



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET (VALENCIA)

AUTOR: JORGE GIL HOYOS
TUTORA: ANA ISABEL ALMERICH CHULIA

GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA
CURSO ACADÉMICO 2019-2020



RESUMEN

El proyecto que se ha desarrollado en este trabajo es el diseño y el cálculo de la estructura de una vivienda unifamiliar, ubicada en la localidad de Gilet, provincia de Valencia. El edificio está compuesto por dos plantas más una buhardilla y estructuralmente regido por una retícula de pilares y vigas metálicas y losas prefabricadas de hormigón.

En el diseño también se ha deliberado sobre la materialidad escogida, así como el tipo de cerramiento, que ha influido tanto en el propio diseño como en el cálculo. Y mediante las normas del Código Técnico de la Edificación y la Instrucción de Hormigón Estructural, y los conocimientos adquiridos en el Grado en Fundamentos de la Arquitectura, especialmente en las asignaturas de Estructuras, Proyectos y Construcción, se ha desenvuelto todo el trabajo de manera óptima.

Para finalizar, el trabajo se complementa con material gráfico en el *Anexo*.

Palabras clave: diseño, cálculo, estructura, Architrave, CTE DB-SE-A



RESUM

El projecte que s'ha desenvolupat en aquest treball és el disseny i el càlcul de l'estructura d'un habitatge unifamiliar, situat a la localitat de Gilet, província de València. L'edifici està compost per dues plantes més unes golfes i estructuralment regit per una retícula de pilars i bigues metàl·liques i lloses prefabricades de formigó.

En el disseny també s'ha deliberat sobre la materialitat escollida, així com el tipus de tancament, que ha influït tant en el propi disseny com en el càlcul. I mitjançant les normes del Codi Tècnic de l'Edificació i la Instrucció de Formigó Estructural, i els coneixements adquirits en el Grau en Fonaments de l'Arquitectura, especialment en les assignatures d'Estructures, Projectes i Construcció, s'ha desenvolupat tot el treball de manera òptima .

Per finalitzar, el treball es complementa amb material gràfic a l'*Annex*.

Paraules clau: disseny, càlcul, estructura, Architrave, CTE DB-SE-A



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA
ARQUITECTURA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

ABSTRACT

The project developed in this work is the design and calculation of the structure of a single-family home, located in the town of Gilet, province of Valencia. The building consists of two floors plus an attic and is structurally governed by a grid of pillars and metal beams and prefabricated concrete slabs.

The design has also deliberated on the materiality chosen, as well as the type of enclosure, which has influenced both the design itself and the calculation. And by means of the norms of the Technical Code of the Building and the Instruction of Structural Concrete, and the knowledge acquired in the Grade in Foundations of the Architecture, especially in the subjects of Structures, Projects and Construction, all the work has been developed in an optimal way.

Finally, the work is complemented with graphic material in the Annex.

Keywords: design, analysis, structure, Architrave, CTE DB-SE-A



ÍNDICE

1. Memoria descriptiva	11
1.1. Antecedentes	13
1.1.1. Objeto del proyecto	13
1.1.2. Metodología	13
1.1.3. Motivación	13
1.2. Estado actual de la construcción	14
1.3. Situación y emplazamiento	15
1.4. Descripción del solar	16
1.5. Descripción del edificio	17
1.5.1. Sistema estructural	18
1.5.2. Sistema envolvente	18
1.5.3. Sistema de compartimentación	18
1.5.4. Sistema de acabados	18
1.5.5. Sistema de acondicionamiento ambiental y servicios	19
1.5.6. Estudio geotécnico	19
1.6. Legislación vigente	19
1.7. Cumplimiento del CTE	20
1.8. Cumplimiento de otras normativas específicas	21
2. Cálculo estructural	23
2.1. Materiales	25
2.2. Acciones	26
2.2.1. Permanentes	26
2.2.2. Sobrecarga de uso	30



2.2.3. Viento	32
2.2.4. Nieve	34
2.2.5. Sismo	36
2.3. Elección perfiles	38
2.4. Modelización	50
2.4.1. <i>Architrave</i> [®]	52
2.5. Resultados	53
2.5.1. Peritación	54
2.5.2. Comprobación	63
2.5.2.1. Secciones	63
3. Conclusiones	65
4. Bibliografía	69
5. Anexo 1. Planos	
6. Anexo 2. Secciones y solicitaciones	



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA
ARQUITECTURA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

1. MEMORIA DESCRIPTIVA



1.1. Antecedentes

1.1.1. Objeto del proyecto:

Tal y como indica el propio título de este TFG, el propósito de este trabajo es el diseño de la estructura de una vivienda unifamiliar para posteriormente ser calculada, cumpliendo con la normativa vigente: Código Técnico de la Edificación y EHE [1] y [2]. Con esto se realizará un dimensionado de la estructura portante.

A su vez, enriquecer mis conocimientos en este campo de cálculo mediante el programa *Architrave*[®] [3], además de poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo del grado, y ver más de cerca como se afronta una tarea de estas características en la vida profesional.

1.1.2. Metodología:

El procedimiento a seguir comenzará por elaborar los planos de la vivienda, confeccionando un programa, decidiendo sus materiales, secciones constructivas y sistema estructural. Después de esto, haremos un predimensionado de los elementos estructurales, tales como pilares, vigas y losas alveolares prefabricadas. Seguidamente se generará un modelo en 3D con la estructura para, mediante la herramienta de cálculo *Architrave*[®] [3], calcular la estructura y poder llegar a obtener un dimensionamiento óptimo de la misma. Finalmente se expondrán unas conclusiones con los resultados obtenidos.

1.1.3. Motivación:

La elección de este tema viene dada por mi pasión hacia la rama más técnica de la carrera, realizada con asignaturas como “*Estructuras I, II y III*” y “*Proyectos*”. La oportunidad que se me presenta de poder llevar todos estos conocimientos adquiridos a una práctica concreta y auténtica ha sido prácticamente imposible de rechazar.



1.2. Estado actual de la construcción

Conseguir la estructura más eficiente de cualquier edificación es sin duda uno de los puntos más importantes de un proyecto, teniendo en cuenta que debe cumplir unos requisitos básicos de estabilidad, resistencia y rigidez. En definitiva, la capacidad que deben tener los elementos para soportar las distintas acciones que sobre ellos recaen, sin olvidarse de la transmisión de estos esfuerzos al terreno a través de la cimentación.

Las dos soluciones más comunes que se plantean son las estructuras de hormigón armado y las de acero. En el primero de los casos, es un material muy resistente y que funciona muy bien frente al fuego y, para proyectos muy grandes, abarata considerablemente el coste de material. Para el segundo, se puede decir que, pese a utilizarse en la construcción previamente al hormigón, tuvo una reducción en su uso con la aparición de éste, pero gracias al proceso de industrialización y poder obtener perfiles normalizados, desde hace tiempo se viene viendo una crecida en su utilización como material en la construcción [4]. Esto viene dado por las características del propio material y las ventajas funcionales que se obtienen al trabajar con el mismo. Entre estas ventajas se puede encontrar el manejo de luces de mayor longitud o soportar mayores cargas, siendo notable la reducción de peso de la estructura. Otro aspecto que influye en obra, no tanto en la capacidad del material sino en el montaje, es que los perfiles llegan a la obra de manera prefabricada, lo que permite reducir las operaciones que se tienen que llevar a cabo para colocarlos en su lugar. Esto hace que se minimicen tiempos y costes, al poder ejecutar una producción en serie de estos perfiles.

Cierto es que trabajar con este material también implica una serie de desventajas a tener en cuenta. Las más importantes a destacar son, en primer lugar, que es un material sensible a la corrosión, ya que el hierro se oxida con suma facilidad provocando fisuras superficiales (aunque este efecto no afecte a su capacidad portante) y, en segundo lugar, que su resistencia se ve mermada frente a incendios. El recubrimiento con alguna pintura ignífuga en este material es preciso [5].

En definitiva, es un material que permite una mayor libertad de diseño frente a otros materiales, pero hay que ser consciente de sus limitaciones para que esos factores no jueguen en su contra. A modo de ejemplo, no sería recomendable utilizar este tipo de material en una zona costera con un ambiente agresivo y en el que confluyan grandes acciones dinámicas.

1.3. Situación y emplazamiento

El proyecto que se va a abordar en este trabajo se encuentra en Gilet (Valencia). Está ubicado en un solar en el cual ocupa una posición aislada de sus límites, por lo que se clasifica como una edificación aislada. También cumple con las normas urbanísticas del Plan General de Ordenación Urbana de Gilet [6].



Fig. 1.1. Localización

- Datos del emplazamiento:
- Dirección: Avenida Mediterránea 33, 46149 Gilet (Valencia)
- Referencia catastral: 93533A1YJ2995C0001MH
- Clasificación del suelo: Urbano
- Categoría: Residencial – Zona B – Unifamiliar aislada

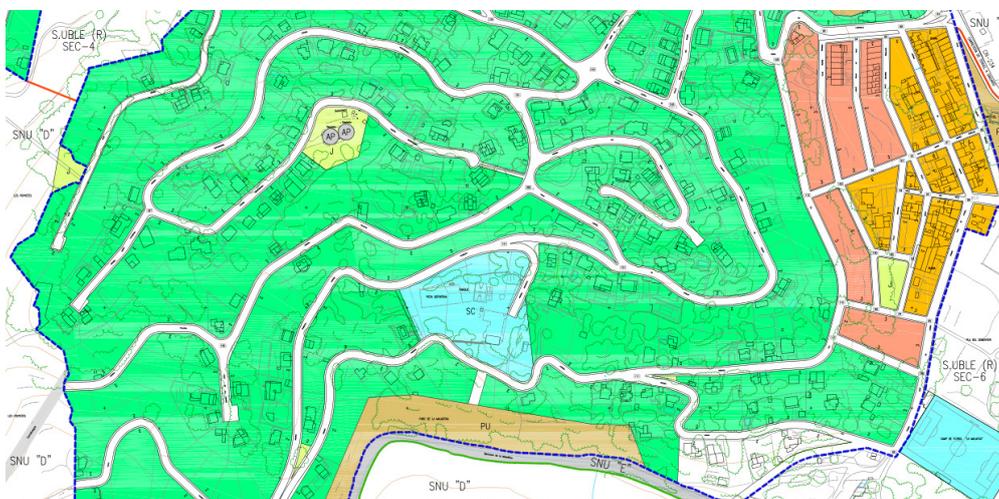


Fig. 1.2. Zonas de ordenación urbanística



Fig. 1.3. Leyenda

La elección del emplazamiento viene motivada por buscar una parcela con una extensión óptima para la implantación de la vivienda, con espacio suficiente para una posible ampliación en un futuro si así se deseara. Es un solar fácilmente accesible y rodeada de solares con la misma tipología edificatoria.



Fig. 1.4. Zona "B" unifamiliar aislada. Emplazamiento

1.4. Descripción del solar

Es un solar que se caracteriza por una forma irregular y con diferentes cotas de nivel, es una zona de fuerte pendiente. Tiene una superficie gráfica de parcela de 715 m² [7]. Tiene acceso directo desde la Avenida Mediterránea mediante una rampa con la que se puede acceder mediante vehículo o a pie. El otro límite de la parcela limita con otro solar con la misma intención, una vivienda concebida como edificación aislada.

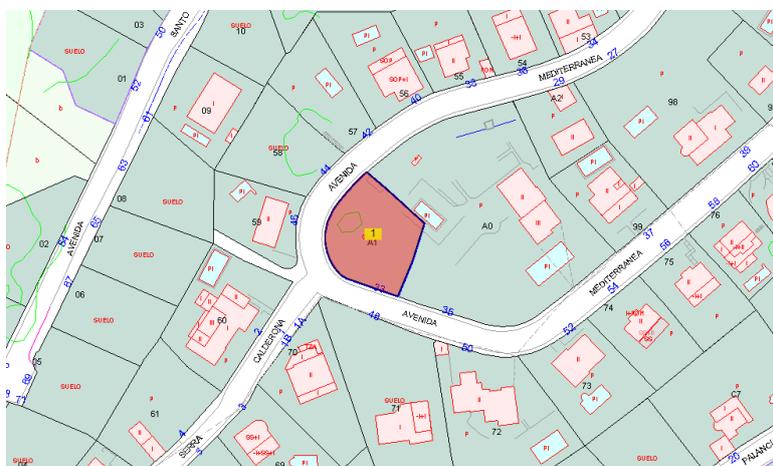


Fig. 1.5. Urbanización

1.5. Descripción del edificio

El objeto de estudio es un inmueble con uso principal residencial. La vivienda está formada por 3 niveles. La planta baja, al igual que la siguiente planta, consta de una superficie 251 m². En el tercer nivel se dispone una buhardilla.

Cada una de las plantas consta de 3 pórticos irregulares, en planta baja con una altura de 3.3 metros de altura, en planta primera 3 metros y, en la segunda planta, correspondiente a la buhardilla, hay una altura de 3 metros en el punto más alto, que es el correspondiente al pórtico central. La conexión entre las distintas plantas se realiza mediante las escaleras de tramo de ida y vuelta.

El acceso a la vivienda se realiza por la fachada oeste de la vivienda, y a la parcela se puede hacer tanto peatonalmente como con un turismo.

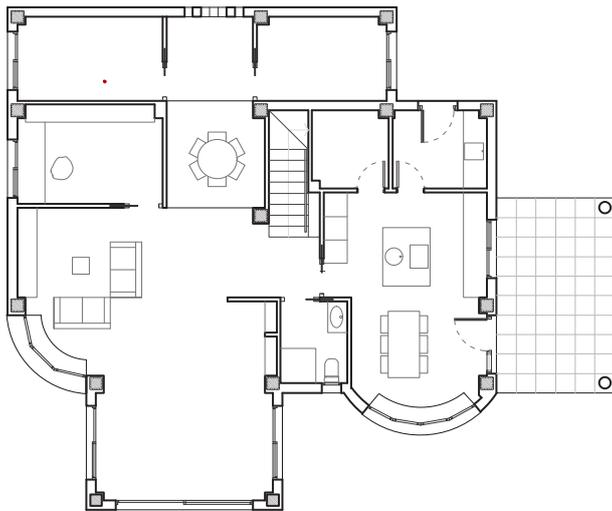


Fig. 1.6. Planta baja

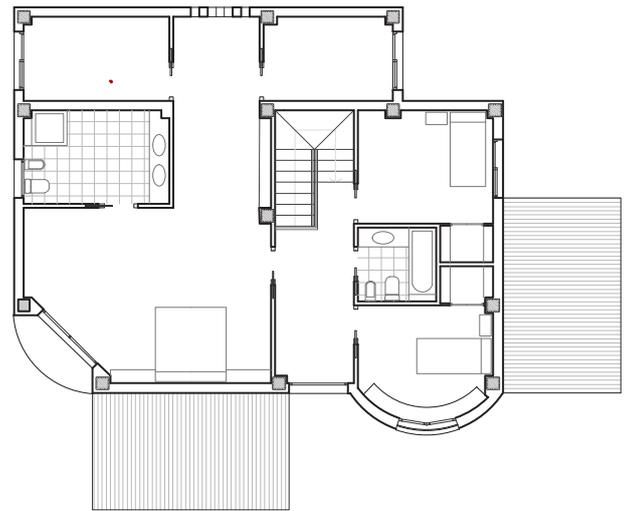


Fig. 1.7. Planta 1ª



Fig. 1.8. Alzado oeste

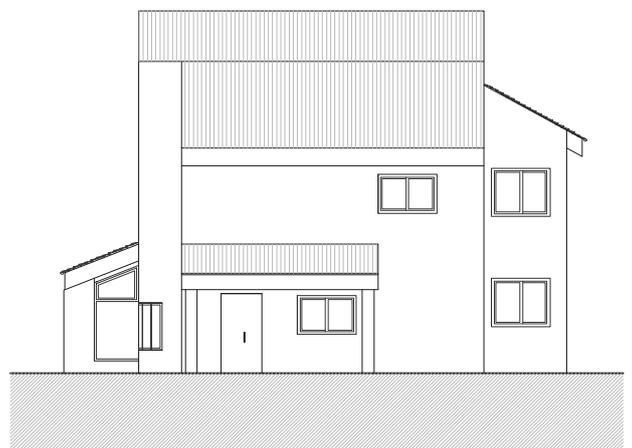


Fig. 1.9. Alzado sur



1.5.1. Sistema estructural

La solución estructural de dichos pórticos está compuesta por losas alveolares prefabricadas de hormigón armado, tanto en los forjados entre plantas, como en la cubierta, y pilares y vigas metálicas. La elección de estas placas alveolares viene dada por su gran capacidad para soportar cargas elevadas con un canto reducido, y por la rapidez en su colocación. Para los pilares se emplearán perfiles HEB, por tener un buen comportamiento frente al axil, y para las vigas y zunchos se utilizarán perfiles IPE, que tienen un mejor comportamiento ante la flexión. El arranque de la estructura se realizará sobre zapatas aisladas de hormigón armado sobre la que apoyarán los distintos pilares.

1.5.2. Sistema envolvente

El cerramiento de fachada se ha resuelto mediante fábrica de bloque hueco de hormigón vibrado de doble cámara de 15 cm de espesor, tomados con mortero 1:6 de cemento y arena y acabado interior de ladrillo hueco de 7 cm de espesor, enlucido y pintado al interior.

La cubierta se ha resuelto mediante la ejecución de un forjado estructural de losas alveolares de hormigón armado prefabricadas, y la colocación de las correspondientes capas: lámina de vapor, hormigón ligero, aislante térmico autoprotegido y faldón de teja.

1.5.3. Sistema de compartimentación

El sistema de compartimentación previsto es mediante ladrillo doble hueco de 7 cm de espesor revestido por ambas caras.

La carpintería interior será en general de madera de haya de fabricación estándar, con puertas de paso lisas, guarniciones y sobremarcos de la misma madera, sobre premarco de pino.

1.5.4. Sistema de acabados

Los acabados de paramentos verticales interiores se resuelven mediante pintura plástica lisa sobre enlucido de yeso en todas las estancias.

Para el acabado de los forjados se dispondrá pavimento de madera.



1.5.5. Sistema de acondicionamiento ambiental y servicios

Cuenta con suministro de energía eléctrica en baja tensión, proporcionado por la compañía suministradora. Se dispondrá de una instalación de alumbrado que proporcione las condiciones adecuadas de iluminación y de seguridad en las distintas estancias.

La parcela dispone de red de evacuación de aguas residuales a alcantarillado municipal.

Las fachadas y medianeras se realizarán garantizando unos parámetros adecuados de aislamiento y eficiencia energética de la vivienda.

1.5.6. Estudio geotécnico

No se ha previsto la realización del estudio geotécnico debido a que no es objeto principal de este TFG. Cabe recalcar que en un proyecto profesional sería necesaria el estudio exacto de las capacidades del terreno en el que se va a proyectar.

Sin embargo, en la zona objeto de actuación, en ausencia de estudio geotécnico y a tenor de obras de similares características y con anterioridad al presente proyecto se establece que nos encontramos con un terreno rocoso con una presión admisible de 4,50 kg/cm².

Para más detalle sobre el edificio, se remite a información gráfica a una mayor escala y precisión en el Anexo: Planos.

1.6. Legislación vigente

· **Código Técnico de la Edificación** (CTE, 2006), *“es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).”* [1]

Los Documentos Básicos que habrá que tener en cuenta son los siguientes:

· **“DB SE: Seguridad estructural.**

Constituye la base para cuya correcta aplicación son necesarios igualmente los siguientes cinco documentos:



- **DB SE-AE:** *Acciones en la edificación*
- **DB SE-A:** *Estructuras de acero*
- **DB SE-F:** *Estructuras de fábrica*
- **DB SE-M:** *Estructuras de madera*
- **DB SE-C:** *Cimentaciones*

- **DB SI:** *Seguridad en caso de incendio*
- **DB SUA:** *Seguridad de utilización y accesibilidad*
- **DB HE:** *Ahorro de energía*
- **DB HR:** *Protección frente al ruido*
- **DB HS:** *Salubridad"*

- **Ley de Ordenación de la Edificación** (LOE, 2006) [8]

- **Normativa de Construcción Sismorresistente** (NCSE-02, 2002) [9]

- **Instrucción de Acero Estructural** (EAE, 2011) [10]

- **Instrucción de Hormigón Estructural** (EHE-08, 2008) [2]

1.7. Cumplimiento del CTE

Descripción de las prestaciones del edificio por requisitos básicos en relación con las exigencias básicas del CTE: Son requisitos básicos, conforme a la Ley de Ordenación de la Edificación, los relativos a la funcionalidad, seguridad y habitabilidad. [8]

Los requisitos de funcionalidad y habitabilidad se dan por conseguidos en el diseño de la vivienda y su envolvente, por lo que solo se va a mencionar los relativos a la seguridad estructural.

· Requisitos básicos relativos a la seguridad

Seguridad estructural, de la forma que no se produzcan en el edificio, o partes del mismo, daños que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio. [11]



· Los aspectos básicos que se han tenido en cuenta a la hora de adoptar el sistema estructural para la edificación que se ocupa son principalmente: resistencia mecánica y estabilidad, seguridad, durabilidad, economía, facilidad constructiva, modulación y posibilidades de mercado.

· Todos los elementos estructurales son resistentes al fuego durante un tiempo superior al sector de incendio de mayor resistencia.

· El acceso está garantizado ya que los huecos cumplen las condiciones de separación.

· No se colocará ningún tipo de material que, por su baja resistencia al fuego, combustibilidad toxicidad pueda perjudicar la seguridad del edificio o de sus ocupantes.

1.8. Cumplimiento de otras normativas específicas

Existen otras normativas específicas que se deben cumplir al realizar un proyecto de este tipo, como son la EHE-08, NCSE-02, REBT, RITE, DC-09, Ordenanzas Municipales, pero no serán centro este TFG.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA
ARQUITECTURA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

2. CÁLCULO ESTRUCTURAL

2.1. Materiales

Tal y como se ha introducido en el punto 1.5.1. del presente trabajo, “*Sistema estructural*”, los materiales empleados en la estructura a calcular son el acero para los perfiles metálicos de pilares y vigas, de manera que se forme una estructura reticular metálica, y el hormigón armado para las losas alveolares prefabricadas de los forjados y cubierta, y para las zapatas sobre las que apoyarán los pilares.

No serán centro de este TFG el cálculo de las zapatas. Se tomará como objeto de cálculo lo perteneciente a la estructura aérea.

El acero seleccionado para la perfilera es el S275JR, cuyas características son las siguientes:

Características del acero S275JR	
Módulo de elasticidad (E)	210000 N/mm ²
Módulo de rigidez (G)	81000 N/mm ²
Coefficiente de Poisson (u)	0,3
Coefficiente de dilatación térmica (α)	1,2 · 10 ⁻⁵ (°C) ⁻¹
Densidad (ρ)	7850 kg/m ³

Tabla 1. Características del acero estructural S275JR

Y el seleccionado para el acero a emplear para las losas alveolares será el Y1860C:

Acero Y1860C	
Límite elástico f _{ck}	1600 N/mm ²
Alargamiento de rotura	3,5%
Coefficiente de seguridad	1,15

Tabla 2. Características del acero Y1860C

Y de la misma manera, se ha seleccionado el hormigón específico para su utilización, en primer lugar, el HP-40/S/12/IIb para las losas alveolares prefabricadas, y un HA-25/P/20/IIa para la escalera, también ejecutada del mismo modo.

Material	Resistencia a compresión	Consistencia	Tamaño máximo del árido
Hormigón pretensado HP-40/S/12/IIb	40 N/mm ²	Seca	12 mm
Hormigón pretensado HA-25/P/20/IIa	25 N/mm ²	Seca	20 mm

Tabla 3. Características del hormigón pretensado

2.2. Acciones

El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Límite Últimos (apartado 3.2.1 DB-SE) y los Estados Límites de Servicio (apartado 3.2.2 DB-SE) [12].

2.2.1. Cargas permanentes (G)

Como indica el CTE DB SE-AE [12], entran dentro de este grupo las cargas que pertenecen al peso propio de los elementos estructurales, cerramientos y elementos separadores, tabiquería, revestimientos, y en definitiva todo equipo fijo.

Seguidamente se determinan los elementos que participan en el cálculo.

· Cerramiento

El cerramiento de fachada se proyecta de una hoja de bloque caravista hueco de hormigón vibrado de doble cámara de 15 cm de espesor, tomado con mortero 1:6 de cemento y arena; enfoscado por una cara y visto por la otra. Como segunda hoja se proyecta ladrillo doble hueco de 7 cm de espesor y posterior enlucido con yeso para poder realizar el paso de las instalaciones mediante rozas.

El peso propio del bloque hueco de hormigón vibrado ha sido obtenido del catálogo de bloques de *Eiros*. [13] Y el resto, con la información recopilada en las tablas C.1 y C.4 del *Anexo C del DB SE-AE* [12].

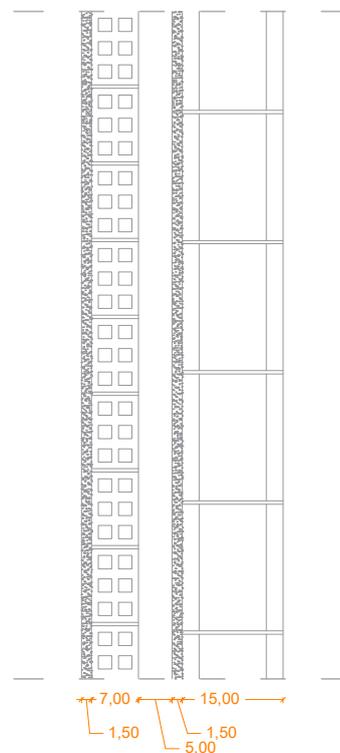


Fig. 2.1. Detalle del cerramiento

Peso propio	Peso específico aparente (kN/m ³)	Peso lineal (kN/m)
Bloque hueco hormigón vibrado	10	4.95
Enfoscado	-	0.66
Cámara de aire	-	-
LH 7cm	-	2.78
Enlucido yeso	-	0.495
Total	-	≈ 9

Tabla 4. Peso propio del cerramiento

Fábricas	
Bloque hueco de cemento	13,0 a 16,0
Bloque hueco de yeso	10,0
Ladrillo cerámico macizo	18,0
Ladrillo cerámico perforado	15,0
Ladrillo cerámico hueco	12,0
Ladrillo silicocalcáreo	20,0

Tabla 5. Tabla C.1. Anexo C del DB SE-AE [12]

Tabla C.4 Peso por unidad de superficie de tabiques

Tabiques (sin revestir)	Peso kN/m ²	Revestimientos (por cara)	Peso kN/m ²
Rasilla, 30 mm de espesor	0,40	Enfoscado o revoco de cemento	0,20
Ladrillo hueco, 45 mm de espesor de 90 mm de espesor	0,60 1,00	Revoco de cal. estuco	0,15
		Guarnecido y enlucido de yeso	0,15

Tabla 6. Tabla C.4. Anexo C del DB SE-AE [12]

· Tabiquería

Según indica el DB SE-AE [12], se puede simplificar el peso de la tabiquería a una carga uniformemente distribuida de 1kN/m² en casos normales donde no haya una distribución excesivamente heterogénea o posea grandes irregularidades.

