



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Estudio de alternativas para la optimización estructural de
una vivienda unifamiliar.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Millán Navarro, Gloria

Tutor/a: Mazarredo Aznar, Luis María de

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



TRABAJO FINAL DE GRADO

Estudio de alternativas para la optimización estructural de una vivienda unifamiliar.

Autora: Gloria Millán Navarro

Tutor: Luis María de Mazarredo Aznar

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

Curso 2021-2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción.....	4	8.3 Modelo 2.....	34
2. Objetivo.....	5	8.4 Modelo 3	35
3. Metodología.....	7	9. Análisis estructural.....	36
4. Arquitecta.....	9	9.1 Modelo original	37
5. El edificio.....	12	9.2 Modelo 1	44
5.1 Emplazamiento.....	14	9.3 Modelo 2	52
5.2 Construcción.....	15	9.4 Modelo 3	58
5.3 Estructura	16	10. Mediciones y Planos.....	61
6. Definición herramienta	17	10.1 Resumen armaduras.....	62
7. Hipótesis de cálculo	20	10.2 Mediciones	66
7.1 Acciones en la edificación	21	11. Conclusiones	83
7.2 combinación de acciones	27	12. Bibliografía.....	85
8. Modelos de cálculo	31	12.1 Bibliografía documental	86
8.1 Modelo original	32	12.2 Bibliografía gráfica	88
8.2 Modelo 1	33		



RESUMEN

La búsqueda del modelo estructural ideal, no sólo en el campo económico, sino en la aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible marcados por la agenda 2030, es fundamental a la hora de abordar un nuevo proyecto. En este estudio se analizan, partiendo del modelo estructural y su correspondiente presupuesto, distintas alternativas, en cuanto a material y configuración, para un mismo proyecto, con la finalidad de conseguir la estructura óptima en cuanto a economía e impacto medioambiental.

ABSTRACT

The search for the ideal structural model, not only in the economic field, but also in the application of the Sustainable Development Goals set by the 2030 agenda, is fundamental when tackling a new project. This study analyses, based on the structural model and its corresponding budget, different alternatives, in terms of material and configuration, for the same project, with the aim of achieving the optimal structure in terms of economy and environmental impact.

RESUM

La recerca del model estructural ideal, no només en el camp econòmic, sinó en la aplicació dels Objectius de Desenvolupament Sostenible marcats per l'agenda 2030, es fonamental a l'hora d'abordar un nou projecte. En aquest estudi s'analitzen, partint del model estructural i el seu pressupost corresponent, diferents alternatives, en quant a material y configuració, per a un mateix projecte, amb la finalitat d'aconseguir l'estructura òptima en quant a economia i impacte mediambiental.

Palabras clave: CASA DE VIDRIO; OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL; CÁLCULO ESTRUCTURAL; ANGLE; LINA BO BARDI

Paraules clau: CASA DE VIDRE; OPTIMIZACIÓ ESTRUCTURAL; CÀLCUL ESTRUCTURAL; ANGLE; LINA BO BARDI

Keywords: GLASS HOUSE; STRUCTURAL OPTIMISATION; STRUCTURAL CALCULATION; ANGLE; LINA BO BARDI



1. INTRODUCCIÓN

La arquitectura es el medio a través del cual se lleva a cabo un proyecto, diseñado por la persona capacitada para ello, y con multitud de finalidades funcionales.

El proceso de proyectar empieza desde las ideas, que han de ser plasmadas junto al resto de la documentación, hasta su construcción. Para esto sea posible de la forma más adecuada, se han de seguir una serie de criterios recogidos en la documentación del propio proyecto, que los técnicos responsables han de supervisar.

A pesar de que los gustos y la estética de proyectar van cambiando y evolucionando con el tiempo, el proceso de proyectar siempre ha sido similar. El arquitecto es el encargado de proyectar y transmitir a las personas responsables de la ejecución toda la información necesaria para llevarlo a cabo. Además, el correcto desarrollo de la estructura será lo que permita la adecuada materialización del diseño del proyecto y lo que marcará la diferencia entre un buen proyecto y un proyecto deficiente.

Es muy importante que estos documentos se entiendan y el contenido funcione, que sin duda es algo que se ve reflejado en la vivienda escogida, La Casa de Vidrio de Lina Bo Bardi.

En ella se lee una estructura clara, formada por una serie de pilares metálicos que muestran de forma evidente la intención de Lina de crear un espacio liviano en consonancia con su entorno, pero que a su vez contraste con la estructura de la parte trasera que se caracteriza por su opacidad.

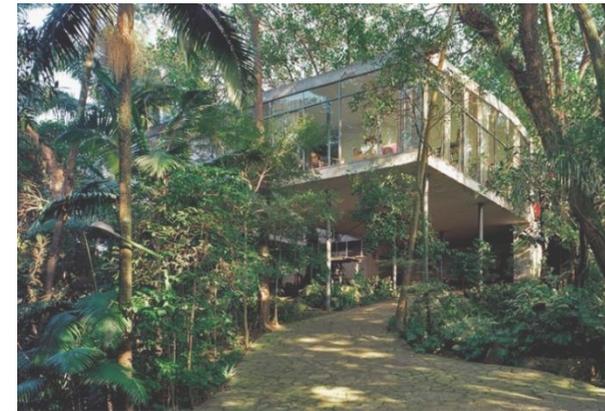


Ilustración 1.1 Entrada principal



Ilustración 1.2 Porche



2. OBJETIVO

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado es analizar, estudiar y buscar alternativas a la estructura de la vivienda de Lina Bo Bardi, conocida como Casa de Vidrio, con el fin de encontrar soluciones que, sin alterar la estética de la vivienda, mejoren sus capacidades funcionales y estructurales. En concreto se plantean alternativas a la parte delantera de la vivienda, quedando los muros iguales en los cuatro modelos. Para ello se plantean cuatro modelos diferentes de estructura. A partir de estos modelos se hace el estudio para, posteriormente, poder hacer la comparativa entre ellos.

Con los conocimientos adquiridos a lo largo del grado se busca encontrar dos soluciones alternativas que cumplan también con los objetivos de desarrollo sostenible que, tan imprescindibles son para poder garantizar un futuro sostenible para todo el mundo reduciendo la pobreza y las desigualdades entre personas.

“El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años”¹ (Naciones Unidas, s.f.).

Dentro de los objetivos de desarrollo sostenible cabe destacar los puntos cuatro y cinco; educación de calidad e igualdad de género, ya que están muy presentes en este trabajo. Estudiar a una de las mujeres más importantes del mundo de la arquitectura y un gran referente de la arquitectura moderna, dando visibilidad al papel de la mujer en el sector profesional y educativo.



Ilustración 2.1 Objetivos de desarrollo sostenible



¹ Gamez, M. J. (2022b, mayo 24). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. Desarrollo Sostenible. Recuperado 4 de octubre de 2022, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>



3. METODOLOGÍA



Para el desarrollo de este trabajo fin de grado se ha llevado a cabo la metodología resumida de manera esquemática a;

- Estudio previo sobre la Arquitecta, su vida y obra.
- Estudio de la vivienda objeto de análisis.
- Planteamiento del modelo estructural original de la vivienda a partir de la documentación disponible.
- Modelación de la estructura y asignación de elementos a través de la aplicación de Angle.
- Estudio y estimación de cargas que influyen en la estructura.
- Comprobación de la estructura mediante el estudio de deformaciones de los propios elementos estructurales.
- Armado y dimensionamiento de los elementos.
- Mediciones y planos del resultado final.
- Planeamiento de modelos estructurales alternativos y mismo procedimiento.
- Comparación del modelo original con las alternativas



4. ARQUITECTA



Ilustración 4.1 Lina Bo Bardi (1945)

La autora de la vivienda es Achillina Bo, conocida como Lina Bo Bardi, arquitecta ítalo-brasileña perteneciente al siglo XX. Nacida en Roma, Italia, en 1914. Estudia en la Escuela de Arquitectura de Roma y se gradúa en 1940. Más adelante se muda a Milán donde trabaja para el arquitecto Gio Ponti como editora de la Revista *Quaderni di Domus*.²

Al estallar la Segunda Guerra Mundial, el estudio donde trabaja es destruido junto a gran parte de Italia debido a los bombardeos. En 1945, al terminar la Guerra, Lina se casa con el conocido periodista y crítico de arte Pietro María Bardi, y es entonces cuando viajan a Brasil, país del que quedan profundamente enamorados, tanto que deciden vivir allí.¹

Es en Brasil dónde la arquitecta desarrolla su carrera y sus obras más conocidas. En 1950 proyecta su propia vivienda, La casa de vidrio, ubicada en medio de la naturaleza y adaptándose a ella. Más adelante, en 1957, proyecta el famoso Museo de Arte de São Paulo, su obra quizá más emblemática, se convierte en el primer museo brasileño en albergar arte moderno. En 1977, construye otra de sus obras maestras, el Centro cultural de Pompeya en Sao Paulo. Destinado al Ocio la cultura y el deporte, Lina aprovecha las preexistencias de la anterior fábrica para dar vida a este particular edificio.

A la llegada a Brasil Lina todavía está muy influenciada por el estilo moderno europeo con el que había crecido a nivel profesional, pero con el paso de los años, va adaptando su estilo a la cultura brasileña.³ Pero Lina no solo se dedica a la arquitectura a lo largo de su vida profesional, la Arquitecta desarrolla todo un conjunto de obras, desde el diseño de interiores hasta la escritura en revistas culturales del País, que junto a su marido Pietro, los convierten en dos referentes a nivel artístico.

² Lina Bo Bardi, la figura de una gran arquitecta y artista. (2018b, octubre 19). *tasararte.com*. Recuperado 4 de octubre de 2022, de <https://www.tasararte.com/lina-bo-bardi-la-figura-de-una-gran-arquitecta-y-artista/#:%7E:text=Ella%20dec%C3%ADa%20que%20La%20libertad,las%20barreras%20de%20lo%20est%C3%A9tico>.

³ López, A. I. (2020b, enero 24). Lina Bo Bardi, la arquitecta que unió el arte popular latinoamericano con lo moderno. *Architectural Digest*. Recuperado 4 de octubre de 2022, de <https://www.admagazine.com/arquitectura/lina-bo-bardi-biografia-y-obras-20200124-6395-articulos>

Tanto Lina como Pietro fueron dos personas estrechamente relacionadas con la cultura y el arte, que dejaron una gran huella en el mundo de la arquitectura.

Para Lina los edificios eran obras que únicamente estaban completas con los usuarios como partícipes de ésta, es decir, las obras están inacabadas sin la interacción de las personas. En sus mismas palabras *“La libertad del artista siempre ha sido individual, pero la verdadera libertad solo puede ser colectiva. Una libertad consciente de sus responsabilidades sociales que puede derribar las barreras de lo estético”*.⁴ La arquitecta fallece en el año 1995 y la Casa de Vidrio pasa a ser la sede del Instituto Lina Bo y Pietro María Bardi, que todavía hoy en día se emplea para promover la arquitectura, el diseño, el urbanismo y el arte popular brasileño.



Ilustración 4.2 Casa de Vidrio



Ilustración 4.3 Museo de Sao Paulo

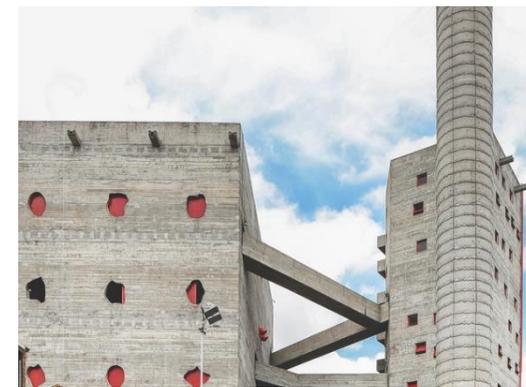


Ilustración 4.4 Centro culturas de Pompeya

⁴ (Lina Bo Bardi, la figura de una gran arquitecta y artista., 2018) <https://www.tasararte.com/lina-bo-bardi-la-figura-de-una-gran-arquitecta-y-artista/#:~:text=Ella%20dec%C3%ADa%20que%20La%20libertad,las%20barreras%20de%20lo%20est%C3%A9tico.>



5. EL EDIFICIO

El proyecto escogido, la residencia familiar de Lina Bo Bardi y Pietro María Bardi, es una vivienda unifamiliar de dos alturas implantada en mitad del bosque, en la zona de Morumbi a las afueras de Sao Paulo, completamente rodeada de vegetación.

Por la parte delantera de la vivienda, la planta baja queda prácticamente libre fundiéndose con el entorno, quedando vistos un conjunto de pilares circulares esbeltos que sujetan el salón acristalado de la planta superior, dejando un espacio de porche donde guardar los vehículos. Por la parte trasera hay una serie de habitaciones a modo de almacén.⁵

En la planta superior se encuentra el gran salón acristalado y por la parte posterior un conjunto de habitaciones dispuestas formando una U alrededor de un patio central. La cubierta es ligeramente inclinada a dos aguas rompiendo con la planeidad de la planta primera.⁴

A simple vista la vivienda da una sensación de ligereza y transparencia lo que la hace conectar muy bien con el entorno y crear un espacio continuo, casi como si la vegetación entrase dentro del domicilio. Pero por la parte trasera se aprecia lo macizo, la compacidad de los gruesos muros. La Arquitecta ha sabido muy bien contrastar y combinar las dos partes, de forma que, la zona diurna forme parte activamente del exterior y esté dotada de mucha iluminación mientras que la parte trasera busca aislarse y crear una zona de descanso que vuelca a un patio.



Ilustración 5.1 Vista exterior

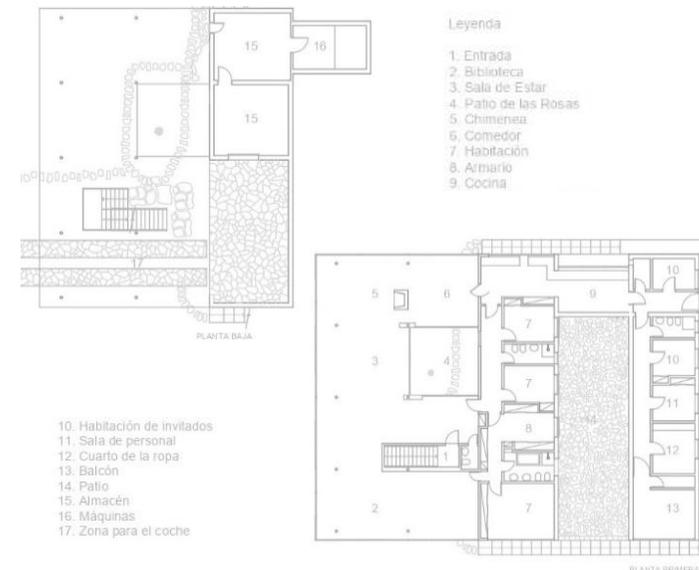


Ilustración 5.2 Plantas

⁵ Análisis casa de vidrio de Lina Bo Bardi. (2015, 1 enero). Arquitectura Viva. Recuperado 4 de octubre de 2022, de <https://arquitecturaviva.com/obras/casa-de-vidrio>

5.1 EMPLAZAMIENTO

La vivienda se encuentra en Rua General Almério de Moura 200 a las afueras de Sao Paulo en Brasil.

Lo que caracteriza el emplazamiento de esta vivienda es la pronunciada pendiente que obliga a la vivienda a adaptarse en medio del bosque rodeada de vegetación.

La Casa de vidrio fue de las primeras que se construyeron en esta colina, cuando apenas había vegetación a su alrededor, y aunque hoy en día sea habitual encontrar viviendas en zonas como esta, para la época en la que Lina Bo Bardi construyó su vivienda fue algo más innovador.⁵

La intención de la Arquitecta es que sea la casa la que se adapte al entorno y no al revés, creando una conexión interior-exterior muy profunda, donde es el usuario es el que va explorando el exterior, entra en la vivienda y sigue viendo vegetación a través de los grandes ventanales, experimentando una sensación de continuidad.



Ilustración 5.3 Ubicación



Ilustración 5.4 Emplazamiento

5.2 CONSTRUCCIÓN

La vivienda fue construida en 1951, en pleno movimiento moderno, lo que se ve reflejado en los materiales empleados por Lina.

La casa está construida con los tres materiales predominantes de este movimiento, hormigón armado visto para muros y losas, acero para los pilares y el vidrio para los ventanales.

Pero, el aporte quizá más importante de la vivienda a la corriente de la arquitectura moderna es, la capacidad de integración de los espacios interiores con el exterior, el vínculo entre lo público y lo privado, que en un principio se leen como términos contrarios pero que por medio de estrategias consecuentes como los grandes acristalamientos se consigue fusionar el jardín tropical con sus colores, olores y ruidos, al espacio donde se habita.⁶



Ilustración 5.5 Vista interior



Ilustración 5.6 Vista interior



Ilustración 5.7 Vista exterior

⁶ Serrano, J. R. & Serrano, J. R. (s. f.). *Lina Bo Bardi, casa de vidrio en Morumbí, 1949-1951 – Hyperbole*. Recuperado 4 de octubre de 2022, de <https://hyperbole.es/2018/03/lina-bo-bardi-casa-de-vidrio-en-morumbi-1949-1951/>

5.3 ESTRUCTURA

La estructura de la Casa de vidrio es el principal motivo de estudio, ya que, la atractiva parte delantera de la vivienda tiene un conjunto de pilares metálicos de sección circular, que debido al desnivel del terreno varían en altura dependiendo de su posición. Hay un total de 11 pilares que van de cimentación a cubierta, creando esa continuidad entre planos.

Por otro lado, en contraste con esta zona abierta y ligera apoyada en pilares finos, está la parte trasera de la vivienda que está construida con muros de hormigón armado, creando una zona maciza y opaca.

En la vivienda se aprecia una modulación clara y repetida, creando una retícula que facilita la disposición de los pilares y los muros. Se trata de una trama reticular de 5,50m tanto en el eje vertical como horizontal.

Lina juega con esta modulación sencilla que le permite crear una estructura fácil de leer.

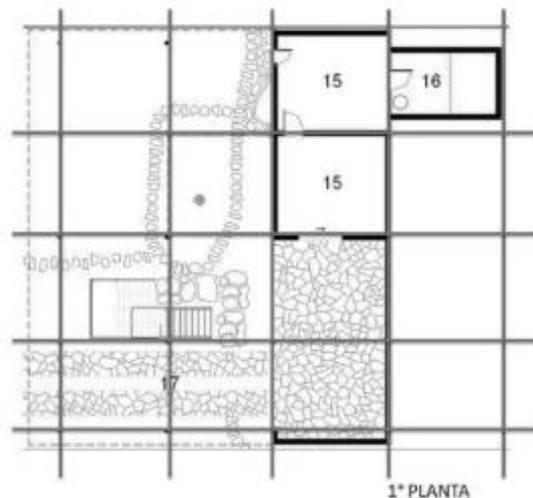


Ilustración 5.8 Métrica planta baja

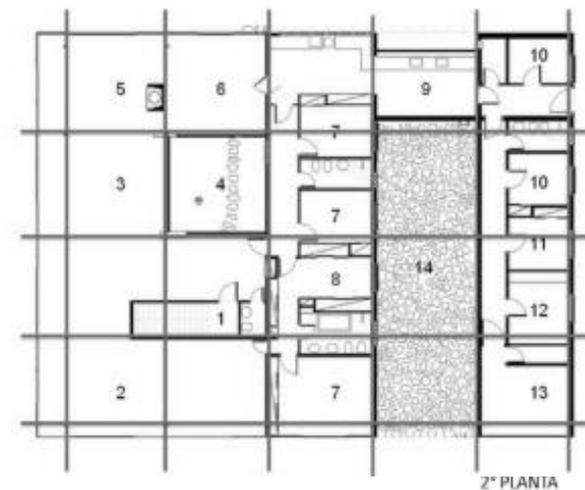


Ilustración 5.9 Métrica planta primera



6. DEFINICIÓN HERRAMIENTAS

Una vez analizada la estructura original del proyecto, se pasa a modelizar y hacer los cálculos correspondientes. Para esto en primer lugar se utiliza el programa *AutoCAD*® (2021), herramienta con la cual se hacen los planos. Una vez hechos los planos, se genera el modelo 3D con sus correspondientes capas dependiendo del elemento estructural del que se trate, ya que, posteriormente se necesita que todos los elementos estén diferenciados e identificados con sus características estructurales.

Para esto, dentro del programa de *AutoCAD*®, es necesario añadir la extensión de *Angle*, el segundo programa que se emplea para la realización del trabajo. Con este programa se puede ir asociando los elementos a los materiales correspondientes a la vez que se va generando el modelado de la estructura. A través de *Angle* se indican las hipótesis y cargas que influyen en la estructura.

El programa *Angle* se emplea para el cálculo estructural por el método de elementos finitos, análisis lineal y no lineal estático y dinámico. Para el dimensionado de acero, hormigón y madera y la peritación de estructuras. Es un programa diseñado por el arquitecto Adolfo Alonso Durà, profesor titular de la Universidad Politécnica de Valencia, y está instalado en su versión de 2021.



Ilustración 6.1 Logo Autocad



ANGLE-64 (c) UPV

Ilustración 6.2 Logo Angle

Con el modelo hecho en tres dimensiones, podemos ya introducir las cargas correspondientes que soporta la estructura para realizar los cálculos y así obtener tanto solicitaciones y deformaciones como los diagramas. Estas cargas están justificadas en el apartado de hipótesis de cálculo.

Una vez obtenido el modelo original y sus cálculos, se realiza el modelado de las tres propuestas alternativas para posteriormente realizar los cálculos de éstas y así poder hacer la comparativa con la original.

También se emplea un programa de peritación llamado PERITACIÓN, creado también por el profesor y arquitecto Adolfo Alonso Durà, con el cual se sacan las armaduras oportunas para cada alternativa de forma que cumplan con la normativa vigente.

Por último, a través del generador de precios de Cype se obtienen los precios que, con las cuantías de cada elemento estructural se podrá conocer el precio total de cada modelado y así poder comparar entre ellos.



P PERITACIÓN (c) A.Alonso. Universitat Politècnica de València..[29-1-2019]

Ilustración 6.3 Logo Peritación



CYPE 2016 (Castellano) - 2016.o
Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción

Ilustración 6.4 Logo Cype



7. HIPÓTESIS DE CÁLCULO



7.1 ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN

En la edificación actúan una serie de acciones que dependiendo de su variación a lo largo del tiempo se clasifican en acciones permanentes (G) (DB-SE-AE, punto 2) y acciones variables (Q) (DB-SE-AE, punto 3). A parte de estas dos acciones también intervienen otras denominadas acciones accidentales (A). En todas ellas se tiene en cuenta que esta vivienda no se encuentra en Sao Paulo sino en Valencia, para poder emplear la normativa estudiada a lo largo del grado.

