



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Estudio, modelización y análisis mediante SAP2000 de la
estructura de la Casa del Acantilado de Fran Silvestre

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Escribá Costa, Javier

Tutor/a: Gallardo Llopis, David

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

ESTUDIO, MODELIZACIÓN Y ANÁLISIS MEDIANTE SAP2000 DE LA ESTRUCTURA DE LA CASA DEL ACANTILADO DE FRAN SILVESTRE

GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA
TRABAJO FINAL DE GRADO

ALUMNO JAVIER ESCRIBÁ COSTA
TUTOR DAVID GALLARDO LLOPIS
CURSO ACADÉMICO 2023/2024

RESUMEN

En este trabajo se elabora el análisis estructural de la Casa del Acantilado de Fran Silvestre, cuya obra arquitectónica destaca por la búsqueda constante del límite de las posibilidades estructurales en sus proyectos. Se desarrolla un trabajo completo de estudio tanto del arquitecto, el proyecto mencionado y su comportamiento estructural.

Para ello, en primer lugar, se presenta al arquitecto y su trayectoria hasta el momento para proceder, a continuación, con la obra objeto de este análisis, describiéndola primero y analizándola pormenorizadamente a lo largo del trabajo en todos sus aspectos relevantes.

Dicho análisis, basado en la información bibliográfica más completa posible y mediante el uso del programa de cálculo SAP2000, se realiza incorporando en el modelo creado en la herramienta AutoCad las simplificaciones y detalles adecuados para que los resultados sean lo más fieles posibles a la realidad. A partir de los resultados que se obtienen, se extraen conclusiones respecto de la validez del modelo, así como la explicación de forma coherente y completa de la respuesta estructural del proyecto, permitiendo conocer mejor el funcionamiento de esta estructura.

Además, se abordan aspectos singulares como la importancia de las decisiones clave durante la fase de ejecución del proyecto, mediante el desarrollo de sistemas peculiares para hacer viable la construcción de esta vivienda.

PALABRAS CLAVE

SAP2000 | Análisis | Casa del Acantilado | Estructura de hormigón | Fran Silvestre

RESUM

En este treball s'elabora l'anàlisi estructural de la Casa del Penya-segat de Fran Silvestre, l'obra arquitectònica del qual destaca per la cerca constant del límit de les possibilitats estructurals en els seus projectes. Es realitza un treball complet d'estudi tant de l'arquitecte, el projecte esmentat i el seu comportament estructural.

Per a això, en primer lloc, es presenta a l'arquitecte i la seua trajectòria fins al moment per a procedir, a continuació, amb l'obra objecte d'esta anàlisi, descrivint-la primer i analitzant-la detalladament al llarg del treball en tots els seus aspectes rellevants.

Esta anàlisi, basat en la informació bibliogràfica més completa possible i mitjançant l'ús del programa de càlcul SAP2000, es realitza incorporant en el model creat en la ferramenta AutoCad les simplificacions i detalls adequats perquè els resultats siguin el més fidels possibles a la realitat. A partir dels resultats que s'obtenen, s'extrauen conclusions respecte de la validesa del model, així com l'explicació de manera coherent i completa de la resposta estructural del projecte, permetent conèixer millor el funcionament d'esta estructura.

A més, s'aborden aspectes singulars com la importància de les decisions clau durant la fase d'execució del projecte, mitjançant el desenvolupament de sistemes peculiars per a fer viable la construcció d'esta vivenda.

PARAULES CLAU

SAP2000 | Anàlisi | Casa del Penya-segat | Estructura de formigó | Fran Silvestre

ABSTRACT

In this work, the structural analysis of the House on the Cliff by Fran Silvestre is elaborated, whose architectural work stands out for the constant search for the limit of structural possibilities in his projects. A complete study of the architect, the aforementioned project and its structural behaviour is carried out.

To do this, first, the architect and his career are presented to proceed, then, with the work that is the object of this analysis, describing it first and analysing it in detail throughout the work in all its relevant aspects.

Said analysis, based on the most complete bibliographic information possible and through the use of the SAP2000 calculation program, is carried out by incorporating into the model created in the AutoCad tool the appropriate simplifications and details so that the results are as faithful as possible to reality. From the results obtained, conclusions are drawn regarding the validity of the model, as well as the coherent and complete explanation of the structural response of the project, allowing us to better understand the functioning of this structure.

In addition, unique aspects are addressed such as the importance of key decisions during the project execution phase, through the development of peculiar systems to make the construction of this home viable.

KEYWORDS

SAP2000 | Analysis | House on the Cliff | Concrete structure | Fran Silvestre

ÍNDICE

01. OBJETIVOS DEL TRABAJO	9
02. ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO.....	11
02.01. ANÁLISIS DEL ARQUITECTO.....	11
02.02. ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO.....	13
02.03. ANÁLISIS DE LA OBRA	15
03. ANÁLISIS DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	19
03.01. DESCRIPCIÓN GRÁFICA PROYECTUAL.....	19
03.02. DESCRIPCIÓN GRÁFICA ESTRUCTURAL Y CONSTRUCTIVA	24
03.03. FOTOGRAFÍAS FINALES DEL PROYECTO	33
04. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE CÁLCULO	39
04.01. GEOMETRÍA EN AUTOCAD.....	39
04.02. NORMAS DE APLICACIÓN.....	42
04.03. PROPIEDADES DE MATERIALES Y SECCIONES EN SAP2000	43
04.03.01. BARRAS.....	43
04.03.02. ELEMENTOS FINITOS	46
04.04. CONDICIONES DE ENLACE EN SAP2000.....	48
04.05. DEFINICIÓN DE LOS MODELOS POR ETAPAS DE EJECUCIÓN	55
04.05.01. FASE PRIMERA.....	55
04.05.02. FASE SEGUNDA.....	56
04.05.03. FASE TERCERA	57
04.05.04. FASE CUARTA	57
04.05.05. FASE QUINTA.....	58
05. ESTIMACIÓN DE LAS ACCIONES.....	60
05.01. APLICACIÓN DE LAS ACCIONES EN SAP2000	60
05.01.01. ACCIONES PERMANENTES (G).....	60
05.01.02. ACCIONES VARIABLES (Q)	67
05.01.02.01. SOBRECARGA DE USO	67
05.01.02.02. SOBRECARGA DE NIEVE.....	68
05.01.02.03. SOBRECARGA DE VIENTO	68
05.01.03. ACCIONES ACCIDENTALES (A).....	72
05.01.04. ACCIONES APLICADAS EN CADA FASE DE EJECUCIÓN	83
05.01.04.01. ACCIONES FASE PRIMERA.....	83
05.01.04.02. ACCIONES FASE SEGUNDA	86
05.01.04.03. ACCIONES FASE TERCERA.....	87
05.01.04.04. ACCIONES FASE CUARTA	87
05.01.04.05. ACCIONES FASE QUINTA	87
06. SEGURIDAD Y ESTADOS LÍMITE	89
06.01. CRITERIOS DE SEGURIDAD	89
06.02. ESTADOS LÍMITE	90
06.02.01. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (ELS).....	90
06.02.02. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU)	91
06.03. INSERCIÓN DE COMBINACIONES EN SAP2000.....	92
07. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	96
07.01. PROCESO DE ANÁLISIS.....	96
07.02. COMPROBACIÓN ELS	97
07.02.01. COMPROBACIÓN DE FLECHA VERTICAL	97
07.02.02. COMPROBACIÓN DE DEFORMACIÓN HORIZONTAL.....	104
07.02.03. COMPROBACIÓN DE VIBRACIONES.....	107
07.03. COMPROBACIÓN ELU	109

07.03.01. METODOLOGÍA EMPLEADA	109
07.03.02. COMPROBACIÓN DE ELEMENTOS FINITOS VERTICALES.....	112
07.03.02.01. MURO M.01.....	113
07.03.02.02. MUROS M.02 Y M.03.....	117
07.03.02.03. MUROS M.04, M.05, M.06, M.07 Y M.08	120
07.03.02.04. MURO M.03.....	124
07.03.02.05. VIGA V.01.....	126
07.03.02.06. MURO M.02 SEGUNDO MÉTODO	128
07.03.02.07. MURO M.06 SEGUNDO MÉTODO	131
07.03.03. COMPROBACIÓN DE ELEMENTOS FINITOS HORIZONTALES.....	133
07.03.03.01. LOSA DE PLANTA DE VIVIENDA.....	133
07.03.03.02. LOSA DE PLANTA DE CUBIERTA	138
07.03.03.03. LOSA DE PLANTA DE GARAJE.....	142
07.03.03.04. CIMENTACIÓN.....	146
07.04. ANÁLISIS DEL PROYECTO DENTRO DEL PROYECTO; LA CIMBRA	154
07.04.01. COMPROBACIÓN BARRAS METÁLICAS ORIGINALES A ELU	154
07.04.02. OPTIMIZACIÓN DE BARRAS METÁLICAS A ELU	158
08. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	167
09. CONCLUSIONES.....	169
09.01. EDIFICIO Y ESTRUCTURA.....	169
09.02. MODELIZACIÓN Y USO DE SAP2000	170
10. BIBLIOGRAFÍA.....	172
10.01. LISTADO DE REFERENCIAS TEXTUALES Y RECURSOS DE RED	172
10.02. LISTADO DE NORMATIVA CONSULTADA.....	173
10.03. LISTADO DE FIGURAS	174

01. OBJETIVOS DEL TRABAJO

El propósito de este trabajo es investigar, analizar e interpretar la estructura de la Casa del Acantilado de Fran Silvestre mediante el programa de análisis estructural SAP2000. Se buscará conocer en detalle el comportamiento de las soluciones estructurales empleadas en el proyecto, analizando tanto el conjunto como el comportamiento de los elementos individuales que forman parte de la estructura.