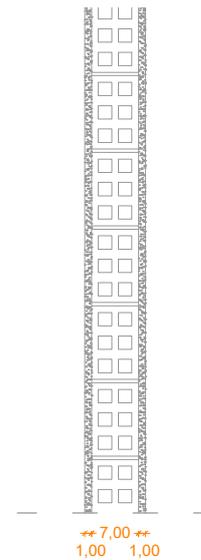


Fig. 2.2. Detalle de la tabiquería

· Cubierta

La cubierta se ha resuelto mediante la colocación, sobre el forjado estructural comentado previamente, de las correspondientes capas: lámina de vapor, hormigón ligero, aislante térmico auto-protégido y faldón de teja.

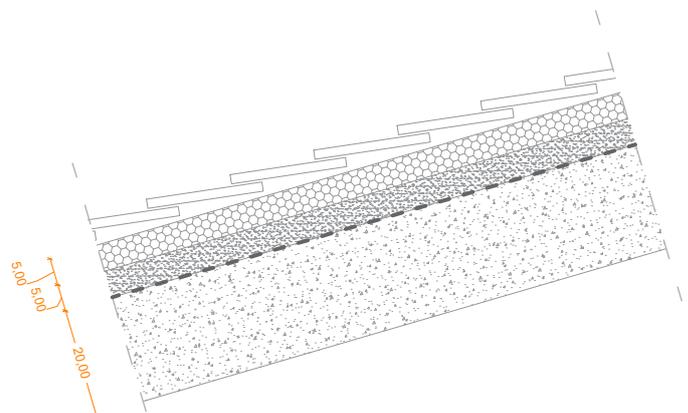


Fig. 2.3. Detalle de la cubierta

Peso propio	Peso específico aparente (kN/m ³)	Peso superficial (kN/m ²)
Losa alveolar HA prefabricada	-	3.4
Lámina de vapor	-	-
Hormigón ligero	12	0.5
Aislante térmico	-	0.1
Faldón de teja	-	2
Total	-	6

Tabla 7. Peso propio de la cubierta

El peso propio del forjado estructural ha sido obtenido del catálogo de *Prainsa* [14].

FA 25

Peso: 3,40 kN/m²

(340 Kp/m²)

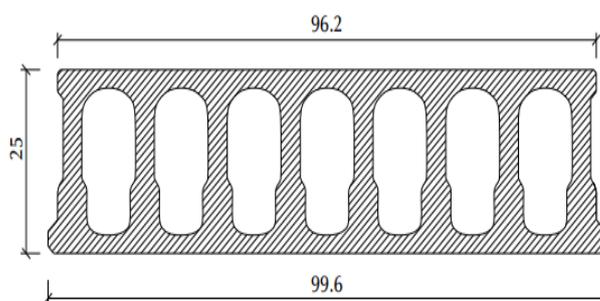


Fig 2.4. Peso placa alveolar [10]

El de la lámina de vapor, al ser un peso tan reducido en comparación al resto de materiales de la estructura, se ha optado por despreciarlo. El peso del resto de materiales se ha sacado de las tablas C.1, C.2 y C.5 del Anexo C del DB SE-AE [12].

Hormigones y morteros	
Hormigón ligero	9,0 a 20,0
Hormigón normal ⁽¹⁾	24,0
Hormigón pesado	> 28,0
Mortero de cemento	19,0 a 23,0
Mortero de yeso	12,0 a 28,0
Mortero de cemento y cal	18,0 a 20,0
Mortero de cal	12,0 a 18,0

Tabla 8. Anexo C.1. del DB SE-AE [12]

Aislante (lana de vidrio o roca) por cada 10 mm de espesor	0,02
Chapas grecadas, canto 80 mm,	
Acero 0,8 mm espesor	0,12
Aluminio, 0 8 mm espesor	0,04
Plomo, 1,5 mm espesor	0,18
Zinc, 1,2 mm espesor	0,10
Cartón embreado, por capa	0,05
Enlistonado	0,05
Hoja de plástico armada, 1,2 mm	0,02
Pizarra, sin enlistonado	
solape simple	0,20
solape doble	0,30
Placas de fibrocemento, 6 mm espesor	0,18

Tabla 9. Anexo C.2. del DB SE-AE [12]

Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m ²
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5

Tabla 10. Anexo C.5. del DB SE-AE [12]

· Falso techo

Para este elemento se ha tomado el peso de 0,3 kN/m² a la suma de los paneles de yeso y de la estructura auxiliar que los soporta.

· Forjado

Este elemento superficial estará compuesto por un forjado estructural con las mismas características que el de cubierta, y un pavimento de madera como recubrimiento.

Al peso total del forjado se le añade el 1kN/m² perteneciente al peso de la tabiquería.

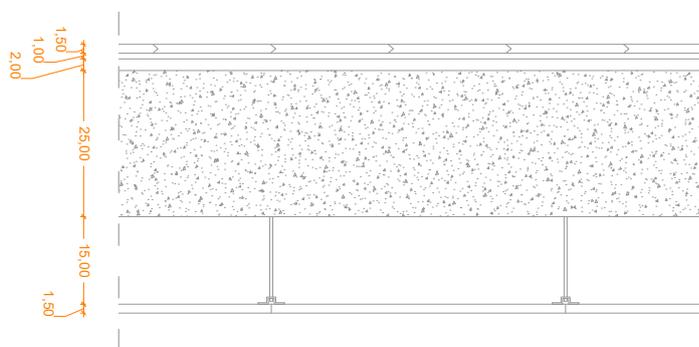


Fig. 2.5. Detalle del forjado

Peso propio	Peso específico aparente (kN/m ³)	Peso superficial (kN/m ²)
Forjado estructural	-	3,4
Pavimento madera	-	1
Tabiquería	-	1
Falso techo	-	0,3
Total	-	≈ 6

Tabla 11. Peso propio del forjado

El peso propio del forjado estructural ha sido obtenido del catálogo de *Prainsa* [14], como en el caso de la cubierta. Y el del pavimento de madera de la tabla C.5 del Anexo C del DB SE-AE [12].

Solados (incluyendo material de agarre)	kN / m ²
Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m	0,5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m	1,0
Placas de piedra, o peldaño; grueso total < 0,15 m	1,5

Tabla 12. Anexo C.5. del DB SE-AE [12]

También se le añade al forjado un peso de 2kN/m en los extremos de voladizo pertenecientes al cerramiento donde se encuentran las vidrieras curvas de la vivienda.

· Escalera

De manera simplificada, para escaleras sencillas de tramo de ida y vuelta, se puede suponer que la carga de la superficie de la escalera es igual a la carga que se calcularía si se considerase esa misma como un forjado, añadiendo 1kN/m^2 . La carga del forjado es de 6kN/m^2 , pero ahí está incluido el peso de la tabiquería, por lo que el peso propio del forjado es de 5kN/m^2 . Por ello, se establece que la escalera genera una carga de 6kN/m^2 .

2.2.2. Sobrecarga de uso (Q)

Esta sobrecarga viene caracterizada por el peso de aquellos elementos que pueden gravitar sobre el edificio, pero no de forma permanente. Ejemplo de esto son, el efecto de uso normal, las personas, así como situaciones poco habituales como la acumulación de personas, mobiliario transitorio, etc. [12].

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 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 13. Anexo 3.1. del DB SE-AE [12]

La carga uniforme con la que se va a trabajar es de 2kN/m^2 , que es la que se nos indica en la anterior tabla, en el punto A1 "Viviendas y zonas de habitaciones en hospitales y hoteles".

Cabe marcar las anotaciones que hace el documento respecto a este punto. Son las siguientes:

· "En las zonas de acceso y evacuación de los edificios de las zonas de categorías A y B, tales como portales, mesetas y escaleras, se incrementará el valor correspondiente a la zona servida en 1kN/m^2 ."

· Para su comprobación local, los balcones volados de toda clase de edificios se calcularán con la sobrecarga de uso correspondiente a la categoría". [12]

También se tendrá en cuenta una sobrecarga de uso para la cubierta de 1kN/m^2 para mantenimiento.

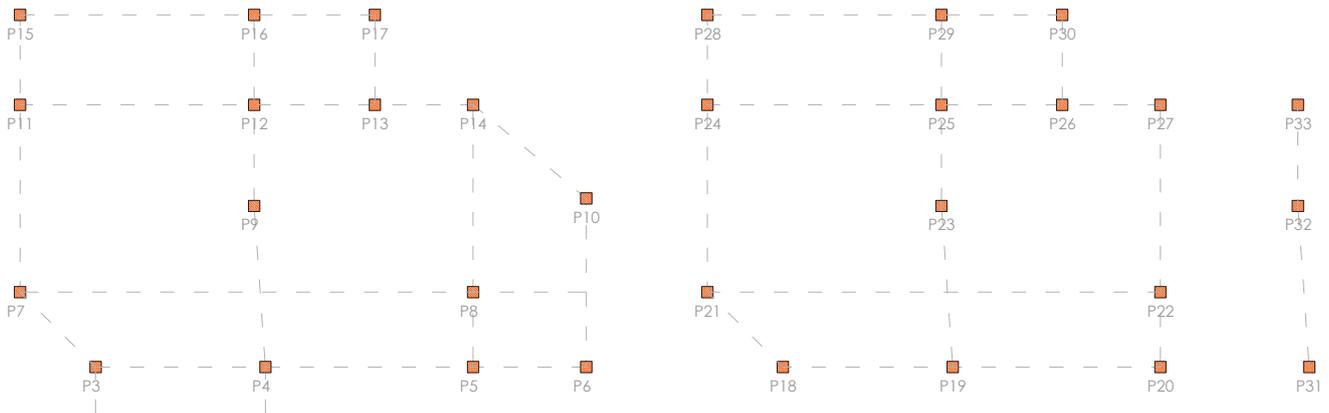


Fig. 2.6. Esquema de los pórticos de la vivienda

La asignación de cargas para esta sobrecarga de uso queda de la siguiente manera:

Pórticos PB	
Pórtico 1-3-7-11-15	2 kN/m^2
Pórtico 2-4-9-12-16	2 kN/m^2
Pórtico 13-17	2 kN/m^2
Pórtico 5-8-14	2 kN/m^2
Pórtico 6-10	2 kN/m^2

Tabla 14. Sobrecarga de uso en los pórticos de planta baja

Pórticos P1	
Pórtico 18-21-24-28	2 kN/m^2
Pórtico 19-23-25-29	2 kN/m^2
Pórtico 26-30	2 kN/m^2
Pórtico 20-22-27	2 kN/m^2

Tabla 15. Sobrecarga de uso en los pórticos de planta primera

Pórtico Cubierta Buhardilla	
Pórtico 31-32-33	1 kN/m^2

Tabla 16. Sobrecarga de uso en los pórticos de la buhardilla

2.2.3. Viento

El cálculo del viento queda reflejado también en la norma vigente CTE [1]. Para calcular la presión del viento se hace una simplificación de cálculo de la fuerza perpendicular a la superficie en cada punto expuesto, o presión estática [12], que queda expresada como:

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

El edificio se ubica en la localización de Gilet, por lo que según el *Anexo D.1 del DB SE-AE* que proporciona un valor en función del emplazamiento geográfico de la zona, pertenece a una zona llamada *Zona A*. Esta zona viene caracterizada por tener una velocidad básica del viento de 26 m/s. Y con este dato, y conociendo que para la densidad del aire puede adoptarse 1,25 kg/m³ [12], se calcula el valor básico de la presión dinámica del viento:

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

$$q_b = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 26^2 = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

El coeficiente de exposición, que va en función del grado de aspereza del entorno, se obtiene de manera inmediata al pertenecer al grupo de edificios urbanos menos de 8 plantas de altura, por lo que puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0 [12].

$$c_e = 2$$

Para el valor del coeficiente eólico o de presión, que depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento [12], en primer lugar, hay que obtener la esbeltez de la vivienda en las dos direcciones principales:

$$\lambda \text{ (fachada larga)} = \frac{b_{tot}}{h_{tot}} = \frac{10.5}{15.45} = 0.68$$

$$\lambda \text{ (fachada corta)} = \frac{b_{tot}}{h_{tot}} = \frac{10.5}{12.8} = 0.82$$

De este modo, podemos consultar la tabla 3.5 del mismo documento para obtener tanto el coeficiente eólico de presión como el de succión:

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Tabla 17. Coeficiente eólico [12]

Para el caso de la fachada mayor se obtiene un coeficiente de presión de 0,8 y uno de succión de -0,4. De esto se obtiene un coeficiente total de 1,2.

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Tabla 18. Coeficiente eólico [12]

Mientras que para la fachada de menor dimensión se obtiene un coeficiente de presión menor, de 0,7, y un mismo coeficiente de succión con valor de -0,4. De esto se obtiene un coeficiente total de 1,1.

$$q_e(\text{fachada larga}) = 0.42 \cdot 2 \cdot 1.2 = 1.008 \text{ kN/m}^2$$

$$q_e(\text{fachada corta}) = 0.42 \cdot 2 \cdot 1.1 = 0.924 \text{ kN/m}^2$$

A la vista de estos resultados, siendo una diferencia poco significativa, se opta por simplificar a una solución equivalente en ambas direcciones, con un valor de 1.1 kN/m².

2.2.4. Nieve

Para el cálculo del valor de carga de nieve, se obtiene mediante la siguiente expresión, por unidad de superficie y en proyección horizontal [12]:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Para el valor característico de nieve s_k se ha consultado la tabla 3.8 del mismo documento:

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

Tabla 19. Sobrecarga de nieve [12]

Al pertenecer a la provincia de Valencia se puede tomar un valor de 0,2 kN/m². Pero para ser más precisos se ha consultado el Anexo E del DB SE-AE [12], donde puede deducirse el valor en función de la zona y de la altitud topográfica del emplazamiento de la obra. En este caso Gilet se encuentra a una altitud de 83 metros [15], y está emplazado en la zona 5 según la figura E.2.



Fig. 2.7. Mapa de zonas climáticas [12]

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Tabla 20. Sobrecarga de nieve según zona[12]

Se puede comprobar que aparece el mismo resultado, por lo que definitivamente se obtiene el valor de 0,2 kN/m². Con todo ello, y teniendo en cuenta que el factor forma μ tiene el valor de 1 al ser una cubierta inclinada de 29° ($\leq 30^\circ$) [12], se obtiene el valor de carga de nieve:

$$q_n = 1 \cdot 0.2 = 0.2 \text{ kN/m}^2$$

2.2.5. Sismo

Las acciones sísmicas vienen reflejadas en la “Norma de Construcción Sismorresistente española (NCSE-02)” [9], la cual clasifica las construcciones según su uso al que se vayan a destinar, y lo daños que puedan llegar a ocasionar con su destrucción. Esta clasificación se divide en:

1. “De importancia moderada
2. De importancia normal
3. De importancia especial”

La vivienda objeto de este trabajo está clasificada en el segundo grupo, de *importancia normal*, que queda definida por los motivos definidos en el documento.

Seguidamente se exponen los criterios de aplicación de la norma donde se recogen aquellos casos en los que la construcción no está obligada a seguir las instrucciones de la Norma, entre los que se encuentra: “en las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b (art. 2.1) sea inferior a 0,08g” [9].

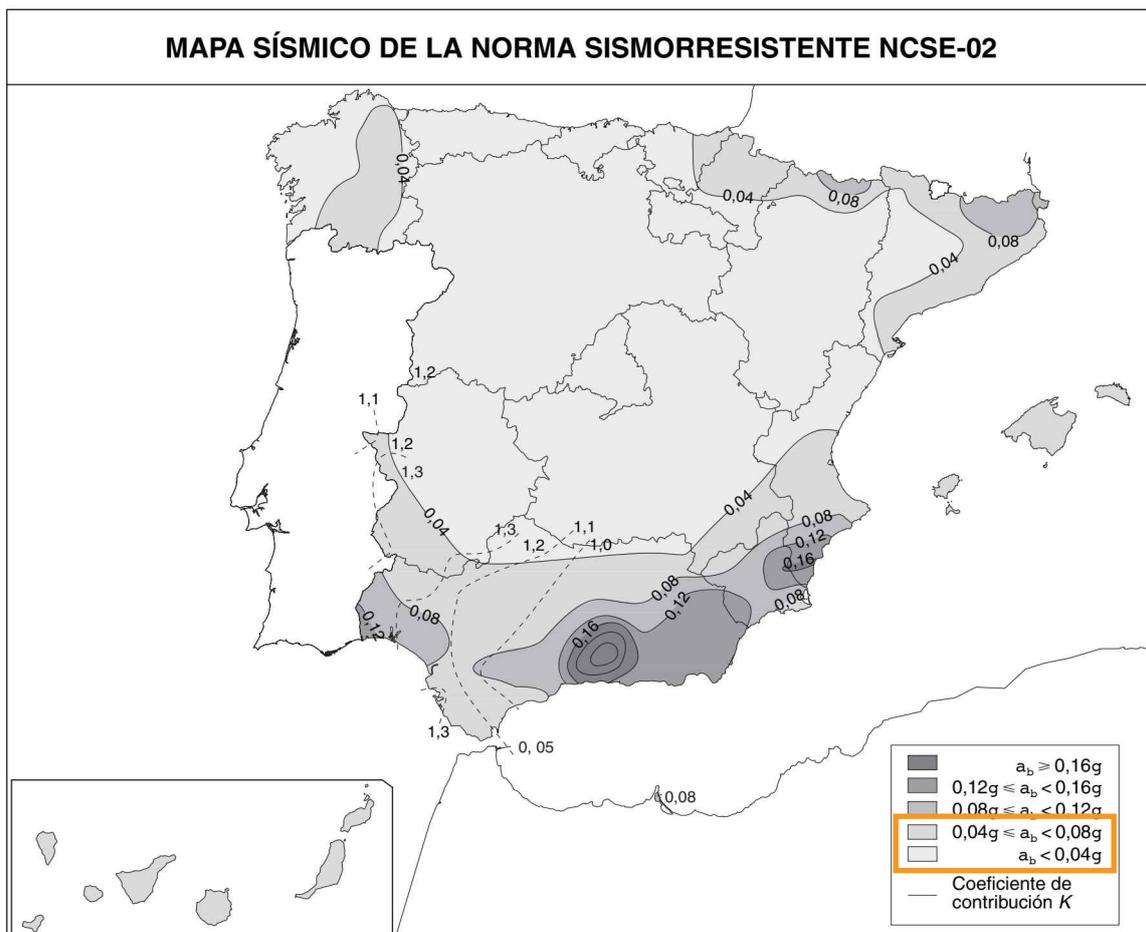


Fig. 2.8. Mapa de peligrosidad sísmica [9]

En el mapa de peligrosidad sísmica no queda lo suficientemente claro a qué zona pertenece el municipio de Gilet, pero en el *Anexo 1 del NCSE-02* [9], aparecen los valores de aceleración sísmica de los términos municipales con $a_b \geq 0,04g$, organizado por comunidades autónomas, del cual se tiene:

Municipio	a_b/g	K	Municipio	a_b/g	K
Carrícola	0,07	(1,0)	Moncada	0,06	(1,0)
Castelló de Rugat	0,07	(1,0)	Montserrat	0,07	(1,0)
Castellonet de la Conquesta	0,07	(1,0)	Montaverner	0,07	(1,0)
Catadau	0,07	(1,0)	Montesa	0,07	(1,0)
Catarroja	0,07	(1,0)	Montichelvo	0,07	(1,0)
Cerdà	0,07	(1,0)	Montroy	0,07	(1,0)
Chella	0,07	(1,0)	Museros	0,06	(1,0)
Cheste	0,06	(1,0)	Náquera	0,05	(1,0)
Chiva	0,06	(1,0)	Navarrés	0,07	(1,0)
Cofrentes	0,06	(1,0)	Noveló/Novetlè	0,07	(1,0)
Corbera	0,07	(1,0)	Oliva	0,07	(1,0)
Cortes de Pallás	0,06	(1,0)	Olleria, L'	0,07	(1,0)
Cotes	0,07	(1,0)	Olocau	0,04	(1,0)
Cullera	0,07	(1,0)	Ontinyent	0,07	(1,0)
Daimús	0,07	(1,0)	Otos	0,07	(1,0)
Dos Aguas	0,07	(1,0)	Païporta	0,07	(1,0)
Eliana, L'	0,06	(1,0)	Palma de Gandía	0,07	(1,0)
Emperador	0,06	(1,0)	Palmera	0,07	(1,0)
Enguera	0,07	(1,0)	Palomar, El	0,07	(1,0)
Ènova, L'	0,07	(1,0)	Paterna	0,06	(1,0)
Estivella	0,04	(1,0)	Pedralba	0,04	(1,0)
Estubeny	0,07	(1,0)	Petrés	0,04	(1,0)
Favara	0,07	(1,0)	Picanya	0,07	(1,0)
Foios	0,06	(1,0)	Picassent	0,07	(1,0)
Font de la Figuera, La	0,07	(1,0)	Piles	0,07	(1,0)
Font d'en Carròs, La	0,07	(1,0)	Pinet	0,07	(1,0)
Fontanars dels Alforins	0,07	(1,0)	Pobla de Farnals, La	0,06	(1,0)
Fortaleny	0,07	(1,0)	Pobla de Vallbona, La	0,05	(1,0)
Gandia	0,07	(1,0)	Pobla del Duc, La	0,07	(1,0)
Gavarda	0,07	(1,0)	Pobla Llarga, La	0,07	(1,0)
Genovés	0,07	(1,0)	Polinyà de Xúquer	0,07	(1,0)
Gilet	0,05	(1,0)	Potrías	0,07	(1,0)

Fig. 2.9. Valores de aceleración sísmica [9]

Se obtiene que la aceleración sísmica básica en el municipio de Gilet es 0,05

$$a_b = 0,05 \cdot g$$

Como $a_b < 0,08 \cdot g$, no se tendrá en cuenta tal efecto.

2.3. Elecciones de los perfiles

Previamente al cálculo, se procede a un predimensionado de los perfiles y de la losa prefabricada a modo orientativo a fin de tener un orden de magnitud con el que después comparar a los resultados obtenidos con el programa informático.

Dado que en la construcción metálica en Europa los perfiles laminados más comunes son los IPE y HEB [16], se han elegido estos para ser los encargados de soportar la vivienda. Se ha seleccionado el perfil IPE para las vigas, ya que son los elementos que trabajan a flexión y estos perfiles tienen un gran comportamiento frente a ésta. Mientras que para los pilares son más adecuados los perfiles HEB, puesto que funcionan mejor ante efectos de compresión. Para la losa, como se ha comentado anteriormente, se han seleccionado placas alveolares prefabricadas de hormigón armado.

En primer lugar, se ha calculado el módulo resistente y la inercia necesaria para las dos vigas más desfavorables de la vivienda, una de ellas por flecha máxima, al ser la de mayor longitud, y la otra la más cargada. Ambas vigas pertenecen al pórtico central (Pórtico 2-4-9-12-16), dado que es al que más ámbito de carga le corresponde.

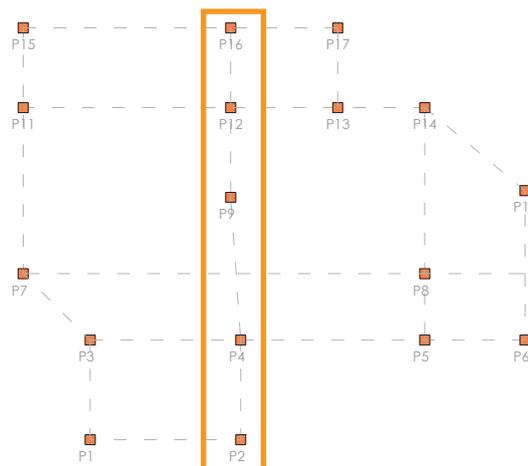


Fig. 2.10. Pórtico seleccionado

Estas vigas son, en primer lugar, la que apoya en los pilares 9-12, por ser la que se encarga de la zona más cargada. Y en segundo lugar la correspondiente a los pilares 4-9, por ser la de mayor extensión.