Teniendo en cuenta que existen estos tipos de acciones se toma, para las cargas permanentes, los valores del peso propio del forjado y de los elementos que componen el edificio.

“El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimientos (como pavimentos, guarnecidos, enlucidos, falsos techos), rellenos (como los de tierras) y equipo fijo.”⁷

Así pues;

- Peso propio del forjado (losa de hormigón o forjado de vigas)
- Peso propio de elementos estructurales

Tabla 3.1 Valores característicos de las sobrecargas de uso

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	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Ilustración 7.1 Tabla 3.1 del DB-SE-AE

⁷ CTE DB-SE-AE. (s. f.). <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.



Por otro lado, como acciones variables se tiene en cuenta la sobrecarga de uso, la sobrecarga de nieve y el viento.

“La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso.”⁸

La sobrecarga de uso varía según la finalidad del forjado, valores que vienen dados según la tabla 3.1 del CTEDB-SE-AE, que en este caso la vivienda soporta 2 kn/m² en el forjado de planta primera ya que se trata de una zona residencial A1.

Para la cubierta, al tener una inclinación menor a 20º, se considera una sobrecarga de uso de 1 kn/m².

En cuanto a la sobrecarga de nieve, se considera una carga vertical por unidad de superficie según la ecuación 3.5.1.2 del CTE DB-SE-AE tal que;

$$q_s = \mu \cdot S_k$$

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

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	0	0,2	Huesca	570	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	820	0,4	Santander	1.000	0,3
Badajoz	0	0,2	León	150	1,2	Segovia	10	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	380	0,5	Sevilla	1.090	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	470	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	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / Gasteiz	650	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	210	0,4
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Ilustración 7.2 Tabla 3.8 del DB-SE-AE

⁸ CTE DB-SE-AE. (s. f.). <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

Según este apartado, en la tabla 3.8 podemos observar que en la zona de Valencia el valor de s_k equivale a $0,2 \text{ Kn/m}^2$

Respecto a las acciones accidentales, al considerar que la vivienda se encuentra en Valencia no contemplamos el sismo ya que tiene una intensidad moderada-baja.

Como podemos observar en el mapa, en la zona de Valencia la intensidad de sismo está por debajo de 6.

Para el viento, se tiene en cuenta la ecuación descrita en el punto 3.2.2.1 del CTE DB-SE-AE;

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

De la cual, sabiendo la localización de la vivienda, sabemos que;

$$q_b = 0,42 \text{ (según el anejo D)}$$

$c_e = 2,3$ (según la tabla 3.3.3) ya que se ha considerado un grado de aspereza III.

$$c_p = c_p \text{ (coef. eólico de presión)} = 0,7$$

$$C_s \text{ (coef. eólico de succión)} = -0,4$$

$$c_p \text{ total (según la tabla 3.5)} = 1.1$$



Ilustración 7.1 Mapa de peligrosidad sísmica



MODELO ORIGINAL:

Cuadro resumen de cargas superficiales permanentes

	Peso propio Losa 20 cm	Tabiquería	Pavimento
Forjado Primero	5,5 Kn/m ²	1 Kn/m ²	1 Kn/m ²
Cubierta	5,5 Kn/m ²		

Cuadro resumen de cargas superficiales variables

	Sobrecarga uso	Sobrecarga nieve	Sobrecarga viento
Forjado Primero	2 Kn/m ²		1,1 Kn/m ²
Cubierta	1 Kn/m ²	0,2 Kn/m ²	1,1 Kn/m ²



MODELO 1 y 2:

Cuadro resumen de cargas superficiales permanentes

	Peso propio Losa 35 cm	Tabiquería	Pavimento
Forjado Primero	6,5 Kn/m ²	1 Kn/m ²	1 Kn/m ²
Cubierta	6,5 Kn/m ²		

Cuadro resumen de cargas superficiales variables

	Sobrecarga uso	Sobrecarga nieve	Sobrecarga viento
Forjado Primero	2 Kn/m ²		1,1 Kn/m ²
Cubierta	1 Kn/m ²	0,2 Kn/m ²	1,1 Kn/m ²



MODELO 3:

Cuadro resumen de cargas superficiales permanentes

	Peso propio forjado	Tabiquería	Pavimento
Forjado Primero	4,5 Kn/m ²	1 Kn/m ²	1 Kn/m ²
Cubierta	5,5 Kn/m ²		

Cuadro resumen de cargas superficiales variables

	Sobrecarga uso	Sobrecarga nieve	Sobrecarga viento
Forjado Primero	2 Kn/m ²		1,1 Kn/m ²
Cubierta	1 Kn/m ²	0,2 Kn/m ²	1,1 Kn/m ²

Así pues, la estructura cuenta con cuatro hipótesis de cálculo;

- Hipótesis 1: Peso propio
- Hipótesis 2: Sobrecarga de uso
- Hipótesis 3: Sobrecarga de Nieve
- Hipótesis 4, 5, 6, 7: Sobrecarga de Viento

7.2 COMBINACIÓN DE ACCIONES

- Estados Límite Últimos (ELU):

Según el CTE DB-SE apartado 3.2.1;

“1 los estados límite últimos son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo.

2 como estados límite últimos deben considerarse los debidos a:

a) pérdida del equilibrio del edificio, o de una parte estructuralmente independiente, considerado como un cuerpo rígido;

b) fallo por deformación excesiva, transformación de la estructura o de parte de ella en un mecanismo, rotura de sus elementos estructurales (incluidos los apoyos y la cimentación) o de sus uniones, o inestabilidad de elementos estructurales incluyendo los originados por efectos dependientes del tiempo (corrosión, fatiga).”⁹

Y según el CTE DB-SE 4.1.1 ;

“En 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.”

⁹ CTE DB-SE-AE. (s. f.). <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.



Además, el CTE DB-SE 4.2.2.1 también concreta que;

“El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a la situación persistente o transitoria se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:”¹⁰

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

“Donde;

- $G_{k,j}$: Valor característico de las acciones permanentes
- $Q_{k,j}$: Valor característico de las acciones determinantes
- γ_G, γ_Q : Coeficientes de mayoración de cargas permanentes y variables
- ψ_0 : Coeficientes de simultaneidad de las sobrecargas”

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

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
		desestabilizadora	estabilizadora
Estabilidad	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

Ilustración 7.4 Tabla 4.1 del CTE DB-SE

Como combinaciones de Estados Límite Últimos se han supuesto 5:

- Combinación 1: H01 = 1'35, H02= 1'5, H03=1'05, H04=0, H05= 0, H06= 0, H07= 0
- Combinación 2: H01 = 1'35, H02= 1'05, H03=1'5, H04=0, H05= 0, H06=0, H07=0
- Combinación 3: H01 = 1'35, H02= 1'5, H03=1'05, H04=0'9, H05= 0, H06=0, H07=0
- Combinación 4: H01 = 1'35, H02= 1'05, H03=1'05, H04=1,5 H05= 0, H06=0, H07=0
- Combinación 5: H01 = 1'35, H02= 1'5, H03=1'05, H04=0, H05= 0'9, H06=0, H07=0
- Combinación 6: H01 = 1'35, H02= 1'05, H03=1'05, H04=0, H05= 1'5, H06=0, H07=0
- Combinación 7: H01 = 1'35, H02= 1'5, H03=1'05, H04=0, H05= 0, H06=0'9, H07=0
- Combinación 8: H01 = 1'35, H02= 1'05, H03=1'05, H04=0, H05= 0, H06=1'5, H07=0
- Combinación 9: H01 = 1'35, H02= 1'5, H03=1'05, H04=0, H05= 0, H06=0, H07=0'9
- Combinación 10: H01 = 1'35, H02= 1'5, H03=1'05, H04=0, H05= 0, H06=0, H07=1'5

- Hipótesis 1: Peso propio
- Hipótesis 3: Sobrecarga de Nieve
- Hipótesis 2: Sobrecarga de uso
- Hipótesis 4: Sobrecarga de Viento
- Hipótesis 5: Sobrecarga de Viento
- Hipótesis 6: Sobrecarga de Viento
- Hipótesis 7: Sobrecarga de Viento

¹⁰ CTE DB-SE-AE. (s. f.). <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.



- Estados Límite de Servicio (ELS):

Según el 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 de del edificio o a la apariencia de la construcción.

2 Los estados límite de servicio pueden ser reversibles e irreversibles. La reversibilidad se refiere a las consecuencias que excedan los límites especificados como admisibles, una vez desaparecidas las acciones que las han producido.

3 Como estados límite de servicio deben considerarse los relativos a:

a) las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones; Documento Básico SE Seguridad Estructural SE - 6

b) las vibraciones que causen una falta de confort de las personas, o que afecten a la funcionalidad de la obra;

c) los daños o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.”¹¹

Por lo que, teniendo esto en cuenta y según el apartado 4.3.2.2 del CTE DB-SE, se tiene en cuenta la siguiente ecuación;

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

Donde;

¹¹ CTE DB-SE-AE. (s. f.). <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

- $G_{k,j}$: Valor característico de las acciones permanentes
- $Q_{k,j}$: Valor característico de la acción variable determinante
- Ψ_0 : Coeficientes de simultaneidad de las sobrecargas

Por otro lado, hay que tener en cuenta la comprobación a flecha, ya que los soportes aguantan un peso considerable y puede darse el caso de que cumplan a resistencia (ELU) pero no a deformación (ELS).

Por esto mismo y siguiendo las indicaciones del apartado 4.3.3.1 del CTE DB-SE;

“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 característica, considerando sólo 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.”¹²*

En el caso de este trabajo se tiene en cuenta el apartado *b)* para el forjado de primera planta considerando una flecha límite de 1/400 y para la cubierta se tiene en cuenta el apartado *c)* con una flecha límite de 1/350.

Como combinaciones de Estados Límite de Servicio se han supuesto 3:

- Combinación 1: $H01 = 1$, $H02 = 1$, $H03 = 0,7$, $H04 = 0$, $H05 = 0$
- Combinación 2: $H01 = 1$, $H02 = 0,7$, $H03 = 1$, $H04 = 0$, $H05 = 0$
- Combinación 3: $H01 = 1$, $H02 = 0,3$, $H03 = 0,6$, $H04 = 0$, $H05 = 0$

¹² CTE DB-SE-AE. (s. f.). <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.



8. MODELOS DE CÁLCULO

8.1 MODELO ORIGINAL

Como ya se ha comentado anteriormente, se parte del modelo original para después proponer tres alternativas a este; el modelo 1, el modelo 2 y el modelo 3.

El modelo original es una interpretación de la realidad, ya que los datos reales del tipo de estructura no se han hallado. Este modelo es una hipótesis más, pero buscando que sea lo mas parecido posible a la realidad y a la vez, que la estructura trabaje correctamente.

Es por esto por lo que se escogen losas de canto 20 cm con pilares de sección PH0 175x8.

A continuación, se muestra el modelo original con sus características, y la planta baja donde se puede ver la modulación y la distancia de 5 metros entre pilares.

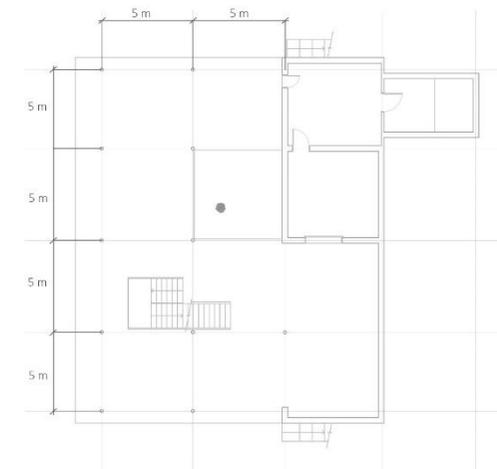
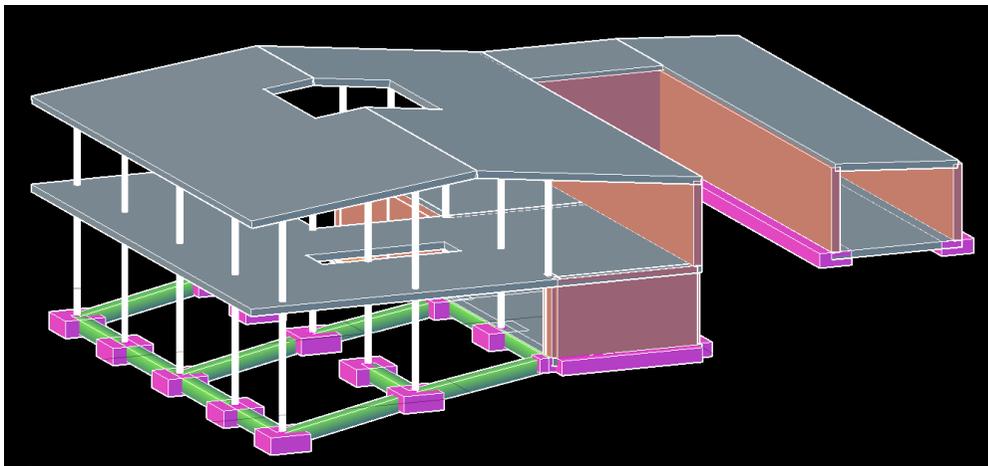


Ilustración 8.1 Modelo original y plano de planta baja

8.2 MODELO 1

En este primer modelo se plantea la opción de reducir la cantidad de pilares de forma que sin romper con la estética del modelo original en el que existe una concatenación de pilares esbeltos, se libera espacio creando mayor sensación de amplitud a la vez que se agrandan las luces entre pilares, pasando de 5 metros a 10 metros en el plano este - oeste. De este modo, sigue existiendo la retícula de estos pilares, pero con mayor espacio útil, dejando un espacio más diáfano tanto en planta baja como en planta primera.

Al agrandarse la luz entre pilares se comprueba que la losa de canto 20 cumpla, y en caso contrario hay que encontrar una losa que permita esta luz entre pilares de forma que la estructura trabaje correctamente. En este modelo la sección de los pilares aumenta, para aportar mayor resistencia a la estructura, pasando de PH0 175x8 A 200x8.

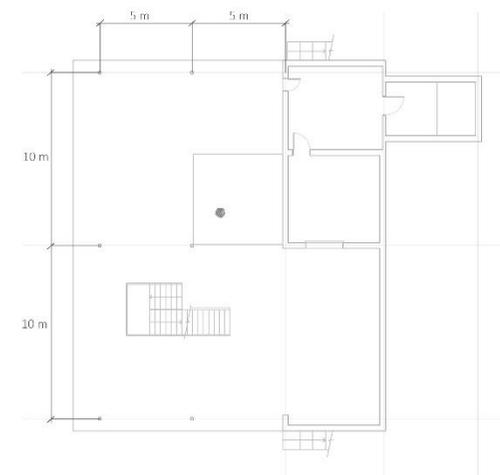
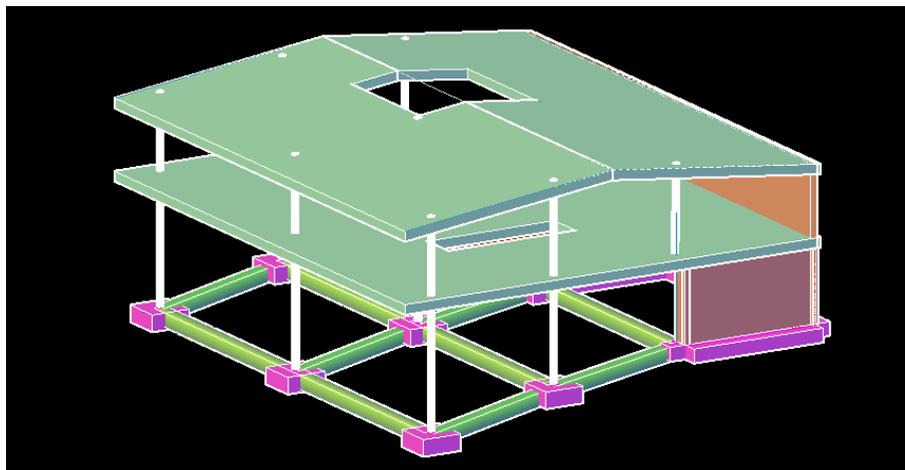


Ilustración 8.2 Modelo 1 y plano de planta baja

8.3 MODELO 2

En esta segunda alternativa se busca comprobar si, la alternativa anterior puede mejorar con una viga de cuelgue de canto 80 cm justo en la primera hilera de pilares, como se muestra en la imagen, para así reducir la deformación que se genera en esa zona de las losas.

La idea es conservar el número de pilares ya que aporta mayor amplitud a los espacios, pero a la vez introduciendo una mejora que pueda optimizar la alternativa anterior.

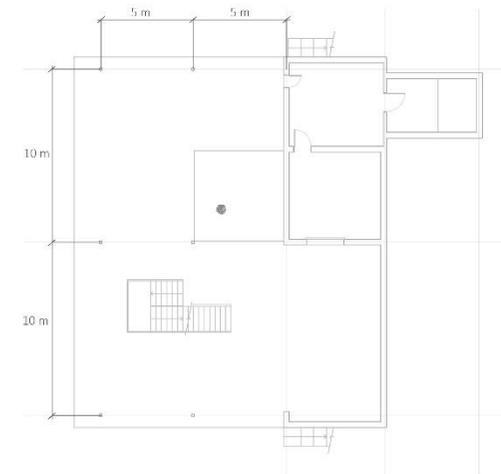
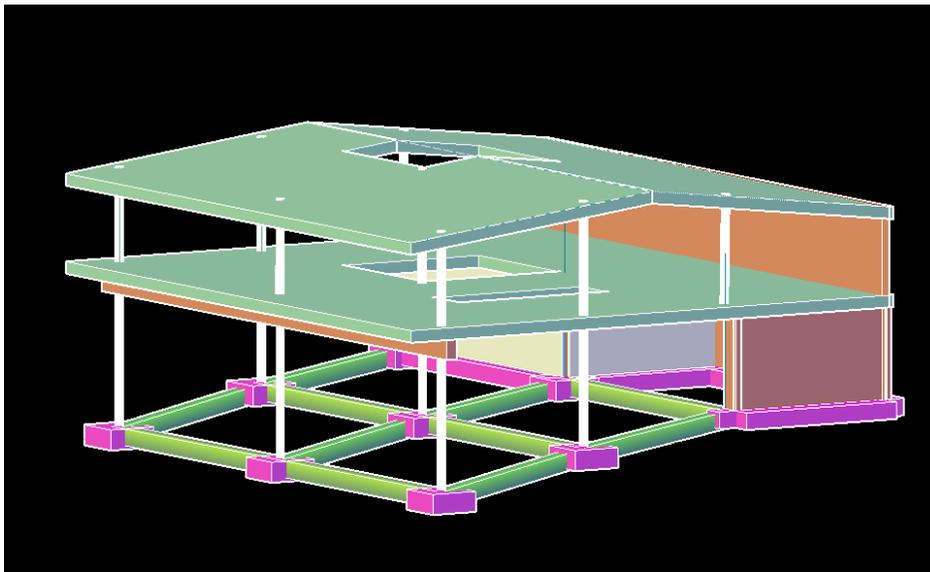


Ilustración 8.3 Modelo 2 y plano de planta baja

8.4 MODELO 3

Como tercer modelo alternativo a la estructura original se plantea cambiar las losas existentes por forjados de vigas y viguetas. Tomando vigas metálicas que apoyan de sur a norte sobre los pilares y muros de carga.

En la planta de cubierta, las vigas son también metálicas pero debido a la pendiente y para variar estéticamente lo mínimo posible respecto al modelo original, se toman vigas quebradas que resuelvan en la cumbre el encuentro entre las dos pendientes.

Las vigas empleadas son perfiles IPE-240, mientras que los soportes siguen siendo pilares de acero S-275 con una sección PH0 175x6. En este modelo se vuelve a considerar una luz entre pilares de 5 metros.

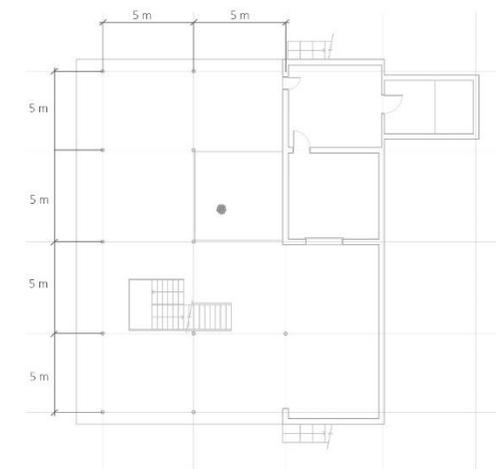
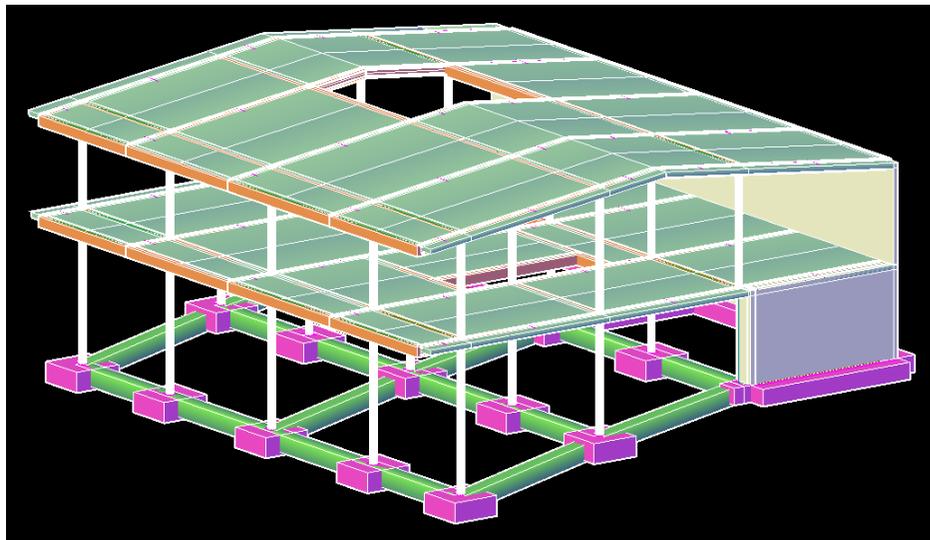


Ilustración 8.4 Modelo 3 y plano de planta baja



9. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

9.1 MODELO ORIGINAL

Deformaciones – ELS:

En siguientes ilustraciones se ven las deformaciones de la estructura a través de un esquema de isovalores, con el cual podemos conocer los puntos más críticos, en el caso de combinación de cargas según la hipótesis de Estados Límite de Servicio.