Para ello, en primer lugar, se debe conocer la importancia del proyecto objeto de análisis y las características más destacables que demuestran su interés. Se realiza una búsqueda de información bibliográfica para conocer e introducir al arquitecto y su trayectoria profesional hasta el momento, así como su estilo arquitectónico, ya que algunas de sus características más habituales son clave para entender el uso de determinados elementos estructurales, tratándose de una arquitectura basada en el minimalismo y la búsqueda del límite estructural.

Se procede a continuación con la obra objeto del trabajo, justificando el interés de analizarla estructuralmente, realizando un análisis de su contexto histórico y tipológico, y señalando las características más destacables que demuestran su singularidad. Mediante una búsqueda exhaustiva de información bibliográfica sobre el proyecto, se recopila suficiente información para poder interpretar correctamente la estructura y los elementos que la componen, haciendo viable la creación de un modelo de cálculo lo más fiel posible a la realidad. Se procede de este modo al modelado del proyecto con la herramienta AutoCAD, dibujando mediante barras y elementos finitos bidimensionales todos los elementos que la integran, teniendo en cuenta las diversas simplificaciones necesarias para el correcto análisis mediante el software SAP2000, facilitando su análisis y comprensión. En este programa, se fijarán las secciones y materialidad de los elementos definidos en el modelo geométrico para establecer, a continuación, los tipos de uniones y cargas, entre otros aspectos clave para la correcta interpretación de la estructura por parte de la herramienta.

El objetivo final del trabajo es tanto el aprendizaje y mejor conocimiento del programa, como profundizar en el comportamiento estructural de una estructura singular alejada de los estándares habituales.

Por todo ello, se realiza el cálculo de la estructura de la vivienda, su análisis y posterior interpretación de los resultados obtenidos, tanto en Estados Límite de Servicio como en Estados Límite Últimos y en la respuesta conjunta y general del proyecto, identificando posibles fallos en el modelado, comportamientos inadecuados o fuera de los límites que establece la normativa actual en zonas puntuales o en la respuesta conjunta de la estructura, así como posibles aspectos a mejorar. Finalmente, se exponen las conclusiones obtenidas en cada análisis y en su globalidad, intentando que todo el análisis realizado pueda ser útil para desarrollar el cálculo de otras estructuras mediante la misma metodología. Una correcta comprensión de las limitaciones estructurales es un aspecto importante en la formación y ejercicio de la profesión del arquitecto, permitiendo realizar edificios de características similares a las analizadas gracias a su comprensión.

02. ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO

02.01. ANÁLISIS DEL ARQUITECTO

Fran Silvestre es un doctor arquitecto valenciano, licenciado con matrícula de honor por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia en el año 2001. Obtuvo la misma calificación en su titulación como urbanista en la Escuela Técnica Superior de Eindhoven, en Holanda. Es doctor con calificación de sobresaliente Cum Laude en diseño por la Universidad Politécnica de Valencia, obtenida en el año 2006. Recientemente, ha sido galardonado como doctor magno a la excelencia por la Asociación de Profesionales Doctores.



Figura 02.01-01. Fotografía de Fran Silvestre. Fuente: Forbes España.

En la actualidad, es profesor del Departamento de Proyectos en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia en la propia UPV, escuela de la que fue el subdirector en 2011. También es profesor en la Universidad Europea, a la vez que dirige la Escuela de Posgrado March en Arquitectura y Diseño, donde colabora con arquitectos de renombre internacional como Álvaro Siza, Eduardo Souto de Moura o Carlos Ferrater. En 2018 obtuvo la Cátedra Víctor L. Regnier de la Kansas City University en Estados Unidos, por la cual ejerció como profesor visitante en el departamento de arquitectura. Durante su trayectoria profesional se formó con el Premio Pritzker portugués Álvaro Siza en Oporto durante dos años o el estudio MVRDV en Holanda. Su experiencia junto a Siza sería definitiva en su formación, asimilando la sensibilidad espacial y lumínica del maestro portugués.

Su estudio, Fran Silvestre Arquitectos, fue fundado en 2005, cuando volvió a Valencia por un proyecto que Siza iba a desarrollar en el Campus de Tarongers, el cual finalmente no se realizó. El estudio, con sede en Valencia, desarrolla su actividad en el antiguo taller del escultor Andreu Alfaro, un espacio de 7000 metros cuadrados en el que un grupo multidisciplinar de más de 55 profesionales realizan proyectos residenciales, corporativos, culturales y públicos por todo el mundo.

A raíz de su trabajo, Fran Silvestre ha recibido premios como el de la Fundación Caja de Arquitectos en 2001 o el Premio del Colegio de Arquitectos en 2010. En 2012 fue elegido por el Ministerio de Cultura y Deporte como embajador de la arquitectura española en Estados Unidos con el programa Spain Arts and Culture y es galardonado con el premio Red Dot Design Award en 2013. Ese mismo año recibe el premio al mejor arquitecto de la Comunidad Valenciana en el IVAM. En 2016, el Consejo Superior de Arquitectos de España le concedió el primer premio en a XIII Biental Española de Arquitectura y Urbanismo en la categoría de Diseño.

Pero no solamente ha sido galardonado en diversas ocasiones en el ámbito nacional, sino también a nivel internacional. Por ejemplo, en 2015, en Reino Unido, recibe el premio Built Architectural Award. En 2016 ganó el New York City Design Award de Nueva York. Ha sido cuatro veces premiado por el Ministerio de Economía y Tecnología Alemán en 2016, 2020, 2021 y 2024 con el German Design Award. En 2021 ganó el IF Design Award y en 2022 la Federación Internacional de Arquitectos y Diseñadores le concedió el primer premio con la medalla de oro en la categoría de Arquitectura.

Además, ha presentado su trabajo en numerosos seminarios y conferencias en universidades e instituciones internacionales como la Kansas City University, la AIA de Nueva York o el Virginia Tech. También ha expuesto en numerosos museos como el Museo Serralves de Oporto en el marco de Inovdesign o en el MoMA, a través de la muestra, On-Site.

Su obra ha sido publicada en revistas como Architectural Record, GA houses, On-diseño o Interni. También en editoriales como Phaidon, Taschen o Thames & Hudson. Su trabajo también ha sido objeto de diversas monografías como las realizadas por TC Cuadernos, A.Mag, Área Nueva o la editorial Rizzoli de Nueva York. Esta última recoge los proyectos más prestigiosos del estudio bajo la mirada del prestigioso crítico estadounidense Philip Jodidio.

El estudio ha realizado proyectos tanto de pequeña como de gran escala por todo el mundo, destacando lugares como Croacia, Brasil, Estados Unidos, Australia, Italia, China, Austria, Egipto, Tailandia o España. Los proyectos se caracterizan por la seriación, la modulación, el cuidado de los detalles y el magistral uso de la luz. Cabe destacar La Casa del Acantilado en Alicante, la casa en Hollywood Hills en Los Angeles, la Casa Balint en Valencia, la Casa Sabater en Orihuela, el Masterplan Zibo en China o la Torre Eólica, un futuro proyecto para la ciudad de Valencia.

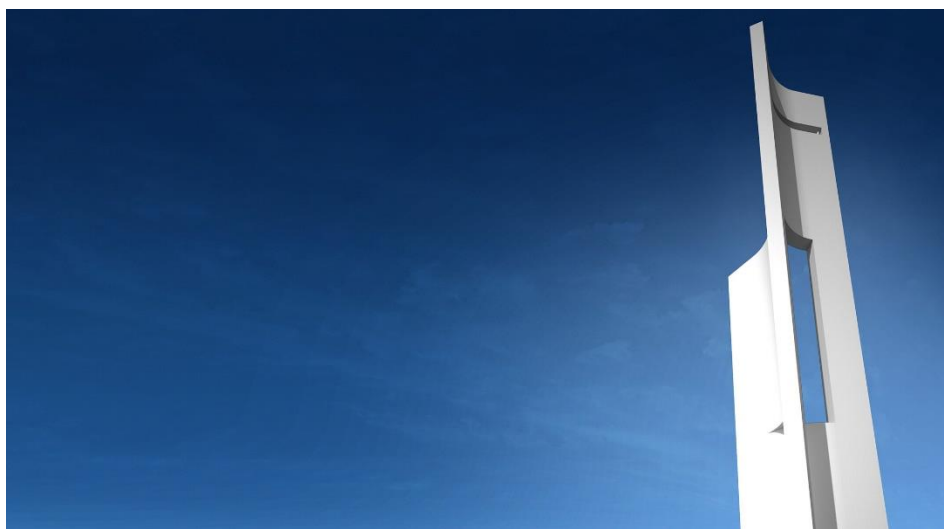


Figura 02.01-02. Infografía Torre Eólica. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

02.02. ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO

A pesar los numerosos premios y reconocimientos, hay que remontarse a los inicios del arquitecto en el año 2005 para observar el tipo de proyectos de realizaba en sus inicios, los cuales son sobre todo viviendas unifamiliares. Estos los realiza a la vez que obtiene el doctorado para ejercer la docencia. En pocos años, en España se da una situación adversa para el sector de la construcción, al llegar la crisis del ladrillo, frenando en seco la construcción de promociones inmobiliarias en las que todos los criterios de diseño y detalle no se tenían prácticamente en cuenta, pero Fran desde sus inicios se había mantenido alejado de esta corriente, intentando plasmar en sus proyectos desde el inicio la búsqueda de la belleza a través del detalle. Empezó de esta manera con proyectos residenciales de pequeña escala consolidando poco a poco su propio estilo dentro del marco de la arquitectura valenciana y nacional, hasta día de hoy, posicionándose como la firma arquitectónica con más repercusión mundial en el sector digital siendo una de las figuras españolas con mayor proyección en el panorama arquitectónico actual, con un estilo personal basado en la serenidad espacial, el equilibrio compositivo y la búsqueda de la luz.

