección	Longitud
Cordón 1	IPE 220	20 m
Cordón 2	IPE 220	20 m
Correa 1	IPE 220	5 m
Correa 2	IPE 220	5 m
Correa 3	IPE 220	5 m
Correa 4	IPE 220	5 m
Correa 5	IPE 220	5 m
Correa 6	IPE 220	5 m
Correa 7	IPE 220	5 m
Correa 8	IPE 220	5 m
Correa 9	IPE 220	5 m
Correa 10	IPE 220	5 m

Modelo optimizado::

Elemento	Sección	Longitud
Cordón 1	IPE 270	20 m
Cordón 2	IPE 200	20 m
Correa 1	IPE 180	5 m
Correa 2	IPE 220	5 m
Correa 3	IPE 200	5 m
Correa 4	IPE 200	5 m
Correa 5	IPE 200	5 m
Correa 6	IPE 200	5 m
Correa 7	IPE 200	5 m
Correa 8	IPE 200	5 m
Correa 9	IPE 160	5 m
Correa 10	IPE 200	5 m

Alzado cercha:

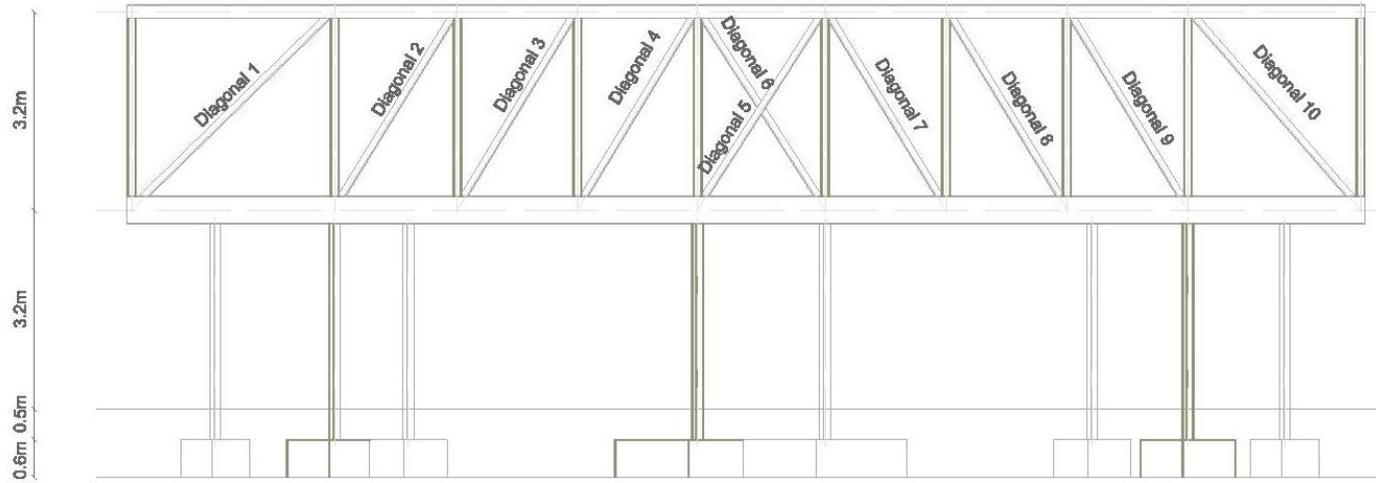


Imagen 7. 4 Alzado cercha

Detalle unión cercha:

Detalle placa soporte forjado colaborante:

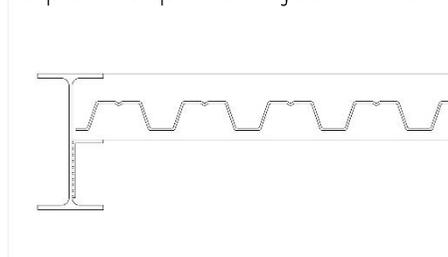


Imagen 7. 5 Detalle forjado colaborante

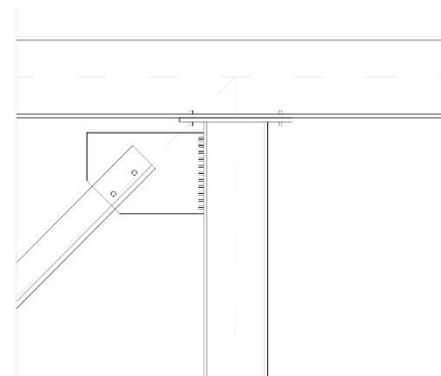


Imagen 7. 6 Detalle unión cercha

Modelo unificado::

Elemento	Sección	Longitud
Diagonal 1	Perfil L 120 x 15	4,6 m
Diagonal 2	Perfil L 120 x 15	3,77 m
Diagonal 3	Perfil L 120 x 15	3,75 m
Diagonal 4	Perfil L 120 x 15	3,75 m
Diagonal 5	Perfil L 120 x 15	3,81 m
Diagonal 6	Perfil L 120 x 15	3,81 m
Diagonal 7	Perfil L 120 x 15	3,76 m
Diagonal 8	Perfil L 120 x 15	3,76 m
Diagonal 9	Perfil L 120 x 15	3,76 m
Diagonal 10	Perfil L 120 x 15	4,26 m
Diagonal 11	Perfil L 120 x 15	4,6 m
Diagonal 12	Perfil L 120 x 15	3,77 m
Diagonal 13	Perfil L 120 x 15	3,75 m
Diagonal 14	Perfil L 120 x 15	3,75 m
Diagonal 15	Perfil L 120 x 15	3,81 m
Diagonal 16	Perfil L 120 x 15	3,81 m
Diagonal 17	Perfil L 120 x 15	3,76 m
Diagonal 18	Perfil L 120 x 15	3,76 m
Diagonal 19	Perfil L 120 x 15	3,76 m
Diagonal 20	Perfil L 120 x 15	4,26 m

Modelo unificado::

Elemento	Sección	Longitud
Diagonal 1	Perfil L 100 x 15	4,6 m
Diagonal 2	Perfil L 120 x 15	3,77 m
Diagonal 3	Perfil L 90 x 12	3,75 m
Diagonal 4	Perfil L 80 x 12	3,75 m
Diagonal 5	Perfil L 80 x 12	3,81 m
Diagonal 6	Perfil L 120 x 15	3,81 m
Diagonal 7	Perfil L 150 x 18	3,76 m
Diagonal 8	Perfil L 120 x 12	3,76 m
Diagonal 9	Perfil L 100 x 15	3,76 m
Diagonal 10	Perfil L 100 x 12	4,26 m
Diagonal 11	Perfil L 60 x 8	4,6 m
Diagonal 12	Perfil L 60 x 8	3,77 m
Diagonal 13	Perfil L 150 x 18	3,75 m
Diagonal 14	Perfil L 80 x 12	3,75 m
Diagonal 15	Perfil L 120 x 10	3,81 m
Diagonal 16	Perfil L 90 x 12	3,81 m
Diagonal 17	Perfil L 80 x 10	3,76 m
Diagonal 18	Perfil L 80 x 12	3,76 m
Diagonal 19	Perfil L 120 x 15	3,76 m
Diagonal 20	Perfil L 60 x 6	4,26 m



8. MEDICIONES



En el apartado de mediciones procedemos a calcular el coste de los materiales empleados en el sistema estructural propuesto. Estos los dividiremos en lotes, según los plazos de puesta en obra de los distintos elementos. Conformarán tres lotes, según las alturas.

El precio de los materiales los obtendremos mediante la aplicación del instituto valenciano de la edificación. Obtendremos el precio final de las dos propuestas planteadas, la propuesta con las secciones unificadas, siendo todas las mismas que en el caso del elemento más desfavorable. La propuesta optimizada, donde cada uno de los perfiles trabaja al máximo rendimiento.