Como se observa, la zona de la estructura que más sufre es la zona de la escalera, en el primer forjado, donde se aprecia una zona verde/azul debido a que en esa zona no hay un pilar.

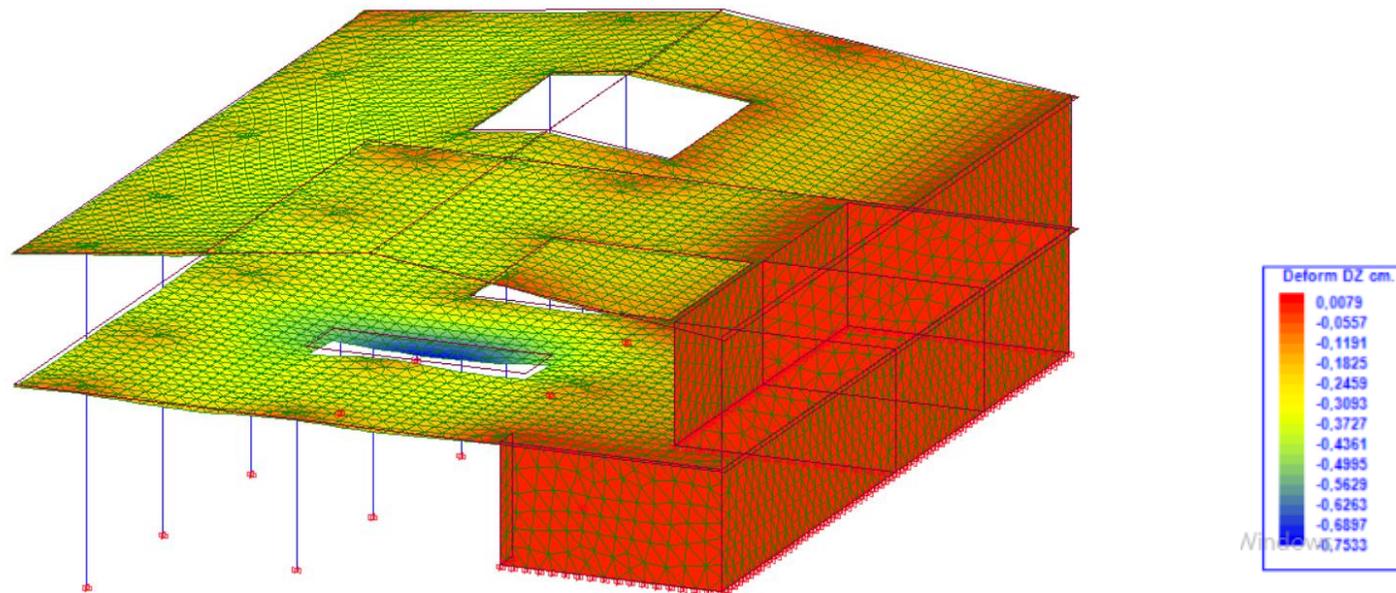
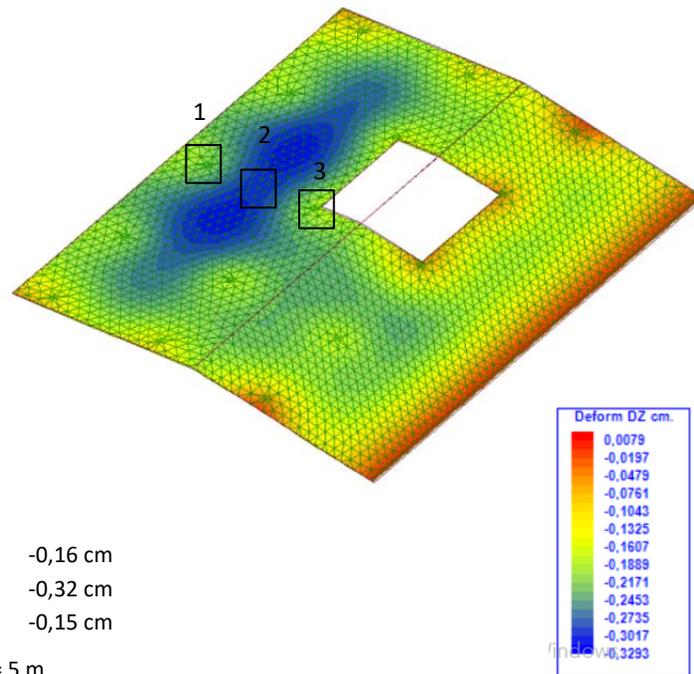


Ilustración 9.1 Deformación-ELS Modelo original

A continuación, se analizan las deformaciones tanto en la losa de cubierta como en la losa del forjado primero, ya que como se puede observar, la deformación en los muros es prácticamente insignificante.

En la ilustración de la cubierta se ve que la zona más afectada de la losa es justo entre las dos hileras de pilares, mientras que en la losa del forjado 1 la zona de la escalera llega a descender hasta



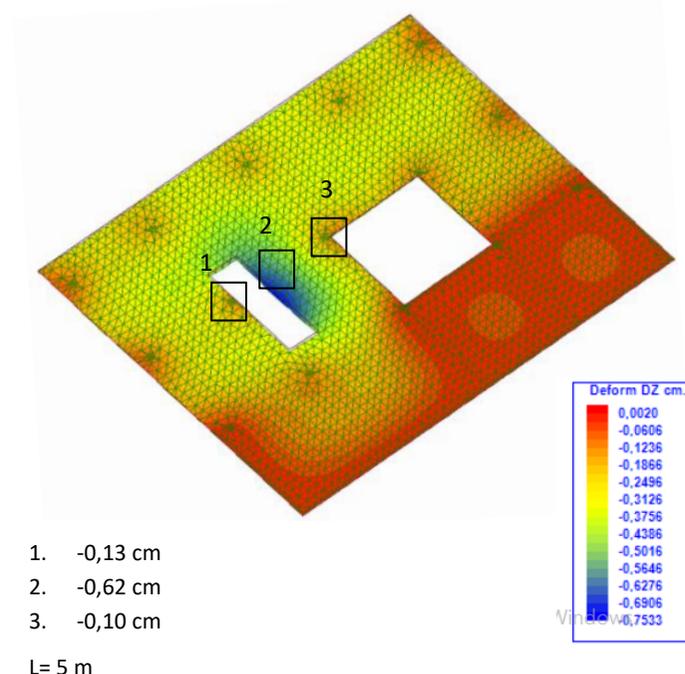
- 1. -0,16 cm
- 2. -0,32 cm
- 3. -0,15 cm

L= 5 m

Flecha elástica = $0,32 - (0,16 + 0,15) / 2 = 0,10 \text{ cm} < L/350 = 1,4 \text{ cm}$ **CUMPLE**

Flecha total = $0,2 \text{ cm} < L/250 = 2 \text{ cm}$ **CUMPLE**

Ilustración 9.2 ELS Modelo original losa cubierta



- 1. -0,13 cm
- 2. -0,62 cm
- 3. -0,10 cm

L= 5 m

Flecha elástica = $0,62 - (0,13 + 0,10) / 2 = 0,505 \text{ cm} < L/400 = 1,25 \text{ cm}$ **CUMPLE**

Flecha total = $1,01 \text{ cm} < L/250 = 2 \text{ cm}$ **CUMPLE**

Ilustración 9.3 ELS Modelo original losa forjado 1



Tensiones – ELU:

A continuación, se comprueba el comportamiento de las losas teniendo en cuenta las combinaciones de carga según los Estados Límite Últimos. Para el estudio de las losas se tienen en cuenta los momentos de dimensionado M_y y M_x .

Para la losa de la cubierta, se observan las tensiones M_x y M_y a través del esquema de isovalores.

- Cubierta. M_x

Como se puede observar la cubierta tiene una distribución de tensiones bastante homogénea con los puntos más críticos en los apoyos en los pilares

Los momentos en x oscilan entre 14 kNm/m y -98 kNm/m , por lo tanto, se emplea armadura base de redondos de 10 cada 20cm. De esta forma como momento máximo del armado base se consigue 28 kNm/m pero los momentos negativos todavía no cumplen ya que son superiores a lo que puede asumir la armadura. Por lo tanto, se añade armadura de refuerzo de redondos del 12 cada 20cm.

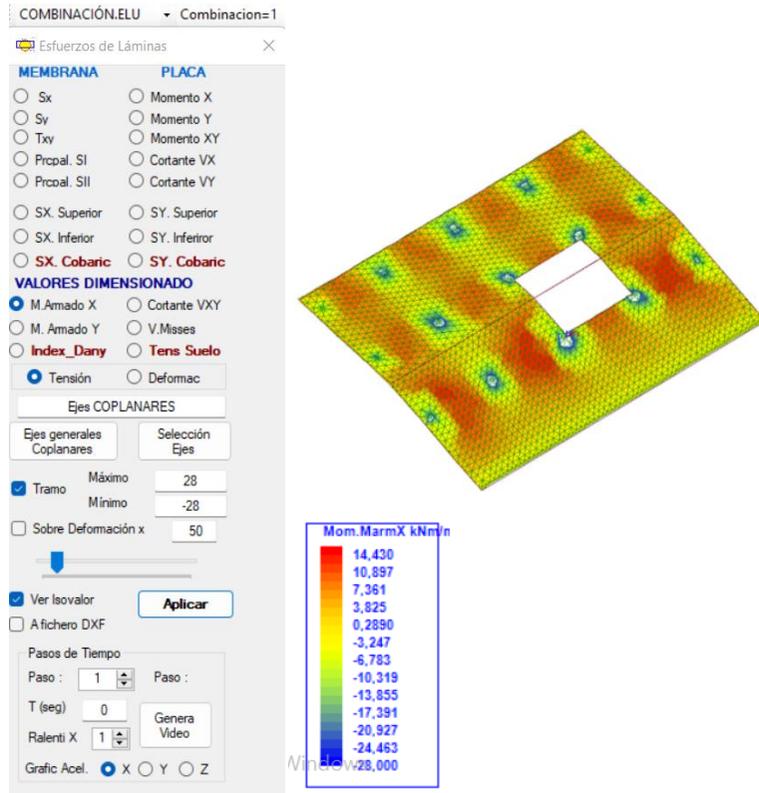


Ilustración 9.4 ELU Modelo original Mx losa cubierta-Armado base

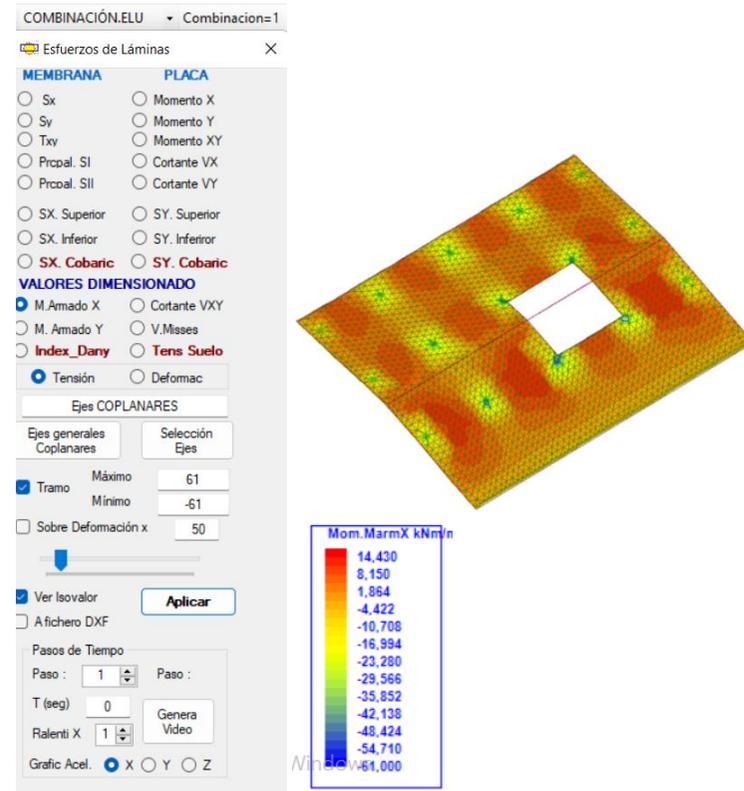


Ilustración 9.5 ELU Modelo original Mx losa cubierta-Armado refuerzo

- Cubierta. My

En este caso, en la losa de cubierta los momentos en y oscilan entre 24 kNm/m y -104 kNm/m, por lo tanto, se emplea armadura base de redondos de 12 cada 20cm. De esta forma como momento máximo del armado base se consigue 39 kNm/m, pero los momentos negativos todavía no cumplen ya que son superiores a lo que puede asumir la armadura. Si se añade como armadura de esfuerzo redondos del 16 cada 20cm, puede llegar a una aproximación del momento negativo bastante exacta.

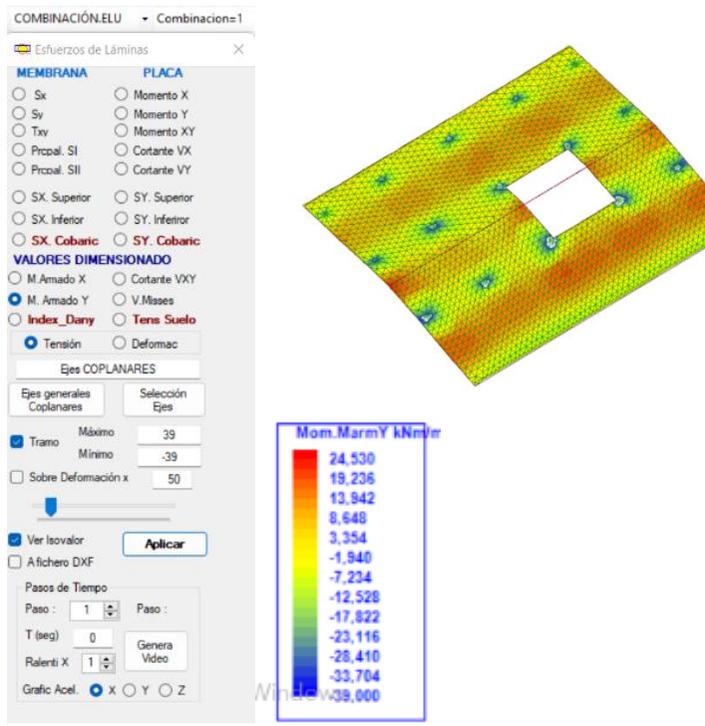


Ilustración 9.6 ELU Modelo original My losa cubierta-Armado base

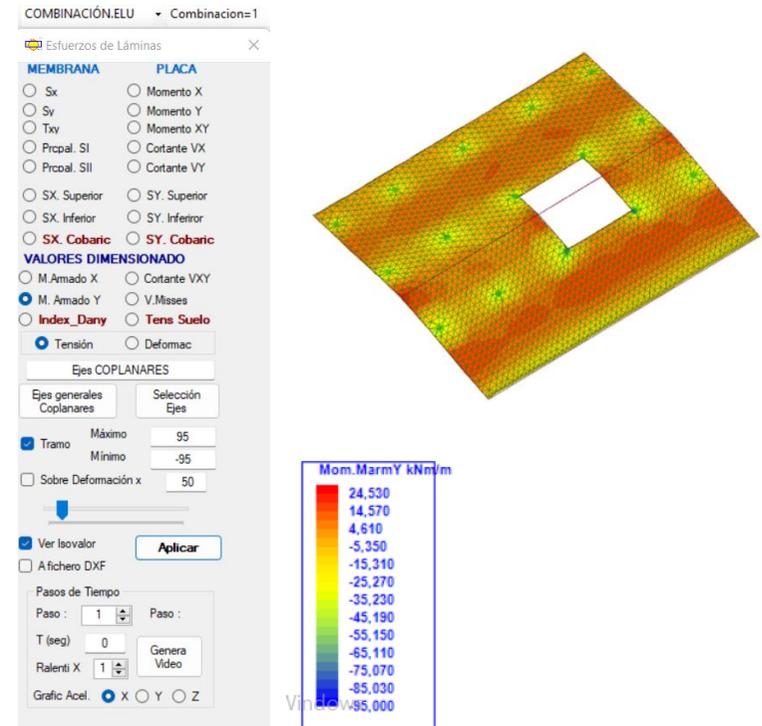


Ilustración 9.7 ELU Modelo original My losa cubierta-Armado refuerzo

- Forjado primero. Mx

En este caso, los valores de los momentos se encuentran entre 69 y -155 kNm/m, por lo que se disponen redondos del 12 cada 20cm y para cubrir los momentos negativos, refuerzo con redondos del 16 cada 20 cm.

COMBINACIÓN.ELU - Combinación=1

Esfuerzos de Láminas

MEMBRANA **PLACA**

Sx Momento X
 Sy Momento Y
 Txy Momento XY
 Prcoal. S.I Cortante VX
 Prcoal. S.II Cortante VY
 SX. Superior SY. Superior
 SX. Inferior SY. Inferior
 SX. Cobaric SY. Cobaric

VALORES DIMENSIONADO

M. Armado X Cortante VXY
 M. Armado Y V. Misas
 Index_Dany Tens Suelo

Tensión Deformac

Ejes COPLANARES

Ejes generales Coplanares Selección Ejes

Tramo Máximo 39
 Mínimo -39

Sobre Deformación x 50

Ver Isovalor **Aplicar**

A fichero DXF

Pasos de Tiempo

Paso : 1 Paso :
 T (seg) 0 Genera Video
 Ralenti X 1 Genera Video

Grafic Acel. X Y Z

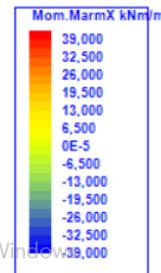
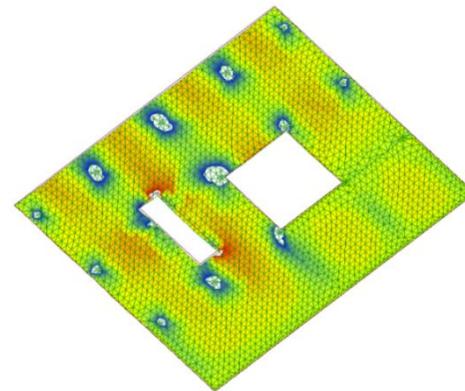


Ilustración 9.8 ELU Modelo original Mx losa forjado 1-Armado base

COMBINACIÓN.ELU - Combinación=1

Esfuerzos de Láminas

MEMBRANA **PLACA**

Sx Momento X
 Sy Momento Y
 Txy Momento XY
 Prcoal. S.I Cortante VX
 Prcoal. S.II Cortante VY
 SX. Superior SY. Superior
 SX. Inferior SY. Inferior
 SX. Cobaric SY. Cobaric

VALORES DIMENSIONADO

M. Armado X Cortante VXY
 M. Armado Y V. Misas
 Index_Dany Tens Suelo

Tensión Deformac

Ejes COPLANARES

Ejes generales Coplanares Selección Ejes

Tramo Máximo 95
 Mínimo -95

Sobre Deformación x 50

Ver Isovalor **Aplicar**

A fichero DXF

Pasos de Tiempo

Paso : 1 Paso :
 T (seg) 0 Genera Video
 Ralenti X 1 Genera Video

Grafic Acel. X Y Z

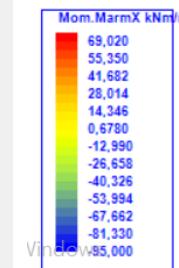
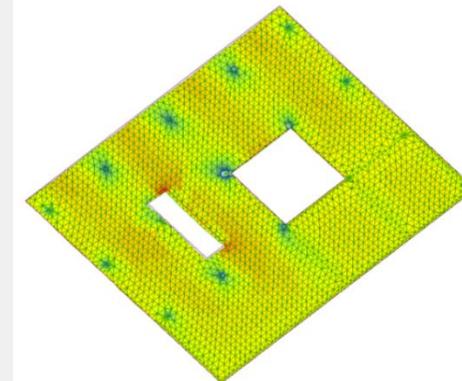


Ilustración 9.9 ELU Modelo original Mx losa forjado 1-Armado refuerzo

- Forjado primero. My

Como se puede observar, en la losa del primer forjado los momentos oscilan entre 62 kNm/m y -180 kNm/m si como armadura base se emplean redondos del 12 cada 20 cm y como armadura de refuerzo redondos del 16 cada 20 cm.