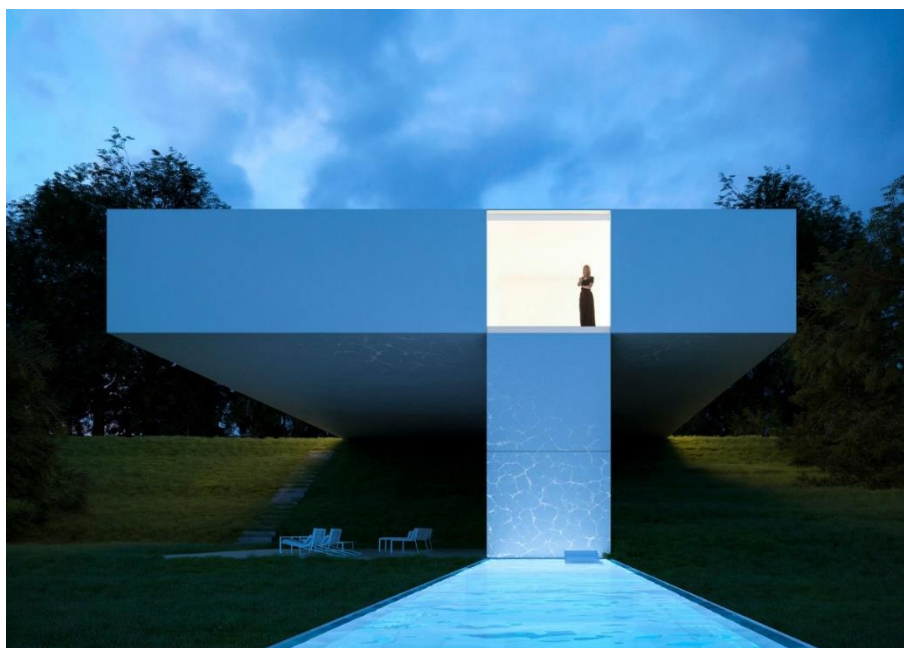


Figura 02.02-01. Fotografía Casa en Benhavis. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

Fran Silvestre mantiene un enfoque minimalista en todas sus obras, utilizando líneas abstractas y planos simples buscando relaciones espaciales expansivas. Aunque es innovador en el uso de nuevos materiales y emplear la nueva tecnología en sus obras, ofreciendo siempre proyectos acordes con el momento actual de cada obra, su trabajo sigue la tradición mediterránea, caracterizada principalmente por el uso del color blanco, algo que el propio arquitecto defiende no únicamente como una cuestión estética, sino también funcional y climática, al aportar este color beneficios en la temperatura que se consigue en los edificios en la zona del mediterráneo, donde la luz solar es muy potente.

Otra de sus principales características es la forma en que controla la luz mediante grandes voladizos y planos salientes, generando un juego en cada rincón del proyecto. Ese enfoque e idea de precisión le obliga a prestar especial atención en el detalle, teniendo en cuenta cada elemento para mantener la idea inicial y plasmarla en la construcción, buscando la solución más completa.

El propio Fran Silvestre fomenta y defiende en sus proyectos el diálogo entre arquitectos, ingenieros y clientes para lograr confort y utilidad, algo que se ve claramente plasmado en la toma de decisiones a lo largo del proceso proyectual y constructivo en la propia Casa del Acantilado. En sus obras experimenta con la geometría y el carácter escultural de los edificios, en gran parte debido a la influencia del escultor Andreu Alfaro y del arquitecto Álvaro Siza.

Uno de los puntos clave en sus proyectos es la integración de la estructura con la arquitectura, investigando constantemente sobre ella para lograr fluidez espacial y continuidad, jugando con la sensación de ingravidez.

Según David Cohn, en su trabajo residencial, desarrolla tres tipos principales de casas: las de patio, jardín y organizadas en torno a una vista, de los cuales, la Casa del Acantilado se engloba dentro del último grupo.



Figura 02.02-02. Fotografía Casa Hofmann. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

Por último, para entender la filosofía del estudio y su manera tan característica de proyectar, es interesante comentar que el estudio Fran Silvestre Arquitectos ha desarrollado un proceso de diseño para abordar de la forma más eficaz posible el proceso creativo, en el cual lo primero que se hace es solicitar al cliente “la lista de deseos” que sirve como primer contacto. A partir de esa lista de deseos lo que se hace es trabajar con las manos, desarrollando diferentes maquetas hasta que haya varias que se aproximan a las demandas de los clientes.

De todas las maquetas, únicamente se seleccionan tres, a partir de las cuales se comienza a trabajar en planos simples con una línea, de manera esquemática como primera aproximación para plantear distribuciones. En paralelo el departamento de infografías, que cuenta ya con unas líneas estéticas propias características del estudio, prepara las primeras imágenes, todavía muy conceptuales, del proyecto. Todo este contenido es el que se les facilita a los clientes en un primer momento a través de una primera reunión donde comunican la idea. Cuando ellos eligen uno de estos tres proyectos se comienza a trabajar el anteproyecto, definiendo detalles a partir de ese momento y tramitando las licencias, siguiendo a partir de este momento una línea más común en cuanto al desarrollo tradicional de los proyectos.

02.03. ANÁLISIS DE LA OBRA



Figura 02.03-01. Fotografía Casa del Acantilado. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

La casa del acantilado es probablemente el proyecto de mayor popularidad de todos los que Fran Silvestre ha realizado hasta el momento. Ha recibido varios premios como el Red Dot Design Award, el Product Design en 2013 y ha sido finalista del portal Archdaily en la categoría de mejor casa durante 2012. Esta vivienda unifamiliar se encuentra en Toix Mascarat, municipio de Calpe, en la provincia de Alicante. Su popularidad se debe principalmente a su singularidad, tanto de la obra arquitectónica en si como de su ubicación, ya que se asienta delante del Mar Mediterráneo, pero en una zona muy escarpada. Alicante es una de las provincias más escarpadas de España, y eso se aprecia justamente en la zona en la que se encuentra la casa, al contar la costa alicantina con muchas montañas que rompen con la costa generando paisajes muy potentes. En una de esas laderas que rompen con el mar los clientes compraron una parcela muy inclinada, y le plantearon a Fran Silvestre dos objetivos principales; desarrollar la vivienda en una sola planta y tener las vistas al mar desde toda la vivienda. Dadas las particularidades de la parcela y la forma de materializar el proyecto, la vivienda mantiene un diálogo constante con el entorno a través de su posición en el terreno y sus vistas al mar y cielo, lo que la convierten en un gran mirador privado hacia el Mediterráneo.

La imagen de la vivienda se consigue con materiales sencillos y mínimos, que ayudan a la vivienda a integrarse en el lugar de forma elegante. Como en la gran mayoría de sus obras, se usa la tonalidad blanca, que baña toda la obra, haciendo referencia a la arquitectura mediterránea comentada anteriormente.

Atendiendo al espíritu de dialogo que defiende Fran Silvestre, consigue que las peticiones por parte de los clientes acaben convirtiendo el proyecto en algo mucho mejor de lo que en un primer momento se pensaba que se podría desarrollar en una parcela con una pendiente muy pronunciada. Para tener vistas ininterrumpidas al mar y que todo el programa esté concentrado en una única planta, evitando la aparición de elementos que pudiesen interrumpir la visibilidad de los propietarios de la vivienda, se levanta el espacio habitable para que a modo de balcón

o de mirador no tuviese ningún elemento disruptivo justamente delante. Estas demandas de los propietarios, y las que surgieron a lo largo del proceso proyectual de manera progresiva, se tuvieron en cuenta en el desarrollo de la vivienda, generando en muchas ocasiones soluciones mucho más atractivas que las planteadas inicialmente.