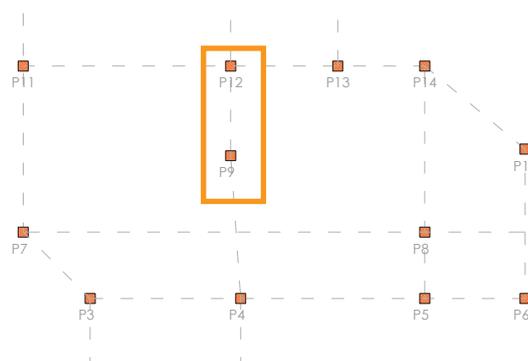


Fig. 2.11. Esquema viga 9-12

En esta primera viga, los datos de partida son:

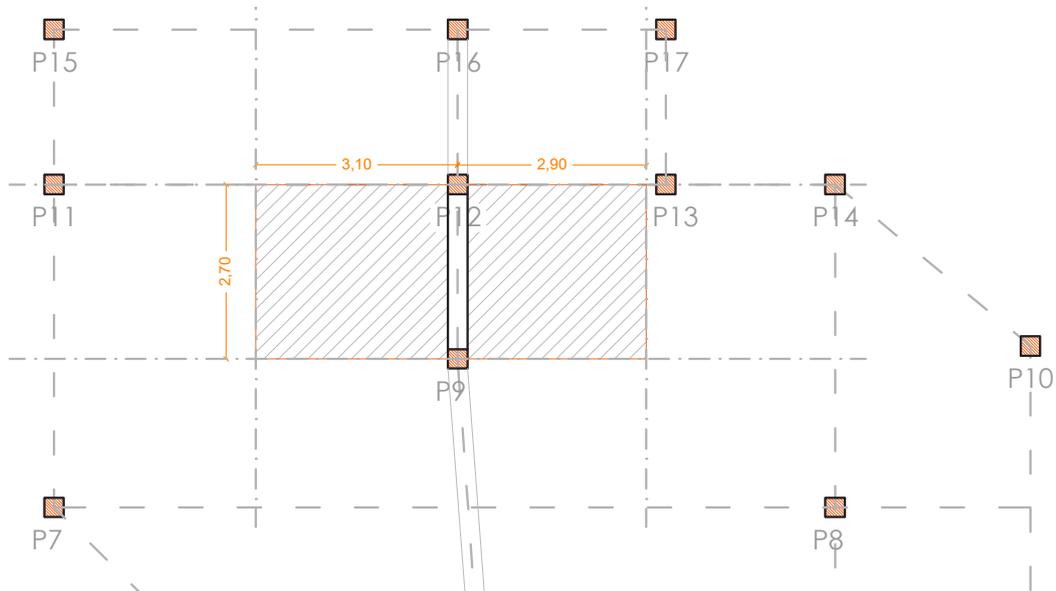


Fig. 2.12. Ámbito de carga de la viga 9-12

- Carga de la viga (q) = 51kN/m
[6kN/m² (G) + 2kN/m² (Q) = 8kN/m². 8 kN/m² x 3,1m ámbito = 24.8kN/m por el ámbito izquierdo.]
[6kN/m² (G, escaleras) + 2kN/m² (Q, escaleras) = 8kN/m². 8 kN/m² x 2.9m de ámbito = 26.1kN/m por el ámbito derecho.] La suma de ambas, 51kN/m.

- Luz de la viga (L) = 2,7m

- Condiciones de apoyo = biarticulada (*)

(*) Es conocido que la viga en su posición real se encuentra biempotrada, pero se va a proceder a hacer el predimensionado con la hipótesis de viga biarticulada por ser la más desfavorable, y quedarse siempre del lado de la seguridad.

- Momento de cálculo (M_{sd})

$$M_{sd} = \gamma_f \cdot q \cdot \frac{L^2}{8}$$

Dónde:

- M_{sd} (mkn)
- q (kN/m)
- L (m)
- $\gamma_f = 1.5(*)$



(*) Coeficiente de mayoración de acciones. El coeficiente γ_f en metálicas es 1,33 para cargas permanentes y 1,5 para sobrecargas. Por tratarse de un número aproximado que únicamente se va a utilizar por tener un orden de magnitud, y por mantenerse del lado de la seguridad, se toma 1,5 [16].

$$M_{sd} = 1.5 \cdot 51 \cdot \frac{2,7^2}{8} = 69,71 \text{ mkN}$$

· Módulo resistente (W):

$$W = \frac{I}{y}$$

Dónde:

- I (mm⁴)
- y (mm)

Para que la sección resista se debe cumplir que:

$$W \geq \frac{M_{sd}}{\left(\frac{f_y}{\gamma_{mo}}\right)} (x10^6)$$

Dónde:

- W (mm³)
- M_{sd} (mkN)
- $\gamma_{mo} = 1,05$
- f_y/γ_{mo} (N/mm²) (*)

(*) Al estar trabajando con un acero S275, este valor es de 260 [16].

$$W \geq \frac{69,71}{260} (x10^6) = 268117,79 \text{ mm}^3$$

Para que el elemento tipo viga, que es isostático, cumpla la exigencia básica de deformación, debe tener una inercia tal que:

$$I_{nec} = \frac{5qL^4}{384E \frac{L}{\overline{w}}} (x10^9)$$

La relación luz/flecha con la que se quiere proyectar la viga, según CTE, es de 400 para pisos con elementos ordinarios [16]. Por lo que:

$$I_{nec} = \frac{5 \cdot 51 \cdot 2,7^4}{384E \frac{2,7}{400}} (x10^9) = 24896651,79 \text{ mm}^4$$

Con esta inercia se consulta la tabla de perfiles correspondiente al perfil IPE [17], y el perfil óptimo para esta viga es el IPE 220, que tiene un momento de inercia en el eje y de $27,7 \text{ mm}^4 \times 10^6$.

Perfil	Dimensiones							Peso p (N/m)	Términos de sección										
	h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)	d (mm)	u (mm)		Eje y-y				Eje z-z			I _T (mm ⁴)	I _a (mm ⁶)	S _y (mm ³)	
									A (mm ²)	I _y (mm ⁴)	W _y (mm ³)	i _y (mm)	I _z (mm ⁴)	W _z (mm ³)	i _z (mm)				
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	60	328	58,9	7,64	80,1	20,0	32,4	8,49	3,69	10,5	0,72	118	11,6	C
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	75	400	79,5	10,3	171	34,2	40,7	15,9	5,79	12,4	1,14	351	19,7	C
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	93	475	102	13,2	318	53,0	49,0	27,7	8,65	14,5	1,77	890	30,4	C
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	112	551	127	16,4	541	77,3	57,4	44,9	12,3	16,5	2,63	1981	44,2	C
IPE 160	160	82	5,0	7,4	9	127	623	155	20,1	869	109	65,8	68,3	16,7	18,4	3,64	3959	61,9	P
IPE 180	180	91	5,3	8,0	9	146	698	184	23,9	1320	146	74,2	101	22,2	20,5	5,06	7431	83,2	P
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	159	788	220	28,5	1940	194	82,6	142	28,5	22,4	6,67	12990	110	P
IPE 220	220	110	5,9	9,2	12	178	848	257	33,4	2770	252	91,1	205	37,3	24,8	9,15	22670	143	P
IPE 240	240	120	6,2	9,8	15	190	922	301	39,1	3890	324	99,7	284	47,3	26,9	12,0	37390	183	P
IPE 270	270	135	6,6	10,2	15	220	1040	354	45,9	5790	429	112	420	62,2	30,2	15,4	70580	242	P
IPE 300	300	150	7,1	10,7	15	249	1160	414	53,8	8360	557	125	604	80,5	33,5	20,1	125900	314	P
IPE 330	330	160	7,5	11,5	18	271	1250	482	62,6	11770	713	137	788	98,5	35,5	26,5	199100	402	P
IPE 360	360	170	8,0	12,7	18	299	1350	560	72,7	16270	904	150	1040	123	37,9	37,3	313600	510	P
IPE 400	400	180	8,6	13,5	21	331	1470	650	84,5	23130	1160	165	1320	146	39,5	48,3	490000	654	P
IPE 450	450	190	9,4	14,6	21	379	1610	761	98,8	33740	1500	185	1680	176	41,2	65,9	791000	851	P
IPE 500	500	200	10,2	16,0	21	426	1740	890	116	48200	1930	204	2140	214	43,1	91,8	1249000	1100	P
IPE 550	550	210	11,1	17,2	24	468	1880	1040	134	67120	2440	223	2670	254	44,5	122	1884000	1390	C
IPE 600	600	220	12,0	19,0	24	514	2010	1197	155	92080	3070	243	3390	308	46,6	172	2846000	1760	C

Fig. 2.13. Prontuario perfil IPE [17]

Y su comprobación a resistencia:

$$W \geq \frac{69,71}{260} (x10^6) = 268115,38 \text{ mm}^3$$

A resistencia no cumple con el perfil seleccionado, por lo que se selecciona el siguiente perfil, IPE 240. Al tratarse de un predimensionado, el módulo resistente debe ser menor al módulo resistente elástico del perfil, que en este caso es $324\text{mm}^3 \times 10^3$.

Perfil	Dimensiones							Peso p (N/m)	Términos de sección											
	h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)	d (mm)	u (mm)		Eje y-y				Eje z-z			I _T (mm ⁴)	I _a (mm ⁶)	S _y (mm ³)		
									A (mm ²)	I _y (mm ⁴)	W _y (mm ³)	i _y (mm)	I _z (mm ⁴)	W _z (mm ³)	i _z (mm)					
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	60	328	58,9	7,64	80,1	20,0	32,4	8,49	3,69	10,5	0,72	118	11,6	C	
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	75	400	79,5	10,3	171	34,2	40,7	15,9	5,79	12,4	1,14	351	19,7	C	
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	93	475	102	13,2	318	53,0	49,0	27,7	8,65	14,5	1,77	890	30,4	C	
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	112	551	127	16,4	541	77,3	57,4	44,9	12,3	16,5	2,63	1981	44,2	C	
IPE 160	160	82	5,0	7,4	9	127	623	155	20,1	869	109	65,8	68,3	16,7	18,4	3,64	3959	61,9	P	
IPE 180	180	91	5,3	8,0	9	146	698	184	23,9	1320	146	74,2	101	22,2	20,5	5,06	7431	83,2	P	
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	159	788	220	28,5	1940	194	82,6	142	28,5	22,4	6,67	12990	110	P	
IPE 220	220	110	5,9	9,2	12	178	848	257	33,4	2770	252	91,1	205	37,3	24,8	9,15	22670	143	P	
IPE 240	240	120	6,2	9,8	15	190	922	301	39,1	3890	324	99,7	284	47,3	26,9	12,0	37390	183	P	
IPE 270	270	135	6,6	10,2	15	220	1040	354	45,9	5790	429	112	420	62,2	30,2	15,4	70580	242	P	
IPE 300	300	150	7,1	10,7	15	249	1160	414	53,8	8360	557	125	604	80,5	33,5	20,1	125900	314	P	
IPE 330	330	160	7,5	11,5	18	271	1250	482	62,6	11770	713	137	788	98,5	35,5	26,5	199100	402	P	
IPE 360	360	170	8,0	12,7	18	299	1350	560	72,7	16270	904	150	1040	123	37,9	37,3	313600	510	P	
IPE 400	400	180	8,6	13,5	21	331	1470	650	84,5	23130	1160	165	1320	146	39,5	48,3	490000	654	P	
IPE 450	450	190	9,4	14,6	21	379	1610	761	98,8	33740	1500	185	1680	176	41,2	65,9	791000	851	P	
IPE 500	500	200	10,2	16,0	21	426	1740	890	116	48200	1930	204	2140	214	43,1	91,8	1249000	1100	P	
IPE 550	550	210	11,1	17,2	24	468	1880	1040	134	67120	2440	223	2670	254	44,5	122	1884000	1390	C	
IPE 600	600	220	12,0	19,0	24	514	2010	1197	155	92080	3070	243	3390	308	46,6	172	2846000	1760	C	

Fig. 2.14. Prontuario perfil IPE [17]

$$W_{el,y} = 324 \text{ cm}^3 \geq W = 268.12 \text{ cm}^3$$

De manera análoga, la viga 4-9:

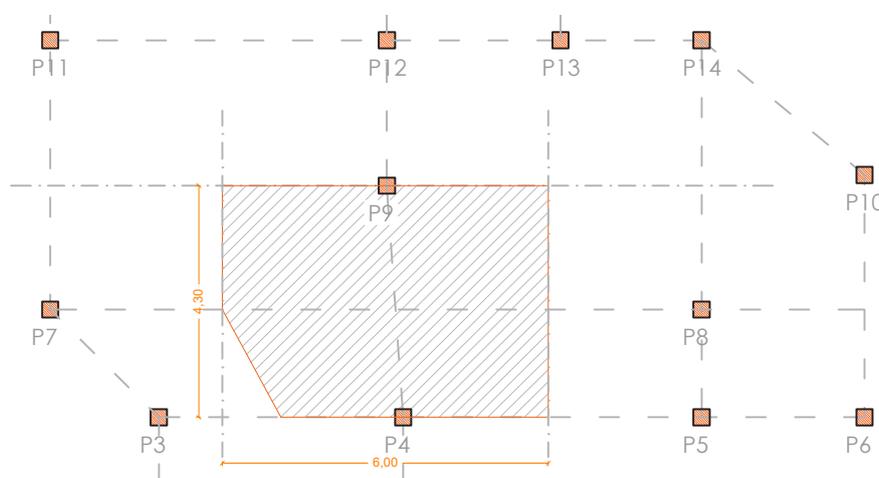


Fig. 2.15. Ámbito de carga de la viga 4-9



Los datos de partida son:

· Carga de la viga (q) = 48kN/m
[6kN/m² (G) + 2kN/m² (Q) = 8kN/m² x 6m ámbito = 48kN/m.]

· Luz de la viga (L) = 4,32m

· Condiciones de apoyo = biarticulada (*)

(*) De igual manera, la viga en su posición real se encuentra biempotrada, pero se va a proceder a hacer el predimensionado con la hipótesis de viga biarticulada por ser la más desfavorable, y quedarse siempre del lado de la seguridad.

· Momento de cálculo (M_{sd})

$$M_{sd} = 1.5 \cdot 48 \cdot \frac{4,32^2}{8} = 167,96 \text{ mkN}$$

· Módulo resistente (W)

Para que la sección resista se debe cumplir que:

$$W \geq \frac{167,96}{260} (x10^6) = 646006,15 \text{ mm}^3$$

Para que el elemento tipo viga, que es isostático, cumpla la exigencia básica de deformación, debe tener una inercia tal que:

$$I_{nec} = \frac{5 \cdot 48 \cdot 4,32^4}{384E \frac{4,32}{400}} = 95978057,14 \text{ mm}^4$$

Con esta inercia se consulta la tabla de perfiles correspondiente al perfil IPE [17], y el perfil óptimo para esta viga es el IPE 330, que tiene un momento de inercia en el eje y de $117,7\text{mm}^4 \times 10^6$.

Perfil	Dimensiones							Peso p (N/m)	Términos de sección										
	h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)	d (mm)	u (mm)		Eje y-y				Eje z-z			I _T (mm ⁴)	I _a (mm ⁶)		S _y (mm ³)
									A (mm ²)	I _y (mm ⁴)	W _y (mm ³)	i _y (mm)	I _z (mm ⁴)	W _z (mm ³)	i _z (mm)				
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	60	328	58,9	7,64	80,1	20,0	32,4	8,49	3,69	10,5	0,72	118	11,6	C
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	75	400	79,5	10,3	171	34,2	40,7	15,9	5,79	12,4	1,14	351	19,7	C
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	93	475	102	13,2	318	53,0	49,0	27,7	8,65	14,5	1,77	890	30,4	C
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	112	551	127	16,4	541	77,3	57,4	44,9	12,3	16,5	2,63	1981	44,2	C
IPE 160	160	82	5,0	7,4	9	127	623	155	20,1	869	109	65,8	68,3	16,7	18,4	3,64	3959	61,9	P
IPE 180	180	91	5,3	8,0	9	146	698	184	23,9	1320	146	74,2	101	22,2	20,5	5,06	7431	83,2	P
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	159	788	220	28,5	1940	194	82,6	142	28,5	22,4	6,67	12990	110	P
IPE 220	220	110	5,9	9,2	12	178	848	257	33,4	2770	252	91,1	205	37,3	24,8	9,15	22670	143	P
IPE 240	240	120	6,2	9,8	15	190	922	301	39,1	3890	324	99,7	284	47,3	26,9	12,0	37390	183	P
IPE 270	270	135	6,6	10,2	15	220	1040	354	45,9	5790	429	112	420	62,2	30,2	15,4	70580	242	P
IPE 300	300	150	7,1	10,7	15	249	1160	414	53,8	8360	557	125	604	80,5	33,5	20,1	125900	314	P
IPE 330	330	160	7,5	11,5	18	271	1250	482	62,6	11770	713	137	788	98,5	35,5	26,5	199100	402	P
IPE 360	360	170	8,0	12,7	18	299	1350	560	72,7	16270	904	150	1040	123	37,9	37,3	313600	510	P
IPE 400	400	180	8,6	13,5	21	331	1470	650	84,5	23130	1160	165	1320	146	39,5	48,3	490000	654	P
IPE 450	450	190	9,4	14,6	21	379	1610	761	98,8	33740	1500	185	1680	176	41,2	65,9	791000	851	P
IPE 500	500	200	10,2	16,0	21	426	1740	890	116	48200	1930	204	2140	214	43,1	91,8	1249000	1100	P
IPE 550	550	210	11,1	17,2	24	468	1880	1040	134	67120	2440	223	2670	254	44,5	122	1884000	1390	C
IPE 600	600	220	12,0	19,0	24	514	2010	1197	155	92080	3070	243	3390	308	46,6	172	2846000	1760	C

Fig. 2.16. Prontuario perfil IPE [17]

Y su comprobación a resistencia:

$$W \geq \frac{167,96}{260} (x10^6) = 646000 \text{ mm}^3$$

En este caso sí cumple a resistencia, por lo que se decide el perfil IPE 330. Al tratarse de un predimensionado, el módulo resistente debe ser menor al módulo resistente elástico del perfil, que en este caso es $713 \text{ mm}^3 \times 10^3$.

$$W_{el,y} = 713 \text{ cm}^3 \geq W = 646 \text{ cm}^3$$

Se podría pensar que la viga más cargada también podría ser una viga de fachada, debido al peso propio de la misma. Con una simple comparación de la carga se puede comprobar si este argumento puede ser factible o no.

En las vigas calculadas se obtienen valores del orden de 25kN/m que reciben por cada lado, con el que se adquiere un total de unos 50kN/m en la viga. En una viga de fachada, se obtendría la carga de 25kN/m únicamente, por un lado. A esta carga habría que añadirle la del peso propio de la fachada, que se ha calculado antes, con una carga de 9kN/m. Esto generaría una carga total de unos 34kN/m.

Ante este cálculo anticipado, se ahorra el proceso de calcular la viga de fachada, que ya se sabe que va a requerir un perfil menor.

El perfil horizontal restante a dimensionar es el zuncho. Al haber escogido un perfil IPE 330 para las vigas, la elección del perfil correspondiente a los zunchos se resolverá con un perfil IPE 270. No hay necesidad de un cálculo de predimensionado ya que al saber que los zunchos soportan menor carga que las vigas, se reduce el perfil a uno más eficiente, quedándose siempre del lado de la seguridad.

Por otro lado, se ha procedido a predimensionar el pilar sometido a las acciones más desfavorables, que es el pilar número 9, perteneciente al mismo pórtico anterior (pórtico 2-4-9-12-16), de modo que, si éste cumple, dimensionando el resto de los soportes con el mismo perfil, la estructura cumpliría, estando por el lado de la seguridad.

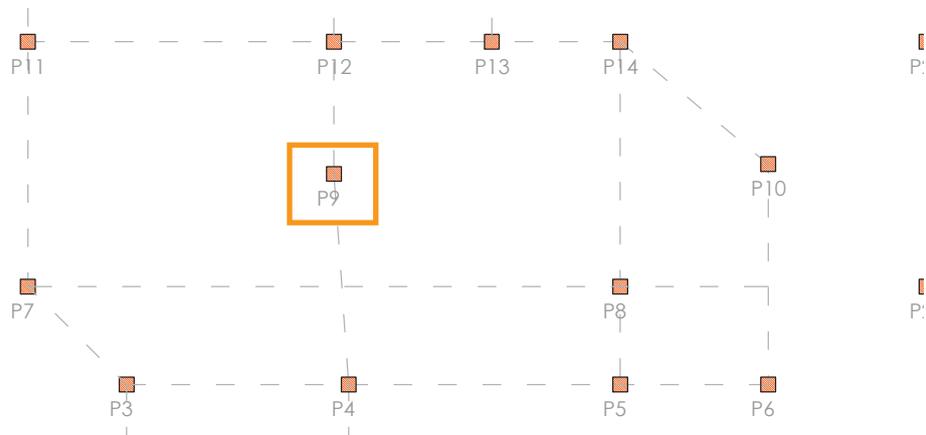


Fig. 2.17. Esquema del pilar 9

Los datos de partida son:

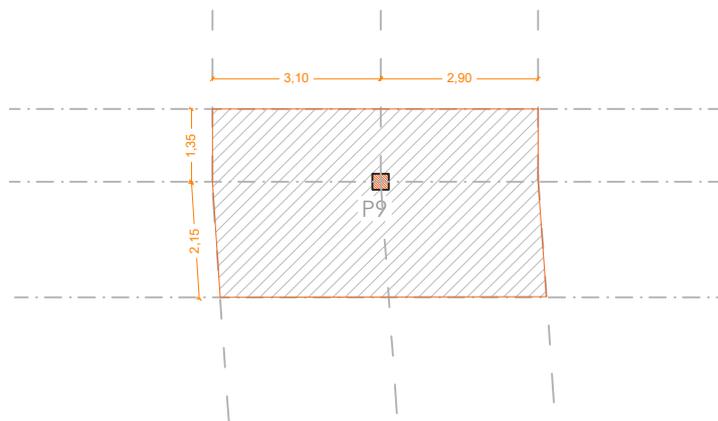


Fig. 2.18. Ámbito de carga del pilar 9

- Axil característico (N_k) = 490 kN
- Altura del pilar (L) = 3.3m
- Perfil metálico = HEB



El objetivo final es comprobar que $N_{sd} < N_{Rd}$

- Axil de agotamiento (N_u)

$$N_{Rd} = \frac{\left(\frac{f_y}{\gamma_{mo}}\right) \cdot A}{\omega} \left(x \frac{1}{1000}\right)$$

Dónde:

- N_{Rd} (kN)
- f_y (N/mm²) = 260, como en el caso anterior, ya que se está trabajando con el mismo material, acero S275
- A (mm²) = área del perfil
- ω = coeficiente de pandeo

Si el pilar no pandease, el axil último sería: $(f_y/\gamma_{mo}) \cdot A$ [16]. Al existir pandeo, habrá que minorarlo dividiendo por el coeficiente de pandeo $\omega > 1$. Este coeficiente se obtiene a partir de la esbeltez mecánica de la pieza (λ):

$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{i}$$

Dónde:

- L = altura del pilar
- i = radio de giro mínimo del perfil
- β = coeficiente

En este caso es conocido que el pilar real se encuentra en una posición biempotrada, debido a que está fijo en la zapata, y su extremo opuesto también lo está debido al efecto de arriostramiento que se consigue con el forjado, por lo que se va a adoptar el coeficiente β de 0,5. [16]

También es conocido que para cualquier perfil HEB, a modo de aproximación, se puede decir que el radio de giro mínimo es 0,25mm por cada mm de canto. [16].

Tomando como base un perfil HEB 200, con un radio de giro mínimo de 0,25mm [16]:

$$i_{min} = 200 \cdot 0,25 = 50mm$$

Con estos datos se conoce la esbeltez mecánica con la expresión anterior:

$$\lambda = \frac{0,5 \cdot 3300}{50} = 33$$

A partir de esta esbeltez, se estima, de manera aproximada, el coeficiente ω a partir de la siguiente tabla:

λ	0	50	70	90	150
ω	1	1.25	1.5	2.0	4

Tabla 21. Valores aproximados de ω [16]

Y, volviendo a la primera fórmula:

$$N_{Rd} = \frac{\left(\frac{f_y}{\gamma_{mo}}\right) \cdot A}{\omega} \left(x \frac{1}{1000}\right)$$

$$N_{Rd} = \frac{260 \cdot 7810}{1.25} \left(x \frac{1}{1000}\right) = 1624,48 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 1624 \text{ kN} \geq N_{sd} = 490 \text{ kN} \cdot 1,5 = 735 \text{ kN}$$

El perfil cumple, pero va demasiado sobrado, por lo que se procede a optimizar el perfil. Se va a comprobar el perfil HEB 120:

Perfil	Dimensiones							Peso p (N/m)	Términos de sección										
	h	b	t _w	t _f	r	d	u		A ·10 ² (mm ²)	Eje y-y			Eje z-z			I _T ·10 ⁴ (mm ⁴)	I _a ·10 ⁶ (mm ⁶)	S _y ·10 ³ (mm ³)	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			I _y ·10 ⁴ (mm ⁴)	W _y ·10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	I _z ·10 ⁴ (mm ⁴)	W _z ·10 ³ (mm ³)	i _z (mm)				
HEB 100	100	100	6,0	10,0	12	56	567	200	26,0	450	90	41,6	167	33	25,3	9,34	3375	52,1	P
HEB 120	120	120	6,5	11,0	12	74	686	262	34,0	864	144	50,4	318	53	30,6	14,9	9410	82,6	P
HEB 140	140	140	7,0	12,0	12	92	805	331	43,0	1509	216	59,3	550	79	35,8	22,5	22480	123	P

Fig. 2.19. Prontuario perfil HEB [17]

$$i_{min} = 120 \cdot 0,25 = 30 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{0,5 \cdot 3300}{30} = 55$$

En este caso, el valor siguiente a 55 es 70, por lo que se toma $\omega=1.5$ [16].

$$N_{Rd} = \frac{260 \cdot 3400}{1.5} \left(x \frac{1}{1000}\right) = 589,3 \text{ kN}$$



Este perfil se queda corto, ya que con el HEB 120 no se cumpliría esta área necesaria. Se selecciona el siguiente perfil que cumpla con el área solicitada, que es el HEB 140.

La comprobación del dimensionamiento queda de la siguiente manera:

$$A = 4300 \text{ mm}^2$$

$$i_{min} = 140 \cdot 0,25 = 35 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,5$$

$$\lambda = \frac{0,5 \cdot 3300}{35} = 47.14$$

λ	0	50	70	90	150
ω	1	1.25	1.5	2.0	4

Tabla 22. Valores aproximados de ω [16]

$$\omega = 1.25$$

Por lo que, el axil de agotamiento es:

$$N_{Rd} = \frac{260 \cdot 4300}{1.25} \left(x \frac{1}{1000} \right) = 894.4 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 894.4 \text{ kN} \geq N_{sd} = 490 \cdot 1,5 = 735 \text{ kN}$$

Podemos tomar el perfil HEB 140 a modo de predimensionamiento para insertarlo al modelo.

De la misma manera, también se podría pensar que el pilar embebido en la fachada estaría sometido a más carga que el calculado. Por lo que se hace un cálculo de la carga a la que está sometido y se decidirá si es necesario el cálculo del soporte, o si por el contrario es suficiente con el pilar ya predimensionado.

Se toma el soporte nº4, dado que es el que más metros lineales de fachada soporta y, al estar en esquina, también soporta la cubierta del salón en planta baja.