COMBINACIÓN.ELU - Combinacion=1

Esfuerzos de Láminas

MEMBRANA **PLACA**

Sx Momento X
 Sy Momento Y
 Txy Momento XY
 Prcoal. SI Cortante VX
 Prcoal. SII Cortante VY

SX. Superior SY. Superior
 SX. Inferior SY. Inferior
 SX. Cobaric SY. Cobaric

VALORES DIMENSIONADO

M. Armado X Cortante VXY
 M. Armado Y V. Misces
 Index_Dary Tens Suelo

Tensión Defomac

Ejes COPLANARES

Ejes generales Coplanares Selección Ejes

Tramo Máximo 39
 Mínimo -39
 Sobre Deformación x 50

Ver Isovalor A fichero DXF

Pasos de Tiempo
 Paso : 1 Paso :
 T (seg) 0 Genera Video
 Ralenti X 1 Genera Video
 Grafic Acel. X Y Z

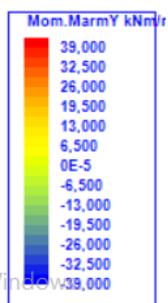
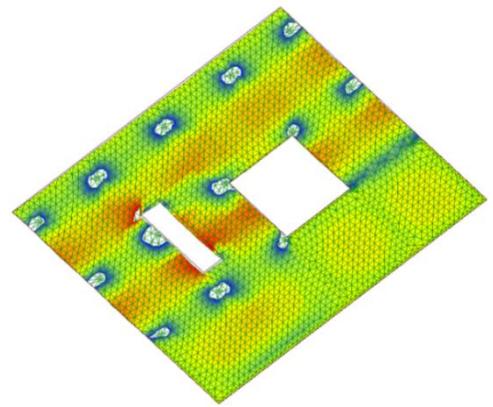


Ilustración 9.10 ELU Modelo original My losa forjado 1-Armado base

COMBINACIÓN.ELU - Combinacion=1

Esfuerzos de Láminas

MEMBRANA **PLACA**

Sx Momento X
 Sy Momento Y
 Txy Momento XY
 Prcoal. SI Cortante VX
 Prcoal. SII Cortante VY

SX. Superior SY. Superior
 SX. Inferior SY. Inferior
 SX. Cobaric SY. Cobaric

VALORES DIMENSIONADO

M. Armado X Cortante VXY
 M. Armado Y V. Misces
 Index_Dary Tens Suelo

Tensión Defomac

Ejes COPLANARES

Ejes generales Coplanares Selección Ejes

Tramo Máximo 95
 Mínimo -95
 Sobre Deformación x 50

Ver Isovalor A fichero DXF

Pasos de Tiempo
 Paso : 1 Paso :
 T (seg) 0 Genera Video
 Ralenti X 1 Genera Video
 Grafic Acel. X Y Z

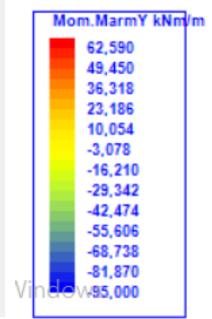
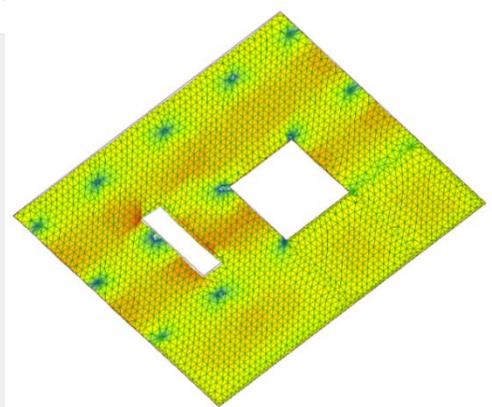


Ilustración 9.11 ELU Modelo original My losa forjado 1-Armado refuerzo

9.2 MODELO 1

En este modelo, se han realizado varias pruebas. Al partir del modelo original, se ha reducido

La cantidad de pilares, pero se ha dejado el canto de la losa de 20 cm. Como se puede comprobar en la imagen 9.12, existe una deformación en la losa del primer forjado que llega a alcanzar -2,9 cm de deformación en z, por lo que como como solución se plantea aumentar el canto de la losa.

En la imagen 9.13, con una losa de canto 25 cm, se aprecia que los valores de deformación en z disminuyen considerablemente, pero aun así sigue siendo un número elevado cerca de los -1,8 cm, por lo que se puede seguir aumentando el canto de las losas para reducir esa deformación en z.

Con un canto de 30cm, en la imagen 9.14, se ve que las deformaciones han disminuido hasta alcanzar -1,27 cm de deformación en z, lo cual indica que esta ya podría ser una opción para estudiar, pero para aportar mayor rigidez a la estructura se comprueba con canto 35 cm.

En las imágenes se puede observar como las deformaciones disminuyen a medida que se va aumentando el canto de las losas, pasando desde casi -3 cm con canto de losa de 20 cm hasta -1,03 con losa de 35 cm.

Para realizar el modelo 1 se ha escogido finalmente la última opción, por lo que las dos losas de la estructura tienen un canto de 35 cm.

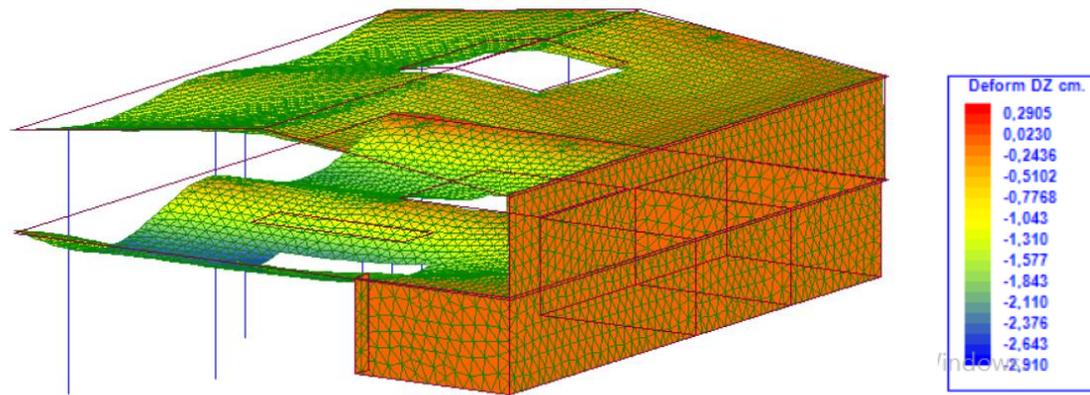


Ilustración 9.12 Deformaciones-ELS Modelo 1 losa canto 20 cm

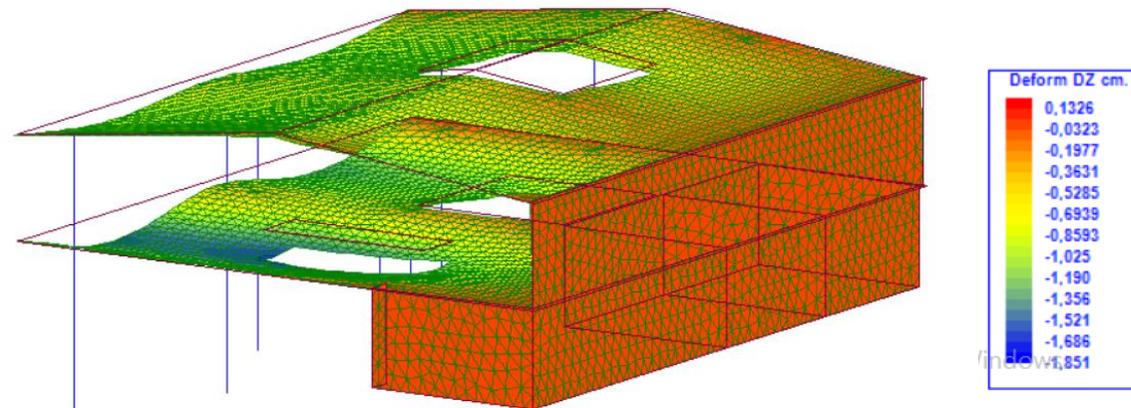


Ilustración 9.13 Deformaciones-ELS Modelo 1 losa canto 25 cm

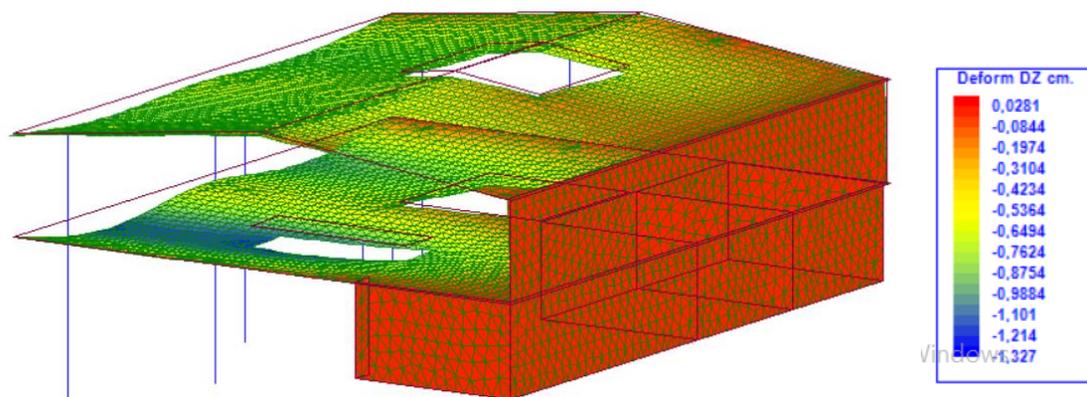


Ilustración 9.14 Deformaciones-ELS Modelo 1 losa canto 30 cm

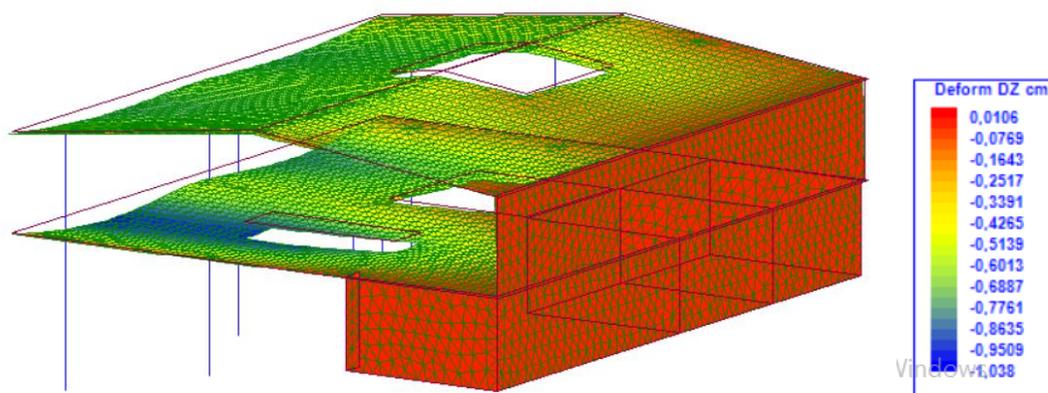
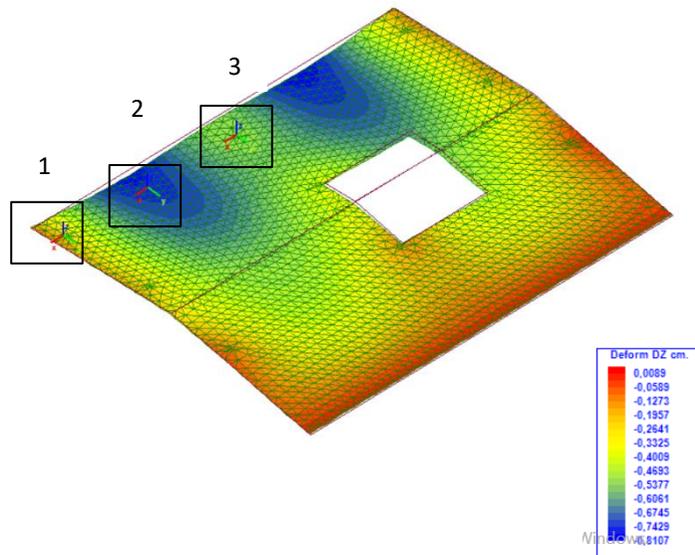


Ilustración 9.15 Deformaciones-ELS Modelo 1 losa canto 35 cm

Deformaciones – ELS:

Para comprobar las flechas según el CTE debe cumplir que la flecha elástica sea mayor que L/400 en el caso de la losa del forjado 1, en el caso de la cubierta se toma L/350 y para la flecha total, L/250.



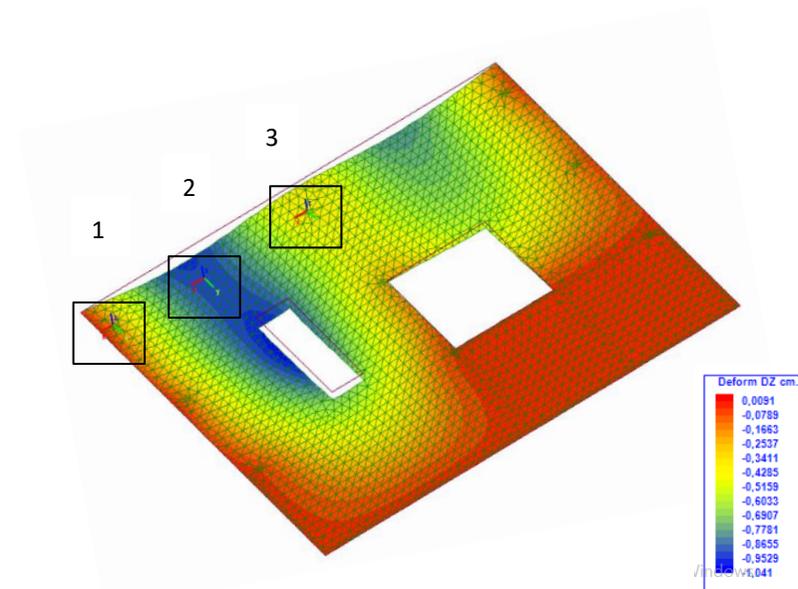
- 4. -0,22 cm
- 5. -0,80 cm
- 6. -0,52 cm

L= 10 m

Flecha elástica = $0,8 - (0,22 + 0,52) / 2 = 0,43 \text{ cm} < L/350 = 2,8 \text{ cm}$ **CUMPLE**

Flecha total = $0,86 \text{ cm} < L/250 = 4 \text{ cm}$ **CUMPLE**

Ilustración 9.16 ELS Modelo 1 losa cubierta 35 cm



- 1. -0,19 cm
- 2. -1,19 cm
- 3. -0,42 cm

L = 10 m

Flecha elástica = $1,19 - (0,19 + 0,42) / 2 = 0,88 \text{ cm} < L/400 = 2,5 \text{ cm}$ **CUMPLE**

Flecha total = $1,77 \text{ cm} < L/250 = 4 \text{ cm}$ **CUMPLE**

Ilustración 9.17 ELS Modelo 1 losa forjado 1 35 cm

Tensiones – ELU:

- Cubierta. Mx

Redondos del 12 cada 20cm y refuerzo de redondos del 16 para la armadura inferior y del 20 para la armadura superior cada 20 cm.

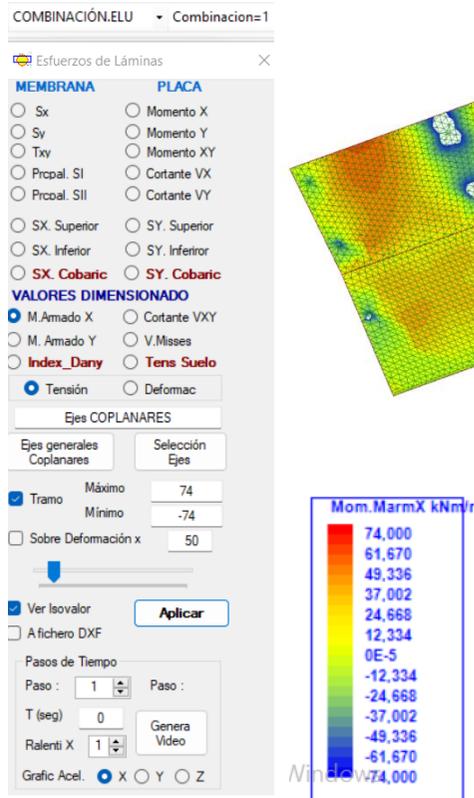


Ilustración 9.18 ELU Modelo 1 Mx Cubierta – Armado base

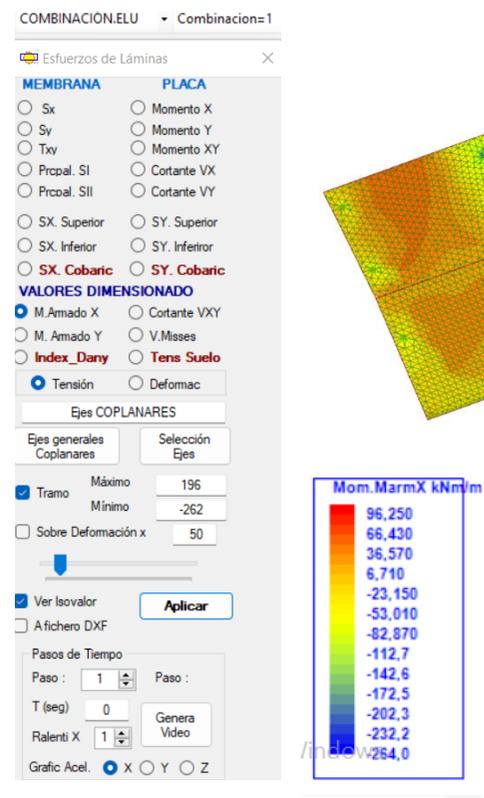


Ilustración 9.19 ELU Modelo 1 Mx Cubierta – Armado refuerzo

- Cubierta. My

Para los momentos en y en la cubierta, se emplean redondos del 12 como armadura base cada 20 cm, pero aumentan a redondos del 20 reforzar cada 20 cm.

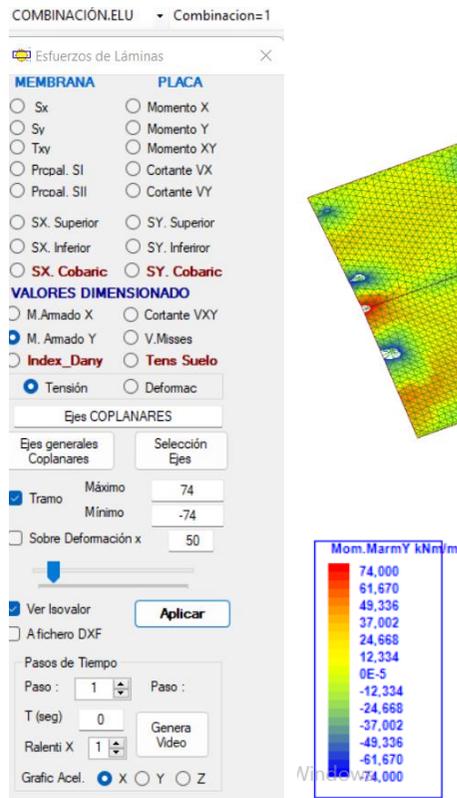


Ilustración 9.20 ELU Modelo 1 My Cubierta – Armado base

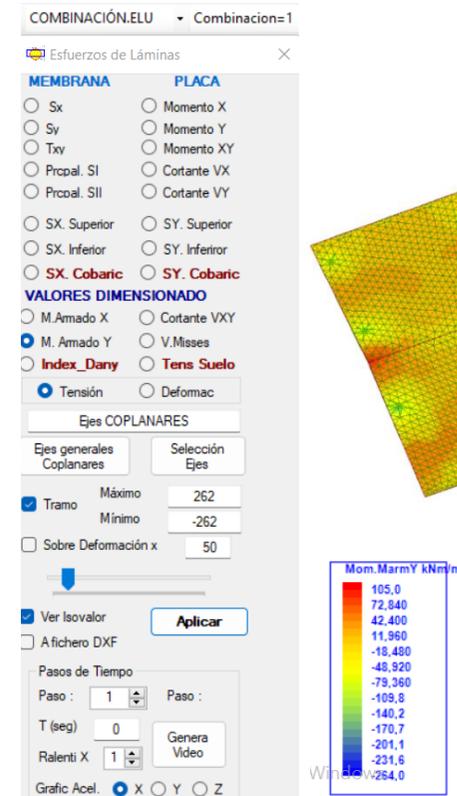


Ilustración 9.21 ELU Modelo 1 My Cubierta – Armado refuerzo

- Forjado 1. Mx

En el caso del forjado primero, los momentos son demasiado elevados, entre 300 y 500 kNm/m, lo cual plantea utilizar una armadura mas resistente, en este caso, redondos del 12 cada 20 cm como armadura base, y como refuerzos redondos del 25 cada 20cm.

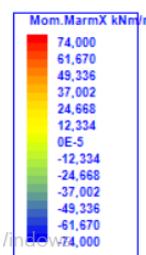
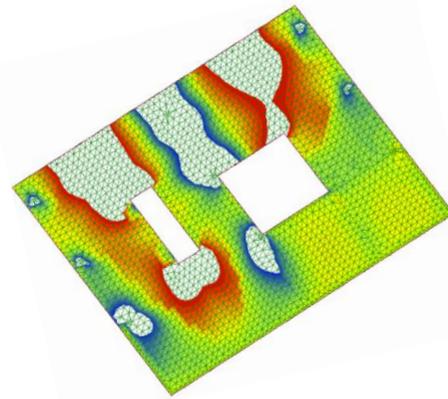


Ilustración 9.22 ELU Modelo 1 Mx Forjado 1 – Armado base

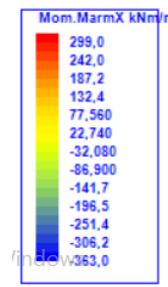
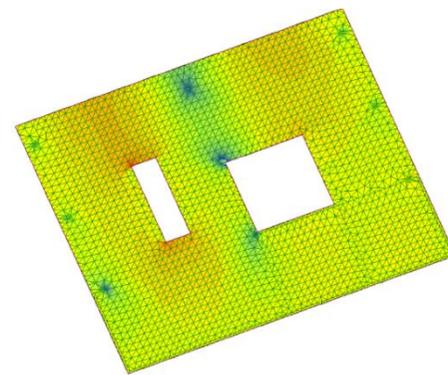


Ilustración 9.23 ELU Modelo 1 Mx Forjado 1 – Armado refuerzo

- Forjado 1. My

En este caso, también existen unos momentos muy altos de entre 125kNm/m y 350kNm/m, por lo que empleamos la misma armadura que en los momentos en x.