Unificado:

-Lote I: Nivel +0 m

Perfil	Sección	Area m ²	Masa kg/m	Longitud m	Precio Unidad €/kg	Masa Total kg	Precio Total €
HEB	200	7810	61,3	29,6	1,64	1814,48	2975,7472
							2975,7472

Zapata	Dimensiones	Armado	Precio Total €
1	80x80	φ16/10	48,64
2	110x110	φ16/10	94,64
3	220x220	φ16/10	525,78
4	90x90	φ16/10	61,75
5	90x90	φ16/10	61,75
6	200x200	φ16/10	525,78
7	110x110	φ16/10	94,64
8	80x80	φ16/10	48,64
			1461,62

-Lote 2: Nivel +3,20 m:

Perfil	Sección	Area m ²	Masa kg/m	Longitud m	Precio Unidad €/kg	Masa Total kg	Precio Total €
IPE	220	3340	26,2	21,46	1,64	562,252	922,09328
IPE (correas)	270	4590	36,1	42,75	1,89	1543,275	2916,78975
IPE	450	9880	77,6	40	1,64	3104	5090,56
IPE	120	1320	10,4	3,91	1,64	40,664	66,68896
IPE	300	5380	42,2	20	1,64	844	1384,16
							10380,29199

-Lote 3: Nivel +6,20 m:

Perfil	Sección	Area m ²	Masa kg/m	Longitud m	Precio Unidad €/kg	Masa Total kg	Precio Total €
IPE	220	3340	26,2	40	1,64	1048	1718,72
IPE (cercha)	220	3340	26,2	47,5	1,89	1244,5	2352,105
Tubo Rectangular	160x120x8	3600	32,9	64	1,89	2105,6	3979,584
L	120x15	3390	26,6	78,06	1,89	2076,396	3924,38844
							11974,79744

Precio Lote 1: 4437,37 €.

Precio Lote 2: 10380,29 €.

Precio Lote 3: 11974,8 €.

Precio Total: 26792,46 €.

Optimizado:

-Lote I: Nivel +0 m:

Perfil	Sección	Area m ²	Masa kg/m	Longitud m	Precio Unidad €/kg	Masa Total kg	Precio Total €
HEB	120	3400	26,7	14,8	1,64	395,16	648,0624
HEB	160	5430	42,6	3,7	1,64	157,62	258,4968
HEB	180	6530	51,2	7,4	1,64	378,88	621,3632
HEB	200	7810	61,3	3,7	1,64	226,81	371,9684
							1899,8908

Zapata	Dimensiones	Armado	Precio Total €
1	80x80	φ16/10	48,64
2	110x110	φ16/10	94,64
3	220x220	φ16/10	525,78
4	90x90	φ16/10	61,75
5	90x90	φ16/10	61,75
6	200x200	φ16/10	525,78
7	110x110	φ16/10	94,64
8	80x80	φ16/10	48,64
			1461,62

-Lote 2: Nivel +3,20 m:

IPE	220	3340	26,2	10,73	1,64	281,126	461,04664
IPE	200	2850	22,4	10,73	1,64	240,352	394,17728
IPE	500	11600	90,7	20	1,64	1814	2974,96
IPE	400	8450	66,3	20	1,64	1326	2174,64
IPE	300	5380	42,2	5	1,64	211	346,04
IPE	270	4590	36,1	5	1,64	180,5	296,02
IPE	160	2010	15,8	10	1,64	158	259,12
IPE (cercha)	300	5380	42,2	4,75	1,89	200,45	378,8505
IPE (cercha)	270	4590	36,1	4,75	1,89	171,475	324,08775
IPE (cercha)	220	3340	26,2	9,5	1,89	248,9	470,421
IPE (cercha)	200	2850	22,4	14,25	1,89	319,2	603,288
IPE (cercha)	180	2390	18,8	4,75	1,89	89,3	168,777
IPE (cercha)	160	2010	15,8	4,75	1,89	75,05	141,8445
IPE	120	1320	10,4	3,91	1,89	40,664	76,85496
							9070,12763