Entre estos requerimientos, destacan las escaleras que se despliegan en el muro que separa la plataforma de la vivienda de la plataforma de la piscina, que generan una especie de balcón que consigue integrar la conexión visual entre los diferentes niveles de la construcción y las vistas al mar, convirtiéndose este espacio en uno de los puntos más icónicos y relevantes de la vivienda. El propio arquitecto reconoce que la escalera fue un elemento principal al estar colocada en el punto de inflexión entre el plano de la sombra, el plano de la casa, y el plano de la piscina, creando un recorrido muy sugerente que recoge uno de los sitios más mágicos de la casa con una vista impactante al atravesar el gran muro.



Figura 02.03-02. Fotografía de la escalera de la Casa del Acantilado. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

Otro elemento destacado del diseño que surge en respuesta a las necesidades cambiantes de los clientes es la presencia de una ventana de considerable tamaño en el muro de la piscina. Inicialmente se concebía este muro como un paño blanco liso sin ningún tipo de apertura, pero su función evolucionó a raíz de las necesidades de los clientes, quienes requerían un punto de observación desde la vivienda para supervisar a sus hijos mientras disfrutaban de la piscina. Esta modificación, aunque inicialmente planteada como un desafío, terminó enriqueciendo el diseño final al equilibrar la estética y la funcionalidad.

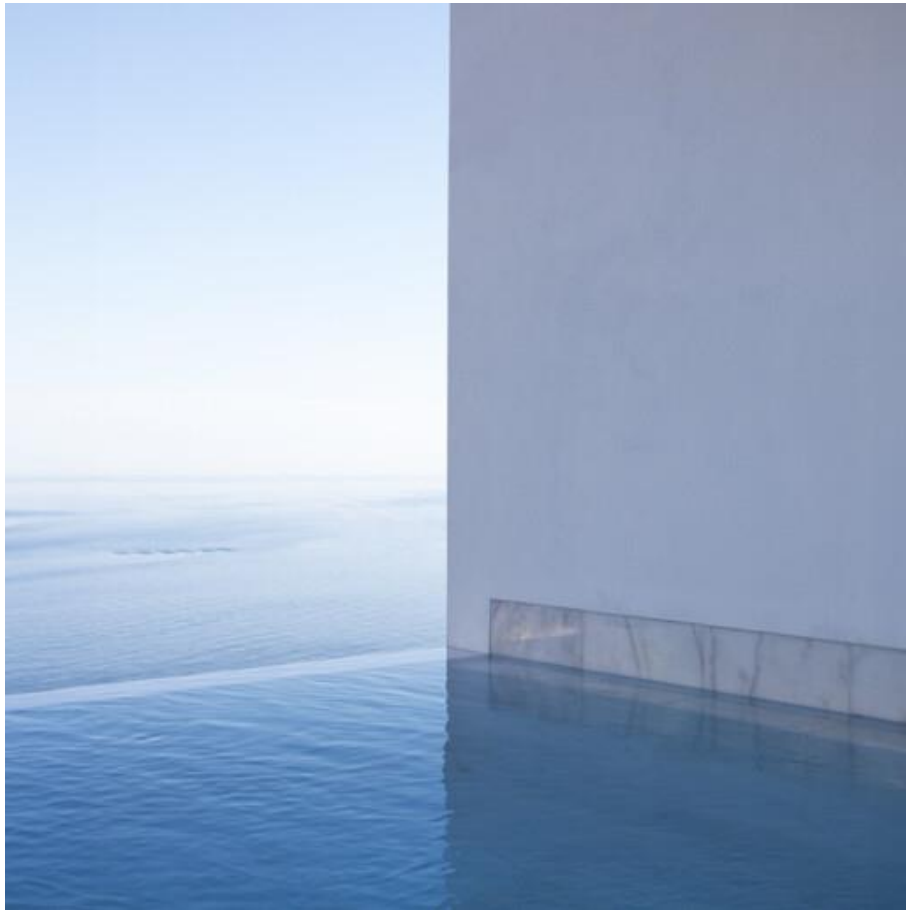


Figura 02.03-03. Fotografía de la piscina de la Casa del Acantilado. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

Otro aspecto relevante es la solución estructural adoptada para adaptarse al terreno inclinado. En lugar de optar por el método tradicional de construcción, que implicaba la construcción de un muro de contención relleno de tierra para luego construir sobre él, se realizó una estrategia más innovadora y eficiente. Se realizó una estructura monolítica compuesta por losas y muros de hormigón armado, que permitieron crear un efecto de voladizo para la casa. Esta solución no solo resultó más económica, sino que también se ajustó a las restricciones normativas de la zona. La estructura, a modo esquemático y conceptual, se puede entender como dos muros de hormigón que actúan como una especie de "libro de tapa dura" abierto en forma de L, mientras que la parte superior de la vivienda se corresponde a otro libro. Este diseño proporciona estabilidad estructural y visualmente resulta mucho más impactante, al mismo tiempo que resuelve el desafío de construir en terreno inclinado.

03. ANÁLISIS DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

03.01. DESCRIPCIÓN GRÁFICA PROYECTUAL

La vivienda, ubicada en el carrer Llevant en Calpe, provincia de Alicante, se articula en tres niveles distintos, cada uno cumpliendo una función particular. En el primer nivel, se encuentra la zona de la piscina a modo de cala tranquila, complementada por un área de paellero-barbacoa, que añade un toque de convivencia al espacio al aire libre.

Planta Cota +7.52

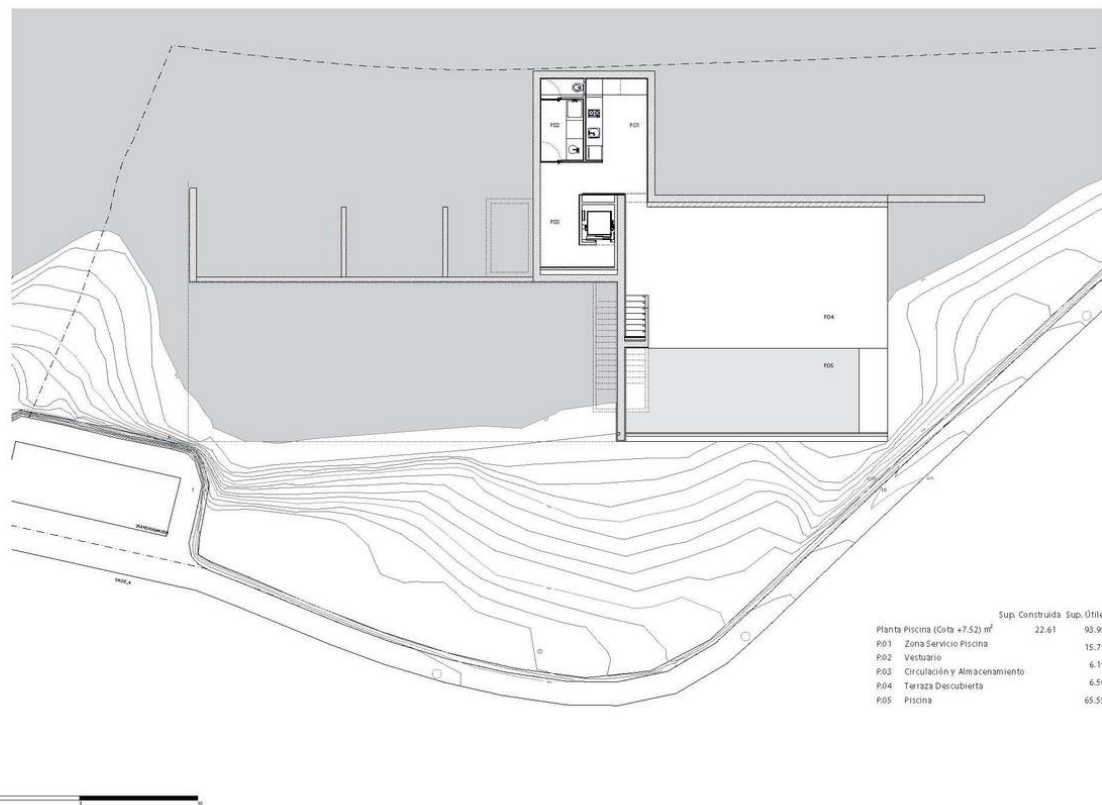


Figura 03.01-01. Plano planta piscina (Cota +7.52m). Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

Sobre el espacio del paellero se ubica el acceso al garaje (acceso principal desde el exterior) a través de una gran plataforma en rampa por el nivel intermedio. En esta planta se encuentra el garaje, un cuarto de instalaciones y almacenaje y un ascensor que comunica las diferentes plantas.