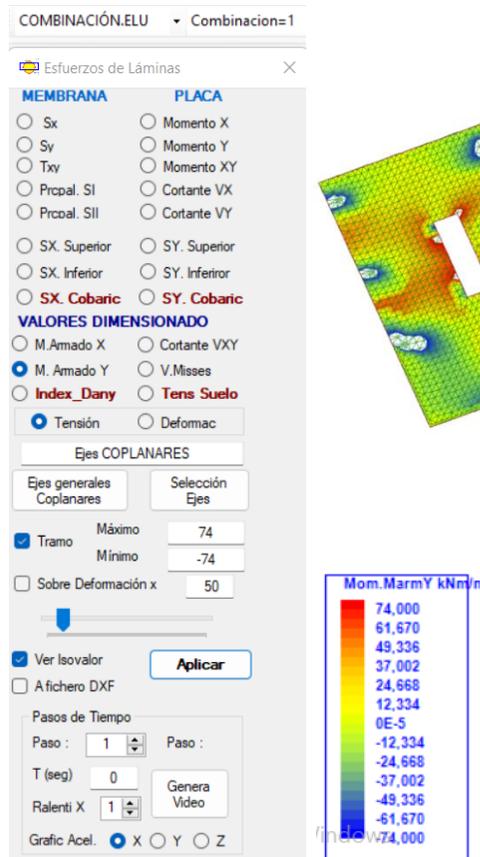


Ilustración 9.24 ELU Modelo 1 My Forjado 1 – Armado base

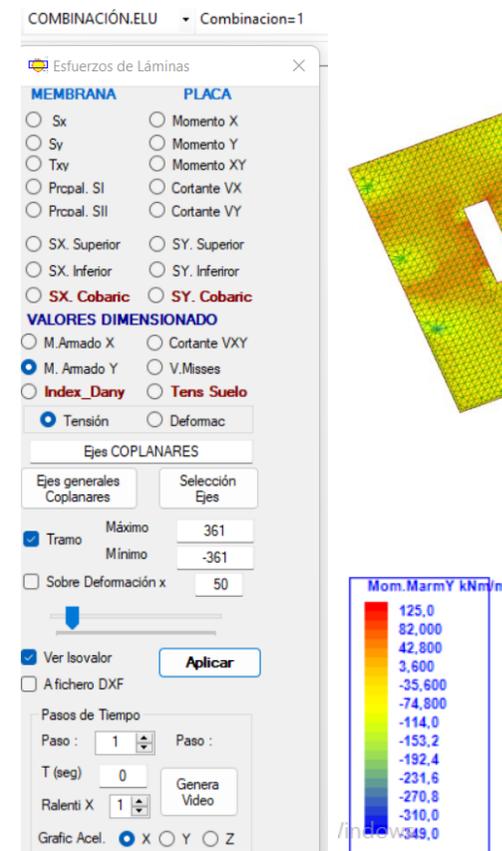


Ilustración 9.25 ELU Modelo 1 My Forjado 1 – Armado refuerzo

9.3 MODELO 2

Esta alternativa surge del modelo anterior, ya que, se busca con la misma estructura, buscar una solución a la gran deformación que sufren las losas en su parte delantera. Así pues, se plantea la opción de poner una viga de cuelgue de 80 cm de canto en la que poder descansar la losa del forjado primero. Como se puede observar, gracias a esta solución se consiguen deformaciones inferiores a las de la anterior alternativa, pero hay que comprobar que cumpla tanto a ELS como a ELU.

En el forjado de cubierta no es necesario añadir una viga ya que las deformaciones se pueden asumir sin necesidad de esta.

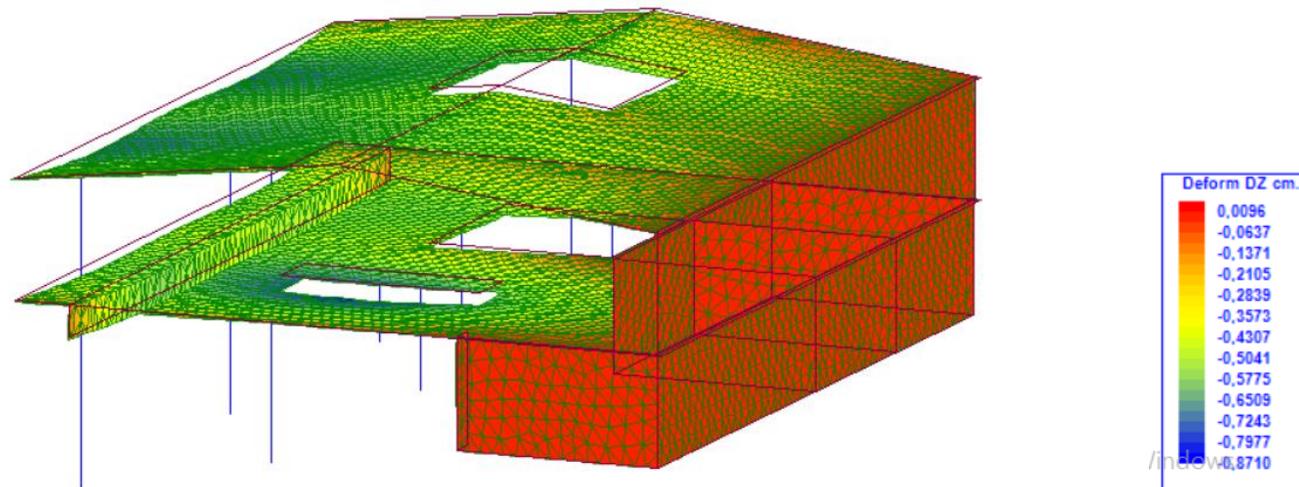
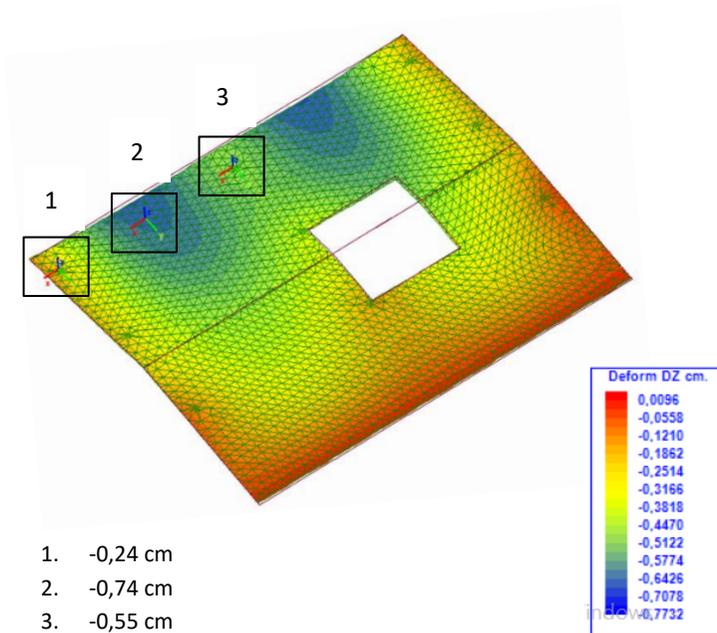


Ilustración 9.26 Deformación-ELS Modelo 2

Deformaciones – ELS:

Para comprobar las flechas según el CTE debe cumplirse que la flecha elástica sea mayor que $L/400$ en el caso de la losa del forjado 1, en el caso de la cubierta se toma $L/350$ y para la flecha total, $L/250$.



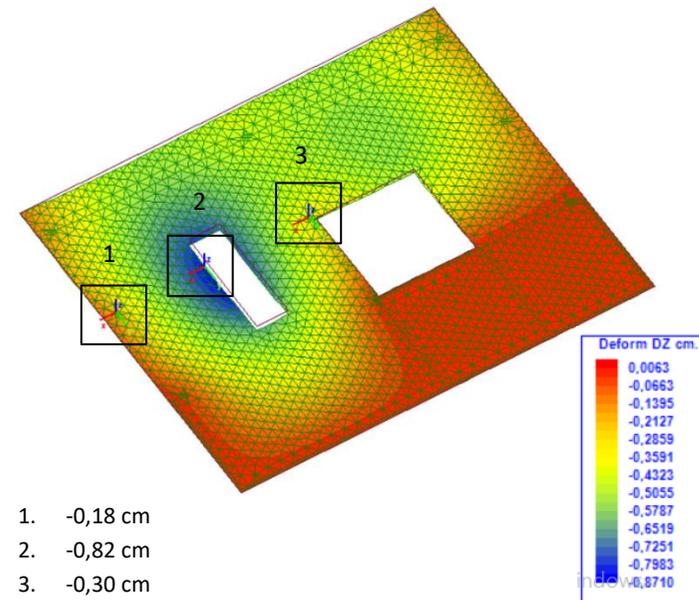
- 1. -0,24 cm
- 2. -0,74 cm
- 3. -0,55 cm

L= 10 m

Flecha elástica = $0,74 - (0,24 + 0,55) / 2 = 0,35 \text{ cm} < L/350 = 2,8 \text{ cm}$ **CUMPLE**

Flecha total = $0,7 \text{ cm} < L/250 = 4 \text{ cm}$ **CUMPLE**

Ilustración 9.27 ELS Modelo 2 Cubierta



- 1. -0,18 cm
- 2. -0,82 cm
- 3. -0,30 cm

L= 10 m

Flecha elástica = $0,82 - (0,18 + 0,30) / 2 = 0,58 \text{ cm} < L/400 = 2,5 \text{ cm}$ **CUMPLE**

Flecha total = $1,16 < L/250 = 4 \text{ cm}$ **CUMPLE**

Ilustración 9.28 ELS Modelo 2 Forjado 1

Tensiones – ELU:

- Cubierta. Mx

En los momentos en x de la cubierta se disponen redondos del 12 cada 20 cm como armadura base, y para reforzar las zonas con momentos negativos elevados que se ven en la primera imagen, se emplean redondos del 16 cada 20 cm.

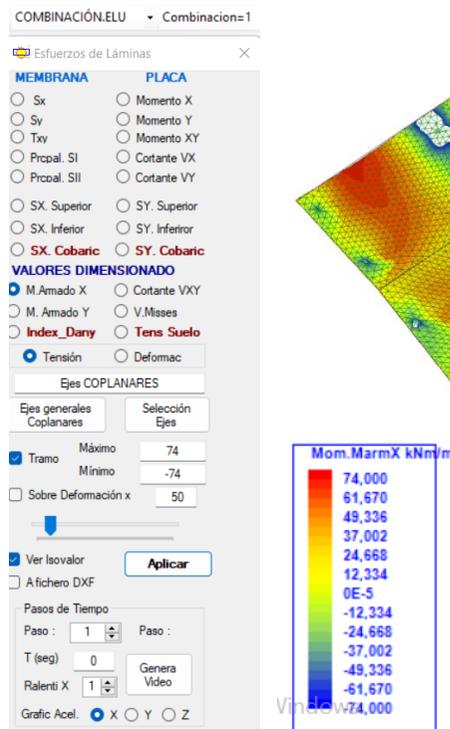


Ilustración 9.29 ELU Modelo 2 Mx Cubierta – Armado base

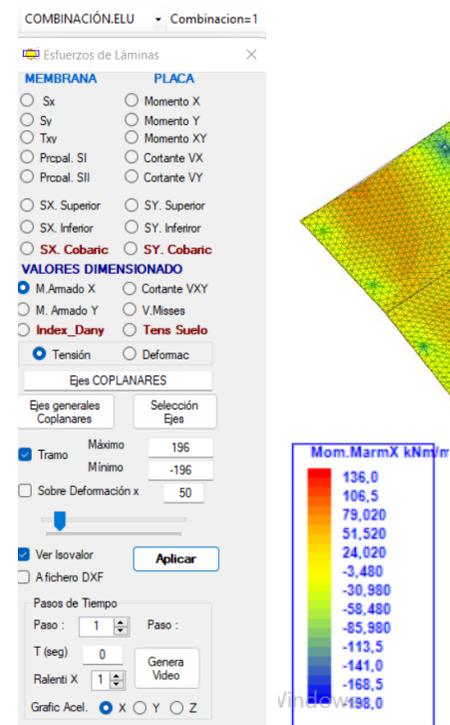


Ilustración 9.30 ELU Modelo 2 My Cubierta – Armado refuerzo

- Cubierta. My

Para los momentos en y en la cubierta se emplean redondos del 12 cada 20 cm como armadura base y redondos del 16 cada 20 cm para reforzar las zonas mas desfavorables.

COMBINACIÓN.ELU Combinación=1

Esfuerzos de Láminas

MEMBRANA **PLACA**

Sx Momento X
 Sy Momento Y
 Txy Momento XY
 Prcoal. SI Cortante VX
 Prcoal. SII Cortante VY

SX. Superior SY. Superior
 SX. Inferior SY. Inferior
 SX. Cobaric SY. Cobaric

VALORES DIMENSIONADO

M. Armado X Cortante VXY
 M. Armado Y V. Misces
 Index_Dary Tens Suelo

Tensión Defomac

Ejes COPLANARES

Ejes generales Coplanares Selección Ejes

Tramo Máximo 74
 Sobre Deformación x Mínimo -74

Sobre Deformación x 50

Ver Isovalor **Aplicar**
 A fichero DXF

Pasos de Tiempo

Paso : 1 Paso :
T (seg) 0 Genera Video
Ralentí X 1

Grafic Acel. X Y Z

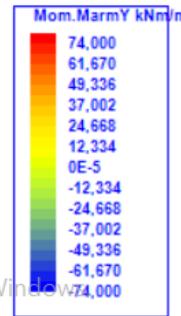
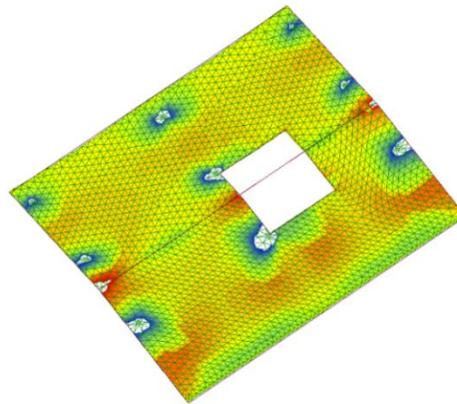


Ilustración 9.31 ELU Modelo 2 My
Cubierta – Armado base

COMBINACIÓN.ELU Combinación=1

Esfuerzos de Láminas

MEMBRANA **PLACA**

Sx Momento X
 Sy Momento Y
 Txy Momento XY
 Prcoal. SI Cortante VX
 Prcoal. SII Cortante VY

SX. Superior SY. Superior
 SX. Inferior SY. Inferior
 SX. Cobaric SY. Cobaric

VALORES DIMENSIONADO

M. Armado X Cortante VXY
 M. Armado Y V. Misces
 Index_Dary Tens Suelo

Tensión Defomac

Ejes COPLANARES

Ejes generales Coplanares Selección Ejes

Tramo Máximo 196
 Sobre Deformación x Mínimo -196

Sobre Deformación x 50

Ver Isovalor **Aplicar**
 A fichero DXF

Pasos de Tiempo

Paso : 1 Paso :
T (seg) 0 Genera Video
Ralentí X 1

Grafic Acel. X Y Z

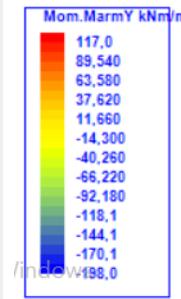
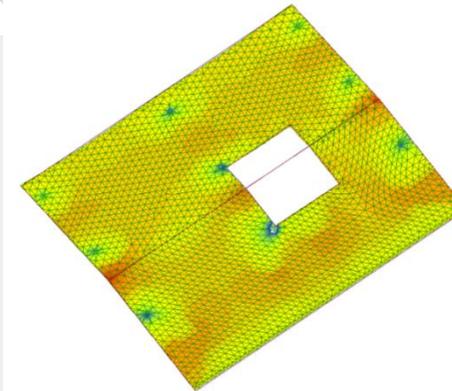


Ilustración 9.32 ELU Modelo 2 My
Cubierta – Armado refuerzo

- Forjado 1. Mx

Para los momentos en x en el forjado primero se emplean redondos del 12 cada 20 cm como armadura base mientras que para reforzar se emplean redondos del 20 cada 20 cm ya que se trata de momentos bastante altos.

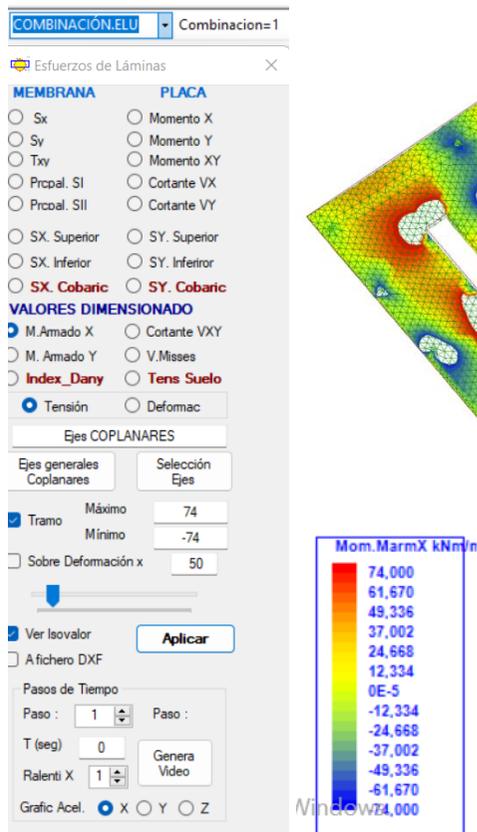


Ilustración 9.33 ELU Modelo 2 Mx Forjado 1– Armado base

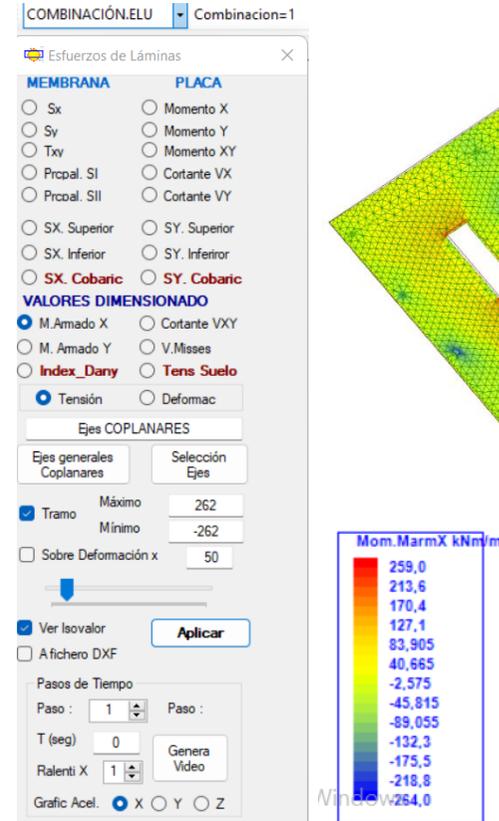


Ilustración 9.34 ELU Modelo 2 Mx Forjado 1– Armado refuerzo

- Forjado 1. My

Por último, para los momentos en y en este forjado como armadura base se utilizan redondos del 12 cada 20 cm y como refuerzo se vuelve a emplear redondos del 16 cada 20 cm.

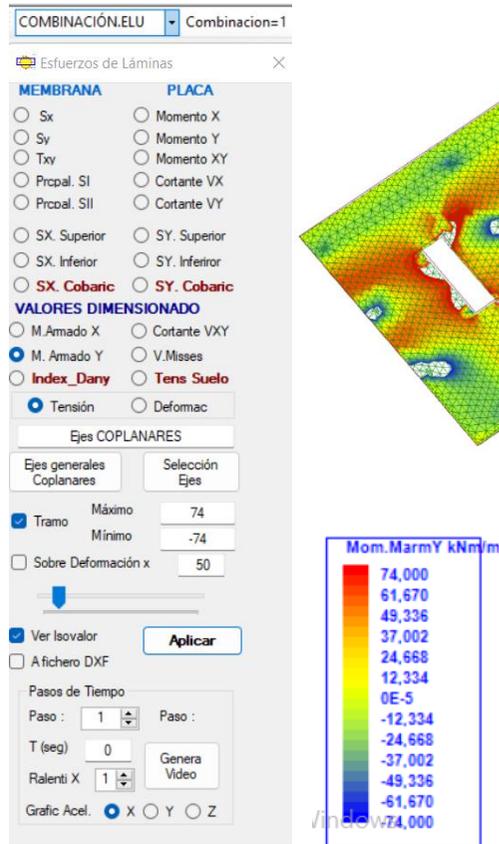


Ilustración 9.35 ELU Modelo 2 My Forjado 1– Armado base

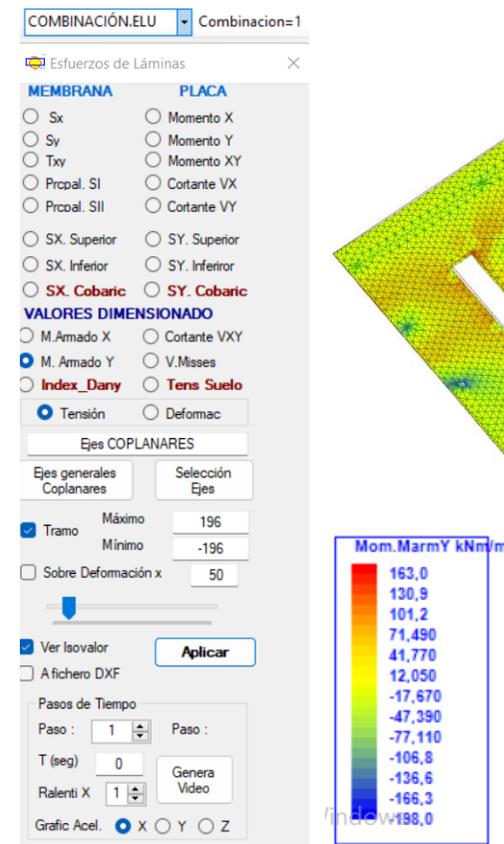


Ilustración 9.36 ELU Modelo 2 My Forjado 1– Armado refuerzo

9.4 MODELO 3

En esta alternativa se han cambiado las losas de hormigón por forjados unidireccionales de vigas y viguetas.

Por tanto, se han escogido para la estructura, pilares de sección circular PH0 175x8 como en el modelo original mientras que para las vigas se han seleccionado perfiles IPE-240. Una vez modelada la estructura, se comprueba en Angle si cumplen tanto a resistencia como a flecha todas las barras, para que, en caso de que no cumplan o estén por encima de lo necesario se redimensiona la estructura con la finalidad optimizar al máximo.

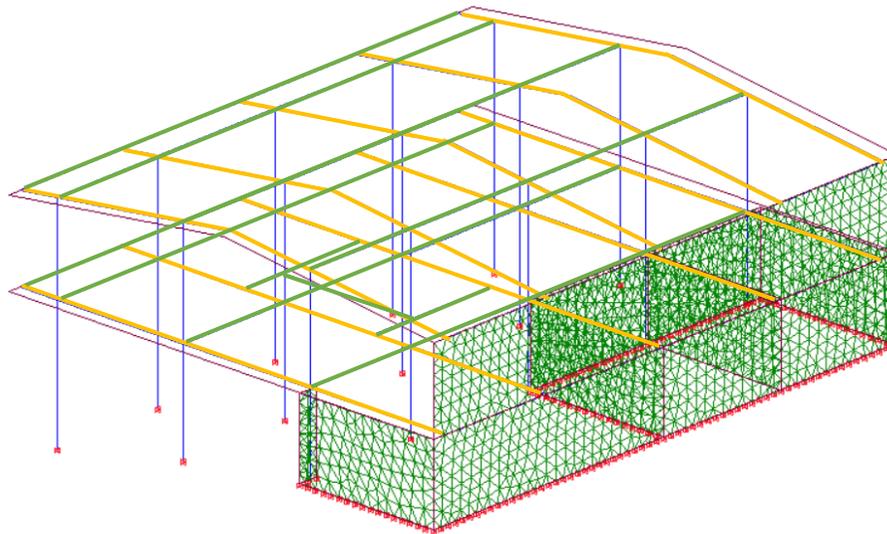


Ilustración 9.37 Modelo 3

Como se puede observar, la estructura no sufre una gran deformación en z, con valores de hasta -1,5 en las zonas que sufren mayor deformación como es por ejemplo la zona del hueco de escalera.