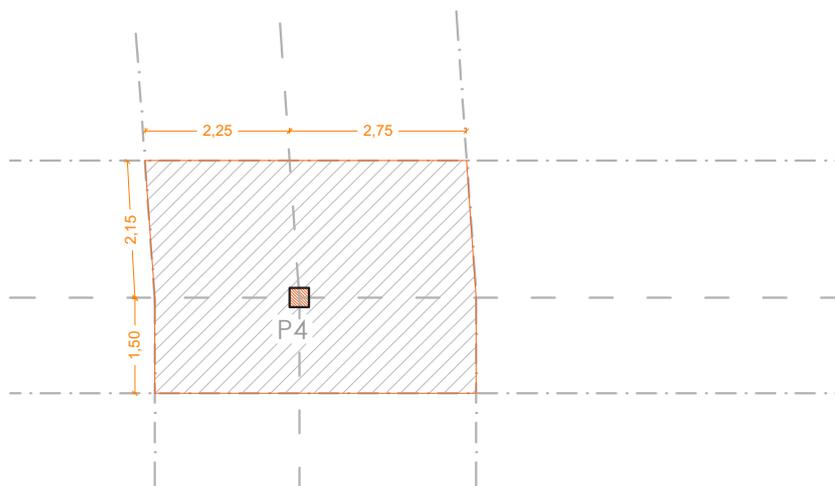


Fig 2.20. Àmbito de carga del pilar nº4

El soporte está cargado con un total de 362 kN. El soporte que se ha predimensionado antes se ha calculado para un axil de 490 kN, una carga notablemente superior. Si a esto se añade que, en el predimensionado, con el perfil HEB 490 seleccionado se cubría sobradamente con las necesidades, no es necesario un predimensionado de este soporte, ni de ningún otro, ya que el resto están en menor medida cargados.

Y, por último, el predimensionado de las placas alveolares.

De manera simplificada, se puede obtener de la siguiente tabla un predimensionado aproximado. La tabla refleja un canto de entre 0,25 y 0,4 metros para luces de entre 7 y 13 metros. Como la luz más grande a salvar de la vivienda es de 6,2 metros, se opta por escoger el menor canto de los propuesto, 0,25 metros.

TIPO	CARACTERÍSTICAS	INTEREJE [m]	LUZ L [m]	CANTO H [m]	PESO P [kN/m ²]	COSTE C [€/m ²]
Placas alveolares	Valores posibles	1.20	< 18.00	0.20 - 0.60	3.00 - 8.00	60 - 120
UNIDIRECCIONAL	Valores más habituales (recomendables)	1.20	7.00 - 13.00	0.25 - 0.40	3.75 - 5.50	70 - 90
	Es el forjado más eficaz frente a la flexión. Con vigas metálicas, se debe apoyar siempre sobre ellas, pudiéndose embeber parcialmente en su canto con chapas o angulares de apoyo adecuados. Con vigas de hormigón, éstas deben ser de canto. No funcionan bien a momentos negativos, por lo que los voladizos no tienen que ser pequeños. Funcionan mejor en vanos aislados. No suele necesitar apuntalamiento.			$H = L / [30 - 35]$	$P = H * [13 - 16]$	$C = H * [250 - 300]$

Fig. 2.21. Predimensionado placas alveolares

Si se emplea la fórmula expuesta para el cálculo del canto, se obtiene:

$$H = \frac{L}{30} = \frac{6,2}{30} = 0.21 \text{ m}$$

Como se está trabajando con un predimensionado, y para quedarse del lado de la seguridad, se decide escoger el canto de 0,25m, coincidente con la simplificación mencionada previamente.

Esta medida concuerda con las placas elegidas con anterioridad a la hora de seleccionar un canto orientativo para el cálculo del peso propio del forjado.

De esta manera, los perfiles seleccionados en el predimensionado quedan se la siguiente manera:

Perfiles seleccionados	
Soportes	HEB 140
Vigas	IPE 330
Zunchos	IPE 270
Placas alveolares HA prefabricadas	H = 0.25m e Intereje = 1.20m

Tabla 24. Perfiles seleccionados

2.4. Modelización

Una vez obtenidos estos resultados, se proviene a generar un modelo 3D asignándole estas propiedades, junto con el material, las cargas aplicadas, etc. Esto se realizará en el programa *AutoCAD 2020*[®] [19] con el plugin de *Architrave*[®][3], para posteriormente introducirlo en el mismo y obtener resultados. El modelo queda se la siguiente manera:

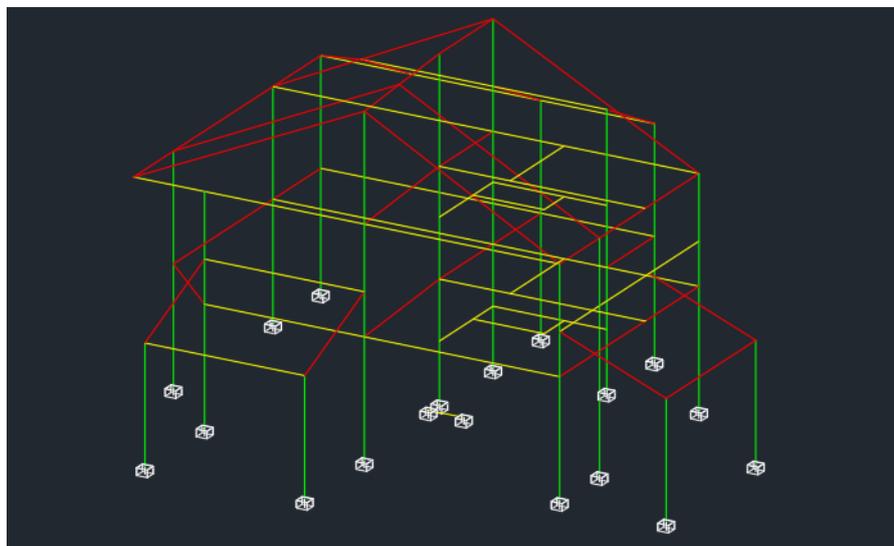


Fig 2.22. Modelo de barras en AutoCAD

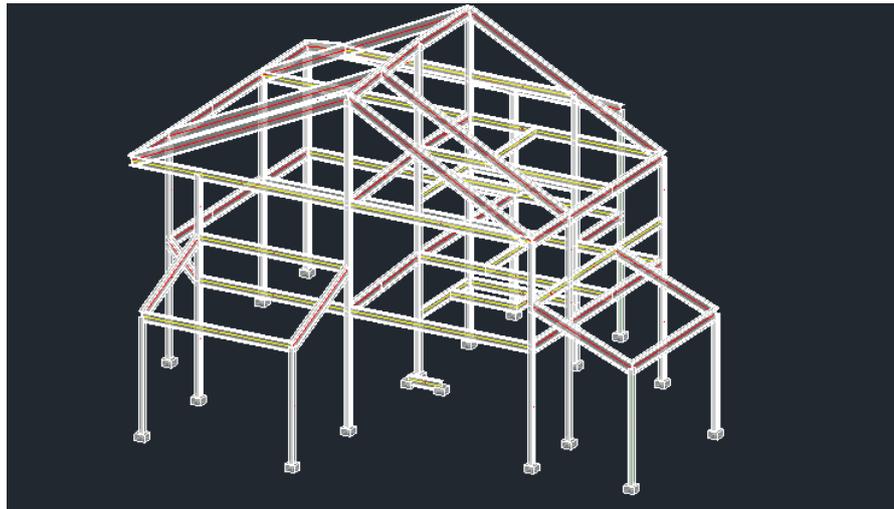


Fig 2.23. Modelo con perfiles en AutoCAD

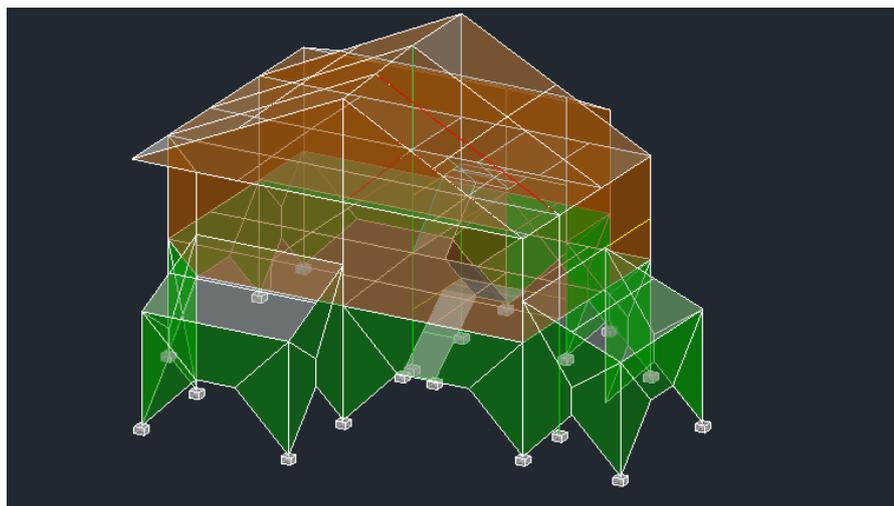


Fig 2.24. Modelo con elementos superficiales en AutoCAD

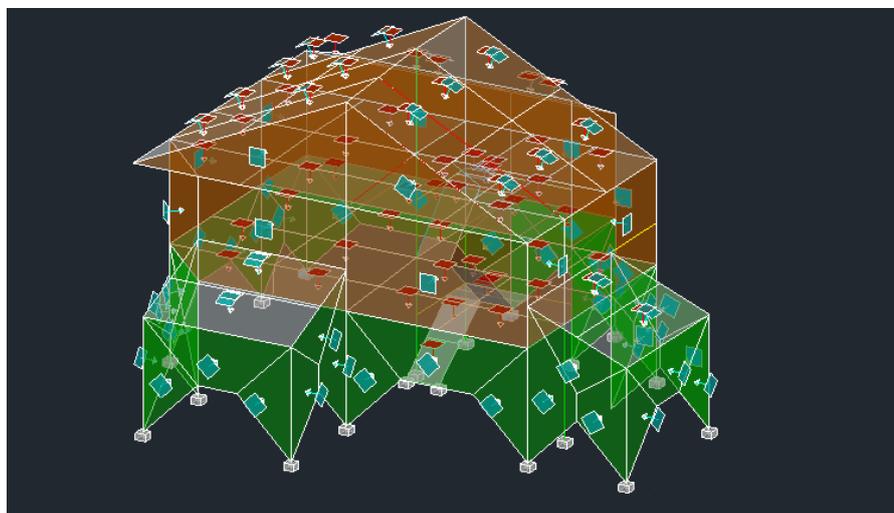


Fig 2.25. Modelo con hipótesis de carga en AutoCAD

2.4.1. Architrave®

Al haber considerado el peso propio en los cálculos, hay que marcar en el programa un factor ponderador del peso propio de 0, sino se tendría en cuenta dos veces al exportar el modelo al programa.

Con todo lo anterior aplicado al modelo, se revisa que las características de los materiales que genera Architrave® por defecto son las correctas, y se calcula la estructura.

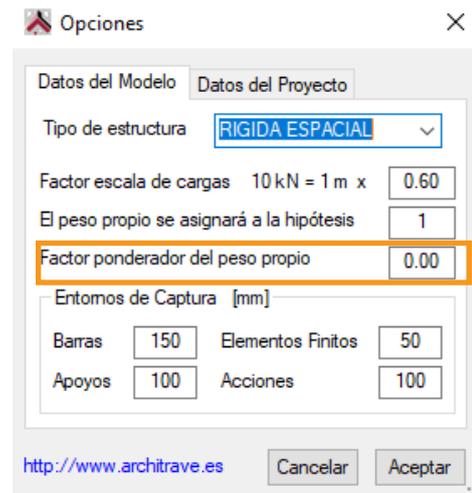


Fig 2.26. Factor ponderador de peso propio

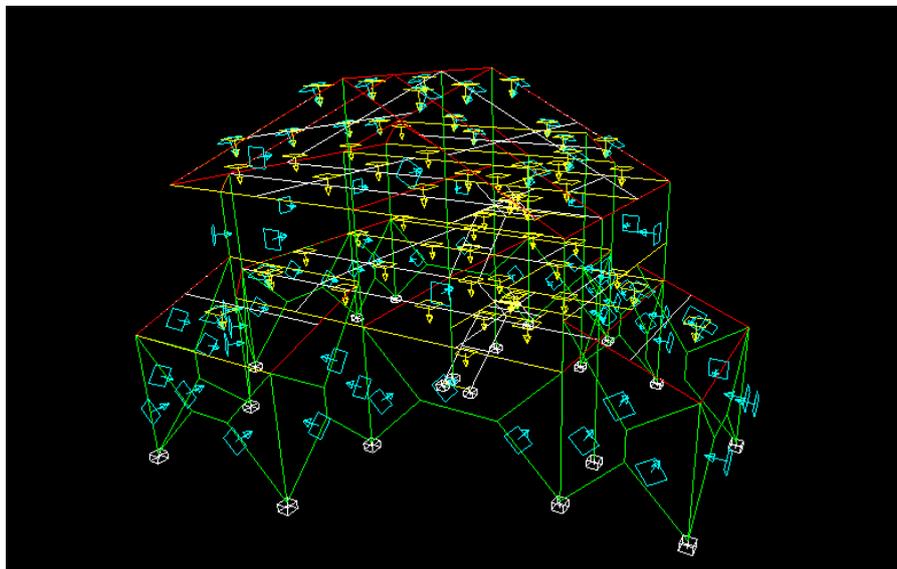


Fig 2.27. Modelo de barras Architrave

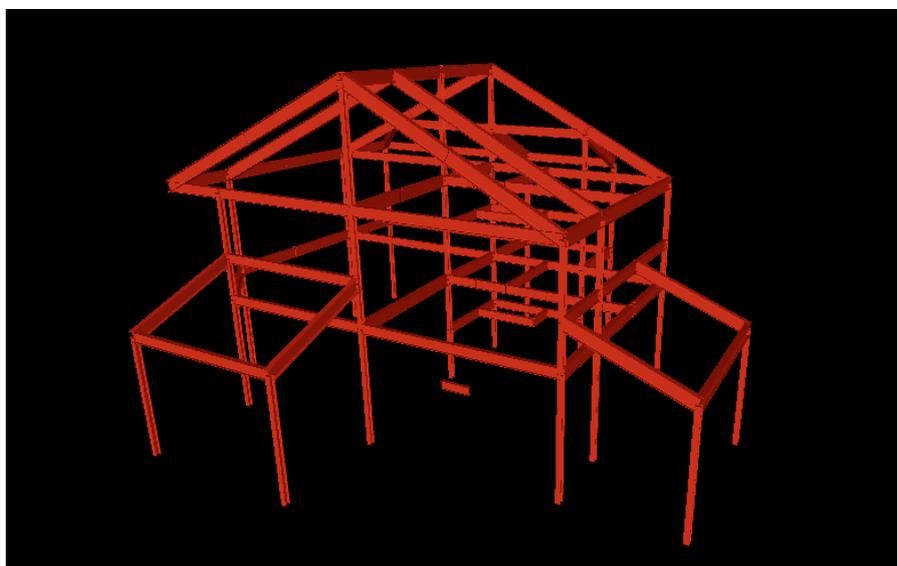


Fig 2.28. Modelo con perfiles Architrave

2.5. Resultados

Una vez calculada, se dimensionan los perfiles con el fin de comprobar si el predimensionado ha sido el correcto. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Observamos que con el perfil seleccionado en el predimensionado no cumplen la mayoría de los pilares, por lo que se deduce que no es un cálculo suficiente, y es necesario un aumento en la sección del perfil para que la estructura funcione.

Otra opción, si queremos mantener la sección, es utilizar perfiles más resistentes, como los HEM, con los que se obtendrían unos resultados más favorables.

En concreto se ha pasado de tener que optimizar 24 barras, a solo 7. Serían estas:

Pero, para seguir con el perfil que se había seleccionado al inicio, se aumenta el canto a un HEB 180, y se calcula de nuevo la estructura.

Se aprecia que estos resultados ya son mucho más aproximados, por lo que se selecciona el perfil para todos los soportes, y se peritan los que no cumplen.

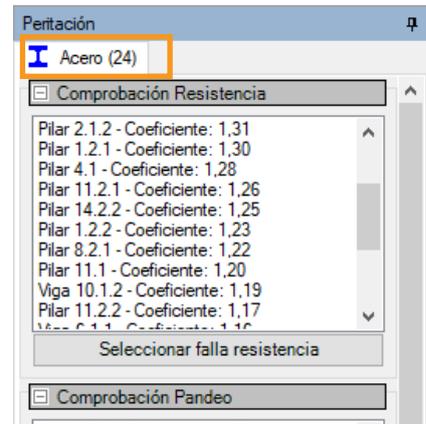


Fig 2.29. Peritación con HEB 140

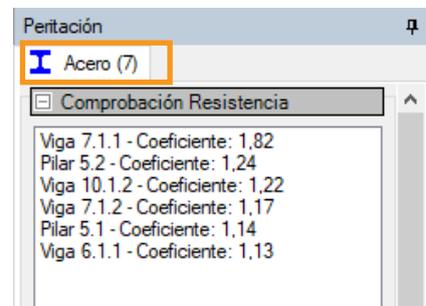


Fig 2.30. Peritación con HEM 140

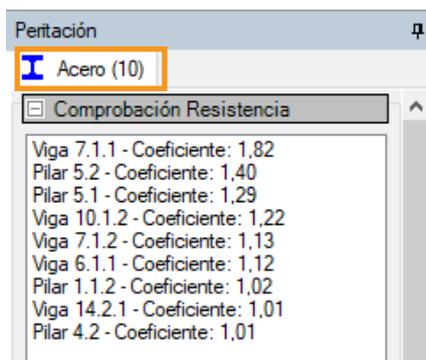


Fig 2.31. Peritación con HEB 180

2.5.1. Peritación

En primer lugar, los pilares a optimizar son:

· Pilar 5.2:

Con el perfil seleccionado, se observa que cumple tanto a pandeo como a pandeo lateral, pero no satisface las necesidades necesarias ante un criterio de ELU de resistencia. El siguiente perfil válido es el HEB 220, como se observa en la siguiente figura.

Al haber incrementado un perfil en la planta primera, se debe cambiar también el consiguiente en planta baja para transmitir las cargas correctamente. Es lógico que si el perfil no cumple a resistencia, el inferior tampoco cumplirá, por lo que se dimensiona con el mismo perfil.

Se comprueba que el pilar 5.1, el pilar inferior, cumple con el perfil HEB 220.

De esta manera queda el pilar dimensionado correctamente.

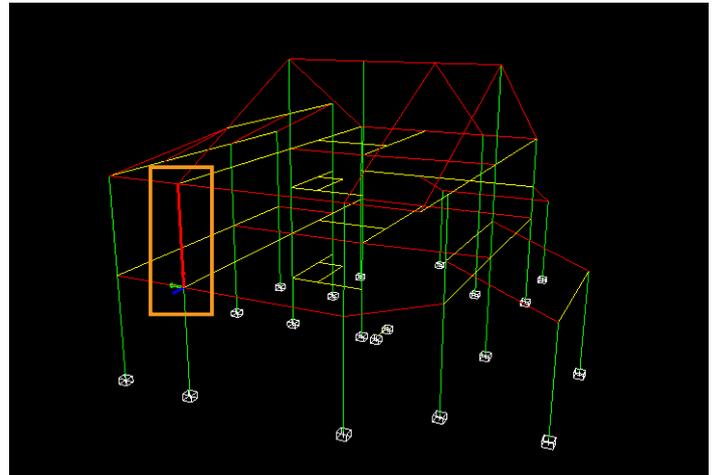


Fig 2.32. Ubicación pilar 5.2.

Peritar Pilar 5.2 (Barra: 30)

Sección: HEB 180

Propiedades: Base: 18,00 cm, Altura: 18,00 cm, Área: 65,43 cm², Ix: 40,32 cm⁴, Iy: 1.363,05 cm⁴, Iz: 3.840,04 cm⁴

Material: ACERO_S275

Columna de pilares: Nombre de la columna: 5, Nº de pilares: 2, Pilar Actual: 5.2

Comprobaciones: **Falla**

Resistencia: ELU desfavorable: 3, Coeficiente Resistencia: 1.40, Ten. Von Mises (N/mm²): 367,01, Comprobaciones: **Falla**

Pandeo: ELU desfavorable: 3, β Pandeo plano XY local: 0.54, β Pandeo plano XZ local: 0.56, Coeficiente Pandeo: 0.83, Chi Z: 0.98, Chi Y: 0.89, Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo lateral: ELU desfavorable: 0.00, β Pandeo lateral: 0.00, Coeficiente Pandeo lateral: 0.00, Chi lateral: 1.00, Comprobaciones: **Cumple**

Fig 2.33. Peritación Pilar 5.2. Falla

Peritar Pilar 5.2 (Barra: 30)

Sección: HEB 220

Propiedades: Base: 22,00 cm, Altura: 22,00 cm, Área: 91,30 cm², Ix: 73,53 cm⁴, Iy: 2.843,68 cm⁴, Iz: 8.110,78 cm⁴

Material: ACERO_S275

Columna de pilares: Nombre de la columna: 5, Nº de pilares: 2, Pilar Actual: 5.2

Comprobaciones: **Cumple normativa**

Resistencia: ELU desfavorable: 3, Coeficiente Resistencia: 0.84, Ten. Von Mises (N/mm²): 220,63, Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo: ELU desfavorable: 3, β Pandeo plano XY local: 0.54, β Pandeo plano XZ local: 0.56, Coeficiente Pandeo: 0.50, Chi Z: 1.00, Chi Y: 0.93, Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo lateral: ELU desfavorable: 0.00, β Pandeo lateral: 0.00, Coeficiente Pandeo lateral: 0.00, Chi lateral: 1.00, Comprobaciones: **Cumple**

Fig 2.34. Peritación Pilar 5.2. Cumple

· Pilar 1.1.2:

De la misma manera que el anterior, cumple a pandeo y a pandeo lateral, pero no lo hace a efecto de resistencia, pero este basta con aumentar el canto a 200mm. Con un HEB 200 cumple.

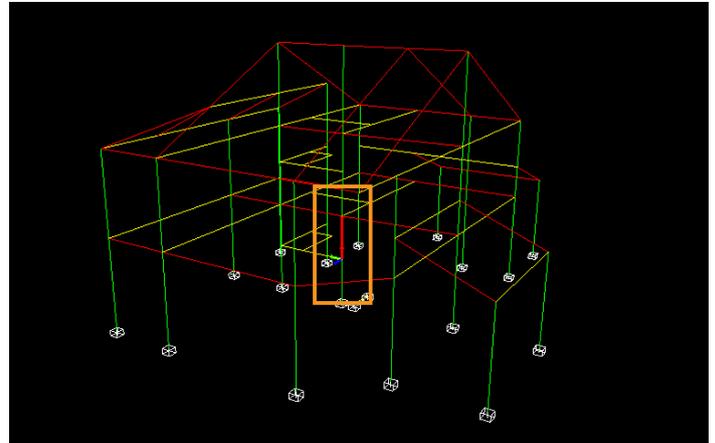


Fig 2.35. Ubicación pilar 1.1.2.

Peritar Pilar 1.1.2 (Barra: 18)

Sección: Tipo de sección: HEB 180

Propiedades: Base: 18,00 cm, Altura: 18,00 cm, Área: 65,43 cm², Ix: 40,32 cm⁴, Iy: 1.363,05 cm⁴, Iz: 3.840,04 cm⁴

Material: Nombre: ACERO_S275, Tipo Acero: S275, f_{yk}: 275, f_u: 410

Columna de pilares: Ver pilar superior, Nombre de la columna: 1, Nº de pilares: 5, Pilar Actual: 1.1.2, Ver pilar inferior, Longitud pilar (m): 1,65

Comprobaciones: **Falla**

Resistencia: ELU desfavorable: 3, Ten. Von Mises (N/mm²): 266,45, Coeficiente Resistencia: 1,02, Comprobaciones: **Falla**

Pandeo: ELU desfavorable: 3, β Pandeo plano XY local: 0,58, β Pandeo plano XZ local: 0,61, Coeficiente Pandeo: 0,89, Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo lateral: ELU desfavorable: 0,00, β Pandeo lateral: 0,00, Coeficiente Pandeo lateral: 0,00, Comprobaciones: **Cumple**

Flecha (no aplicable en pilar): Flecha activa (cm): 0, Flecha instant. (cm): 0, Flecha casi-perm (cm): 0, Coeficiente Flecha casi-permanente: 0, Comprobaciones: **Cumple**

Fig 2.36. Peritación Pilar 1.1.2. Falla

Peritar Pilar 1.1.2 (Barra: 18)

Sección: Tipo de sección: HEB 200

Propiedades: Base: 20,00 cm, Altura: 20,00 cm, Área: 78,34 cm², Ix: 57,08 cm⁴, Iy: 2.003,76 cm⁴, Iz: 5.712,13 cm⁴

Material: Nombre: ACERO_S275, Tipo Acero: S275, f_{yk}: 275, f_u: 410

Columna de pilares: Ver pilar superior, Nombre de la columna: 1, Nº de pilares: 5, Pilar Actual: 1.1.2, Ver pilar inferior, Longitud pilar (m): 1,65

Comprobaciones: **Cumple normativa**

Resistencia: ELU desfavorable: 3, Ten. Von Mises (N/mm²): 210,40, Coeficiente Resistencia: 0,80, Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo: ELU desfavorable: 3, β Pandeo plano XY local: 0,58, β Pandeo plano XZ local: 0,61, Coeficiente Pandeo: 0,70, Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo lateral: ELU desfavorable: 0,00, β Pandeo lateral: 0,00, Coeficiente Pandeo lateral: 0,00, Comprobaciones: **Cumple**

Flecha (no aplicable en pilar): Flecha activa (cm): 0, Flecha instant. (cm): 0, Flecha casi-perm (cm): 0, Coeficiente Flecha casi-permanente: 0, Comprobaciones: **Cumple**

Fig 2.37. Peritación Pilar 1.1.2. Cumple

· Pilar 4.2:

Por último, el pilar 4.2 tampoco cumple las demandas de resistencia, aunque sí sea válido para las de pandeo.

En este caso también es suficiente con incrementar el perfil a un HEB 200.

De la misma manera, también se incrementa el perfil adyacente inferior, para asegurar la continuidad de las cargas.