Planta Cota +10.60

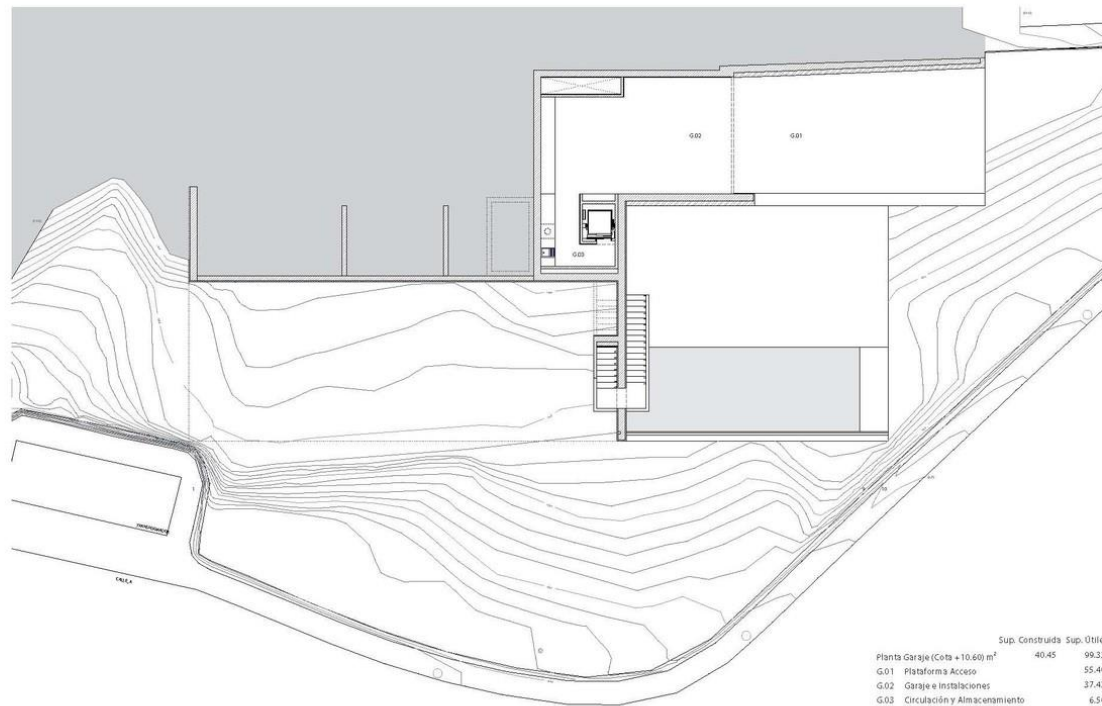


Figura 03.01-02. Plano planta acceso garaje (Cota +10.60m). Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

En el nivel superior se encuentra la residencia en sí misma donde los espacios servidos están mirando al mar mientras que los espacios sirvientes miran a la parte posterior, dividiendo el programa en zona de día y zona de noche de una manera lógica y funcional. En esta planta más elevada, desde el primer momento que se accede a la vivienda se pueden contemplar las vistas hacia el mar, ya que nos encontramos en un espacio diáfano, sin tabiques, donde se ubica la cocina y el salón-comedor, en el que se optimiza la iluminación natural a partir de un gran ventanal de suelo a techo en toda la longitud de la vivienda. El interior de la vivienda se diseñó en colaboración con el estudio Alfaro Hofmann.

Planta Cota +13.52

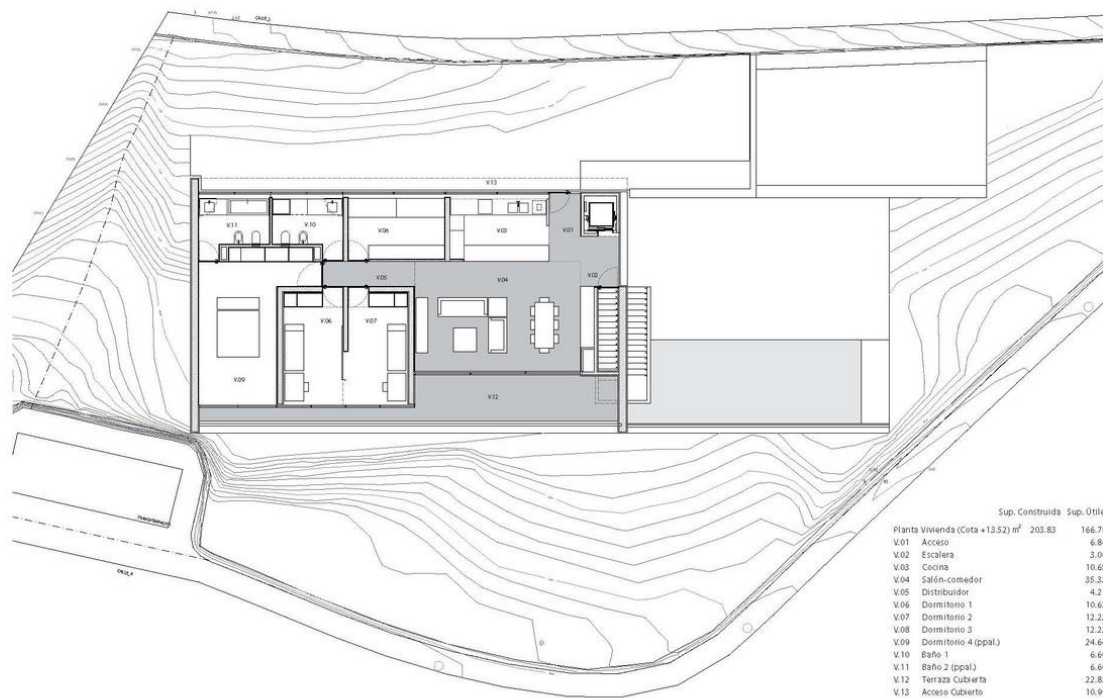


Figura 03.01-03. Plano planta vivienda (Cota +13.52m). Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

“Nos gusta esa cualidad de la arquitectura de hacer posible el construir una casa en el aire, caminar sobre el agua.

Un solar abrupto que mira al mar, lo mejor no hacer nada, apetece quedarse.

Se engarza una pieza que respeta el perfil natural del terreno.

Arriba, la sombra, la casa, mirando serenamente hacia el mar Mediterráneo.

Bajo el sol, la piscina nos acerca el mar, una cala tranquila.

En el punto de inflexión, la escalera propone un recorrido sugerente, un jardín en el sótano... Dada la fuerte pendiente de la parcela y la voluntad de desarrollar la vivienda en una sola planta, se opta por una estructura tridimensional de pantallas y losas de hormigón armado que se adapta a la topografía realizando el mínimo movimiento de tierras posible. Esta estructura monolítica anclada a la roca genera una plataforma horizontal, en la cota de acceso desde la calle, en la que se ubica la vivienda. La zona de la piscina se encuentra a una cota inferior en una zona plana existente en el solar. La estructura de hormigón se aísla térmicamente por el exterior, con un estuco de cal liso, flexible y blanco como acabado. El resto de los materiales, paredes, pavimentos, grava de la cubierta...mantienen el mismo color enfatizando el carácter unitario.” (Fran Silvestre Arquitectos, s. f.-a)

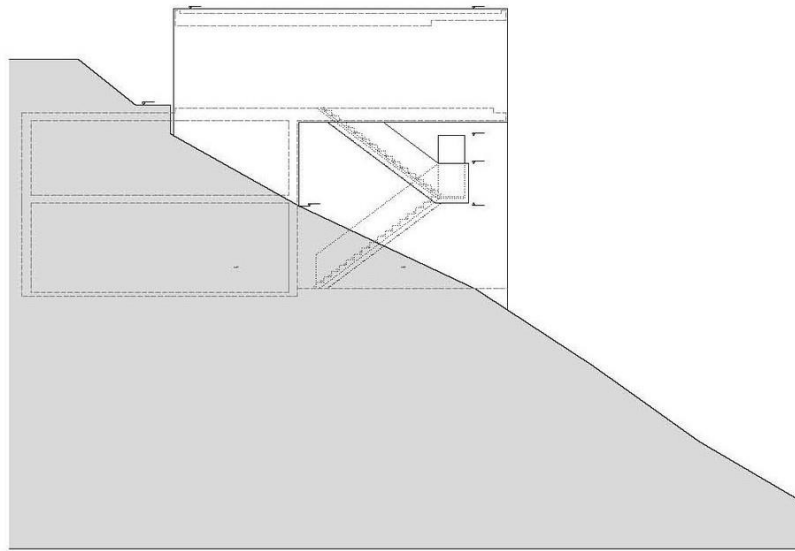


Figura 03.01-04. Alzado noreste. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

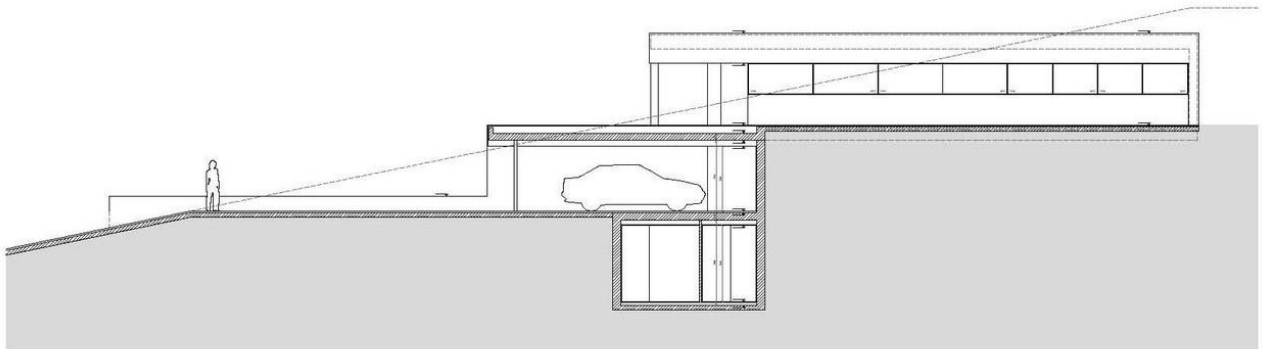


Figura 03.01-05. Alzado noroeste. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