Sin embargo, al comprobar el dimensionado de los elementos estructurales la realidad es que la gran mayoría de soportes están sobredimensionados, y algunas vigas no cumplen a resistencia, por lo que, debe ser redimensionado.

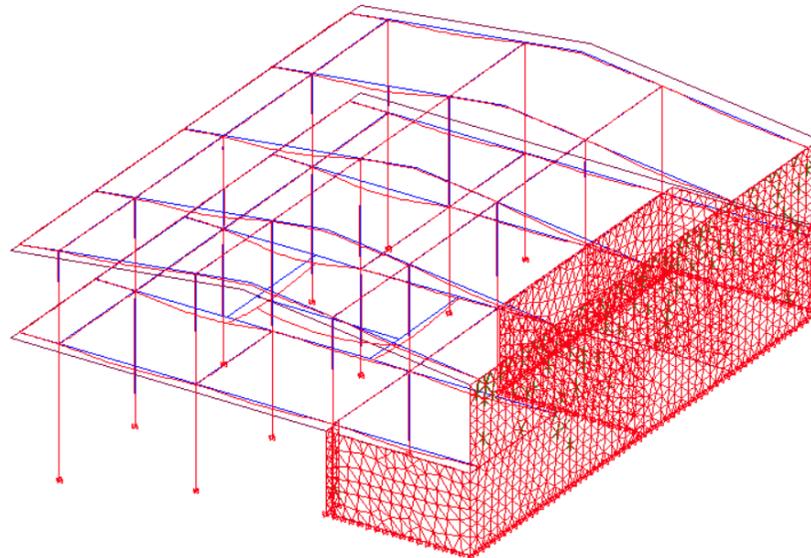


Ilustración 9.38 Deformaciones – ELS Modelo 3

BARRA 5 Nodos 4- 911 Luz 4,600 mt. Capa SOPORTES
PHD-175x8 Clase Sección 1
Acero Fy 275MPa YMO: 1.05 YM1: 1.05

CUMPLE A RESISTENCIA
CUMPLE A PANDEO

PERFIL PHD-175x8

Tens.max Vmises	57,51	21,96 %	en Comb.2
Coef.Resistencia-CTE	0,22	OK	en Comb.2
Coef. Pandeo-CTE	0,23	OK	en Comb.2
Pandeo en PlanoXY	BetaZ= 0,52	XIZ= 0,936	
Pandeo en PlanoXZ	BetaY= 0,54	XIY= 0,930	
Pandeo Lateral	XILT= 1,000		

a...Alabeo (a xLuz)

Peritar

Camb Secc

Salva

>> DXF

B_pand Plxy_EJZ

↑ ↓

Redimensiona

B_pand Plxz_EJY

Redimensiona

BARRA 45 Nodos 22- 25 Luz 5,000 mt. Capa VIGAS
IPE-240 Clase Sección 2
Acero Fy 275MPa YMO: 1.05 YM1: 1.05

NO CUMPLE A RESISTENCIA
CUMPLE A FLECHA

PERFIL IPE-240

Tens.max Vmises	460,12	175,68 %	en Comb.3
Coef.Resistencia-CTE	2,04	NO !!!	en Comb.3
Comprobación Pandeo Lateral	OK		
Pandeo lateral XILT	1,000		
Comb ELS 1	f= 21,06955 mm.	fL =237,3093	
Comb ELS 2	f= 19,48741 mm.	fL =256,576	
Comb ELS 3	f= 17,43828 mm.	fL =286,7255	
Flecha Inst fL	= 593,2733	fLActiva fL =527,3541	fLTotal fL =279,1674

a...Alabeo (a xLuz)

Peritar

Camb Secc

Salva

>> DXF

B_pand Plxy_EJZ

↑ ↓

Redimensiona

B_pand Plxz_EJY

Redimensiona

Gloria Millán Navarro

curso 2021 /2022

59

Finalmente, la estructura está compuesta por soportes de secciones PHO 100X6, PHO 125X6 y PHO 155X5, mientras que las vigas y zunchos son IPE-240 y en las zonas con mayor deformación se emplean IPE-270.

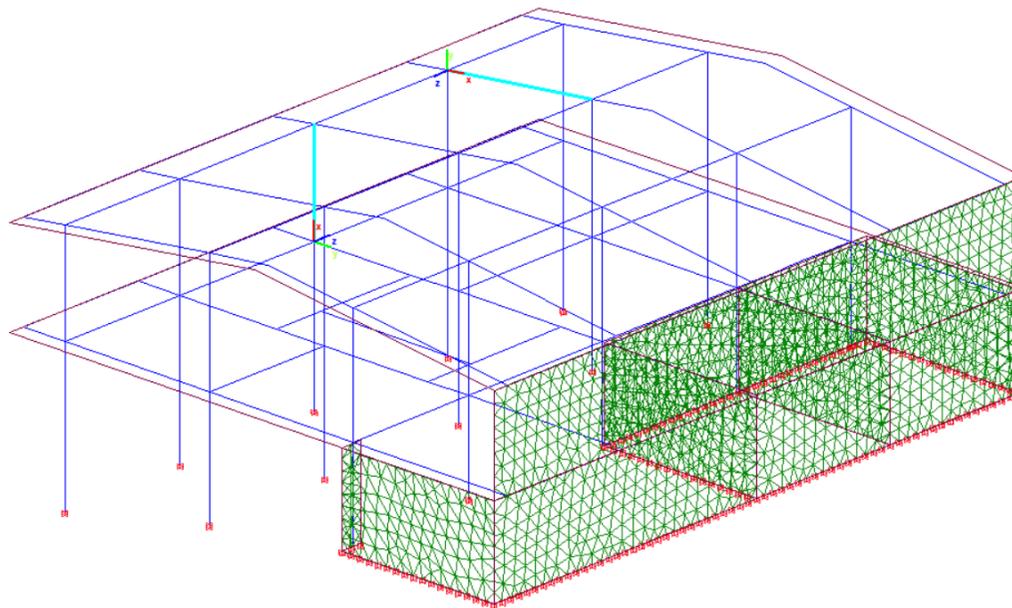


Ilustración 9.39 Dimensionado vigas y pilares

BARRA 10 Nodos 9- 919 Luz 3,600 mt. Capa SOPORTES
 PHO-100x5 Clase Sección 1
 Acero Fy 275MPa YMO: 1.05 YM1: 1.05

CUMPLE A RESISTENCIA
 CUMPLE A PANDEO

PERFIL PHO-100x5

Tens.max Vmises	237,93	90,84 %	en Comb.1
Coef.Resistencia-CTE=	0,91	OK	en Comb.1
Coef. Pandeo-CTE=	0,90	OK	en Comb.1
Pandeo en PlanoXY	BetaZ= 0,50	XIZ= 0,882	
Pandeo en PlanoXZ	BetaY= 0,50	XIY= 0,882	
Pandeo Lateral	XILT= 1,000		

a...Alabeo (a xLuz)

B_pand Ptxy_EJZ

B_pand Ptxz_EJY

Peritar Camb Secc Salva >> DXF

↑ ↓

Redimensiona

BARRA 63 Nodos 907- 915 Luz 5,000 mt. Capa VIGAS
 IPE-240 Clase Sección 2
 Acero Fy 275MPa YMO: 1.05 YM1: 1.05

CUMPLE A RESISTENCIA
 CUMPLE A FLECHA

PERFIL IPE-240

Tens.max Vmises	226,27	86,39 %	en Comb.1
Coef.Resistencia-CTE=	0,79	OK	en Comb.1
Comprobación Pandeo Lateral	OK		
Pandeo lateral XILT=	1,000		
Comb ELS 1	f= 3,850924 mm.	f/L =1298,491	
Comb ELS 2	f= 3,570927 mm.	f/L =1400,197	
Comb ELS 3	f= 3,212147 mm.	f/L =1556,591	
lecha Inst 1/L =	3246,228	FlActiva 1/L =2885,536	FlTotal 1/L =1527,636

a...Alabeo (a xLuz)

B_pand Ptxy_EJZ

B_pand Ptxz_EJY

Peritar Camb Secc Salva >> DXF

↑ ↓

Redimensiona

Gloria Millán Navarro

curso 2021 /2022

60



10. MEDICIONES Y PLANOS



10.1 RESUMEN ARMADURAS

- **Modelo original:**

Cubierta	Armado base	Armado refuerzo
X-Superior	Φ 10 c/20 cm	Φ 12 c/20 cm
X-Inferior	Φ 10 c/20 cm	
Y-Superior	Φ 10 c/20 cm	Φ 12 c/20 cm
Y-Inferior	Φ 10 c/20 cm	

Forjado 1	Armado base	Armado refuerzo
X-Superior	Φ 12 c/20 cm	Φ 16 c/20 cm
X-Inferior	Φ 12 c/20 cm	Φ 16 c/20 cm
Y-Superior	Φ 12 c/20 cm	Φ 16 c/20 cm
Y-Inferior	Φ 12 c/20 cm	Φ 16 c/20 cm

- **Modelo 1:**

Cubierta	Armado base	Armado refuerzo
X-Superior	Φ 12 c/20 cm	Φ 20 c/20 cm
X-Inferior	Φ 12 c/20 cm	Φ 16 c/20 cm
Y-Superior	Φ 12 c/20 cm	Φ 20 c/20 cm
Y-Inferior	Φ 12 c/20 cm	Φ 20 c/20 cm

Forjado 1	Armado base	Armado refuerzo
X-Superior	Φ 12 c/20 cm	Φ 25 c/20 cm
X-Inferior	Φ 12 c/20 cm	Φ 25 c/20 cm
Y-Superior	Φ 12 c/20 cm	Φ 25 c/20 cm
Y-Inferior	Φ 12 c/20 cm	Φ 25 c/20 cm



- **Modelo 2:**

Cubierta	Armado base	Armado refuerzo
X-Superior	Φ 12 c/20 cm	Φ 16 c/20 cm
X-Inferior	Φ 12 c/20 cm	Φ 16 c/20 cm
Y-Superior	Φ 12 c/20 cm	Φ 16 c/20 cm
Y-Inferior	Φ 12 c/20 cm	Φ 16 c/20 cm

Forjado 1	Armado base	Armado refuerzo
X-Superior	Φ 12 c/20 cm	Φ 20 c/20 cm
X-Inferior	Φ 12 c/20 cm	Φ 20 c/20 cm
Y-Superior	Φ 12 c/20 cm	Φ 16 c/20 cm
Y-Inferior	Φ 12 c/20 cm	Φ 16 c/20 cm

- **Modelo 3:**

Pilares	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cubierta	100x6	125x6	125x6	125x6	100x6	100x6	100x6	125x6	100x6	100x6	100x5	100x5	100x5	100x5	100x6
Forjado 1	100x6	125x6	125x6	125x6	100x6	100x6	155x6	155x6	125x6	100x6	100x6	125x6	125x6	100x6	125x5

Vigas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cubierta	IPE-240	IPE-270	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-270	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-270	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-240						
Forj. 1	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-270	IPE-270	IPE-270	IPE-240	IPE-270	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-270	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-240

Zunchos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cubierta	IPE-240																			
Forj. 1	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-240	IPE-270	IPE-270	IPE-270	IPE-240										

10.2 MEDICIONES

- MODELO ORIGINAL

A continuación, se detalla paso a paso como se ha obtenido el coste del modelo original a través de las cuantías y precios de cada elemento.

En primer lugar, se obtiene el precio (€/m²) de zapatas y muros y el precio de los kg de acero en pilares.

CSZ010	m ²	Zapata de cimentación de hormigón armado.	185,06€
Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m ² . Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.			

Ilustración 10.1 Generador de precios Cype – Zapata de hormigón

EHM015	m ³	Muro de hormigón arquitectónico.	467,63€
Muro de hormigón armado arquitectónico 2C, de hasta 3 m de altura, de 30 cm de espesor medio, superficie plana, realizado con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 SD, con una cuantía aproximada de 59,2 kg/m ³ ejecutado en condiciones complejas: montaje y desmontaje de sistema de encofrado con acabado visto con textura lisa, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos, con lámina desechable, de 1,5 mm de espesor, formada por capas de celulosa, fibra y resina, incorporada a la cara interior del encofrado. Incluso alambre de atar, separadores, pasamuros para paso de los tensores y cola líquida para fijación de la lámina y cinta de juntas, berenjenos y agente filmógeno, para el curado de hormigones y morteros. El precio incluye la elaboración y el montaje de la ferralla en el lugar definitivo de su colocación en obra.			

Ilustración 10.2 Generador de precios Cype – Muro de hormigón

EAS010	kg	Acero en pilares.	3,36€
Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado galvanizado en caliente, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.			

Ilustración 10.3 Generador de precios Cype – Pilares de acero

A continuación, se saca el precio por metro cuadrado de losa, teniendo en cuenta el rendimiento de la ferralla y del hormigón en la misma, ya que estos números variarían dependiendo del modelo.

EHL010 m² Losa maciza. 101,06€

Losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 20 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/XC2 fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 SD, con una cuantía aproximada de 16,33 kg/m², montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado visto con textura lisa, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, forrados con tablero aglomerado hidrófugo, de un solo uso con una de sus caras plastificada, amortiguables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortiguables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortiguables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye los pilares.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt08eft030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,044	45,50	2,00
mt08eft015a	m ²	Tablero aglomerado hidrófugo, con una de sus caras plastificada, de 10 mm de espesor.	1,000	11,10	11,10
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,007	102,00	0,71
mt50spa081c	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 4 m de altura.	0,027	26,47	0,71
mt08cim030b	m ²	Madera de pino.	0,003	355,50	1,07
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	8,75	0,35
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante biodegradable en fase acuosa, para hormigones con acabado visto.	0,013	4,59	0,06
mt07aco020i	Ud	Separador homologado para losas macizas.	3,000	0,09	0,27
mt07aco010d	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, de varios diámetros.	16,330	1,61	26,29
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,196	1,50	0,29
mt10haf010ctLe	m ²	Hormigón HA-25/B/20/XC2, fabricado en central.	0,210	76,88	16,14
mt08aaa010a	m ²	Agua.	0,005	1,50	0,01
Subtotal materiales:					59,00
2 Mano de obra					
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,750	20,74	15,56
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,650	19,68	12,79
mo043	h	Oficial 1º ferrallista.	0,196	20,74	4,07
mo090	h	Ayudante ferrallista.	0,163	19,68	3,21
mo045	h	Oficial 1º estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,044	20,74	0,91
mo092	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,180	19,68	3,54
Subtotal mano de obra:					40,08
3 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	99,08	1,98
Coste de mantenimiento decenal: 5,05€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		101,06

Ilustración 10.4 Generador de precios Cype – Losa maciza canto 20 cm

En las siguientes tablas se muestra como se han calculado las cuantías de acero de las losas.

Por un lado, está la armadura base, la cual es uniforme en toda la superficie de la losa mientras que la de refuerzo se emplea en aquellas zonas que necesitan ser reforzadas.

Armado base Acero corrugado B500SD	Diametro (mm)	Tramo (m)	Sep (m)	Nº barras (ud)	Long (m)	Peso (kg/m)	Cuantía (kg/m²)
Forjado planta 1ª							
X inferior	12	1	0,2	5	1	0,888	4,44
Y inferior	12	1	0,2	5	1	0,888	4,44
X superior	12	1	0,2	5	1	0,888	4,44
Y superior	12	1	0,2	5	1	0,888	4,44
Cuantía armado base forjado planta 1ª							17,76
Forjado planta 1ª							
X inferior	10	1	0,2	5	1	0,617	3,09
Y inferior	10	1	0,2	5	1	0,617	3,09
X superior	10	1	0,2	5	1	0,617	3,09
Y superior	10	1	0,2	5	1	0,617	3,09
Cuantía armado base forjado cubierta							12,34

La cuantía de armadura de refuerzo se ha calculado través de los esquemas de isovalores del programa Angle y con el programa de Peritación. En el anejo de planos que se encuentra al final del documento se detalla dicho armado.

Armadura de refuerzo	Diámetro (mm)	Tramo (m)	Sep (m)	Nº barras (ud)	Long (m)	Peso (kg/m)	Total (kg)	Cuantía (kg/m ²)	
Forjado planta 1ª									
X inferior	16	2	0,2	10	2,00	1,578	31,56		
Y inferior	16	2,8	0,2	14	2,00	1,578	44,18		
X superior	16	14,8	0,2	74	2,00	1,578	233,54		
Y superior	16	18,8	0,2	94	2,00	1,578	296,66		
			Total armadura refuerzo forjado planta1ª				605,95	1,97	
Forjado cubierta									
X inferior							0,00		
Y inferior							0,00		
X superior	12	11	0,2	55	2,00	0,888	97,68		
Y superior	12	13	0,2	65	2,00	0,888	115,44		
			Total armadura refuerzo forjado cubierta				213,12	0,68	

Por último, en esta tabla resumen se recogen las cuantías obtenidas en cada losa y se calcula una cuantía total, que es la considerada en el rendimiento del acero para el precio descompuesto de dicha losa.

Elemento	Sup (m2)	Cuantía armado base (kg/m2)	Cuantía refuerzo (kg/m2)	Cuantía total (kg/m2)	Total kg acero
Forjado planta 1ª	307,201	17,76	1,97	19,73	6.061,84
Forjado cubierta	315,016	12,34	0,68	13,02	4.100,42
Cuantía total	622,217			16,33	10.162,26

Valoración económica del Modelo original:

Ud	Partida	Cantidad	Precio (€/ud)	Importe (€)
M3	Cimentación superficial mediante zapatas de hormigón armado con una cuantía media de 50 kg/m3	59,175	185,57	10.981,75
M3	Muro de hormigón a 2 caras visto de 30 cm de espesor con una cuantía de 59 kg/m3	60,78	467,63	28.422,55
M2	Losa maciza 20 cm espesor, cuantía de acero 16,33 kg/m2, acabado visto	62.881,25	101,06	62.600,46
KG	Pilares acero laminado S275JR	3.541,99	3,36	11.901,09
			COSTS MODELO ORIGINAL	113.905,85

Una vez detallado el modelo original, de forma mas resumida se refleja la valoración económica de las alternativas al modelo.

- **MODELO 1:**

En este caso los muros son iguales y la cimentación similar, por lo que se toman los mismos valores.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
EHL010 m ² Losa maciza.					128,10€
Losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 35 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/XC2 fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 SD, con una cuantía aproximada de 21,64 kg/m ² ; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado visto con textura lisa, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, forrados con tablero aglomerado hidrófugo, de un solo uso con una de sus caras plastificada, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye los pilares.					
1 Materiales					
mt08eff030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,044	45,50	2,00
mt08eff015a	m ²	Tablero aglomerado hidrófugo, con una de sus caras plastificada, de 10 mm de espesor.	1,000	11,10	11,10
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,007	102,00	0,71
mt50spa081c	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 4 m de altura.	0,027	26,47	0,71
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0,003	355,50	1,07
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	8,75	0,35
mt08dba010b	l	Agente desmoldante biodegradable en fase acuosa, para hormigones con acabado visto.	0,013	4,59	0,06
mt07aco020i	Ud	Separador homologado para losas macizas.	3,000	0,09	0,27
mt07aco010d	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, de varios diámetros.	21,640	1,61	34,84
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,260	1,50	0,39
mt10haf010cLe	m ²	Hormigón HA-25/B/20/XC2, fabricado en central.	0,368	76,88	28,29
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0,005	1,50	0,01
Subtotal materiales:					79,80
2 Mano de obra					
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,750	20,74	15,56
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,650	19,68	12,79
mo043	h	Oficial 1º ferrallista.	0,260	20,74	5,39
mo090	h	Ayudante ferrallista.	0,216	19,68	4,25
mo045	h	Oficial 1º estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,077	20,74	1,60
mo092	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,315	19,68	6,20
Subtotal mano de obra:					45,79
3 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	125,59	2,51
Coste de mantenimiento decenal: 6,41€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		128,10

Ilustración 10.5 Generador de precios Cype – Losa maciza canto 35 cm

Resumen de cuantías de acero de la losa

Elemento	Sup (m2)	Cuantía armado base (kg/m2)	Cuantía refuerzo (kg/m2)	Cuantía total (kg/m2)	Total kg acero
Forjado planta 1ª	307,201	17,76	7,03	24,79	7614,52
Forjado cubierta	315,016	17,76	0,81	18,57	5849,81
Total vivienda unifamiliar	622,217			21,64	13464,33

Valoración económica del Modelo 1:

Ud	Partida	Cantidad	Precio (€/ud)	Importe (€)
M3	Cimentación superficial mediante zapatas de hormigón armado con una cuantía media de 50 kg/m3	59,175	185,57	10.981,75
M3	Muro de hormigón a 2 caras visto de 30 cm de espesor con una cuantía de 59 kg/m3	60,78	467,63	28.422,55
M2	Losa maciza 35 cm espesor, cuantía 21,64kg/m2, acabado visto.	622,217	128,10	79.706,38
KG	Pilares acero laminado S275JR	2.443	3,36	8.208,48
			COSTE MODELO 1	127.319,16
			Diferencia Modelo original	+13.413,31 (+18%)

- **MODELO 2:**

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
EHL010 m ² Losa maciza. 123,73€					
Losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 35 cm, realizada con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 SD, con una cuantía aproximada de 18,86 kg/m ² , montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado visto con textura lisa, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, forrados con tablero aglomerado hidrófugo, de un solo uso con una de sus caras plastificada, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye los pilares.					
1 Materiales					
mt08eft030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,044	45,50	2,00
mt08eva015a	m ²	Tablero aglomerado hidrófugo, con una de sus caras plastificada, de 10 mm de espesor.	1,000	11,10	11,10
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,007	102,00	0,71
mt50spa081c	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 4 m de altura.	0,027	26,47	0,71
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0,003	355,50	1,07
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	8,75	0,35
mt08dba010b	l	Agente desmoldante biodegradable en fase acuosa, para hormigones con acabado visto.	0,013	4,59	0,06
mt07aco020i	Ud	Separador homologado para losas macizas.	3,000	0,09	0,27
mt07aco010d	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, de varios diámetros.	18,860	1,61	30,36
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,226	1,50	0,34
mt10naf010ctLc	m ²	Hormigón HA-25/F/20/XC2, fabricado en central.	0,368	80,88	29,76
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0,005	1,50	0,01
Subtotal materiales:					76,74
2 Mano de obra					
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,750	20,74	15,56
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,650	19,68	12,79
mo043	h	Oficial 1º ferrallista.	0,226	20,74	4,69
mo090	h	Ayudante ferrallista.	0,189	19,68	3,72
mo045	h	Oficial 1º estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,077	20,74	1,60
mo092	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,315	19,68	6,20
Subtotal mano de obra:					44,56
3 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	121,30	2,43
Coste de mantenimiento decenal: 6,19€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		123,73

Ilustración 10.6 Generador de precios Cype – Losa maciza 35 cm

Para el precio de la viga de cuelgue se ha considerado el mismo precio de la losa a razón de m/m2.