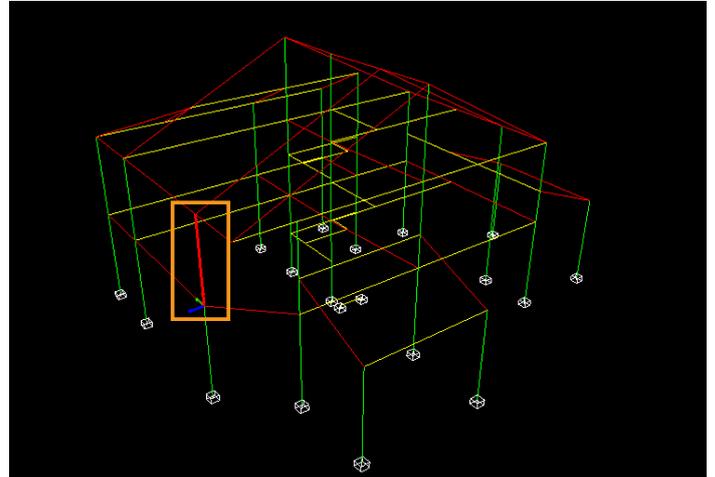


Fig 2.38. Ubicación pilar 4.2.

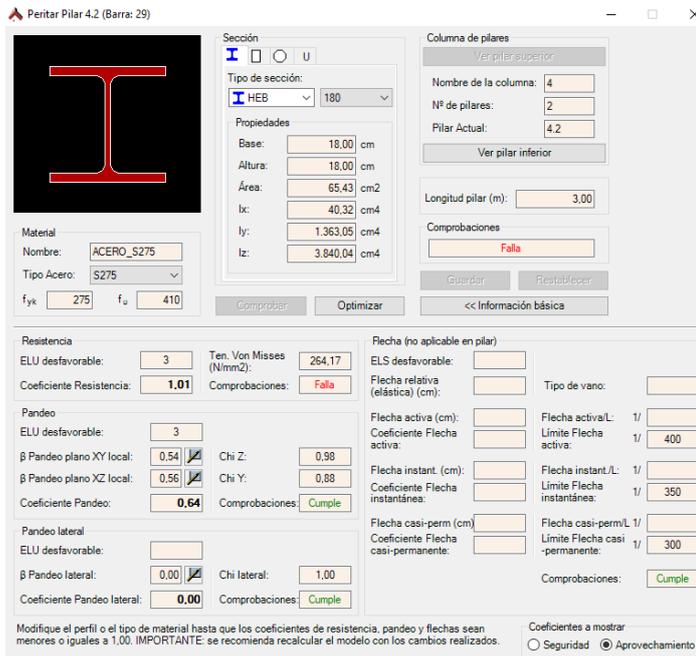


Fig 2.39. Peritación Pilar 4.2. Falla

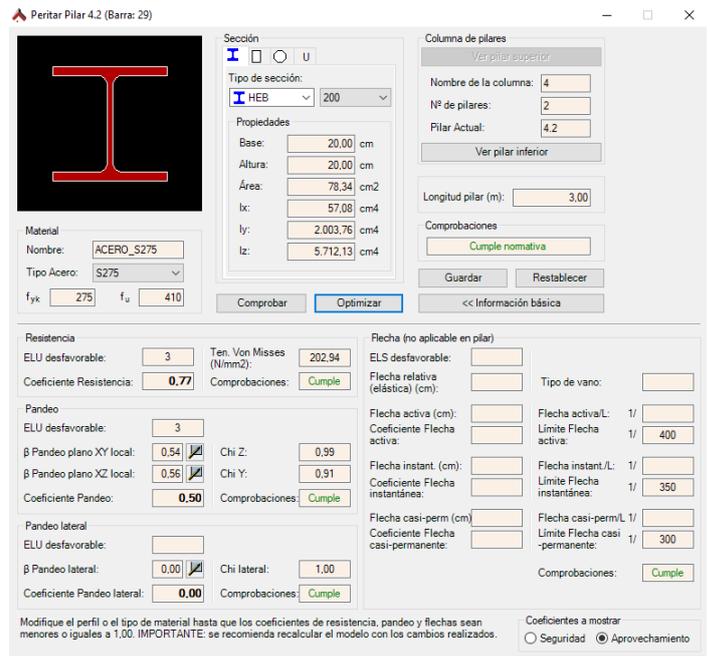


Fig 2.40. Peritación Pilar 4.2. Cumple

· Pilar 11.2.1:

También aparece el caso, en el pilar 11.2.1, de un soporte que cumple a resistencia, pero no lo hace a pandeo.

Cambiando el perfil por el inmediato superior ya cumpliría con esta exigencia, por lo que se dispone un HEB 200.

De esta manera ya se dan por decididos toda la perifería de soportes.

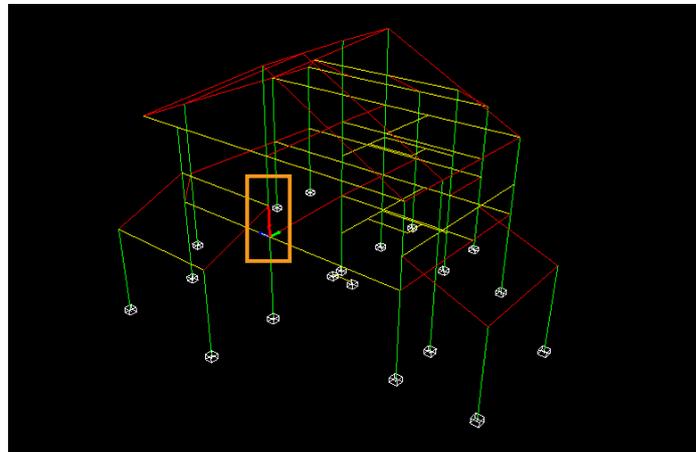


Fig 2.41. Ubicación pilar 11.2.1

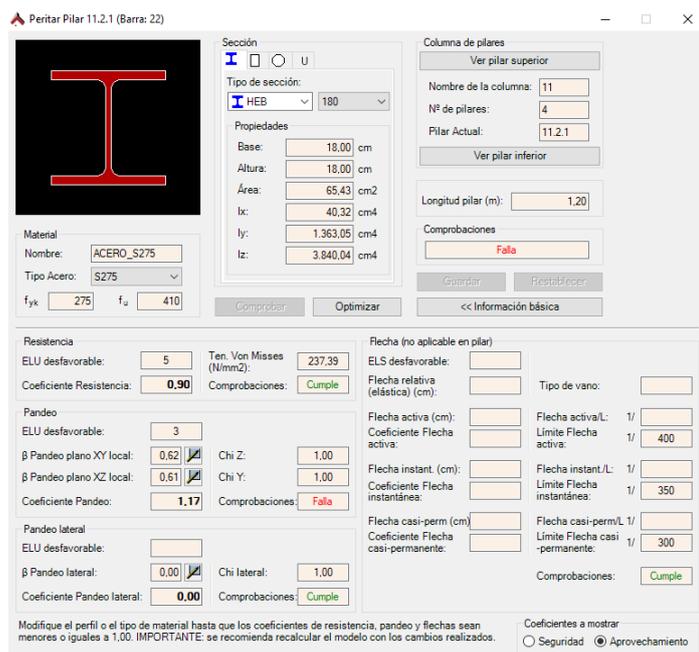


Fig 2.42. Peritación Pilar 11.2.1 Falla

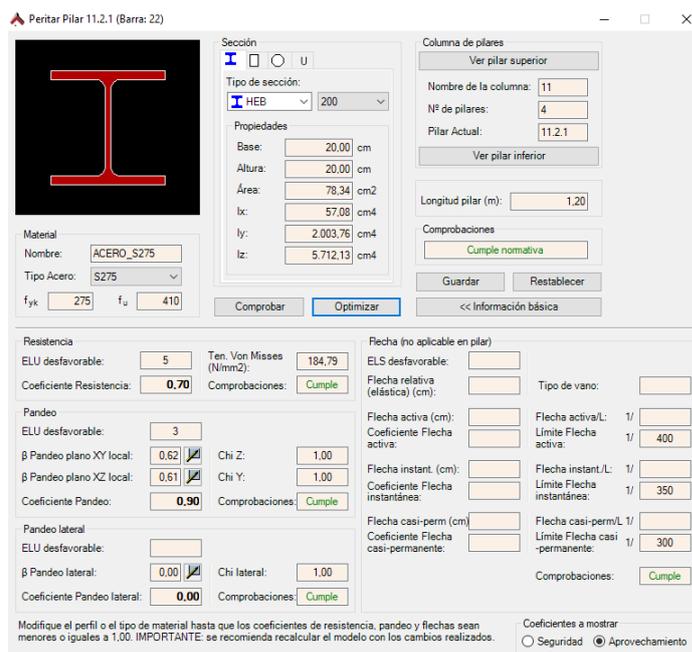


Fig 2.43. Peritación Pilar 11.2.1 Cumple

En el caso de estos elementos, las deficiencias son en todos los casos por resistencia, todos ellos cumplen a pandeo y a pandeo lateral con el perfil obtenido en el predimensionado.

Cabe resaltar que las vigas cumplen todas con el IPE seleccionado, son los zunchos los que no cumplen.

En primer lugar, el más desfavorable, el zuncho 7.1.1. El programa marca como viga todos los elementos lineales y horizontales, sean vigas o zunchos.

· Zuncho 7.1.1:

Es el más desfavorable porque es el elemento de mayor dimensión, 6.2m.

En el predimensionado no se utilizó este elemento porque había una diferencia considerable entre éste y el resto de elementos, y se habrían sobredimensionado en exceso las demás vigas, por lo que se optó por calcular la viga más desfavorable, sabiendo que a este zuncho habría que aumentarle la sección posteriormente.

Al estar marcado como zuncho, tiene asignado un perfil IPE 270, lejos del que necesita. Pero al tener las vigas con un IPE 330, la diferencia es mínima, es el perfil siguiente, y como ya sabíamos que se debería aumentar la sección, es un cambio aceptable.

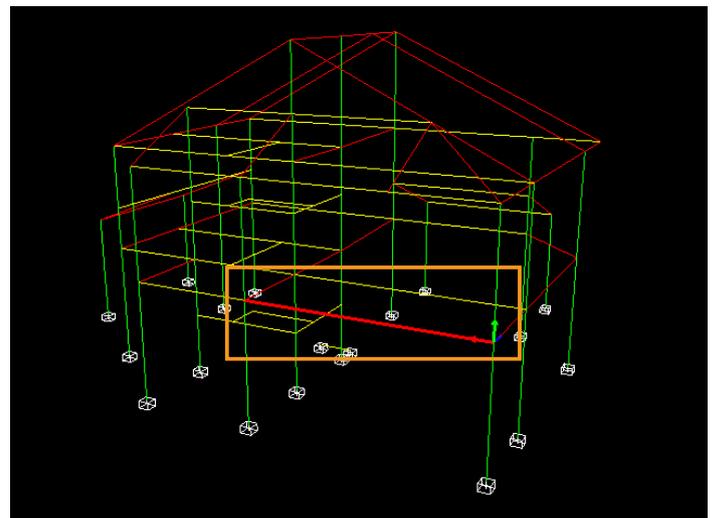


Fig 2.44 Ubicación Zuncho 7.1.1

Peritar Viga 7.1.1 (Barra: 59)

Sección: IPE 270

Propiedades: Base: 13.50 cm, Altura: 27.00 cm, Área: 46.12 cm², Ix: 15.17 cm⁴, Iy: 420.04 cm⁴, Iz: 5.815.22 cm⁴

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 7.1, Nº de vigas: 2, Viga actual: 7.1.1, Longitud viga (m): 6.20

Comprobaciones: Falta

Material: ACERO_S275, f_{yk}: 275, f_u: 410

Resistencia: ELU desfavorable: 5, Ten. Von Mises (N/mm²): 486.15, Coeficiente Resistencia: 1.82, Comprobaciones: Falta

Pandeo: ELU desfavorable: 0.00, β Pandeo plano XY local: 0.00, β Pandeo plano XZ local: 0.00, Coeficiente Pandeo: 0.00, Comprobaciones: Cumple

Pandeo lateral: ELU desfavorable: 0.00, β Pandeo lateral: 0.00, Coeficiente Pandeo lateral: 0.00, Comprobaciones: Cumple

Flеча: ELS desfavorable: 8, Flecha relativa (elástica) (cm): -1.588, Flecha activa (cm): 0.635, Flecha instant. (cm): 0.556, Flecha casi-perm (cm): 1.191, Coeficiente Flecha casi-permanente: 0.58, Tipo de vano: Interior

Fig 2.45. Peritación Zuncho 7.1.1 Falta

Peritar Viga 7.1.1 (Barra: 59)

Sección: IPE 360

Propiedades: Base: 17.00 cm, Altura: 36.00 cm, Área: 72.99 cm², Ix: 35.79 cm⁴, Iy: 1.043.82 cm⁴, Iz: 16.332.43 cm⁴

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 7.1, Nº de vigas: 2, Viga actual: 7.1.1, Longitud viga (m): 6.20

Comprobaciones: Cumple normativa

Material: ACERO_S275, f_{yk}: 275, f_u: 410

Resistencia: ELU desfavorable: 5, Ten. Von Mises (N/mm²): 240.13, Coeficiente Resistencia: 0.89, Comprobaciones: Cumple

Pandeo: ELU desfavorable: 0.00, β Pandeo plano XY local: 0.00, β Pandeo plano XZ local: 0.00, Coeficiente Pandeo: 0.00, Comprobaciones: Cumple

Pandeo lateral: ELU desfavorable: 0.00, β Pandeo lateral: 0.00, Coeficiente Pandeo lateral: 0.00, Comprobaciones: Cumple

Flеча: ELS desfavorable: 8, Flecha relativa (elástica) (cm): -0.565, Flecha activa (cm): 0.226, Flecha instant. (cm): 0.198, Flecha casi-perm (cm): 0.424, Coeficiente Flecha casi-permanente: 0.21, Tipo de vano: Interior

Fig 2.46. Peritación Zuncho 7.1.1 Cumple

· Zuncho 10.1.2:

Se optimiza de la misma manera, pero en este caso basta con un incremento al perfil siguiente. Con un IPE 300 cumple con todas las exigencias.

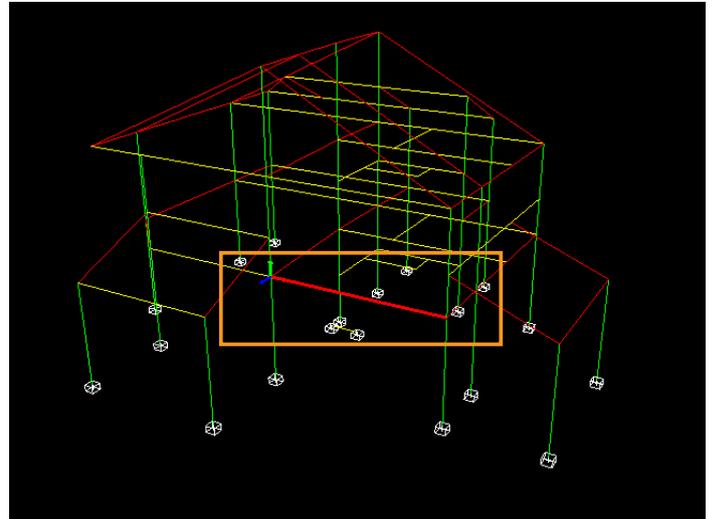


Fig 2.47 Ubicación Zuncho 10.1.2.

Peritar Viga 10.1.2 (Barra: 70)

Sección	Pórtico de vigas
Tipo de sección: IPE 270	Nombre del pórtico: 10.1
Propiedades: Base: 13,50 cm, Altura: 27,00 cm, Área: 46,12 cm ² , Ix: 15,17 cm ⁴ , Iy: 420,04 cm ⁴ , Iz: 5.815,22 cm ⁴	Nº de vigas: 2
Material: ACERO_S275	Viga actual: 10.1.2
f _{yk} : 275, f _u : 410	Longitud viga (m): 5,50
Comprobaciones: Falla	Comprobaciones: Falla

Resistencia	Ten. Von Mises (N/mm²): 330,53	Flacha	ELS desfavorable: 5
ELU desfavorable: 5	Comprobaciones: Falla	Flacha relativa (elástica) (cm): -1,058	Tipo de vano: Interior
Coefficiente Resistencia: 1,22		Flacha activa (cm): 0,423	Flacha activa/L: 1/ 1.300
		Coefficiente Flacha activa: 0,31	Límite Flacha activa: 1/ 400
		Flacha instant. (cm): 0,370	Flacha instant./L: 1/ 1.485
		Coefficiente Flacha instantánea: 0,24	Límite Flacha instantánea: 1/ 350
		Flacha casi-perm (cm): 0,793	Flacha casi-perm/L: 1/ 693
		Coefficiente Flacha casi-permanente: 0,43	Límite Flacha casi-permanente: 1/ 300
		Comprobaciones: Cumple	Comprobaciones: Cumple

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. IMPORTANTE: se recomienda recalcular el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Fig 2.48. Peritación Zuncho 10.1.2 Falla

Peritar Viga 10.1.2 (Barra: 70)

Sección	Pórtico de vigas
Tipo de sección: IPE 300	Nombre del pórtico: 10.1
Propiedades: Base: 15,00 cm, Altura: 30,00 cm, Área: 53,99 cm ² , Ix: 19,04 cm ⁴ , Iy: 603,96 cm ⁴ , Iz: 8.388,09 cm ⁴	Nº de vigas: 2
Material: ACERO_S275	Viga actual: 10.1.2
f _{yk} : 275, f _u : 410	Longitud viga (m): 5,50
Comprobaciones: Cumple normativa	Comprobaciones: Cumple normativa

Resistencia	Ten. Von Mises (N/mm²): 256,97	Flacha	ELS desfavorable: 5
ELU desfavorable: 5	Comprobaciones: Cumple	Flacha relativa (elástica) (cm): -0,733	Tipo de vano: Interior
Coefficiente Resistencia: 0,94		Flacha activa (cm): 0,293	Flacha activa/L: 1/ 1.875
		Coefficiente Flacha activa: 0,21	Límite Flacha activa: 1/ 400
		Flacha instant. (cm): 0,257	Flacha instant./L: 1/ 2.142
		Coefficiente Flacha instantánea: 0,16	Límite Flacha instantánea: 1/ 350
		Flacha casi-perm (cm): 0,550	Flacha casi-perm/L: 1/ 1.000
		Coefficiente Flacha casi-permanente: 0,30	Límite Flacha casi-permanente: 1/ 300
		Comprobaciones: Cumple	Comprobaciones: Cumple

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. IMPORTANTE: se recomienda recalcular el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Fig 2.49. Peritación Zuncho 10.1.2 Cumple

· Zuncho 7.1.2:

Es el adyacente al primer zuncho recalculado, y se procede de la misma manera, pero en este caso cumple con un perfil menor, al tener una dimensión inferior. Basta con un IPE 300.

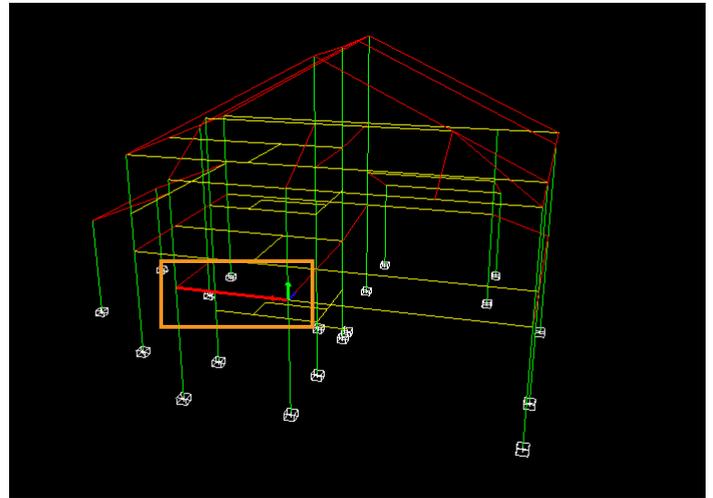


Fig 2.50. Ubicación Zuncho 7.1.2.

Peritar Viga 7.1.2 (Barra: 67)

Sección: IPE 270

Propiedades: Base: 13.50 cm, Altura: 27.00 cm, Área: 46.12 cm², Ix: 15.17 cm⁴, Iy: 420.04 cm⁴, Iz: 5.815.22 cm⁴

Material: ACERO_S275

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 7.1, Nº de vigas: 2, Viga actual: 7.1.2, Longitud viga (m): 3.20

Comprobaciones: **Falla**

Resistencia: ELU desfavorable: 5, Ten. Von Mises (N/mm²): 303.22, Coeficiente Resistencia: **1.13**, Comprobaciones: **Falla**

Pandeo: ELU desfavorable: 5, β Pandeo plano XY local: 0.73, β Pandeo plano XZ local: 0.59, Coeficiente Pandeo: **0.25**

Flecha: ELS desfavorable: 6, Flecha relativa (elástica) (cm): 0.089, Flecha activa (cm): 0.036, Coeficiente Flecha activa: **0.04**, Flecha instant. (cm): 0.031, Coeficiente Flecha instantánea: **0.03**, Flecha casi-perm (cm): 0.067, Coeficiente Flecha casi-permanente: **0.06**

Comprobaciones: **Falla**

Fig 2.51. Peritación Zuncho 7.1.2 Falla

Peritar Viga 7.1.2 (Barra: 67)

Sección: IPE 300

Propiedades: Base: 15.00 cm, Altura: 30.00 cm, Área: 53.99 cm², Ix: 19.04 cm⁴, Iy: 603.96 cm⁴, Iz: 8.388.09 cm⁴

Material: ACERO_S275

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 7.1, Nº de vigas: 2, Viga actual: 7.1.2, Longitud viga (m): 3.20

Comprobaciones: **Cumple normativa**

Resistencia: ELU desfavorable: 5, Ten. Von Mises (N/mm²): 235.17, Coeficiente Resistencia: **0.87**, Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo: ELU desfavorable: 5, β Pandeo plano XY local: 0.73, β Pandeo plano XZ local: 0.53, Coeficiente Pandeo: **0.19**

Flecha: ELS desfavorable: 6, Flecha relativa (elástica) (cm): 0.062, Flecha activa (cm): 0.025, Coeficiente Flecha activa: **0.03**, Flecha instant. (cm): 0.022, Coeficiente Flecha instantánea: **0.02**, Flecha casi-perm (cm): 0.046, Coeficiente Flecha casi-permanente: **0.04**

Comprobaciones: **Cumple**

Fig 2.52. Peritación Zuncho 7.1.2 Cumple

· Zuncho 6.1.1:

Con el perfil asignado no cumple, pero sí lo hace con el inmediatamente superior, por lo que se le asigna el siguiente perfil, el IPE 300.

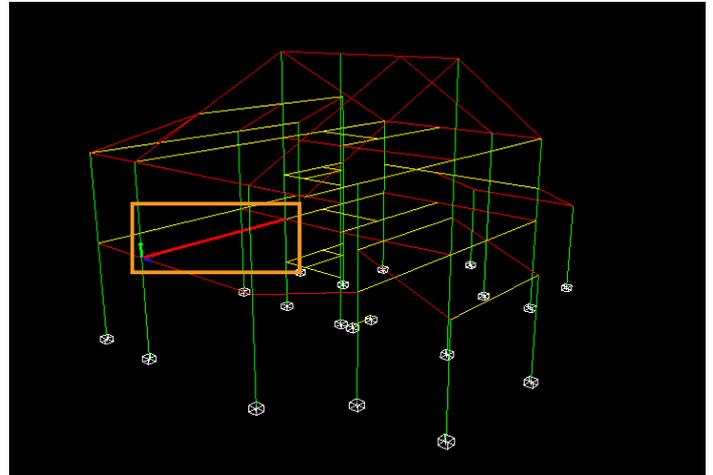


Fig 2.53. Ubicación Zuncho 6.1.1.

Peritar Viga 6.1.1 (Barra: 58)

Sección: IPE 270

Propiedades: Base: 13.50 cm, Altura: 27.00 cm, Área: 46.12 cm², Ix: 15.17 cm⁴, Iy: 420.04 cm⁴, Iz: 5.815.22 cm⁴

Material: ACERO_S275

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 6.1, Nº de vigas: 3, Viga actual: 6.1.1, Longitud viga (m): 6.20

Comprobaciones: **Falla**

Resistencia	Ten. Von Mises (N/mm ²): 311.41	Flecha	ELS desfavorable: 6
ELU desfavorable: 5	Comprobaciones: Falla	Flecha relativa (elástica) (cm): -1.532	Tipo de vano: Interior
Coefficiente Resistencia: 1.12		Flecha activa (cm): 0.613	Flecha activa/L: 1/ 1.012
		Coefficiente Flecha activa: 0.40	Límite Flecha activa: 1/ 400
Pandeo	Chi Z: 0.95	Flecha instant. (cm): 0.536	Flecha instant./L: 1/ 1.156
ELU desfavorable: 5	Chi Y: 0.45	Coefficiente Flecha instantánea: 0.30	Límite Flecha instantánea: 1/ 350
β Pandeo plano XY local: 0.62	Comprobaciones: Cumple	Flecha casi-perm (cm): 1.149	Flecha casi-perm/L: 1/ 540
β Pandeo plano XZ local: 0.53		Coefficiente Flecha casi-permanente: 0.56	Límite Flecha casi-permanente: 1/ 300
Coefficiente Pandeo: 0.79		Comprobaciones: Cumple	
Pandeo lateral	Chi lateral: 1.00		
ELU desfavorable:	Comprobaciones: Cumple		
β Pandeo lateral: 0.00			
Coefficiente Pandeo lateral: 0.00			

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1.00. IMPORTANTE: se recomienda recalcular el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Fig 2.54. Peritación Zuncho 6.1.1. Falla

Peritar Viga 6.1.1 (Barra: 58)

Sección: IPE 300

Propiedades: Base: 15.00 cm, Altura: 30.00 cm, Área: 53.99 cm², Ix: 19.04 cm⁴, Iy: 603.96 cm⁴, Iz: 8.388.09 cm⁴

Material: ACERO_S275

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 6.1, Nº de vigas: 3, Viga actual: 6.1.1, Longitud viga (m): 6.20

Comprobaciones: **Cumple normativa**

Resistencia	Ten. Von Mises (N/mm ²): 242.85	Flecha	ELS desfavorable: 6
ELU desfavorable: 5	Comprobaciones: Cumple	Flecha relativa (elástica) (cm): -1.062	Tipo de vano: Interior
Coefficiente Resistencia: 0.87		Flecha activa (cm): 0.425	Flecha activa/L: 1/ 1.459
		Coefficiente Flecha activa: 0.27	Límite Flecha activa: 1/ 400
Pandeo	Chi Z: 0.96	Flecha instant. (cm): 0.372	Flecha instant./L: 1/ 1.668
ELU desfavorable: 5	Chi Y: 0.52	Coefficiente Flecha instantánea: 0.21	Límite Flecha instantánea: 1/ 350
β Pandeo plano XY local: 0.62	Comprobaciones: Cumple	Flecha casi-perm (cm): 0.797	Flecha casi-perm/L: 1/ 778
β Pandeo plano XZ local: 0.53		Coefficiente Flecha casi-permanente: 0.39	Límite Flecha casi-permanente: 1/ 300
Coefficiente Pandeo: 0.61		Comprobaciones: Cumple	
Pandeo lateral	Chi lateral: 1.00		
ELU desfavorable:	Comprobaciones: Cumple		
β Pandeo lateral: 0.00			
Coefficiente Pandeo lateral: 0.00			

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1.00. IMPORTANTE: se recomienda recalcular el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Fig 2.55. Peritación Zuncho 6.1.1. Cumple

Y, por último, el zuncho 14.2.1.