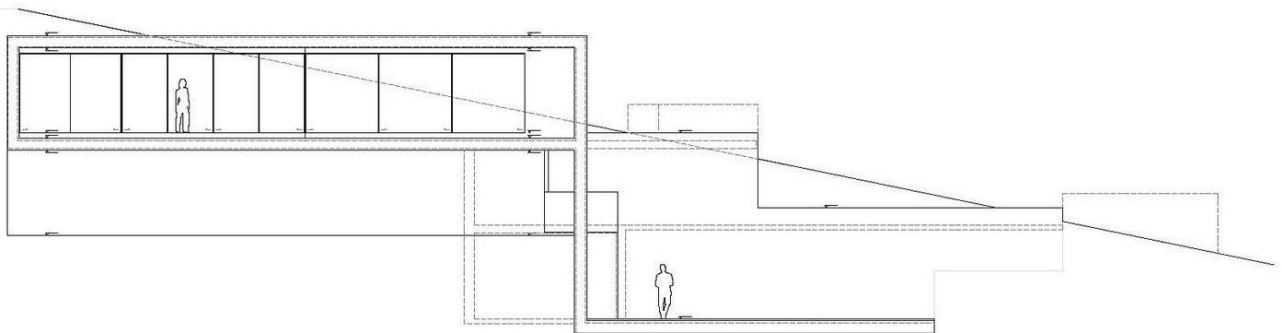


Figura 03.01-06. Alzado sureste. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

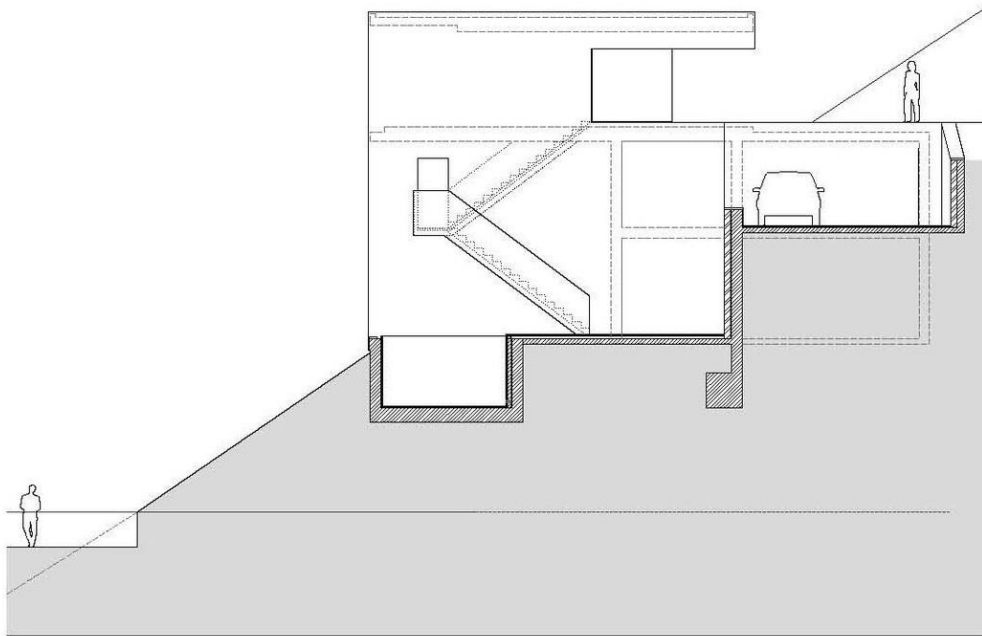


Figura 03.01-07. Alzado suroeste. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

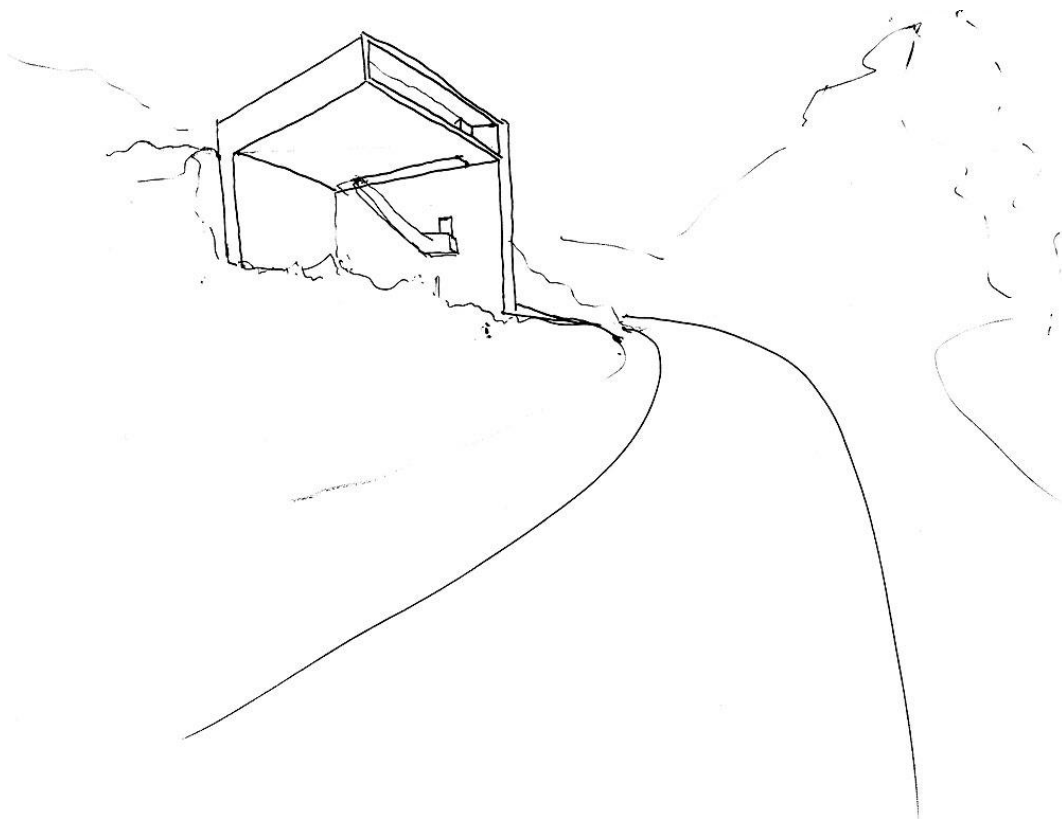


Figura 03.01-08. Boceto inicial del proyecto. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

03.02. DESCRIPCIÓN GRÁFICA ESTRUCTURAL Y CONSTRUCTIVA

La casa del Acantilado, además de ser uno de los primeros proyectos de Fran Silvestre, también será el primero que este encargue a David Gallardo, quien había sido su profesor de estructuras en la universidad, para que realice el cálculo estructural, convirtiéndose en el primer proyecto de muchas colaboraciones que se producirán posteriormente hasta la actualidad. Se trata del primer proyecto de voladizo de hormigón que calcula David, quien había calculado ya grandes voladizos, pero en acero, por lo que la respuesta estructural era distinta. También cabe mencionar que en el análisis original del proyecto el programa de cálculo estructural que se utilizó no fue SAP2000, pero dada la dilatada ejecución de la obra, que duró varios años, se recalculó con SAP2000 en 2006.

De forma conceptual, como ya se ha comentado, la estructura se plantea como si fuera un libro abierto en “L”, al que se le pone otro libro encima, de manera que la parte en voladizo superior sobrevuela la pendiente de la parcela. Pero para que esta pieza superior tenga rigidez suficiente, no se puede suponer que una losa de hormigón de 40 cm pueda salvar un voladizo de 18 metros. Por ello, la clave estructural del proyecto se debe en parte a la colaboración de los tabiques, aprovechando la compartimentación como elemento estructural.

Si se atiende a la caja de la vivienda (plano de vivienda y plano de cubierta unidos por los tabiques), se logra una gran pieza rígida, gracias a los “tabiques estructurales” que unen las losas de suelo y techo, actuando como alma de conexión de un ala superior (forjado de cubierta) y un ala inferior (forjado de vivienda), resistiendo a la flexión que producen los 8 metros de vuelo y los 18 metros de luz.

Todo este bloque superior apoya en el muro pescante en el extremo oeste de la vivienda y en el muro que da a la piscina, que en principio iba a ser totalmente opaco, como se ha comentado, pero en el que finalmente, debido a la colaboración entre clientes y arquitectos, se abre una ventana, lo que supone una ventaja no solo compositivamente a la hora de equilibrar visualmente ese muro, sino que también actúa como equilibrio estructural, puesto que al estar en voladizo equilibra una mínima parte del gran voladizo frontal de 8 metros.