-Lote 3: Nivel +6,20 m:

Perfil	Sección	Area m ²	Masa kg/m	Longitud m	Precio Unidad €/kg	Masa Total kg	Precio Total €
IPE	270	4590	36,1	20	1,64	722	1184,08
IPE	200	2850	22,4	20	1,64	448	734,72
IPE (cercha)	220	3340	26,2	9,5	1,89	248,9	470,421
IPE (cercha)	200	2850	22,4	28,5	1,89	638,4	1206,576
IPE (cercha)	180	2390	18,8	4,75	1,89	89,3	168,777
IPE (cercha)	160	2010	15,8	4,75	1,89	75,05	141,8445
Tubo Rectangular	200x150x8	5300	41,6	3,2	1,89	133,12	251,5968
Tubo Rectangular	180x140x8	4830	37,9	6,4	1,89	242,56	458,4384
Tubo Rectangular	160x120x8	4200	32,9	3,2	1,89	105,28	198,9792
Tubo Rectangular	160x120x6	3190	25	12,8	1,89	320	604,8
Tubo Rectangular	140x100x6	2710	21,3	9,6	1,89	204,48	386,4672
Tubo Rectangular	120x100x6	2430	19,1	12,8	1,89	244,48	462,0672
Tubo Rectangular	120x100x5	2040	16	3,2	1,89	51,2	96,768
Tubo Rectangular	120x80x6	2240	17,6	9,6	1,89	168,96	319,3344
Tubo Rectangular	100x60x4	1210	9,47	3,2	1,89	30,304	57,27456
							6742,14426



Perfil	Sección	Area m ²	Masa kg/m	Longitud m	Precio Unida	Masa Total k	Precio Total
L	150x18	4570	35,9	8,36	1,89	300,124	567,23436
L	120x15	3390	26,6	11,34	1,89	301,644	570,10716
L	120x12	2970	23,3	3,76	1,89	87,608	165,57912
L	120x10	2540	19,9	3,81	1,89	75,819	143,29791
L	100x15	2540	19,9	8,36	1,89	166,364	314,42796
L	100x12	2270	17,8	4,26	1,89	75,828	143,31492
L	90x12	1870	14,7	7,56	1,89	111,132	210,03948
L	80x12	1790	14	15,07	1,89	210,98	398,7522
L	60x8	903	7,09	9,37	1,89	66,4333	125,558937
L	60x6	691	5,42	4,26	1,89	23,0892	43,638588
							2681,95064

Precio Lote 1: 3361,51 €.

Precio Lote 2: 9070,13 €.

Precio Lote 3: 9424,1 €.

Precio Total: 21855,74 €.



9. CONCLUSIONES



Los resultados obtenidos en el trabajo propuesto nos confirman la importancia de tener en consideración la importancia de la estructura y que, sabiendo como funcionan estas, es posible plantear distintos modelos de distintos materiales y sistemas para un mismo proyecto.

Elegir el sistema estructural a utilizar es un paso fundamental, pues bien con los conocimientos necesarios del funcionamiento de los sistemas estructurales y de los programas informáticos es posible plantear varios sistemas distintos. La experiencia nos facilitará la elección del sistema más eficaz.

Durante el progreso de la propuesta escogida y los criterios de elección de perfiles y secciones han surgido alternativas a tener en cuenta. Es importante hacer para deshacer y rehacer. El desarrollo de un proyecto consiste en eso mismo, no es un camino recto y directo, esto nos ayuda a corregir errores y a valorar posibilidades que se nos habían pasado por alto.