De manera análoga a los anteriores, no cumple con las solicitaciones del elemento a resistencia, pero sí lo haría con un perfil IPE 300, por lo que se le establece ese perfil.

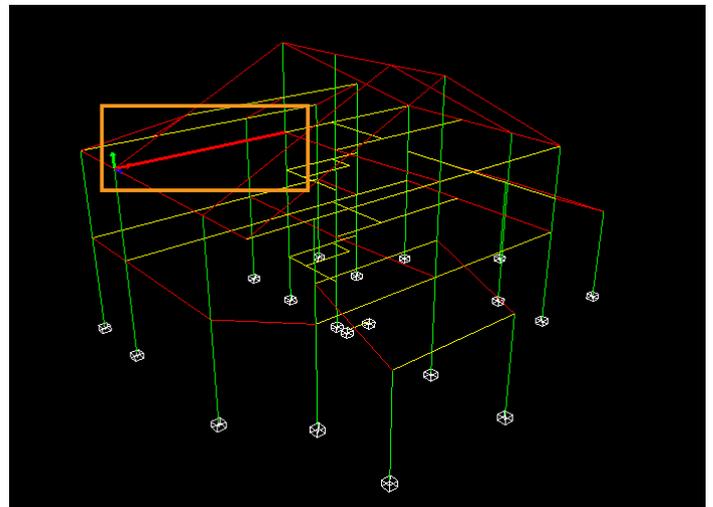


Fig 2.56. Ubicación Zuncho 14.2.1

Peritar Viga 14.2.1 (Barra: 103)

Sección: IPE 270

Propiedades: Base: 13.50 cm, Altura: 27.00 cm, Área: 46.12 cm², Ix: 15.17 cm⁴, Iy: 420.04 cm⁴, Iz: 5.815.22 cm⁴

Material: ACERO_S275

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 14.2, Nº de vigas: 3, Viga actual: 14.2.1, Longitud viga (m): 6.20

Comprobaciones: **Falla**

Resistencia	Resistencia	Flecha
ELU desfavorable: 1	Ten. Von Mises (N/mm ²): 282,04	ELS desfavorable: 3
Coefficiente Resistencia: 1,01	Comprobaciones: Falla	Flecha relativa (elástica) (cm): -0,976
Pandeo		Flecha activa (cm): 0,390
ELU desfavorable:		Coefficiente Flecha activa: 0,25
β Pandeo plano XY local: 0,00	Chi Z: 0,00	Flecha instant. (cm): 0,342
β Pandeo plano XZ local: 0,00	Chi Y: 0,00	Coefficiente Flecha instantánea: 0,19
Coefficiente Pandeo: 0,00	Comprobaciones: Cumple	Flecha casi-perm (cm): 0,732
Pandeo lateral		Coefficiente Flecha casi-permanente: 0,35
ELU desfavorable:		Flecha casi-perm/L: 847
β Pandeo lateral: 0,00	Chi lateral: 1,00	Limite Flecha casi-permanente: 300
Coefficiente Pandeo lateral: 0,00	Comprobaciones: Cumple	

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. IMPORTANTE: se recomienda recalcular el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Fig 2.57. Peritación Zuncho 14.2.1. Falla

Peritar Viga 14.2.1 (Barra: 103)

Sección: IPE 300

Propiedades: Base: 15.00 cm, Altura: 30.00 cm, Área: 53.99 cm², Ix: 19.04 cm⁴, Iy: 603.96 cm⁴, Iz: 8.388.09 cm⁴

Material: ACERO_S275

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 14.2, Nº de vigas: 3, Viga actual: 14.2.1, Longitud viga (m): 6.20

Comprobaciones: **Cumple normativa**

Resistencia	Resistencia	Flecha
ELU desfavorable: 1	Ten. Von Mises (N/mm ²): 221,38	ELS desfavorable: 3
Coefficiente Resistencia: 0,78	Comprobaciones: Cumple	Flecha relativa (elástica) (cm): -0,677
Pandeo		Flecha activa (cm): 0,271
ELU desfavorable:		Coefficiente Flecha activa: 0,17
β Pandeo plano XY local: 0,00	Chi Z: 0,00	Flecha instant. (cm): 0,237
β Pandeo plano XZ local: 0,00	Chi Y: 0,00	Coefficiente Flecha instantánea: 0,13
Coefficiente Pandeo: 0,00	Comprobaciones: Cumple	Flecha casi-perm (cm): 0,507
Pandeo lateral		Coefficiente Flecha casi-permanente: 0,25
ELU desfavorable:		Flecha casi-perm/L: 1.222
β Pandeo lateral: 0,00	Chi lateral: 1,00	Limite Flecha casi-permanente: 300
Coefficiente Pandeo lateral: 0,00	Comprobaciones: Cumple	

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. IMPORTANTE: se recomienda recalcular el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Fig 2.58. Peritación Zuncho 14.2.1. Cumple



2.5.2. Comprobación

Después de haber peritado los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la estructura, se procede a cambiar los perfiles en el modelo en lugar de cambiarlo en Architrave® [3] directamente. Esto se hace porque el cambio del canto de un elemento influye en la rigidez global de la estructura, y al variar la sección de algunos de ellos, puede generar cambios en los demás.

De esta manera se asignan los perfiles con los que debe cumplir la estructura, y se procede a comprobar de nuevo.

Como era de esperar, según el programa informático, la estructura ya funciona de manera óptima, ya que todos los elementos cumplen a ELU y a ELS.

2.5.2.1. Secciones

Se adjunta en el Anexo una tabla de las correspondientes secciones de los perfiles, tanto para vigas como para pilares.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA
ARQUITECTURA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

3. CONCLUSIONES



El objetivo principal de este trabajo ha sido diseñar y calcular la estructura completa de una vivienda unifamiliar con el objetivo de conocer, de principio a fin, todos los pasos y determinaciones a llevar a cabo en un proyecto profesional.

Tras haberme enfrentado al proceso del cálculo, he obtenido una serie de conclusiones a comentar con el fin de valorar los acciones y decisiones tomadas a lo largo del proceso.

Como primera conclusión y a modo global, es imprescindible ya no solo el cálculo de la estructura, sino también un buen diseño de la misma, con el fin de evitar grandes descompensaciones o sobredimensionado de los elementos.

Otra consideración global de la estructura es que es necesario estudiarla dentro del conjunto completo, más allá de analizar individualmente cada elemento. En este caso concreto sería erróneo aislar el pórtico más desfavorable para analizarlo, separándolo de la estructura que lo arriestra, que le confiere rigidez.

A la vista de los resultados obtenidos en el primer cálculo, se ha podido observar que diferían notablemente los cantos. Ante esto podemos deducir que el predimensionado en este caso no es lo suficientemente ajustado, nos serviría para tener un orden de magnitud de los perfiles a emplear, pero estando lejos del canto exacto.

Los resultados obtenidos de los zunchos arrojan otra conclusión. Los zunchos no habían sido calculados, sino que al tener una asignación de perfilería para las vigas de IPE 330, se optó por asignar a los zunchos un IPE 270, de menor sección, dado que deben resistir menos esfuerzo. En el caso particular de esta vivienda, los zunchos tienen, por lo general, una mayor esbeltez, por lo que una sección similar a la de las vigas es lógico. Se deberían haber predimensionado con perfiles IPE 300.

En definitiva, los coeficientes de seguridad nos pueden ayudar a salvar pequeñas desviaciones o pequeños fallos en el cálculo, pero no cubren la diferencia entre un predimensionado simple y un cálculo más exhaustivo, real. Siempre es necesario un cálculo minucioso de la estructura en su conjunto, con el fin de obtener los resultados más precisos.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA
ARQUITECTURA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

4. BIBLIOGRAFÍA



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

Fig. 1.1.	Localización (GoogleMaps)	15
Fig. 1.2.	Zonas de ordenación urbanística (PGOU-Gilet)	15
Fig. 1.3.	Leyenda (PGOU-Gilet).....	15
Fig. 1.4.	Zona "B" unifamiliar aislada. Emplazamiento (PGOU-Gilet)	16
Fig. 1.5.	Urbanización (sedecatastro)	16
Fig. 1.6.	Planta baja (elaboración propia)	17
Fig. 1.7.	Planta 1ª (elaboración propia).....	17
Fig. 1.8.	Alzado oeste (elaboración propia).....	17
Fig. 1.9.	Alzado sur (elaboración propia).....	17
Fig. 2.1.	Detalle del cerramiento (elaboración propia).....	26
Fig. 2.2.	Detalle de la tabiquería (elaboración propia).....	27
Fig. 2.3.	Detalle de la cubierta (elaboración propia).....	27
Fig. 2.4.	Peso placa alveolar [10] (EAE).....	28
Fig. 2.5.	Detalle del forjado (elaboración propia).....	29
Fig. 2.6.	Esquema de los pórticos de la vivienda (elaboración propia).....	31
Fig. 2.7.	Mapa de zonas climáticas [12] (DB SE-AE).....	35
Fig. 2.8.	Mapa de peligrosidad sísmica [9] (NCSE-02).....	36
Fig. 2.9.	Valores de aceleración sísmica [9] (NCSE-02).....	37
Fig. 2.10.	Pórtico seleccionado (elaboración propia).....	38
Fig. 2.11.	Esquema viga 9-12 (elaboración propia).....	38
Fig. 2.12.	Ámbito de carga de la viga 9-12 (elaboración propia).....	39
Fig. 2.13.	Prontuario perfil IPE [17] (Introducción a las estructuras. Prontuario).....	41
Fig. 2.14.	Prontuario perfil IPE [17] (Introducción a las estructuras. Prontuario).....	42
Fig. 2.15.	Ámbito de carga de la viga 4-9 (elaboración propia).....	42
Fig. 2.16.	Prontuario perfil IPE [17] (Introducción a las estructuras. Prontuario).....	44
Fig. 2.17.	Esquema del pilar 9 (elaboración propia).....	45
Fig. 2.18.	Ámbito de carga del pilar 9 (elaboración propia).....	45
Fig. 2.19.	Prontuario perfil HEB [17] (Introducción a las estructuras. Prontuario).....	47
Fig. 2.20.	Ámbito de carga del pilar 4 (elaboración propia).....	49
Fig. 2.21.	Predimensionado placas alveolares [18] (academia.edu).....	50
Fig. 2.22.	Modelo de barras en AutoCAD (elaboración propia).....	50
Fig. 2.23.	Modelo con perfiles en AutoCAD (elaboración propia).....	51



Fig. 2.24.	Modelo con elementos superficiales en AutoCAD (elaboración propia).....	51
Fig. 2.25.	Modelo con hipótesis de carga en AutoCAD (elaboración propia).....	51
Fig. 2.26.	Factor ponderador de peso propio [3] (elaboración propia).....	52
Fig. 2.27.	Modelo de barras en Architrave [3] (elaboración propia).....	52
Fig. 2.28.	Modelo con perfiles en Architrave [3] (elaboración propia).....	52
Fig. 2.29.	Peritación con HEB 140 [3] (elaboración propia).....	53
Fig. 2.30.	Peritación con HEM140 [3] (elaboración propia).....	53
Fig. 2.31.	Peritación con HEB 180 [3] (elaboración propia).....	53
Fig. 2.32.	Ubicación Pilar 5.2 [3] (elaboración propia).....	54
Fig. 2.33.	Peritación Pilar 5.2. Falla [3] (elaboración propia).....	54
Fig. 2.34.	Peritación Pilar 5.2. Cumple [3] (elaboración propia).....	54
Fig. 2.35.	Ubicación Pilar 1.1.2 [3] (elaboración propia).....	55
Fig. 2.36.	Peritación Pilar 1.1.2. Falla [3] (elaboración propia).....	55
Fig. 2.37.	Peritación Pilar 1.1.2. Cumple [3] (elaboración propia).....	55
Fig. 2.38.	Ubicación Pilar 4.2 [3] (elaboración propia).....	56
Fig. 2.39.	Peritación Pilar 4.2. Falla [3] (elaboración propia).....	56
Fig. 2.40.	Peritación Pilar 4.2. Cumple [3] (elaboración propia).....	56
Fig. 2.41.	Ubicación Pilar 11.2.1 [3] (elaboración propia).....	57
Fig. 2.42.	Peritación Pilar 11.2.1. Falla [3] (elaboración propia).....	57
Fig. 2.43.	Peritación Pilar 11.2.1. Cumple [3] (elaboración propia).....	57
Fig. 2.44.	Ubicación Pilar 7.1.1 [3] (elaboración propia).....	58
Fig. 2.45.	Peritación Pilar 7.1.1. Falla [3] (elaboración propia).....	58
Fig. 2.46.	Peritación Pilar 7.1.1. Cumple [3] (elaboración propia).....	58
Fig. 2.47.	Ubicación Zuncho 10.1.2 [3] (elaboración propia).....	59
Fig. 2.48.	Peritación Zuncho 10.1.2. Falla [3] (elaboración propia).....	59
Fig. 2.49.	Peritación Zuncho 10.1.2. Cumple [3] (elaboración propia).....	59
Fig. 2.50.	Ubicación Zuncho 7.1.2 [3] (elaboración propia).....	60
Fig. 2.51.	Peritación Zuncho 7.1.2. Falla [3] (elaboración propia).....	60
Fig. 2.52.	Peritación Zuncho 7.1.2. Cumple [3] (elaboración propia).....	60
Fig. 2.53.	Ubicación Zuncho 6.1.1 [3] (elaboración propia).....	61
Fig. 2.54.	Peritación Zuncho 6.1.1. Falla [3] (elaboración propia).....	61
Fig. 2.55.	Peritación Zuncho 6.1.1. Cumple [3] (elaboración propia).....	61
Fig. 2.56.	Ubicación Zuncho 14.2.1 [3] (elaboración propia).....	62
Fig. 2.57.	Peritación Zuncho 14.2.1. Falla [3] (elaboración propia).....	62
Fig. 2.58.	Peritación Zuncho 14.2.1. Cumple [3] (elaboración propia).....	62



ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1.	Características del acero estructural S275JR (elaboración propia tomando como referencia: https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html)	25
Tabla 2.	Características del acero Y1860C (elaboración propia tomando como referencia: http://www.calsider.es/products/cordones-pretensados)	25
Tabla 3.	Características del hormigón pretensado (elaboración propia tomando como referencia: http://www.hormigonesguadarranque.es/ficha.html).....	25
Tabla 4.	Peso propio del cerramiento (elaboración propia)	26
Tabla 5.	Tabla C.1. Anexo C del DB SE-AE [12] (DB SE-AE)	27
Tabla 6.	Tabla C.4. Anexo C del DB SE-AE [12](DB SE-AE)	27
Tabla 7.	Peso propio de la cubierta (elaboración propia).....	28
Tabla 8.	Anexo C.1. del DB SE-AE [12] (DB SE-AE).....	28
Tabla 9.	Anexo C.2. del DB SE-AE [12] (DB SE-AE).....	28
Tabla 10.	Anexo C.5. del DB SE-AE [12] (DB SE-AE).....	29
Tabla 11.	Peso propio del forjado (elaboración propia).....	29
Tabla 12.	Anexo C.5. del DB SE-AE [12] (DB SE-AE)	29
Tabla 13.	Anexo 3.1. del DB SE-AE [12] (DB SE-AE).....	30
Tabla 14.	Sobrecarga de uso en los pórticos de planta baja (elaboración propia)	31
Tabla 15.	Sobrecarga de uso en los pórticos de planta primera (elaboración propia).....	31
Tabla 16.	Sobrecarga de uso en los pórticos de la buhardilla (elaboración propia).....	32
Tabla 17.	Coefficiente eólico [12](DB SE-AE).....	33
Tabla 18.	Coefficiente eólico [12] (DB SE-AE).....	33
Tabla 19.	Sobrecarga de nieve [12] (DB SE-AE).....	34
Tabla 20.	Sobrecarga de nieve según zona [12] (DB SE-AE).....	35
Tabla 21.	Valores aproximados de ω [16] (Números gordos en el proyecto de estructuras).....	47
Tabla 22.	Valores aproximados de ω [16] (Números gordos en el proyecto de estructuras).....	48
Tabla 23.	Valores aproximados de ω [16] (Números gordos en el proyecto de estructuras).....	49
Tabla 24.	Perfiles seleccionados (elaboración propia).....	50



BIBLIOGRAFÍA DOCUMENTAL:

- [1] <https://www.codigotecnico.org/>
- [2] <http://www.ponderosa.es/docs/Norma-EHE-08.pdf>
- [4] <https://www.codimec.com/single-post/2017/01/16/ACERO-Vs-CONCRETO>
- [5] <https://civilgeeks.com/2011/09/08/acero-ventajas-y-desventajas/>
- [6] http://www.gilet.es/sites/gilet.portalesmunicipales.es/files/01_Normas%20Urban%C3%ADsticas%20PGOU.pdf
- [7] <https://www1.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/OVCConCiud.aspx?UrbRus=U&RefC=93533A1Y-J2995C0001MH&esBice=&RCBice1=&RCBice2=&DenoBice=&from=OVCBusqueda&pest=rc&RCCompleta=93533A1YJ2995C0001MH&final=&del=46&mun=136>
- [8] <https://www.boe.es/buscar/pdf/2006/BOE-A-2006-7899-consolidado.pdf>
- [9] <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BN0222>
- [10] <http://www.carreteros.org/normativa/estructuras/eae/eae.pdf>
- [11] <https://www.boe.es/boe/dias/1999/11/06/pdfs/A38925-38934.pdf>
- [12] <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-AE.pdf>
- [13] <http://www.eiros.es/catalogos/cat5/5.pdf>
- [14] http://www.prainsa.es/web_nueva/prainsa/pdf/forjados/alveolar_1m.pdf
- [15] <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/municipios/gilet-id46134>
- [18] https://www.academia.edu/10288766/PREDIMENSIONADO_DE_ESTRUCTURAS_EN_FASE_DE_DISEÑO_ANEXO_SOBRE_FORJADOS

SOFTWARE:

- [3] *Pérez-García, Agustín; Alonso Durá, Adolfo; Gómez-Martínez, Fernando; Alonso Avalos, José Miguel and Lozano Lloret, Pau. Architrave 2019. Universitat Politècnica de València. 2019.*
- [19] AutoCAD 2020 Autodesk®

LIBROS:

- [16] *Arroyo Portero, J.C.; Sánchez Fernández, R.; Romero Ballesteros, A.; G. Romana, M.; Corres Peiretti, G.; García-Rosales, G. (2009). Números gordos en el proyecto de estructuras. Edición: Cinter Divulgación Técnica.*
- [17] *Alonso Durá, Adolfo; Cabrera i Fausto, Iván; Fenollosa Forner, Ernesto; Martínez Boquera, Arturo; Pérez García, Agustín; Serrano Lanzarote, Begoña. (2012). Introducción a las estructuras de edificación, Prontuario. Edición: Universitat Politècnica de València.*



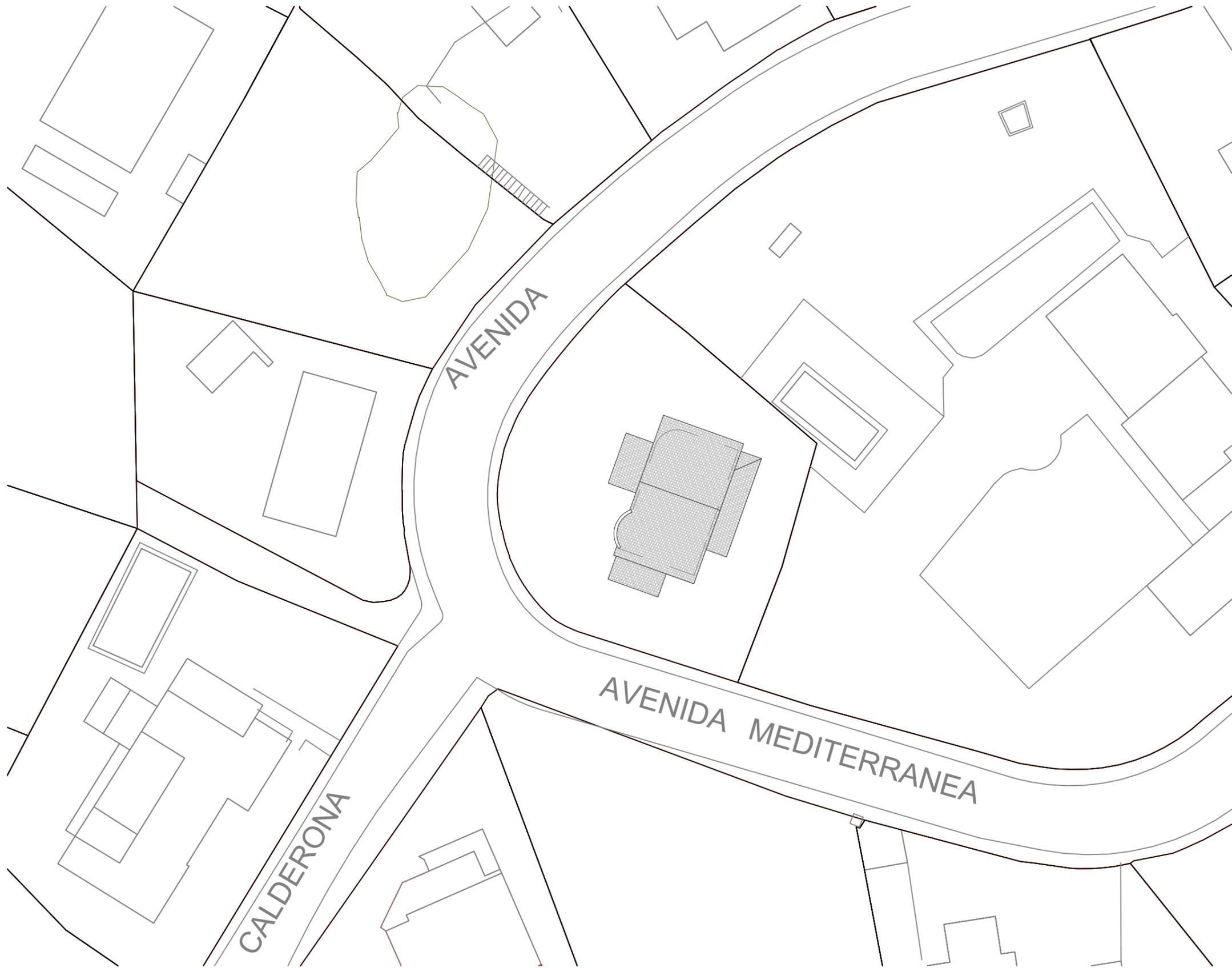
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA
ARQUITECTURA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

ANEXO



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

EMPLAZAMIENTO

Escala:

1/500



Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

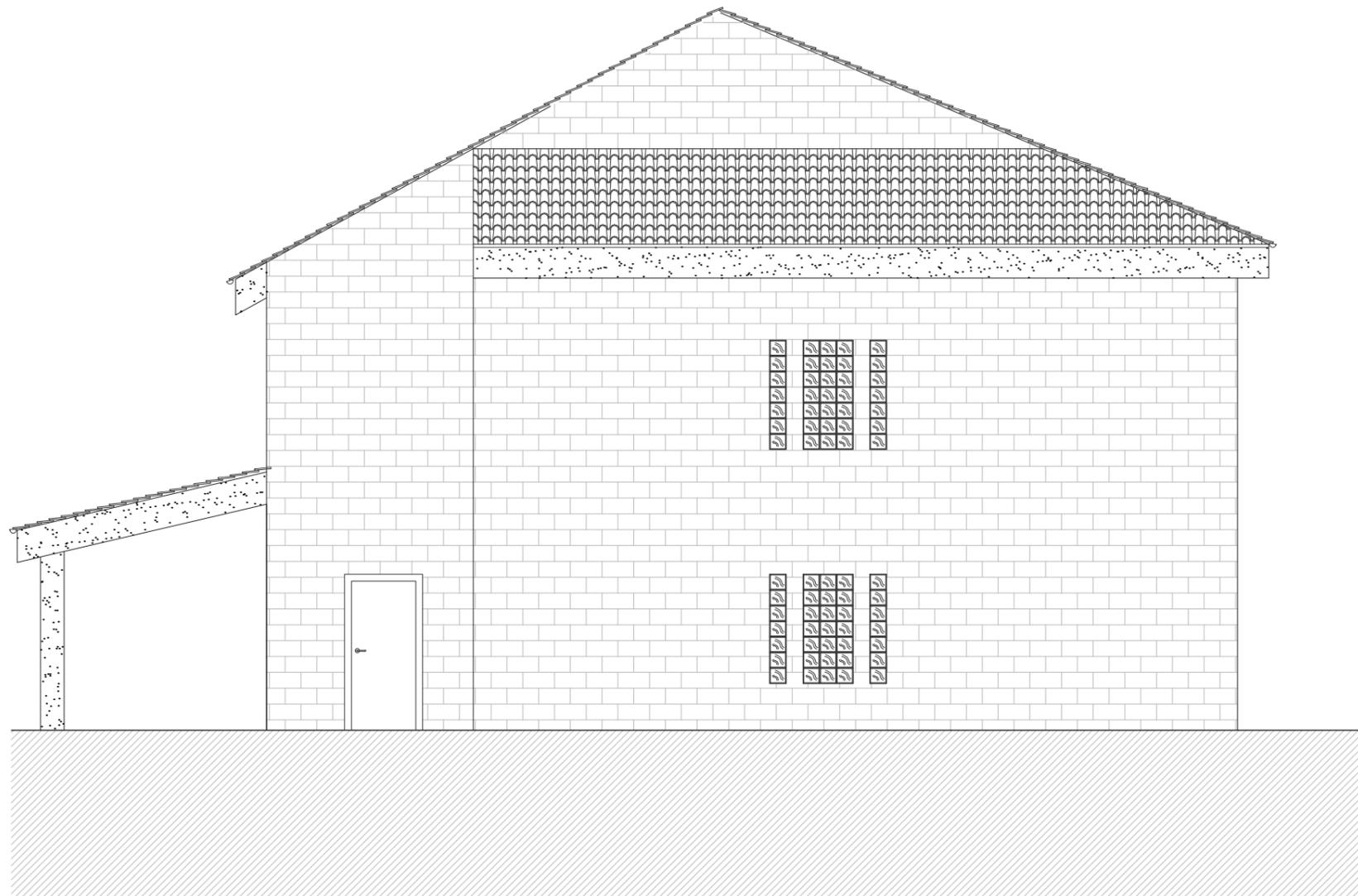
Escala:

ALZADO OESTE

1/75

Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

Escala:

ALZADO ESTE

1/75

Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

Escala:

ALZADO NORTE

1/75

Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

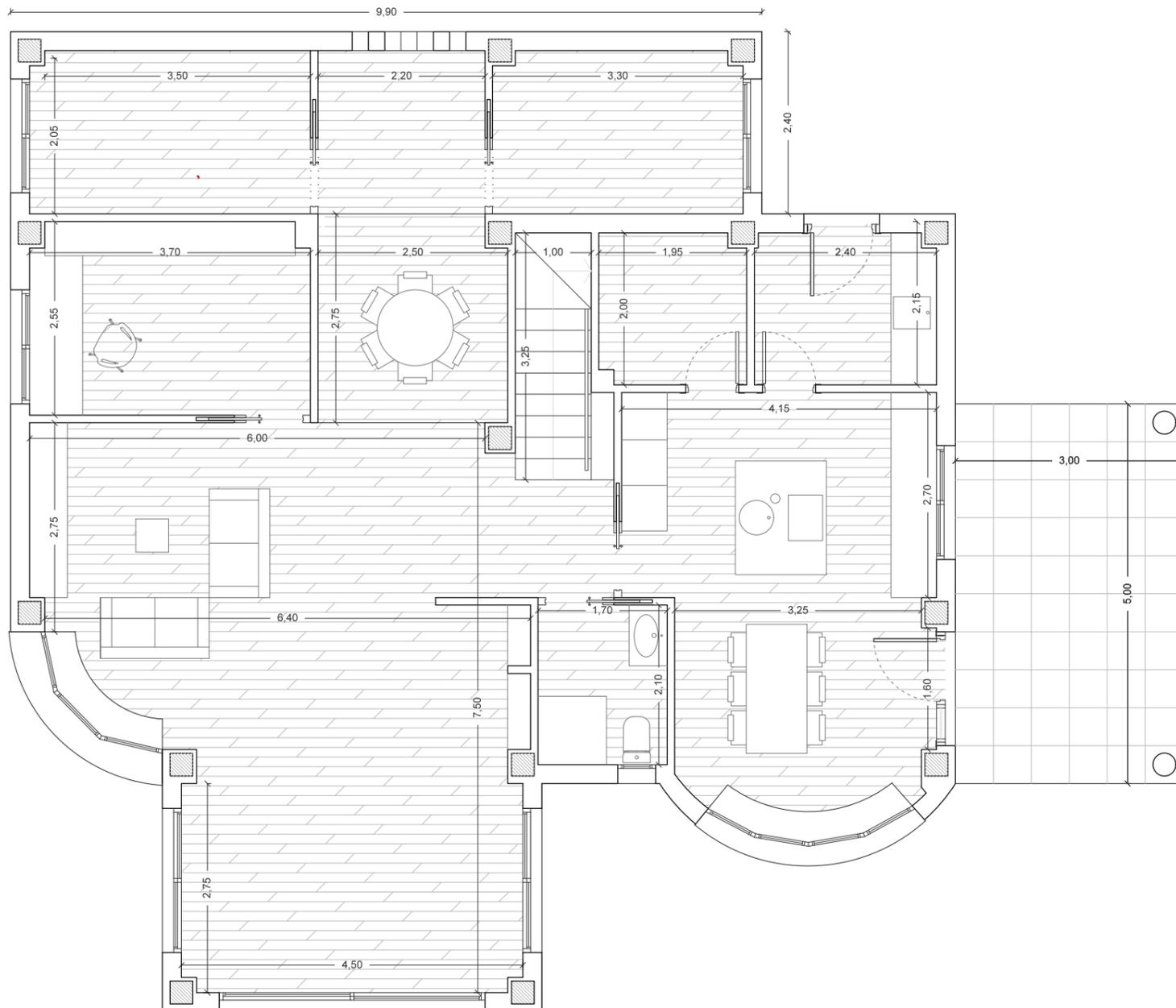
Escala:

ALZADO SUR

1/75

Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

PLANTA BAJA

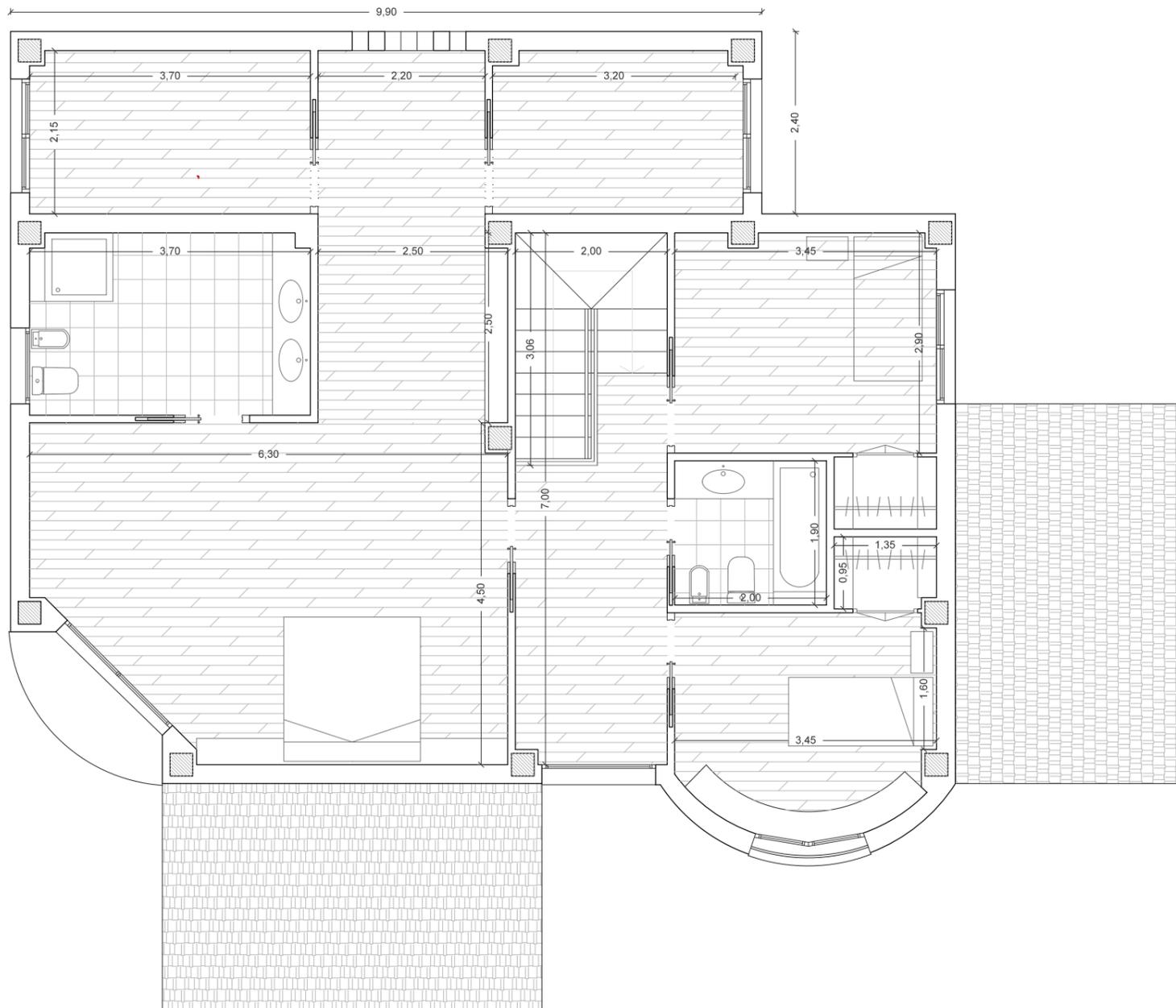
Escala:

1/75



Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

PLANTA 1

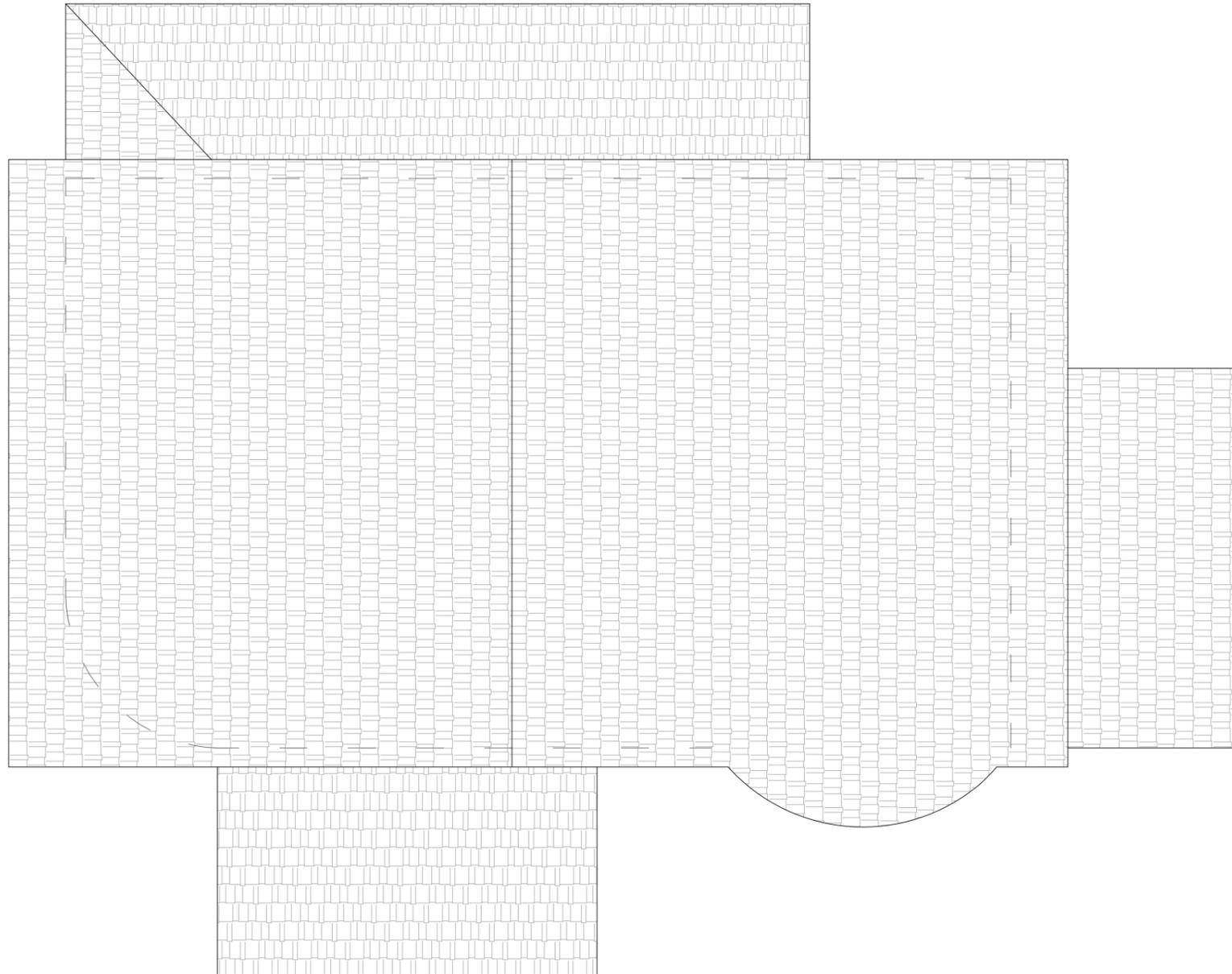
Escala:

1/75



Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

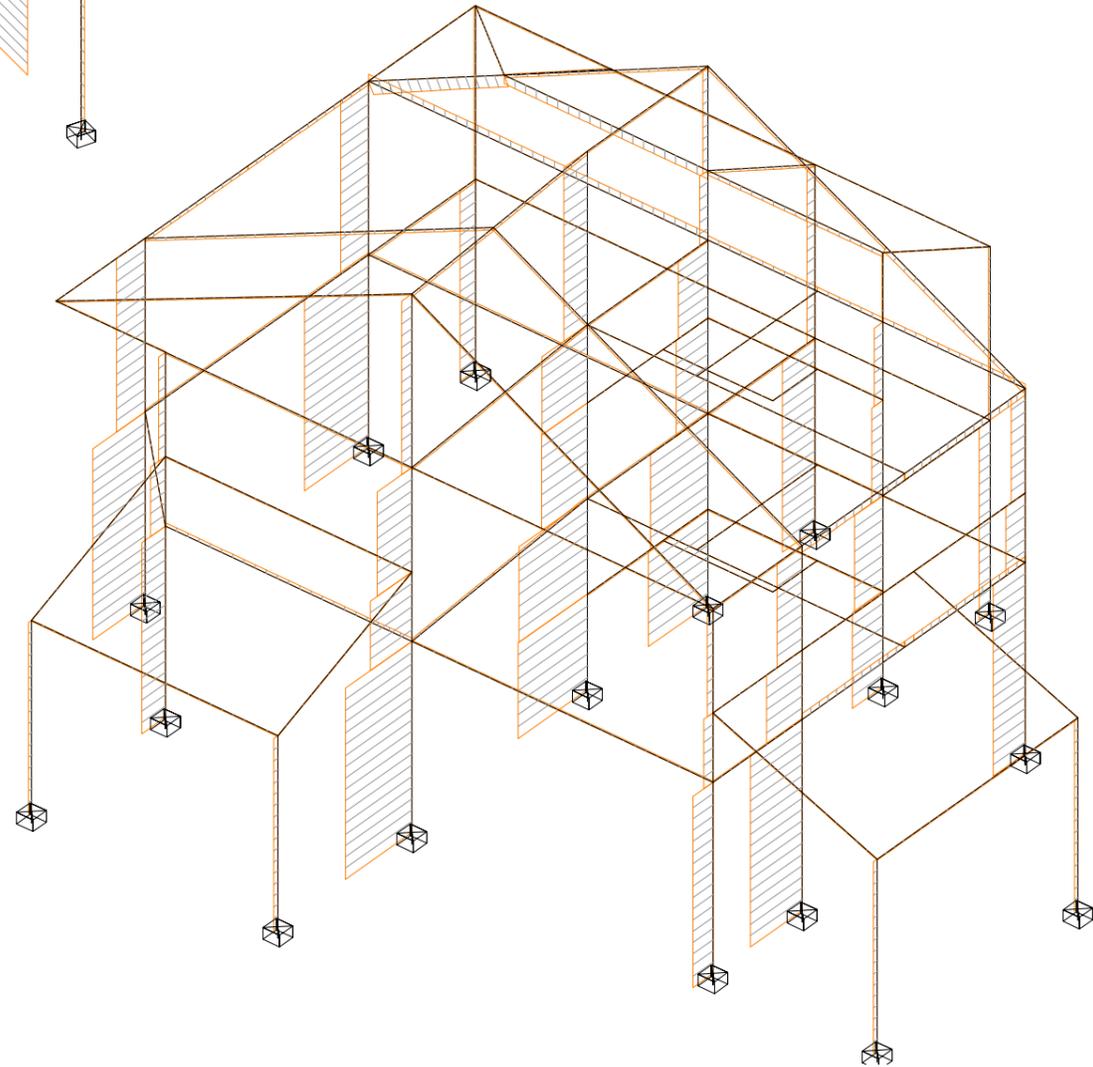
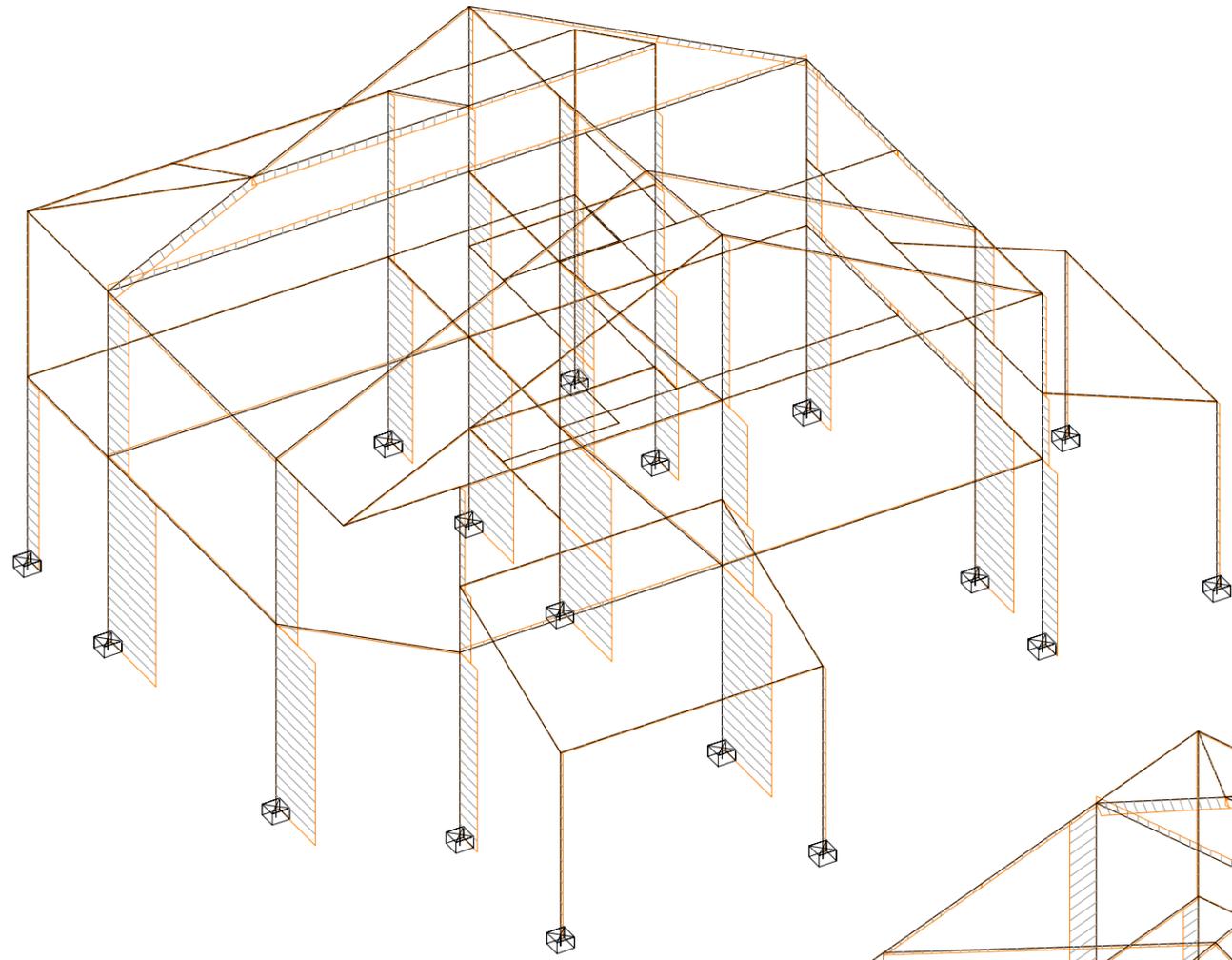
Escala:

CUBIERTA

1/75

Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

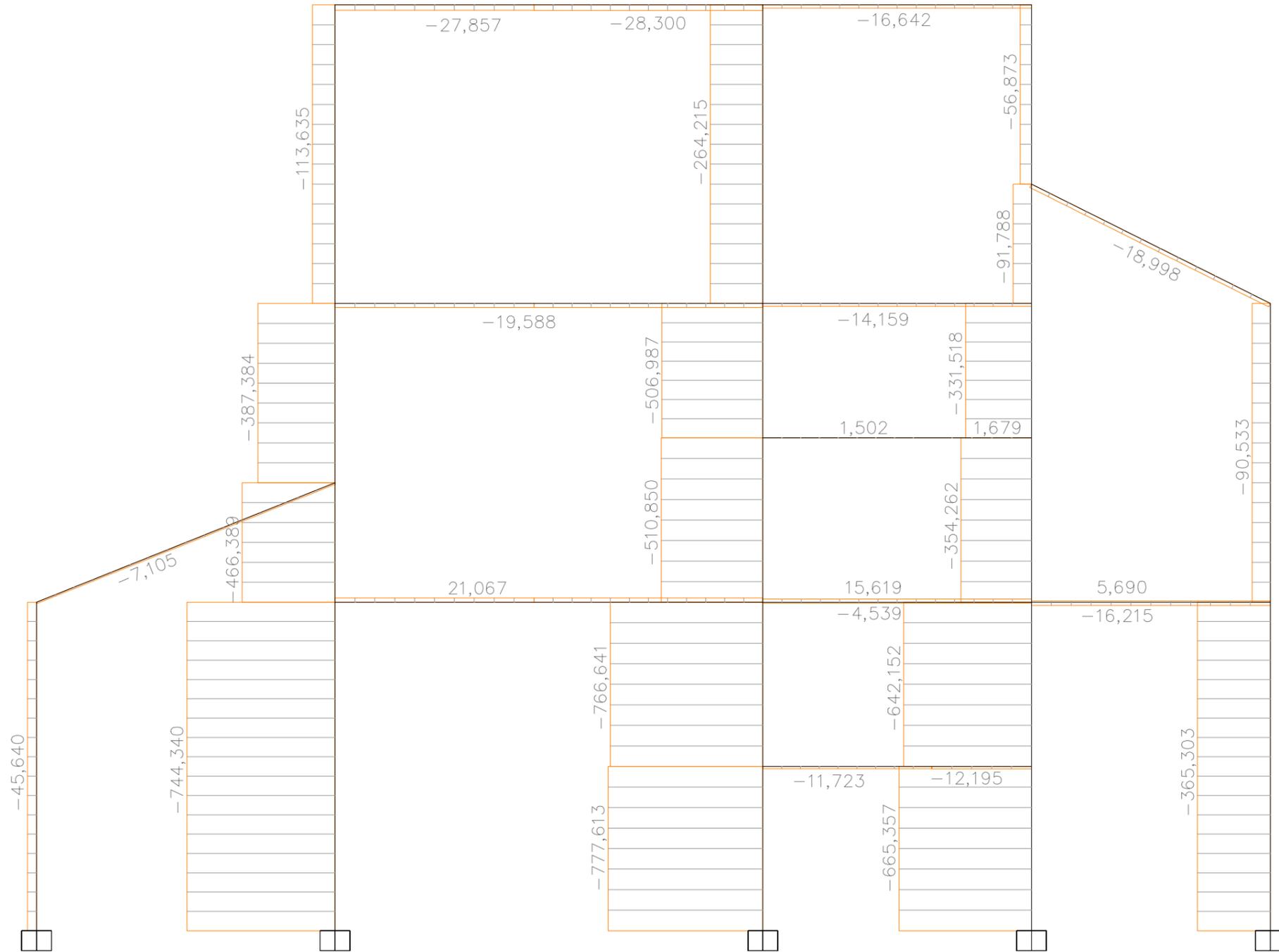
Escala:

SOLICITACIONES
AXILES

1/50

Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

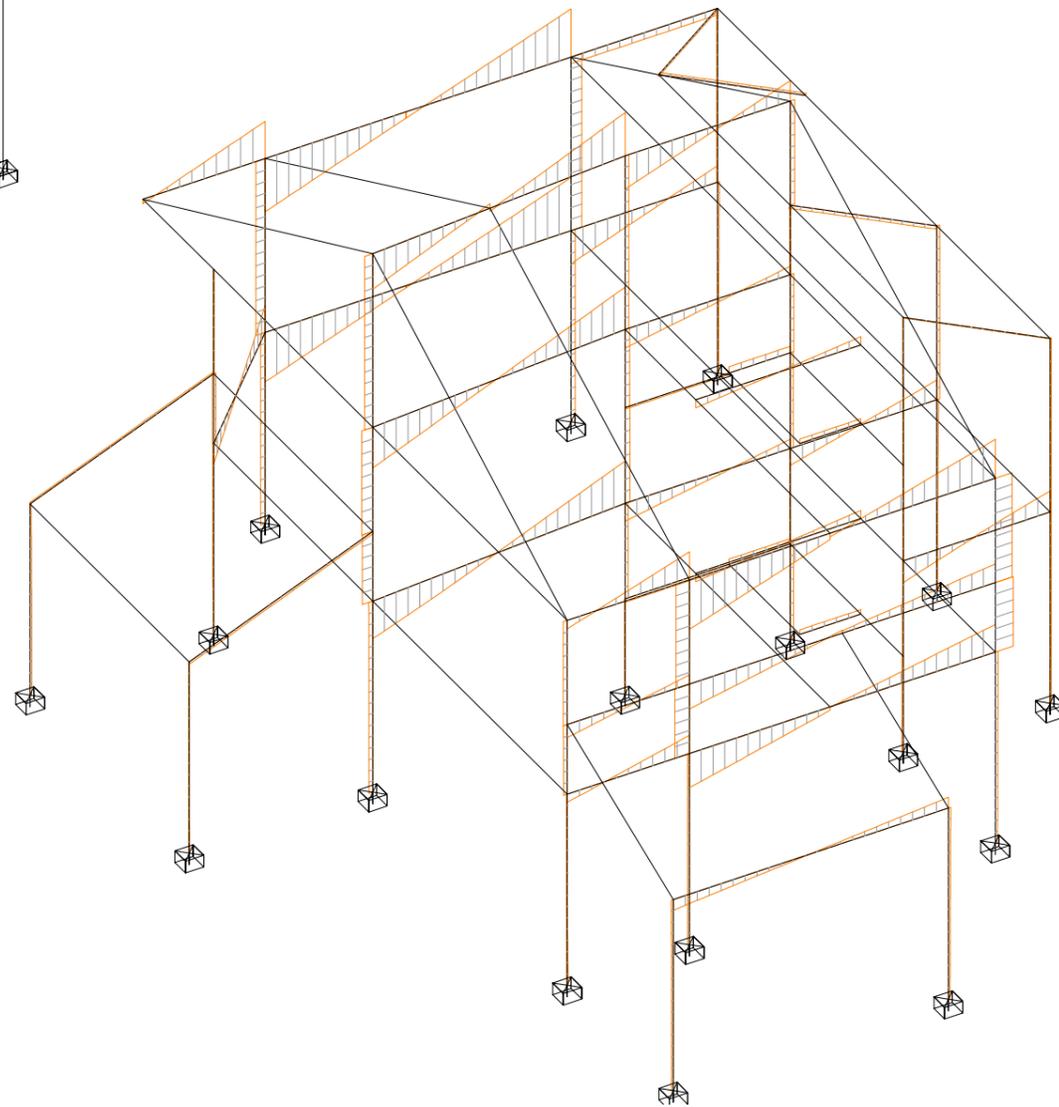
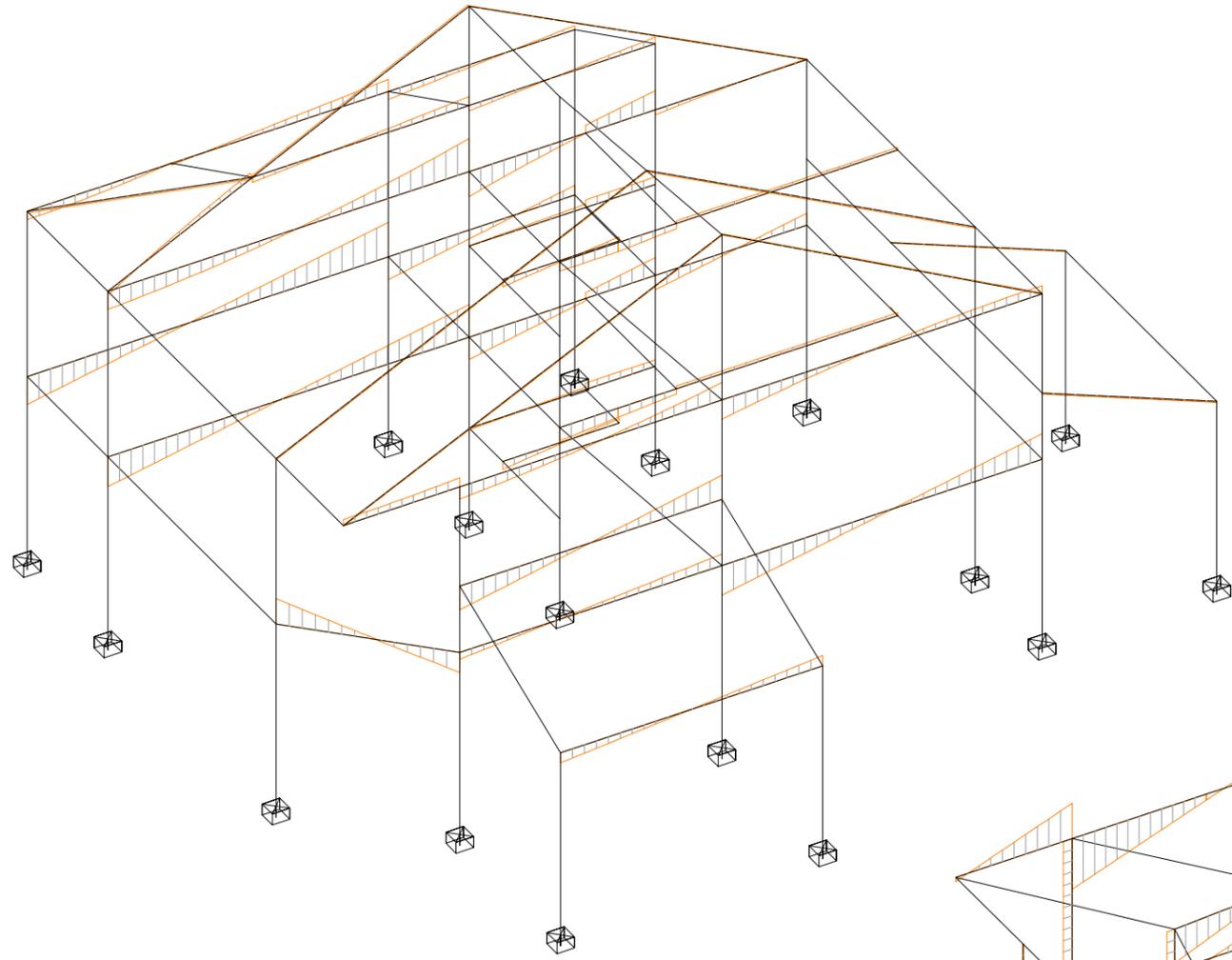
PÓRTICO 2-4-9-12-16
SOLICITACIONES
AXILES

Escala:

1/50

Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

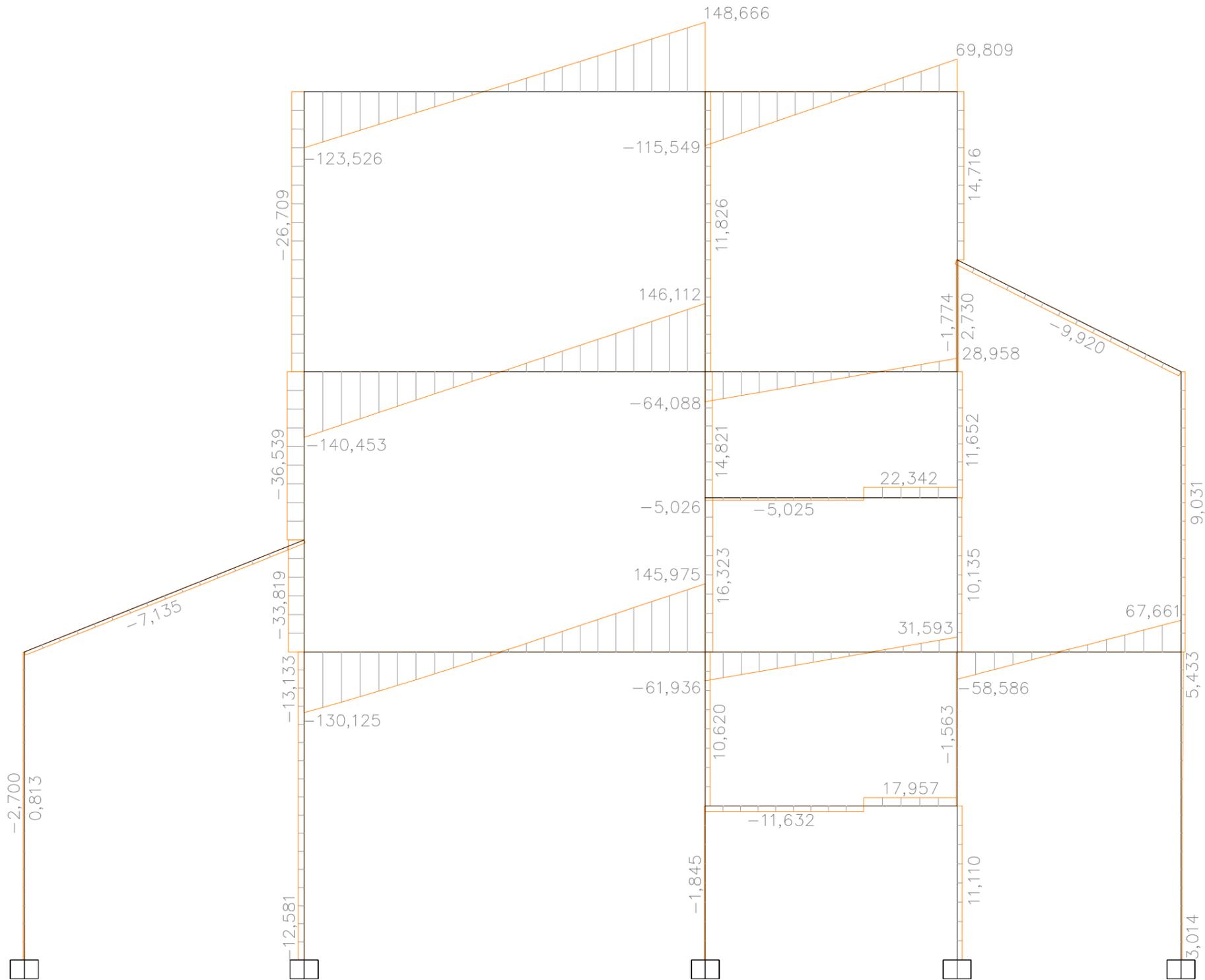
46149 - GILET

Plano:

SOLICITACIONES
CORTANTES

Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

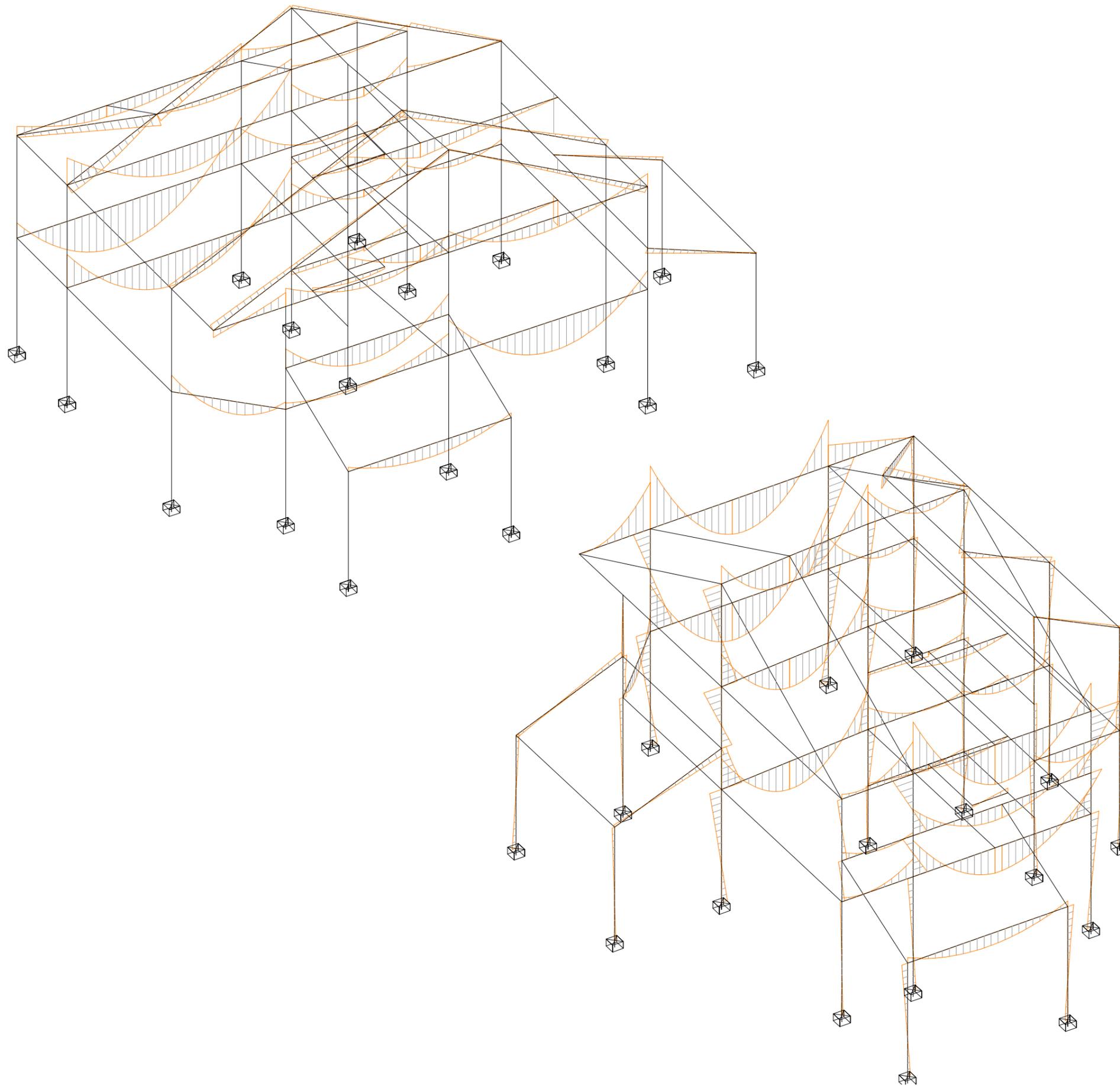
PÓRTICO 2-4-9-12-16
SOLICITACIONES
CORTANTES

Escala:

1/50

Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

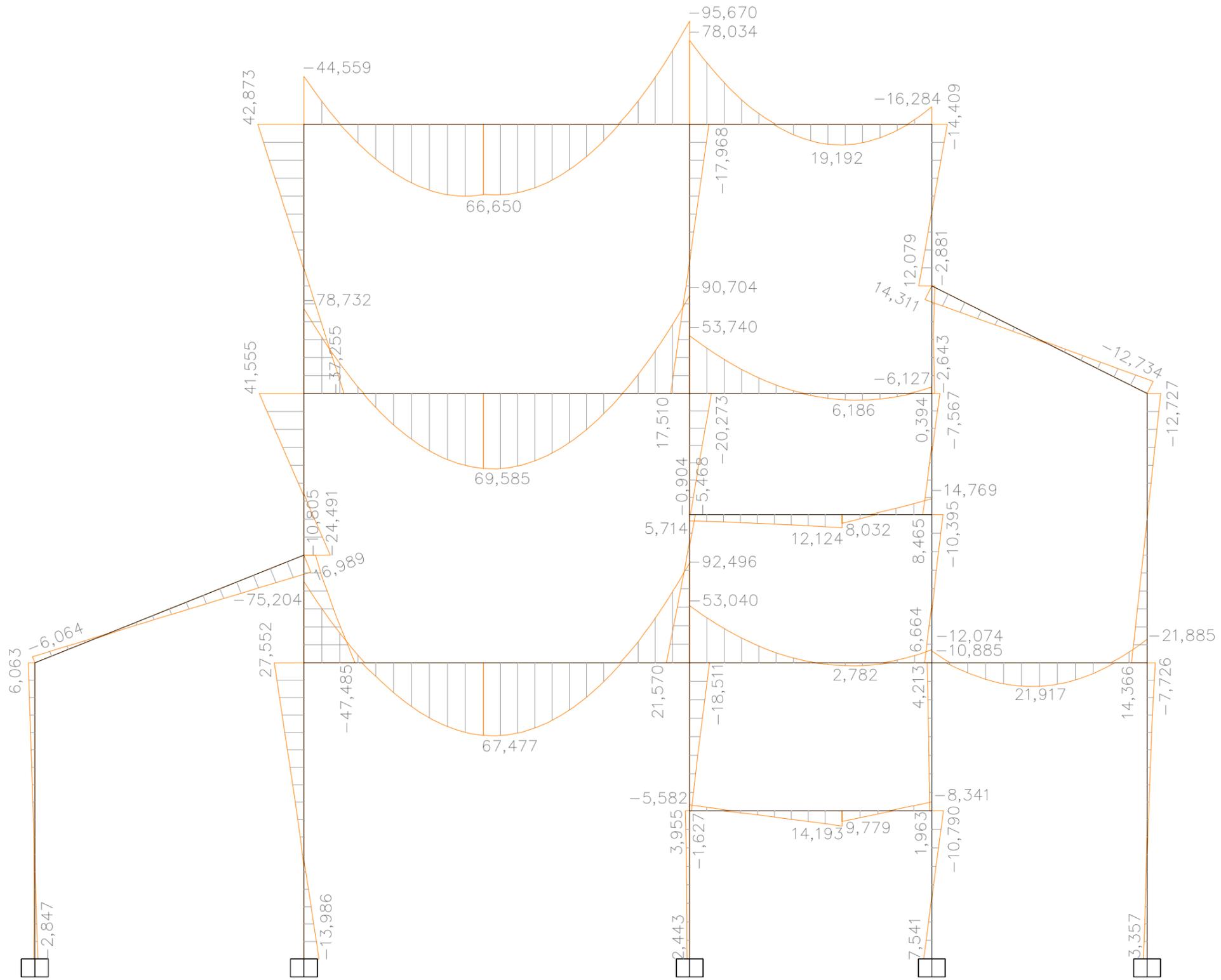
46149 - GILET

Plano:

SOLICITACIONES
MOMENTOS

Autor:

JORGE GIL HOYOS



Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

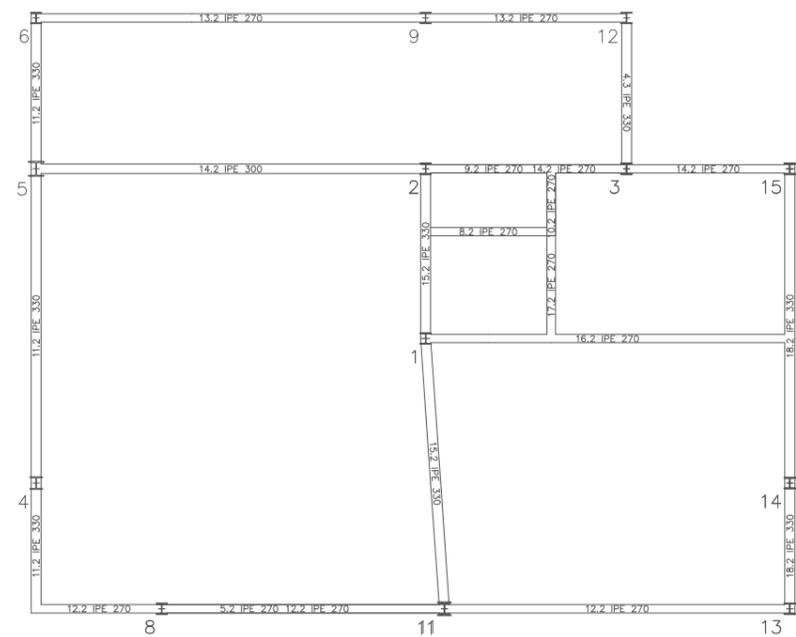
PÓRTICO 2-4-9-12-16
SOLICITACIONES
MOMENTOS

Escala:

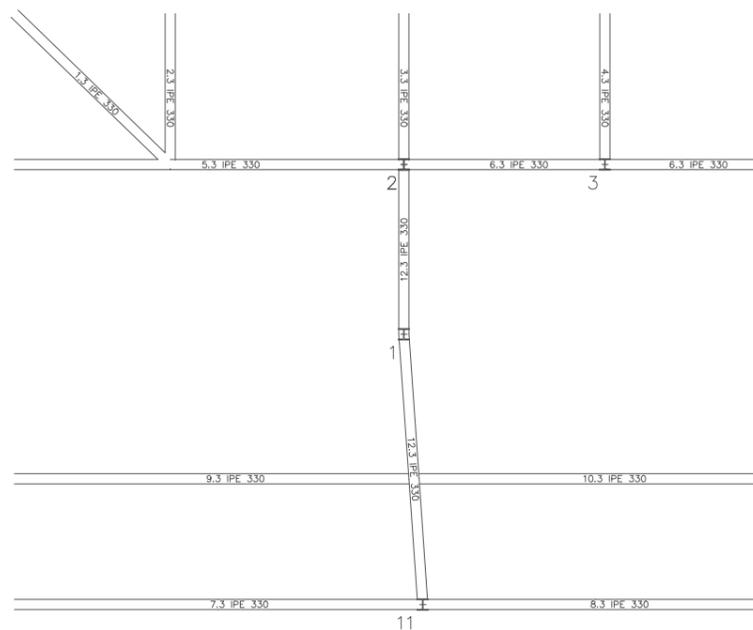
1/50

Autor:

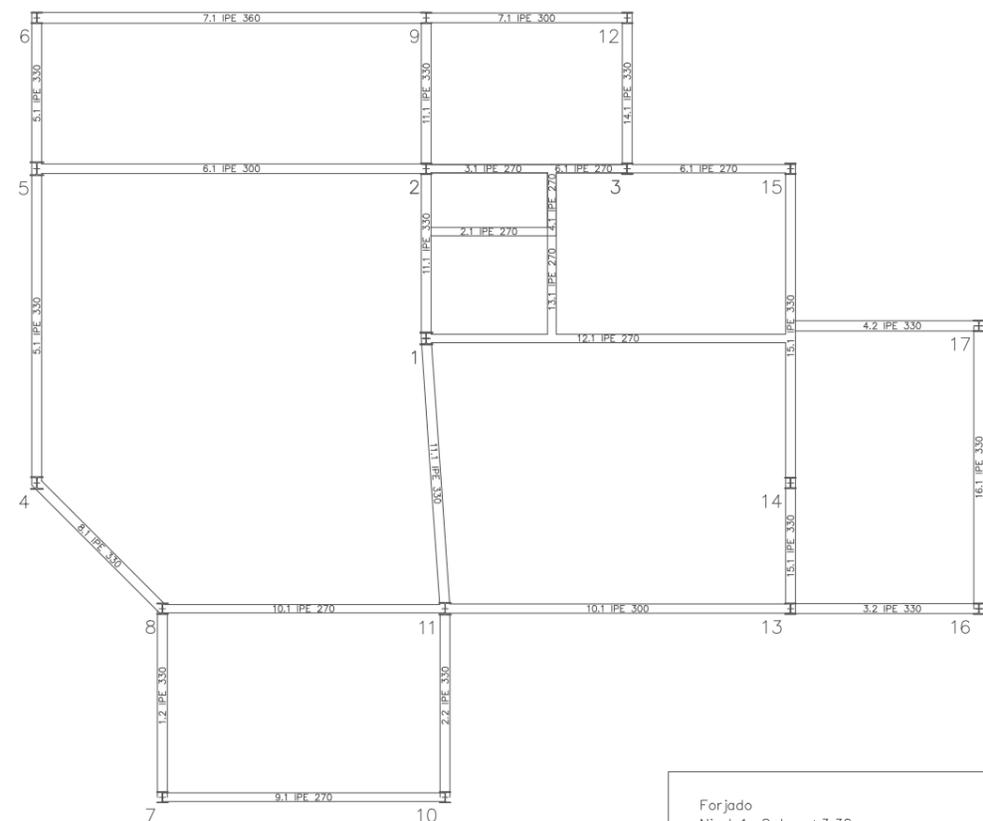
JORGE GIL HOYOS



Forjado
 Nivel 2. Cota: +6,30 m.
 Material predominante: S275



Forjado
 Nivel 3. Cota: +9,30 m.
 Material predominante: S275



Forjado
 Nivel 1. Cota: +3,30 m.
 Material predominante: S275

ACERO					
Tipo	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}
S275	275,00	410,00	1,05	1,05	1,25

Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

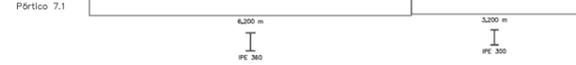
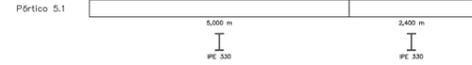
FORJADO ESTRUCTURAL. VIGAS

Autor:

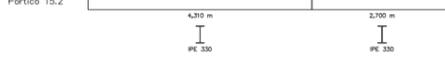
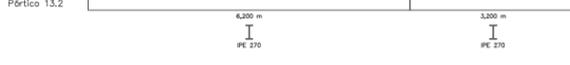
JORGE GIL HOYOS



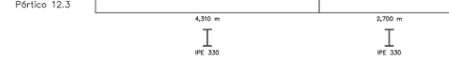
PÓRTICOS
Forjado 0. Cota: 0,00 m.
Material predominante: S275



PÓRTICOS
Forjado 1. Cota: +3,30 m.
Material predominante: S275



PÓRTICOS
Forjado 2. Cota: +6,30 m.
Material predominante: S275



PÓRTICOS
Forjado 3. Cota: +9,30 m.
Material predominante: S275

ACERO					
Tipo	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}
S275	275,00	410,00	1,05	1,05	1,25

Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

PERFILES IPE. VIGAS

Autor:

JORGE GIL HOYOS

Forjado 3. Cota 9,30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Cota 9,30. Forjado 3
		I HEB 180 (180 cm)									I HEB 180 (300 cm)					Cota 7,50
Cota 7,50	I HEB 180 (300 cm)	I HEB 180 (120 cm)	I HEB 180 (120 cm)													Cota 6,30. Forjado 2
Forjado 2. Cota 6,30	I HEB 180 (135 cm)	I HEB 180 (135 cm)	I HEB 180 (135 cm)													Cota 4,95
Cota 4,95				I HEB 200 (300 cm)	I HEB 240 (300 cm)	I HEB 180 (300 cm)		I HEB 180 (180 cm)		I HEB 180 (180 cm)		I HEB 180 (180 cm)	I HEB 180 (180 cm)	I HEB 180 (180 cm)	I HEB 180 (180 cm)	Cota 4,50
Cota 4,50	I HEB 180 (165 cm)	I HEB 180 (165 cm)	I HEB 180 (165 cm)													Cota 3,30. Forjado 1
Forjado 1. Cota 3,30	I HEB 200 (165 cm)	I HEB 180 (165 cm)	I HEB 180 (165 cm)													Cota 1,65
Cota 1,65				I HEB 200 (330 cm)	I HEB 220 (330 cm)	I HEB 180 (330 cm)	I HEB 200 (330 cm)	I HEB 180 (330 cm)	I HEB 180 (330 cm)	I HEB 180 (330 cm)	I HEB 180 (330 cm)	Cota 0,00. Forjado 0				
Forjado 0. Cota 0,00	I HEB 200 (165 cm)	I HEB 180 (165 cm)	I HEB 180 (165 cm)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

ACERO					
Tipo	fy (N/mm2)	fu (N/mm2)	γM0	γM1	γM2
S275	275,00	410,00	1,05	1,05	1,25

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm2)	α larga duración	γc	Acero arm. pilares	Acero arm. vigas	γs
HA25	25,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Proyecto:

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN GILET

Situación:

AVDA MEDITERRÁNEA 33

46149 - GILET

Plano:

PERFILES HEB. PILARES

CUADRO DE PILARES
Material predominante: S275

Autor:

JORGE GIL HOYOS