En la cimentación solo se apoyan las pantallas de la parte trasera de la estructura, que quedarán ocultas en la imagen final del proyecto al construirse un muro con bloques de hormigón sin colaboración estructural, aumentando la sensación de un gran cuerpo en voladizo. Para reforzar la cimentación superficial, se añadió en el interior de la montaña un sistema de anclajes verticales de 12m en la zapata del pescante, pues es la que más problemas de vuelco podría tener, de manera que cuando intentara levantarse se impidiese el movimiento.

Uno de los aspectos más interesantes de este proyecto, el cual es objeto de análisis pormenorizado en este trabajo, es lo que tanto David Gallardo como Fran Silvestre nombran en diversas publicaciones y conferencias “el proyecto dentro del proyecto”, haciendo referencia a la cimbra para el hormigonado de las losas y muros que fue diseñada para resolver un problema que surgió en la ejecución de la obra.

En un primer momento, se tenía prevista la utilización de un sistema de puntales y encofrado tradicional que apoyaría en el terreno de la parcela para ejecutar el cuerpo volado y que posteriormente se retiraría, pero debido a la fuerte pendiente de la parcela, esta solución era inviable por las dificultades de ejecución que no aseguraban la estabilidad del encofrado. La solución propuesta para materializar la obra por las empresas constructoras era una cimbra tipo puente, pero debido a la situación económica del país en el momento de la construcción de esta vivienda, esta solución era demasiado cara e inviable. De forma que se proyectó una

cimbra, ya que era la única manera de resolver la ejecución de la estructura de manera sostenible y con un precio razonable, puesto que la primera solución suponía más del 30% del coste total de la estructura.

David Gallardo diseñó una estructura metálica temporal formada por perfiles de acero comerciales y una chapa que abraza las pantallas de hormigón ya ejecutadas. La idea se basaba en que, si las pantallas pueden sostener la vivienda completa, también pueden sostener la estructura durante la fase de ejecución. La única carga añadida es la del peso propio del conjunto de la cimbra, pero esta, una vez calculada, era menor que las sobrecargas estimadas para la vivienda, además de que muchas de las cargas permanentes se añaden posteriormente a la entrada en carga de estructura sin la cimbra, por lo que el margen era todavía mayor.

La cimbra, que se detallará posteriormente en capítulos específicos para su análisis, está formada por una serie de soportes de perfiles HEB y unas correas de perfiles IPE. Entre la pantalla del pescante y la primera de las pantallas intermedias, el número de correas es más elevado, al tener como distancia la mitad que en el resto de los vanos de la cimbra ya que la luz que salva este primer tramo es mayor, al igual que los esfuerzos al ser un tramo sin continuidad.

A diferencia de cómo podría parecer en un primer momento que se deberían construir las losas del cuerpo volado, realizando primero la losa inferior y posteriormente la de cubierta, se construyó primero la parte de losa del forjado inferior que apoyaba sobre las pantallas para construir posteriormente el forjado de la cubierta, teniendo así ya ejecutadas las pantallas al completo, y finalmente el resto de losa inferior que quedaba en voladizo, para evitar la peor situación de desequilibrio, que era el caso contrario, hormigonar las pantallas sin que estuvieran unidas al forjado de cubierta.

Uno de los aspectos positivos del descimbrado fue que en lugar de producirse a los pocos meses desde que se hormigona, esta estructura estuvo con la cimbra durante un año entero, por lo que al descimbrar la flecha diferida fue menor que la calculada al entrar más tarde en carga el hormigón. En el cálculo estructural también se había tenido en cuenta el posible descenso de este cuerpo volado al descimbrar, por lo que la cimbra contaba con una ligera pendiente vertical para que una vez descimbrada la estructura, la cara de la losa de hormigón quedara horizontal. En definitiva, la cimbra hizo posible la ejecución del cuerpo volado, y a su vez, de la idea proyectual original.

Tanto David como Fran señalan el momento del descimbrado como uno de los momentos más emocionantes de todo el proceso, ya que los técnicos responsables de la obra se encontraban en la parte inferior de la estructura, haciendo un descimbrado “a la romana”, confiando en que el trabajo estaba bien hecho y la estructura iba a ser capaz de resistir. Después de este proceso se pudo contemplar la estructura en funcionamiento. El descimbrado se llevó a cabo meticulosamente, con grúas y soldadores, garantizando que la estructura soportara la carga sin contratiempos, entrando en carga de manera progresiva y lenta. El éxito de este proceso fue un motivo de satisfacción y euforia para el equipo, ya que habían logrado materializar una visión arquitectónica ambiciosa y técnica.

A continuación, se muestran diversas fotografías del proceso constructivo, además de detalles constructivos ejecutados en este proyecto. Por otro lado, en el documento adjunto al final del documento *ANEXO I* se encuentran los planos estructurales proporcionados por David Gallardo para una comprensión más profunda del proyecto, empleados a lo largo de este trabajo para realizar un análisis lo más próximo posible a la realidad.

Detalles Constructivos 1

- 01 ALBAFOLIA EQUINOZ ABORDADO PENDIENTE 1%
- 02 IMPERMEABILIZACIÓN
- 03 LOSA DE HORMIGÓN 40cm
- 04 MORTERO AGARRE POLIESTIRENO G0120M M
- 05 POLIESTIRENO EXPANDIDO 4cm RPO 3
- 06 MORTERO ARMADO Y FORMERADO
- 07 GEOTEXTIL DE ANCLAJE
- 08 OJETA/MALLA DE BICENTRO ENTRE MATRIALES
- 09 PLACA XPS/PAK PARA DISEÑOS
- 10 ESTRUCTURA DE PIEDRA DE CALDO GARAJEADO
- 11 PIEDRA CORDÓN METALISA
- 12 LUCERNA VIDRO 4+4 CÁMARA 6. 3+3 SÓLABE INDEPENDIENTES
- 13 PIEDRA DE MADEA

- 14 CAPA DE YEDO LACADO BLANCO
- 15 REGULACIÓN
- 16 GEOTEIL + POLIESTIRENO EXTRUSIONADO
- 17 MORTERO PORRE
- 18 GEOTEIL + IMPERMEABILIZACIÓN
- 19 LADRILLO DE CALDO
- 20 PIRL PIEDRA M. AGARRE PENDIENTE 1%
- 21 PIEDRA NATURAL
- 22 CIELO PASANTE
- 23 HORMIGÓN FORMACIÓN PENDIENTE
- 24 CARTEL YEDO
- 25 CUBRIMIENTO Y DRENAJE DE YEDO
- 26 GRASA

- 27 PIEDRA DE ARRANQUE
- 28 CAPA/PEDRA DE ALUMINO ROSITA DE PIEDRA TERNIO
- 29 POLIESTIRENO EXPANDIDO 20cm
- 30 MORTERO DE AGARRE FLEDA/CELEDA FLEX
- 31 HORMIGÓN PIEDRA JUNTA FLEDA/CELEDA FLEX PFC 1%
- 32 MURO DE HORMIGÓN 20cm
- 33 MEMBRANA IMPERMEABILIZACION 40+PE
- 34 IMPERMEABILIZACIÓN
- 35 LUMINARIA REGISTRABLE OJETA PLANTA GARAJE
- 36 PIEDRA NATURAL
- 37 LADRILLO BUELO 10x10cm