Valoración económica del Modelo 2:

Ud	Partida	Cantidad	Precio (€/ud)	Importe (€)
M3	Cimentación superficial mediante zapatas de hormigón armado con una cuantía media de 50 kg/m3	59,175	185,57	10.981,75
M3	Muro de hormigón a 2 caras visto de 30 cm de espesor con una cuantía de 59 kg/m3	60,78	467,63	28.422,55
M2	Losa maciza 35 cm espesor, cuantía 18,86 kg/m2, acabado visto.	622,217	123,73	76.986,91
KG	Pilares acero laminado S275JR	2.443	3,36	8.208,48
M	Viga de cuelgue de 80x30cm	19,90	123,73	2.462,23
			COSTE MODELO 2	127.061,92€

- MODELO 3:

Para obtener el precio del Modelo 3 se escoge un forjado unidireccional con nervios fabricados “in situ”.

EHU025 m² Forjado unidireccional con nervios "in situ".

56,64€

Forjado unidireccional de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 30 = 25+5 cm, realizado con hormigón HA-25/B/20/XC2 fabricado en central, y vertido con cubilote con un volumen total de hormigón de 0,131 m³/m², y acero UNE-EN 10080 B 500 SD en zona de nervios y zunchos, con una cuantía total de 3 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos, estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos; nervio "in situ" de 14 cm de ancho; bovedilla de hormigón para nervios "in situ", 60x20x25 cm; capa de compresión de 5 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla electrosoldada ME 20x20 Ø 6-6 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye los pilares ni las vigas.

Ilustración 10.7 Generador de precios Cype – Forjado unidireccional

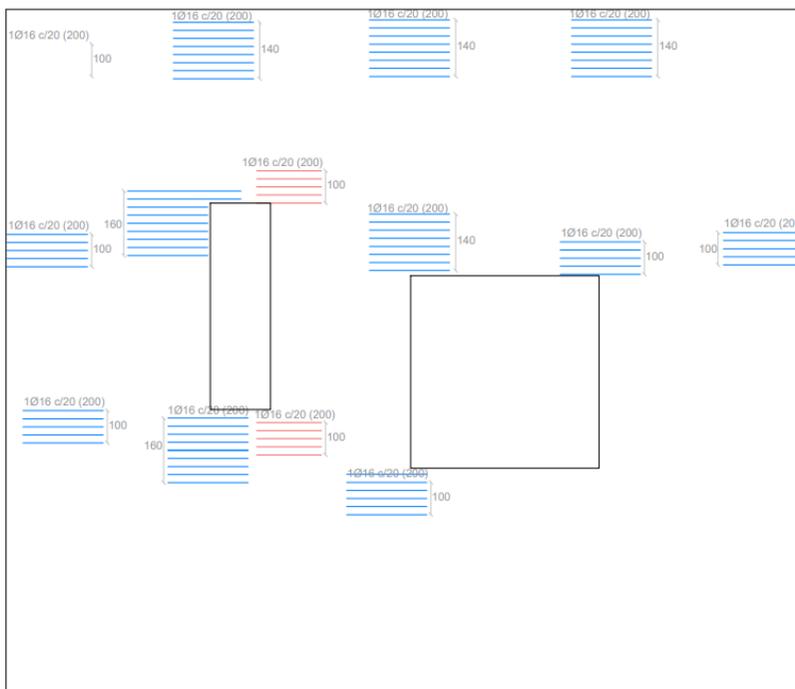


Valoración económica del Modelo 3:

Ud	Partida	Cantidad	Precio (€/ud)	Importe (€)
M3	Cimentación superficial mediante zapatas de hormigón armado con una cuantía media de 50 kg/m3	59,175	185,57	10.981,75
M3	Muro de hormigón a 2 caras visto de 30 cm de espesor con una cuantía de 59 kg/m3	60,78	467,63	28.422,55
KG	Acero laminado S275JR en pilares	2.595	3,36	8.719,20
KG	Acero laminado S275JR en vigas y zunchos	10.670	3,36	35.851,20
M2	Forjado unidireccional de 25 +5 de nervios in situ, sin incluir repercusión de pilares y vigas	622,217	55,75	34.688,21
			COSTE MODELO 3	118.662,91€

10.3 PLANOS

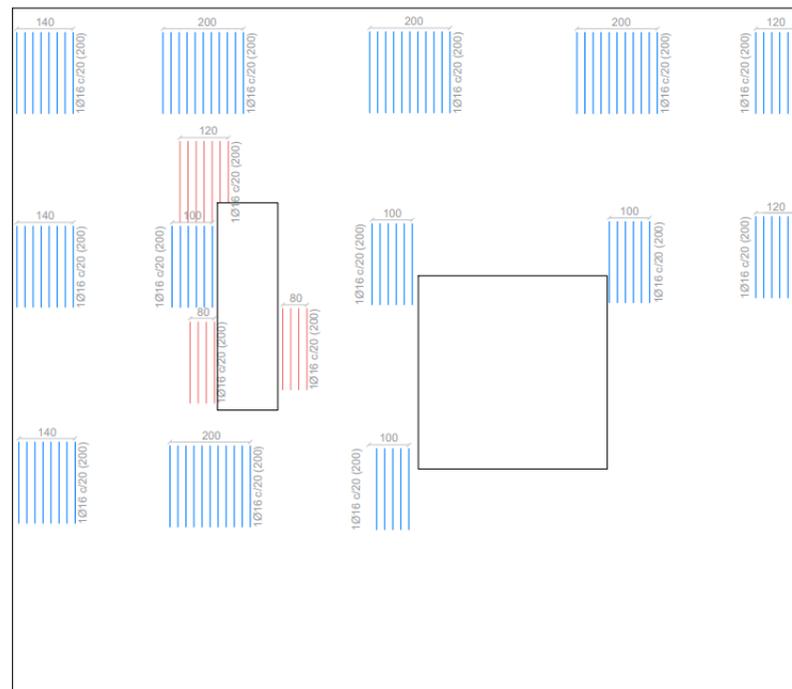
- **MODELO ORIGINAL:**



Forjado planta 1ª Refuerzo armado eje X

	Refuerzo armado superior
	Refuerzo armado inferior

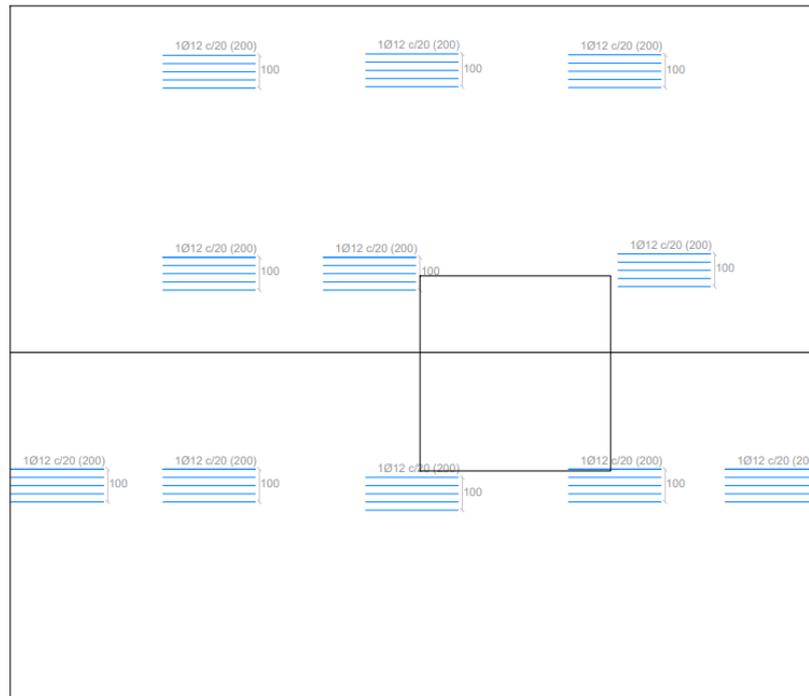
Ilustración 10.8 Plano armado de refuerzo en x - forjado 1



Forjado planta 1ª Refuerzos armado eje Y

	Refuerzo armado superior
	Refuerzo armado inferior

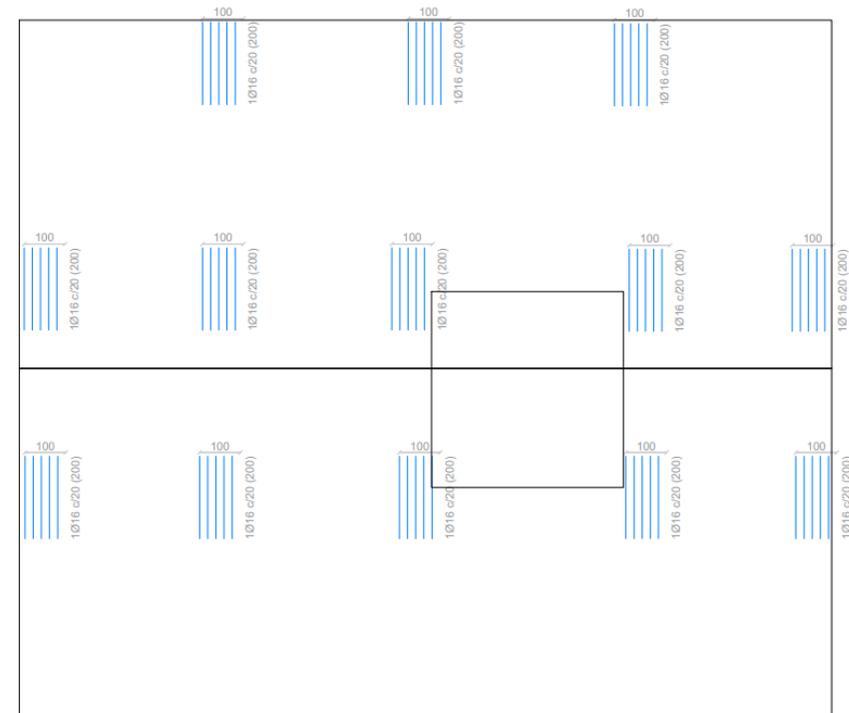
Ilustración 10.9 Plano armado de refuerzo en y - forjado 1



Forjado Cubierta Refuerzo armado eje X

■	Refuerzo armado superior
■	Refuerzo armado inferior

Ilustración 10.10 Plano armado de refuerzo en x - Cubierta

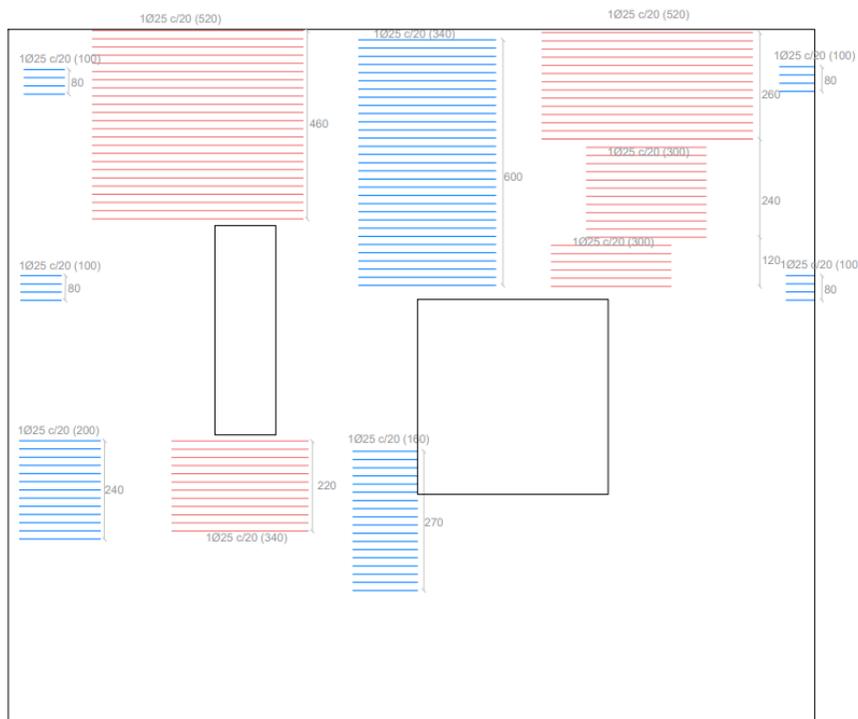


Forjado Cubierta Refuerzos armado eje Y

■	Refuerzo armado superior
■	Refuerzo armado inferior

Ilustración 10.11 Plano armado de refuerzo en y - Cubierta

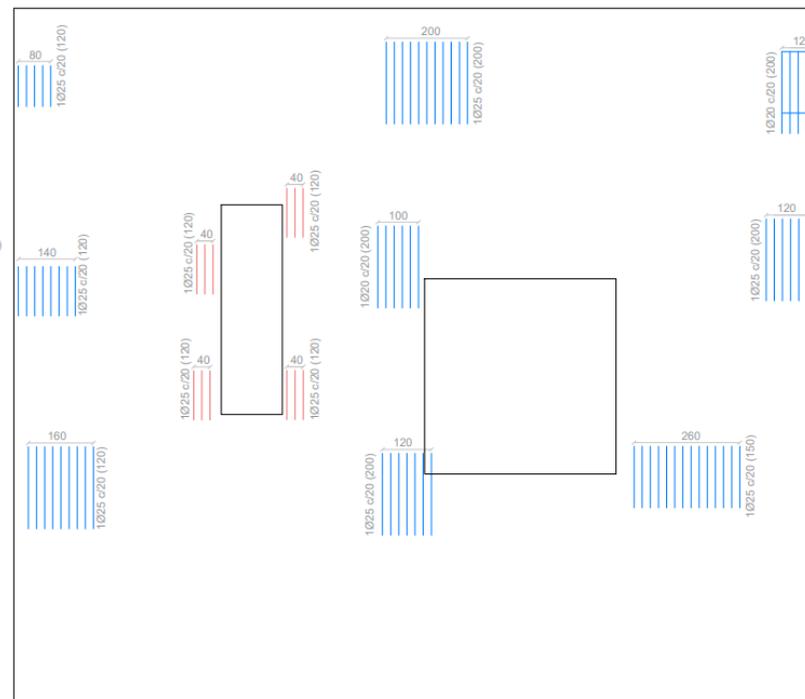
- **MODELO 1:**



Forjado planta 1ª Refuerzo armado eje X

	Refuerzo armado superior
	Refuerzo armado inferior

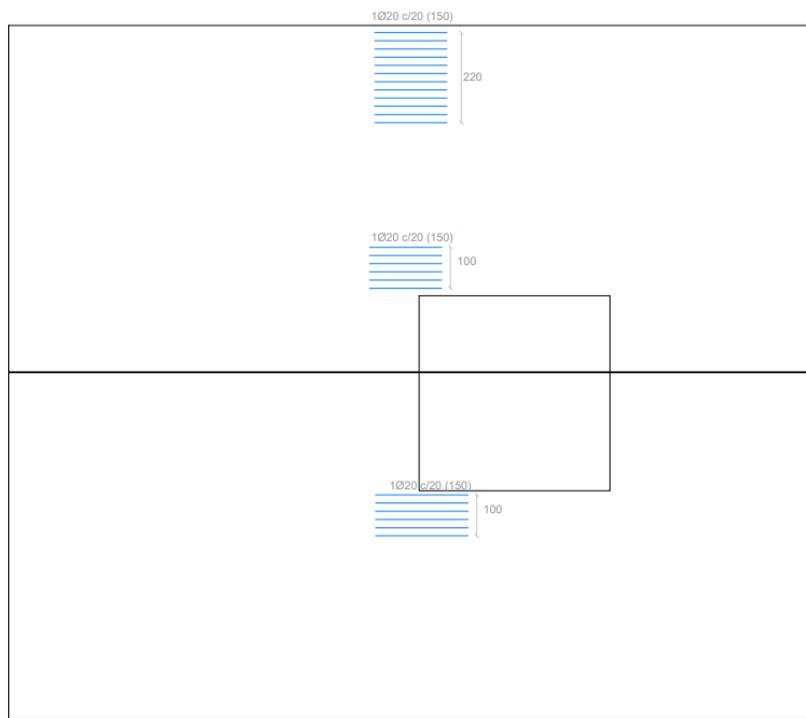
Ilustración 10.12 Plano armado de refuerzo en x - forjado 1



Forjado planta 1ª Refuerzos armado eje Y

	Refuerzo armado superior
	Refuerzo armado inferior

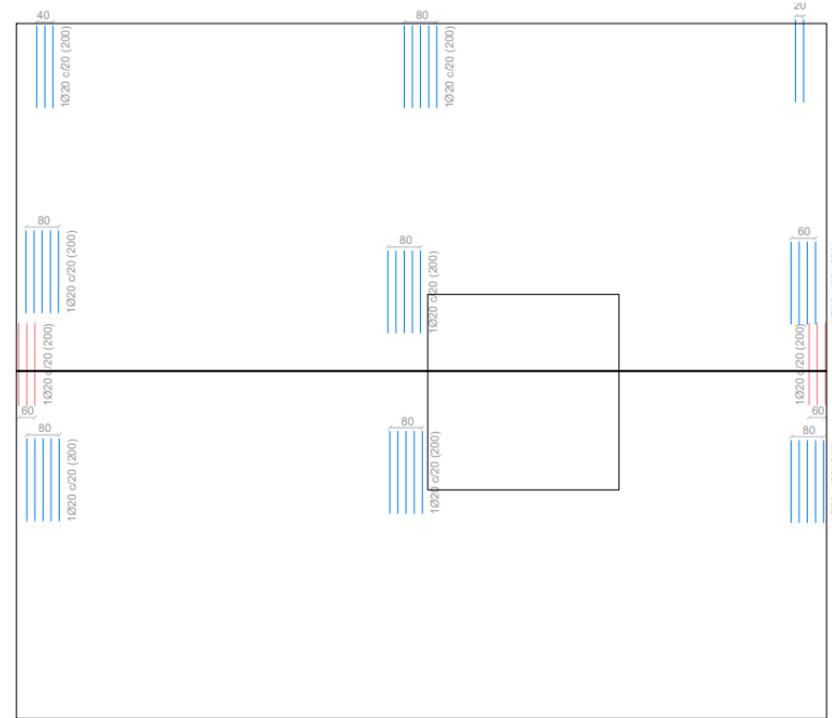
Ilustración 10.13 Plano armado de refuerzo en y - forjado 1



Forjado Cubierta Refuerzo armado eje X

Reinforcement	Reinforcement superior
Reinforcement	Reinforcement inferior

Ilustración 10.14 Plano armado de refuerzo en x - Cubierta

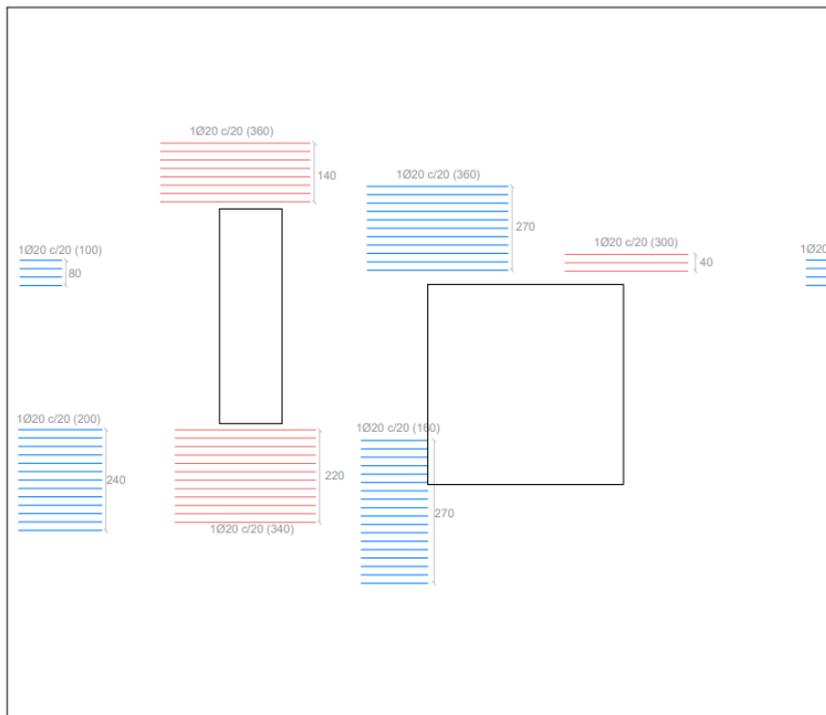


Forjado Cubierta Refuerzos armado eje Y

Reinforcement	Reinforcement superior
Reinforcement	Reinforcement inferior

Ilustración 10.15 Plano armado de refuerzo en y - Cubierta

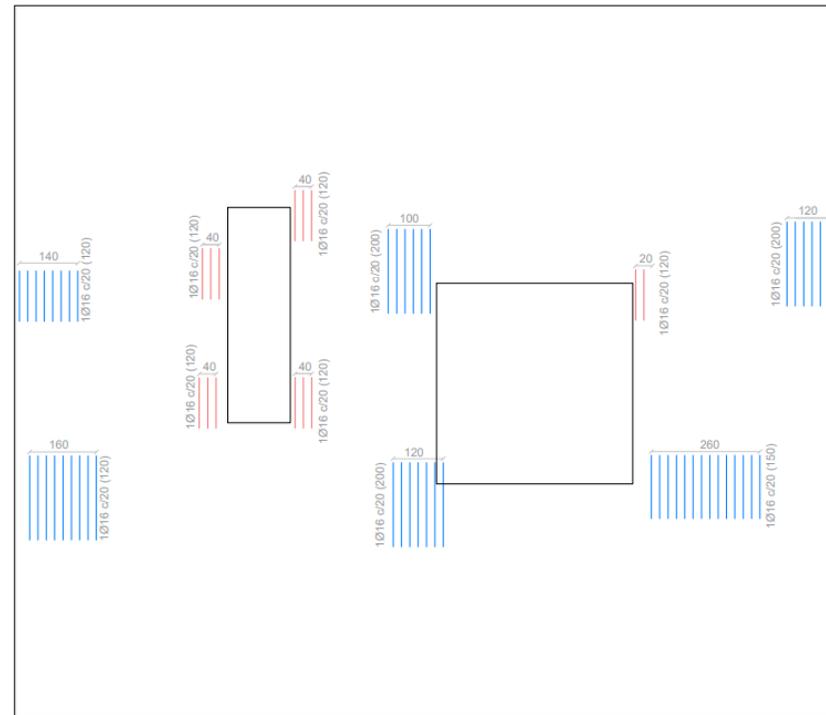
- **MODELO 2:**



Forjado planta 1ª Refuerzo armado eje X

	Refuerzo armado superior
	Refuerzo armado inferior

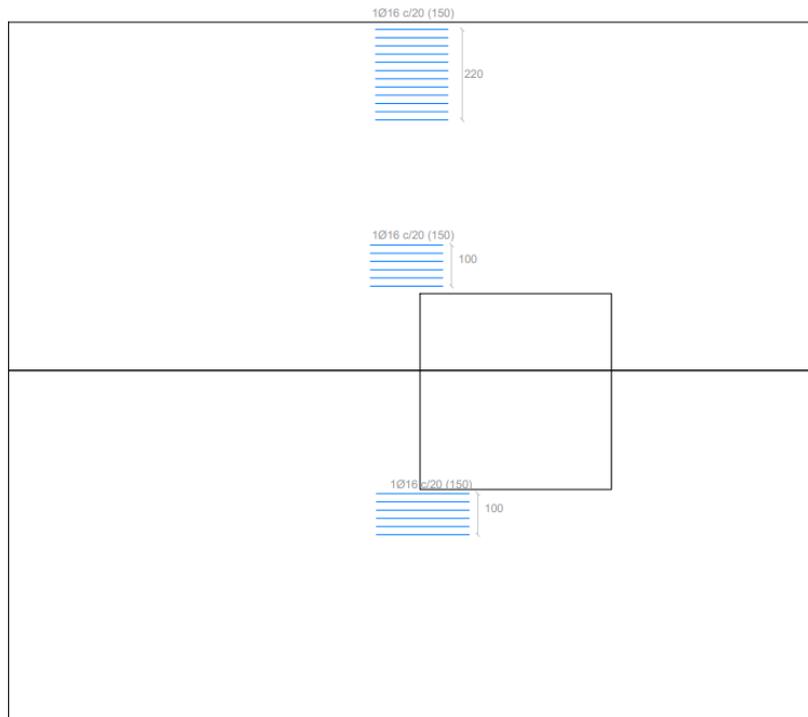
Ilustración 10.16 Plano armado de refuerzo en x - forjado 1