Tras este proceso, hemos planteado la posibilidad de abaratar los costes optimizando el trabajo de los perfiles, la diferencia económica es considerable, por lo tanto, habrá que elegir que factor predomina sobre los demás. La propuesta unificada trabaja del lado de la seguridad respecto a acciones externas como el sismo y viento que hemos obviado, además de facilitarnos la puesta en obra de los elementos, especialmente con el forjado colaborante al ser todas las correas de la misma dimensión y poder unificar la solución para todo el forjado. Por otro lado, el ahorro económico de la propuesta optimizada, al tratarse de prácticamente de un 20%, podríamos plantear soluciones a la hora del forjado o de uniones más sofisticadas con esa diferencia económica.

En este ejercicio hemos trabajado con el programa informático Architrave® que nos permite confirmar que la estructura, con las cargas correctamente asignadas, cumple tanto a estados límites últimos como a estados límites de servicio. Es necesario un previo conocimiento del funcionamiento de las estructuras para el uso del programa, a base del "prueba y error" es posible dimensionar cualquier estructura y una vez dimensionada, valorar si la estructura propuesta resulta valida u otra planteada con otros materiales u otros sistemas estructurales resultaría más eficiente.



Además de adquirir conocimientos y experiencia con los programas informáticos de cálculo y de dibujo a la hora de modelar la estructura y las hipótesis de carga, con este trabajo hemos experimentado los pasos y documentos que hay que elaborar y presentar a la hora de desarrollar un proyecto real. Conocimientos que resultan imprescindibles para cualquier arquitecto que tenga intención de ejercer como profesional.



10. BIBLIOGRAFÍA



-10.1 Bibliografía documental

Monfort Leonart, José (2006). *Estructuras metálicas para edificación. Adaptado al CTE*. Valencia: Editorial UPV.

Web: Issuu

https://issuu.com/clavelarquitectos/docs/0000_de_la_gran_escala_al_detalle_w

Monfort Leonart, José; Pardo Ros, José Luis; Guardiola Villora, Arianna (2008). *Problemas de estructuras metálicas adaptados al Código Técnico*. Valencia: Editorial UPV.

Pérez-García, Agustín; Alonso Durá, Alfonso; Gómez-Martínez, Fernando; Alonso Avalos, José Miguel y Lozano Lloret, Pau. (2015). *Architrave@ 2015* [online]. Valencia, UPV. Available from: www.architrave.es
Pérez-García, Agustín y Guardiola Villor.

Web: PoliMedia

<https://media.upv.es/#/portal/channel/4556bbc3-e4f2-e94e-b2d6-bea638116646>

Web: Plataforma Arquitectura

<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/765174/casa-cruzada-clavel-arquitectos>

Web: RevistaAD

<https://www.revistaad.es/decoracion/casas-ad/galerias/casa-cruzada-en-murcia-clavel-arquitectos/8378>

-10.2 Bibliografía gráfica

0-PORTADA

0.1 Vista exterior Casa cruzada

<http://davidfrutos.com/casa-cruzada/>

1-INTRODUCCIÓN

1.1 Vista exterior Casa cruzada

<http://davidfrutos.com/casa-cruzada/>

1.2 Vista exterior Casa cruzada

<http://davidfrutos.com/casa-cruzada/>

1.3 Logo Calvel arquitectos

<https://www.arquitecturayempresa.es/estudio/clavel-arquitectos>

1.4 Manuel Clave Rojo

<https://www.arquitecturayempresa.es/estudio/clavel-arquitectos>

1.5 Edificio San Cristobal

<http://davidfrutos.com/tag/edificio-san-cristobal/>

1.6 Casa 4 en 1

<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-315665/casa-4-en-1-clavel-arquitectos>

1.7 Fachada Museum garaje

<https://www.laverdad.es/culturas/arquitecto-murciano-manuel-20180425114033-nt.html>

2-PROYECTO

2.1 Vistas al exterior desde el dormitorio

<http://davidfrutos.com/casa-cruzada/>

2.2 Vistas al exterior desde el salón

<http://davidfrutos.com/casa-cruzada/>

2.3 Idea del proyecto

<https://www.revistaad.es/decoracion/casas-ad/galerias/casa-cruzada-en-murcia-clavel-arquitectos/8378/image/61990>

2.4 Planta baja

<https://www.revistaad.es/decoracion/casas-ad/galerias/casa-cruzada-en-murcia-clavel-arquitectos/8378/image/61990>

2. 5 Planta primera

<https://www.revistaad.es/decoracion/casas-ad/galerias/casa-cruzada-en-murcia-clavel-arquitectos/8378/image/61990>

2. 6 Modelado concepto estructura

Elaboración propia mediante programa informático AutoCAD®

2. 7 Modelado concepto estructura

Elaboración propia mediante programa informático AutoCAD®

2. 8 Soporte perfil tubular cilíndrico

<http://davidfrutos.com/casa-cruzada/>

2. 9 Vista del salón desde el exterior

<http://davidfrutos.com/casa-cruzada/>

2. 10 Contraste interior-exterior

<http://davidfrutos.com/casa-cruzada/>

2. 11 Materialidad interior

<http://davidfrutos.com/casa-cruzada/>

4-BASES DE CÁLCULO

4. 1 Valores característicos sobrecargas de uso

CTE DB-SE-AE

4. 2 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia

CTE DB-SE-AE

4. 3 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

CTE DB-SE

4. 4 Coeficientes de simultaneidad (Ψ)

CTE DB-SE

5-MODELO DE CÁLCULO

5. 1 Logotipo programa informático AutoCAD®

<https://www.autodesk.com>

5. 2 Logotipo programa informático Architrave®

<https://www.architrave.es>

5.3 Menú de la aplicación de Architrave® para AutoCAD®

Captura programa informático AutoCAD®

5.4 Modelado estructura con cargas aplicadas

Elaboración propia mediante programa informático AutoCAD®

5.5 Modelado apoyos empotrados y orientación de perfiles HEB

Elaboración propia mediante programa informático AutoCAD®

5.6 Captura modelado líneas

Elaboración propia mediante programa informático AutoCAD®

5.7 Captura modelado líneas alzado

Elaboración propia mediante programa informático AutoCAD®

6-RESULTADOS PROPUESTA

6.1 Comparación deformada predimensionado-final

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.2 Captura modelado final estructura

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.3 Captura modelado final estructura

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.4 Captura modelado final bloque volado. Nivel +3. 2m

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.5 Modelado estructura final

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.6 Modelado estructura final

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.7 Esquema en planta puntos más desfavorables

Elaboración propia a partir de la imagen 2.5

6.8 Menú combinación de hipótesis de Architrave®

Captura de programa informático Architrave®

6.9 Flecha en extremos de voladizo

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®



6.10 Flecha en centro de vano más desfavorable

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.11 Tracciones en diagonales de la cercha

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.12 Valores axiles y flectores en diagonales de la cercha

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.13 Tracciones en los cordones superiores de la cercha

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.14 Compresiones en los cordones inferiores de la cercha

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.15 Captura modelado final

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.16 Flecha en extremos de voladizo modelado optimizado

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.17 Flecha en centro de vano más desfavorable

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

6.18 Captura modelado final propuesta optimizada

Elaboración propia mediante programa informático Architrave®

7.1 Plano planta cimentación

Elaboración propia mediante programa informático AutoCAD®

7.2 Plano planta nivel +3.2m

Elaboración propia mediante programa informático AutoCAD®

7.3 Plano planta nivel +6.4m

Elaboración propia mediante programa informático AutoCAD®

7.4 Alzado cercha

Elaboración propia mediante programa informático AutoCAD®

7.5 Detalle forjado colaborante

Elaboración propia mediante programa informático AutoCAD®

Elaboración del proyecto de ejecución de la estructura de una vivienda unifamiliar. Estructura metálica.



7.6 Detalle unión cercha

Elaboración propia mediante programa informático AutoCAD®