Forjado planta 1ª Refuerzos armado eje Y

	Refuerzo armado superior
	Refuerzo armado inferior

Ilustración 10.17 Plano armado de refuerzo en y - forjado 1



Forjado Cubierta Refuerzo armado eje X

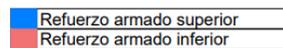
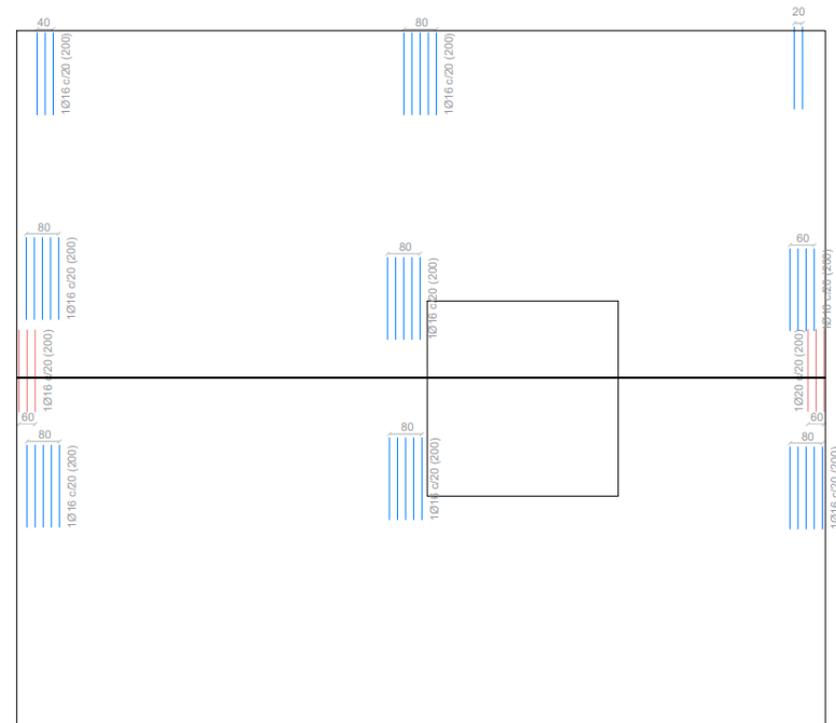


Ilustración 10.18 Plano armado de refuerzo en x - Cubierta



Forjado Cubierta Refuerzos armado eje Y

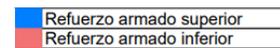


Ilustración 10.19 Plano armado de refuerzo en y - Cubierta

- **MODELO 3:**

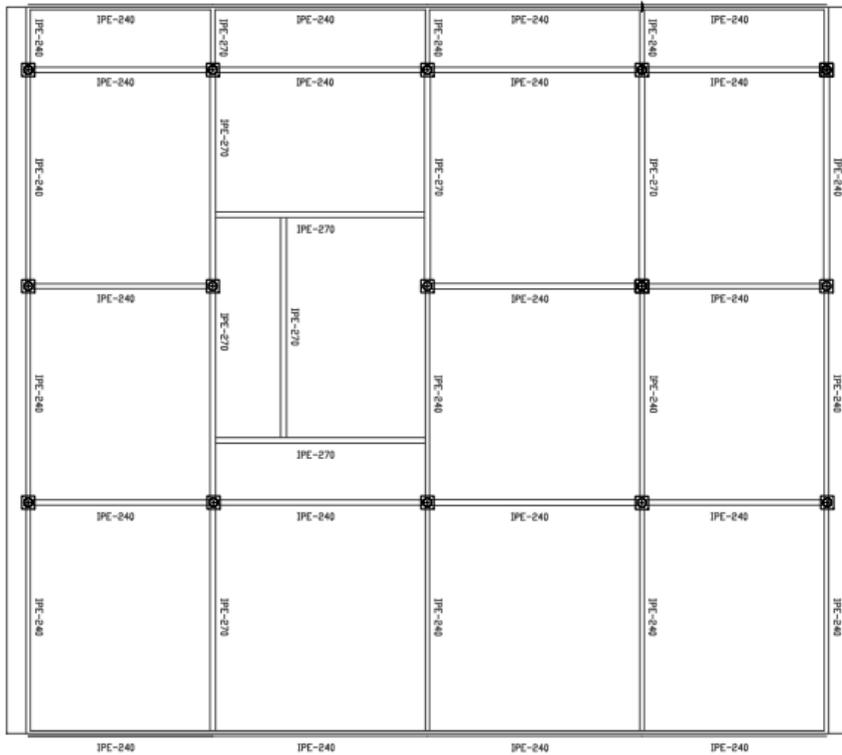


Ilustración 10.20 Plano forjado 1

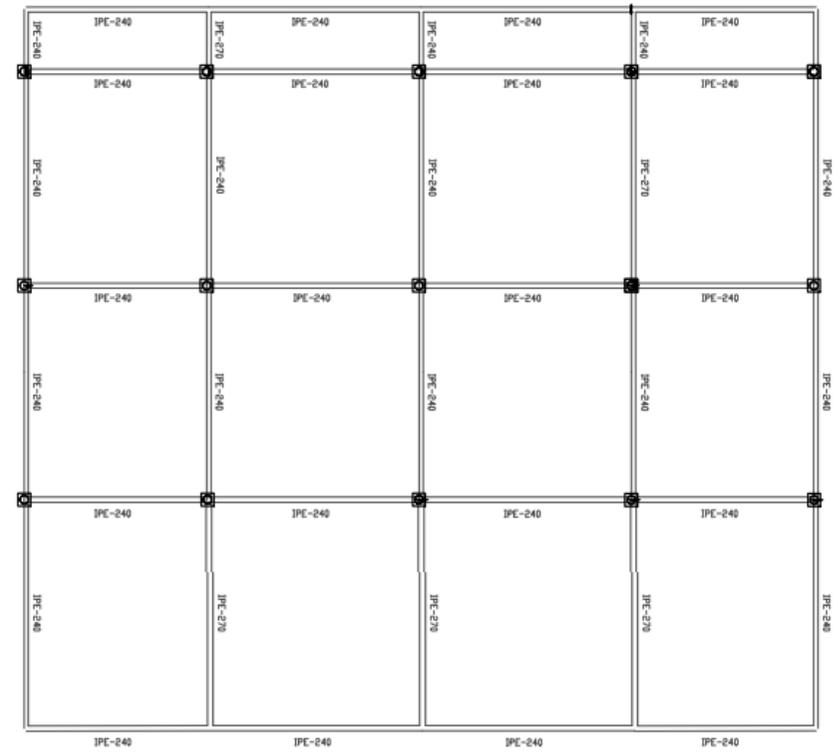


Ilustración 10.21 Plano Cubierta



11. CONCLUSIONES

Como conclusión podemos decir que las alternativas son interesantes de estudiar como propuestas estructurales, ya que, son modelos que cambian la forma en que trabaja la estructura y esto permite conocer variedad de tipologías estructurales, y su repercusión económica.

En cuanto a las conclusiones económicas se puede decir que la alternativa más asequible es el modelo original, ya que en el modelo 1 y el modelo 2, al reducir la cantidad de pilares se ahorra en kg de acero laminado, pero por contrapartida se necesita una mayor cantidad de armadura de refuerzo. A su vez, en el modelo 2 se reduce la cantidad de armadura de refuerzo, pero se emplea una viga de cuelgue por lo que finalmente resulta igual económicamente que el modelo 1.

Por lo tanto, como modelo más económico está el Modelo Original, con un importe final de 113.905,85€, seguido del Modelo 3, que varía en poco más de 5000€.

Quizá, en cuanto a optimización material se puede decir que el Modelo 1 y el Modelo 2, resultan buenas alternativas ya que la cantidad de acero empleada es menor, pero el precio se dispara por encima de 10.000€ respecto a los otros dos modelos.

A continuación, se muestra una tabla resumen de los presupuestos de cada modelo para así ver con mayor claridad el coste de cada uno y la diferencia de precio entre los mismo.

	M ³ Hormigón	M ² Losa/Forjado	Kg Acero	M viga canto	Importe
Modelo Original	119,95	622	3541		113.905,85€
Modelo 1	119,95	622	2443		127.319,16€
Modelo 2	119,95	622	2443	19,9	127.061,92€
Modelo 3	119,95	622	13265		118.662,91€



12. BIBLIOGRAFÍA



12.1 BIBLIOGRAFÍA DOCUMENTAL

Libro 1 Lima, D. Z. R. M. A., & Bergdoll, B. (2019b). *Lina Bo Bardi* (Reimpresión ed.). Yale University Press.

Libro 2 Cuy, J. E. C., Toledo, T., Pedrosa, A., & Gonzalez, J. (2020). *Lina Bo Bardi: Habitat*. Prestel Publishing.

Libro 3 de Oliveira, O., Bardi, L. B., & de Oliveira, O. (2002). *Lina Bo Bardi*. Gustavo Gili.

Web Naciones Unidas – Objetivos de desarrollo sostenible
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Web PoliMedia
<https://media.upv.es/#/portal/channel/dd0a73e0-ff14-11ea-b0c4-c7b2d7fc79f7>

Web López, A. I. (2020b, enero 24). Lina Bo Bardi, la arquitecta que unió el arte popular latinoamericano con lo moderno. Architectural Digest. Recuperado 4 de octubre de 2022, de <https://www.admagazine.com/arquitectura/lina-bo-bardi-biografia-y-obras-20200124-6395-articulos>

Web ArquitecturaViva

arquitectura viva. (s. f.). arquitectura viva.
<https://arquitecturaviva.com/obras/casa-de-vidrio>

Web AUTOBIOGRAFÍA ESCRITA ANTES DE 1951. LINA BO BARDI. (2019, 26 marzo). *DXI magazine*.
<http://www.dximagazine.com/2019/03/19/autobiografia-escrita-antes-de-1951-lina-bo-bardi/>

Web CTE DB-SE-AE. (s. f.).
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

Web *Lina Bo Bardi, la figura de una gran arquitecta y artista*. (2018, 19 octubre). tasararte.com. Recuperado 4 de octubre de 2022, de <https://www.tasararte.com/lina-bo-bardi-la-figura-de-una-gran-arquitecta-y-artista/#:%7E:text=Ella%20dec%C3%ADa%20que%20La%20libertad,las%20barreras%20de%20lo%20est%C3%A9tico>.



Web Serrano, J. R. & Serrano, J. R. (s. f.). *Lina Bo Bardi, casa de vidrio en Morumbí, 1949-1951 – Hyperbole*. Recuperado 4 de octubre de 2022, de <https://hyperbole.es/2018/03/lina-bo-bardi-casa-de-vidrio-en-morumbi-1949-1951/>

Web *Análisis casa de vidrio de Lina Bo Bardi*. (2015, 1 enero). Arquitectura Viva. Recuperado 4 de octubre de 2022, de <https://arquitecturaviva.com/obras/casa-de-vidrio>

12.2 BIBLIOGRAFÍA GRÁFICA

Portada Gutierrez, N. (s. f.). *Primera impresión de la casa* [Ilustración].

<https://www.nuezarquitectos.com/casa-de-vidrio>

Ilustración 1.1 *Casa de Vidrio*. (s. f.). [Fotografía].

<http://www.redfundamentos.com/blog/es/obras/detalle-156/>

Ilustración 1.2 *Casa de Vidrio*. (s. f.). [Fotografía].

<http://www.redfundamentos.com/blog/es/obras/detalle-156/>

Ilustración 2.1 *Objetivos de desarrollo sostenible*. (s. f.). [Imagen].

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Ilustración 4.1 Fotografía de Lina Bo Bardi

AUTOBIOGRAFÍA ESCRITA ANTES DE 1951. LINA BO BARDI. (2019, 26 marzo). *DXI magazine*.

<http://www.dximagazine.com/2019/03/19/autobiografia-escrita-antes-de-1951-lina-bo-bardi/>

Ilustración 4.2 *Casa de vidrio*. (s. f.).

https://arquitecturayempresa.es/sites/default/files/content/arquitectura_casa_de_vidrio_vista_exterior_bn.jpg

Ilustración 4.3 *Museo de Sao Paulo*. (s. f.-b). eg. (s. f.).

<https://www.archdaily.cl/cl/02-98467/clasicos-de-arquitectura-museo-de-arte-de-sao-paulo-lina-bo-bardi/594030e6e58ecec8ba0000bf-clasicos-de-arquitectura-museo-de-arte-de-sao-paulo-lina-bo-bardi-foto>

Ilustración 4.4 *Centro Cultural de Pomeya*. (s. f.).

https://images.adsttc.com/media/images/5b31/13ce/f197/cc88/af00/02ca/slideshow/IMG_3621.jpg?1529942975

Ilustración 5.1 *Vista exterior.* (s. f.-b).

<https://hyperbole.es/wp-content/uploads/2018/03/d7hftxdivxxvm.cloudfront.net .jpg>.

Ilustración 5.2 Plantas de Autocad

Ilustración 5.3 *Ubicación.* (s. f.-b).

<https://www.google.es/maps/place/R.+Gen.+Alm%C3%A9rio+de+Moura,+200+-+Vila+Tramontano,+S%C3%A3o+Paulo+-+SP,+05690-080,+Brasil/@-23.6131057,-46.7140323,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x94ce512b2b4eba7b:0xf824661ace07caf!8m2!3d-23.6131057!4d-46.7118383?hl=es&authuser=0>.

Ilustración 5.4 *Emplazamiento.* (s. f.-b).

https://issuu.com/danielbaldera/docs/casa_de_vidrio_-_lina_bobardi.

Ilustración 5.5 *Vista interior.* (s. f.).

https://www.metalocus.es/sites/default/files/styles/mopis_new_s_carousel_item_desktop/public/file-images/metalocus_casadecristal_linabobardi_07_1280.jpg?itok=o4AN43hf.

Ilustración 5.6 *Vista interior.* (s. f.).

<https://agencevu.com/en/corporate/casa-de-vidro/>.

Ilustración 5.7 *Vista exterior.* (s. f.-c).

https://www.metalocus.es/sites/default/files/styles/mopis_new_s_carousel_item_desktop/public/file-images/metalocus_bobardi_casadevidrio_27_1280.jpg?itok=VQVs9ncs.

Ilustración 5.8 Planta de métrica de Autocad

Ilustración 5.9 Planta de métrica de Autocad



Ilustración 6.1 Logo Autocad. (s. f.).

https://www.nke360.es/wp-content/uploads/logo_autocad-lt_dos_lineas-nke.png.

Ilustración 6.2 Logo Angle

Ilustración 6.3 Logo Peritación

Ilustración 6.4 Logo Cype

Ilustración 7.1 Tabla 3.1 del DB-SE-AE. (s. f.).

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

Ilustración 7.2 Tabla 3.8 del DB-SE-AE. (s. f.).

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

Ilustración 7.3 Peligrosidad sísmica de España. (s. f.).

http://www.ign.es/web/resources/sismologia/www/dir_images_terremotos/mapas_sismicidad/peligrosidadintensidades_peq.jpg.

Ilustración 7.4 Tabla 4.1 del CTE DB-SE. (s. f.).

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE.pdf>.

Ilustración 8.1 Modelo original

Ilustración 8.2 Modelo 1

Ilustración 8.3 Modelo 2

Ilustración 8.4 Modelo 3



Ilustración 9.1 Deformación-ELS Modelo original

Ilustración 9.2 ELS Modelo original losa cubierta

Ilustración 9.3 ELS Modelo original losa F.1

Ilustración 9.4 ELU Modelo original Mx losa cubierta-Armado base

Ilustración 9.5 ELU Modelo original Mx losa cubierta-Armado refuerzo

Ilustración 9.6 ELU Modelo original My losa cubierta-Armado base

Ilustración 9.7 ELU Modelo original My losa cubierta-Armado refuerzo

Ilustración 9.8 ELU Modelo original Mx losa forjado 1-Armado base

Ilustración 9.9 ELU Modelo original Mx losa forjado 1-Armado refuerzo

Ilustración 9.10 ELU Modelo original My losa forjado 1-Armado base

Ilustración 9.11 ELU Modelo original My losa forjado 1-Armado refuerzo

Ilustración 9.12 Deformaciones-ELS Modelo 1 losa canto 20 cm

Ilustración 9.13 Deformaciones-ELS Modelo 1 losa canto 25 cm

Ilustración 9.14 Deformaciones-ELS Modelo 1 losa canto 30 cm

Ilustración 9.15 Deformaciones-ELS Modelo 1 losa canto 35 cm

Ilustración 9.16 ELS Modelo 1 cubierta



Ilustración 9.17 ELS Modelo 1 forjado 1

Ilustración 9.18 ELU Modelo 1 Mx losa forjado 1 - Armado base

Ilustración 9.19 ELU Modelo 1 Mx losa cubierta -Armado refuerzo

Ilustración 9.20 ELU Modelo 1 My losa cubierta -Armado base

Ilustración 9.21 ELS ELU Modelo 1 My losa cubierta - Armado refuerzo

Ilustración 9.22 ELU Modelo 1 Mx losa forjado 1 -Armado base

Ilustración 9.23 ELU Modelo 1 Mx losa forjado 1 -Armado refuerzo

Ilustración 9.24 ELU Modelo original My losa forjado 1 -Armado base

Ilustración 9.25 ELU Modelo original My losa forjado1 -Armado refuerzo

Ilustración 9.26 Deformación-ELS Modelo 2

Ilustración 9.27 ELS Modelo 2 cubierta

Ilustración 9.28 ELS Modelo 2 forjado 1

Ilustración 9.29 ELS Modelo 2 Mx losa cubierta- Armado base

Ilustración 9.30 ELS Modelo 2 Mx losa cubierta- Armado refuerzo

Ilustración 9.31 ELS Modelo 2 My losa cubierta- Armado base



Ilustración 9.32 ELS Modelo 2 My losa cubierta-Armado refuerzo

Ilustración 9.33 ELS Modelo 2 Mx losa forjado 1-Armado base

Ilustración 9.34 ELS Modelo 2 Mx losa forjado 1-Armado refuerzo

Ilustración 9.35 ELU Modelo 1 My losa forjado 1 -Armado base

Ilustración 9.36 ELU Modelo 1 My losa forjado 1 -Armado refuerzo

Ilustración 9.37 Modelo 3

Ilustración 9.38 Deformaciones – ELS Modelo 3

Ilustración 9.39 Dimensionado vigas y pilares

Ilustración 10.1 Generador de precios Cype – Zapata de hormigón

Ilustración 10.2 Generador de precios Cype – Muro de hormigón

Ilustración 10.3 Generador de precios Cype – Pilares de acero

Ilustración 10.4 Generador de precios Cype – Losa maciza canto 20 cm

Ilustración 10.5 Generador de precios Cype – Losa maciza 35 cm

Ilustración 10.6 Generador de precios Cype – Losa maciza 35 cm

Ilustración 10.7 Generador de precios Cype – Forjado unidireccional



Ilustración 10.8 Plano armado de refuerzo en x - forjado 1

Ilustración 10.9 Plano armado de refuerzo en y - forjado 1

Ilustración 10.10 Plano armado de refuerzo en x -
Cubierta

Ilustración 10.11 Plano armado de refuerzo en y -
Cubierta

Ilustración 10.12 Plano armado de refuerzo en x – forjado
1

Ilustración 10.13 Plano armado de refuerzo en y – forjado
1

Ilustración 10.14 Plano armado de refuerzo en x –
cubierta

Ilustración 10.15 Plano armado de refuerzo en y –
cubierta.

Ilustración 10.16 Plano armado de refuerzo en x – forjado 1

Ilustración 10.17 Plano armado de refuerzo en y – forjado 1

Ilustración 10.18 Plano armado de refuerzo en x – cubierta

Ilustración 10.19 Plano armado de refuerzo en y – cubierta

Ilustración 10.20 Plano forjado 1

Ilustración 10.21 Cubierta