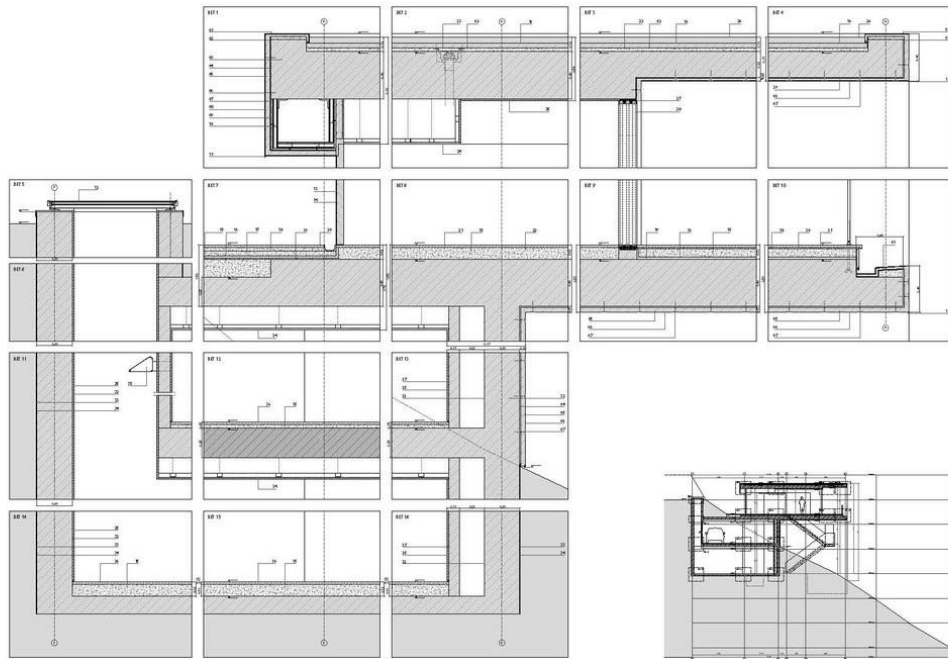
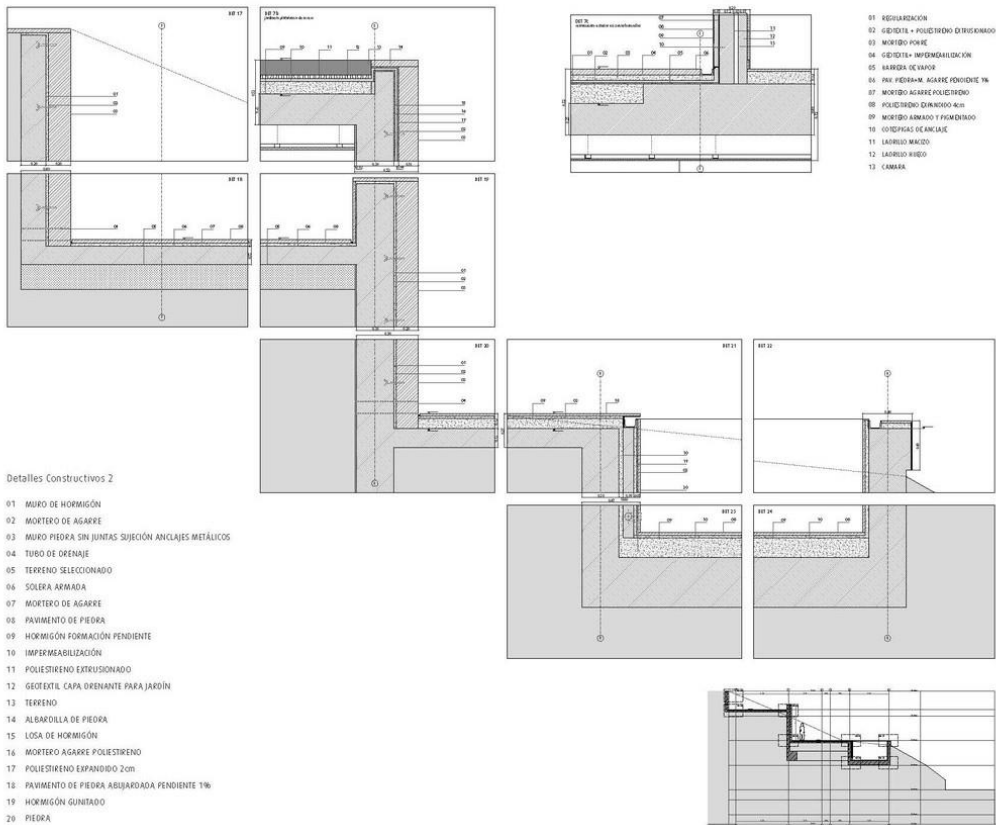


Figura 03.02-01. Sección constructiva 01. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.



Detalles Constructivos 2

- 01 MURO DE HORMIGÓN
- 02 MORTERO DE AGARRE
- 03 MURO PIEDRA SIN JUNTAS SUCESIÓN ANCLAJES METÁLICOS
- 04 TUBO DE DRENAJE
- 05 TERRENO SELECCIONADO
- 06 SOLERA ARMADA
- 07 MORTERO DE AGARRE
- 08 PAVIMENTO DE PIEDRA
- 09 HORMIGÓN FORMACIÓN PENDIENTE
- 10 IMPERMEABILIZACIÓN
- 11 POLIESTIRENO EXTRUSIONADO
- 12 GEOTEXTIL CAPA DRENANTE PARA JARDÍN
- 13 TERRENO
- 14 ALBAFOLIA DE PIEDRA
- 15 LOSA DE HORMIGÓN
- 16 MORTERO AGARRE POLIESTIRENO
- 17 POLIESTIRENO EXPANDIDO 2cm
- 18 PAVIMENTO DE PIEDRA ABIGARADA PENDIENTE 1%
- 19 HORMIGÓN GUNTADO
- 20 PIEDRA

- 01 REGULACIÓN
- 02 GEOTEIL + POLIESTIRENO EXTRUSIONADO
- 03 MORTERO PORRE
- 04 GEOTEIL + IMPERMEABILIZACIÓN
- 05 BARRERA DE VAPOR
- 06 PIRL PIEDRA M. AGARRE PENDIENTE 1%
- 07 MORTERO AGARRE POLIESTIRENO
- 08 POLIESTIRENO EXPANDIDO 4cm
- 09 MORTERO ARMADO Y FORMERADO
- 10 GEOTEXTIL DE ANCLAJE
- 11 LADRILLO BUELO
- 12 CÁMARA

Figura 03.02-02. Sección constructiva 02. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

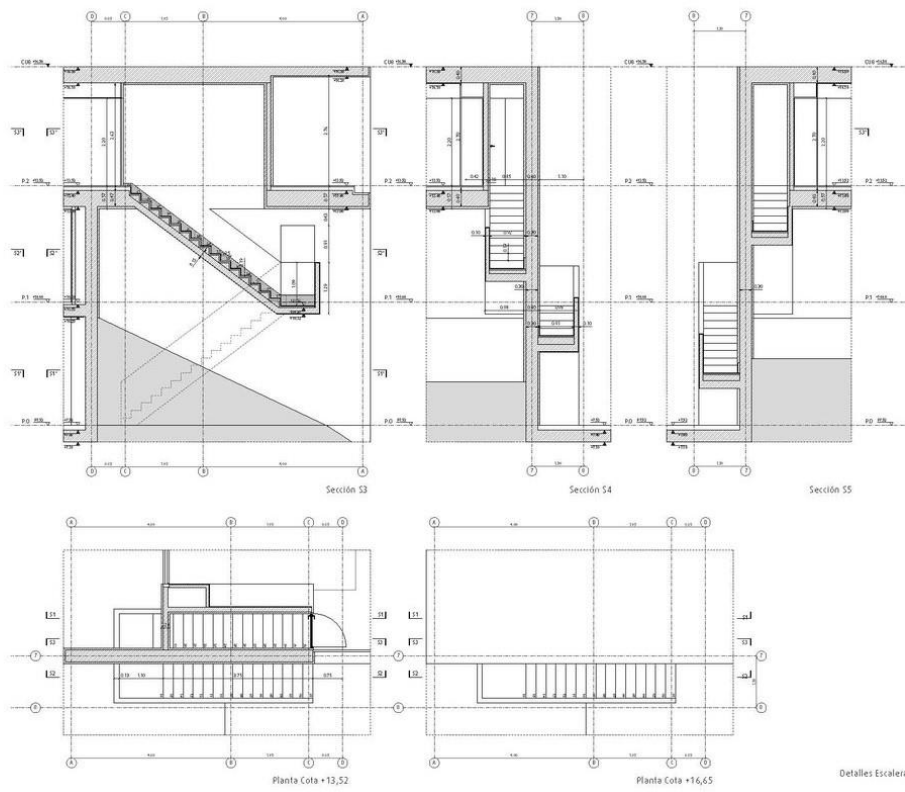


Figura 03.02-03. Detalle escalera 01. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

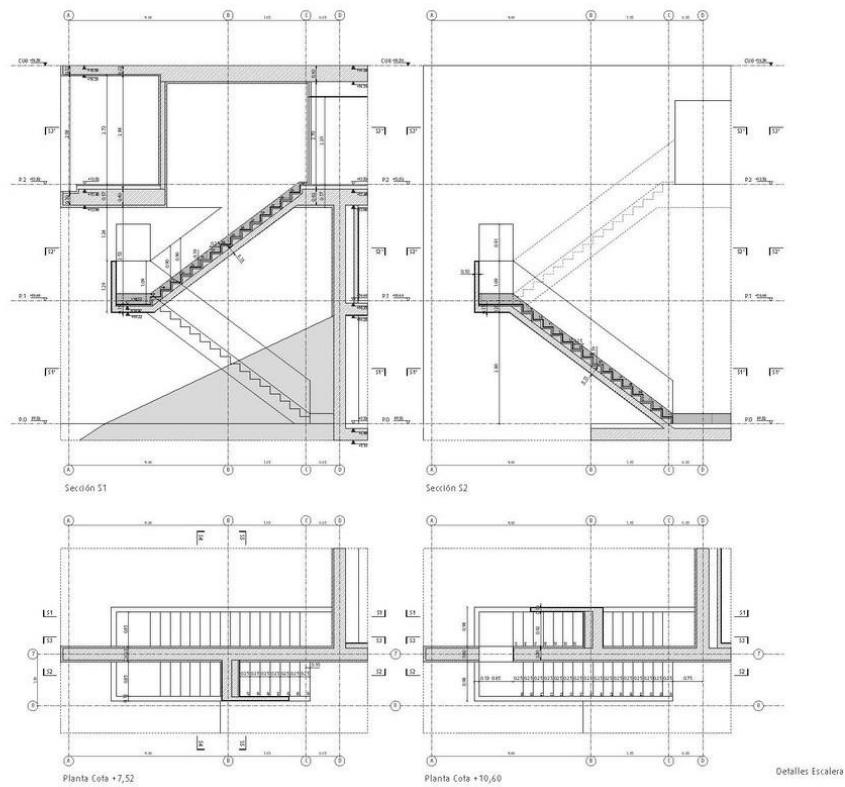


Figura 03.02-04. Detalle escalera 02. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

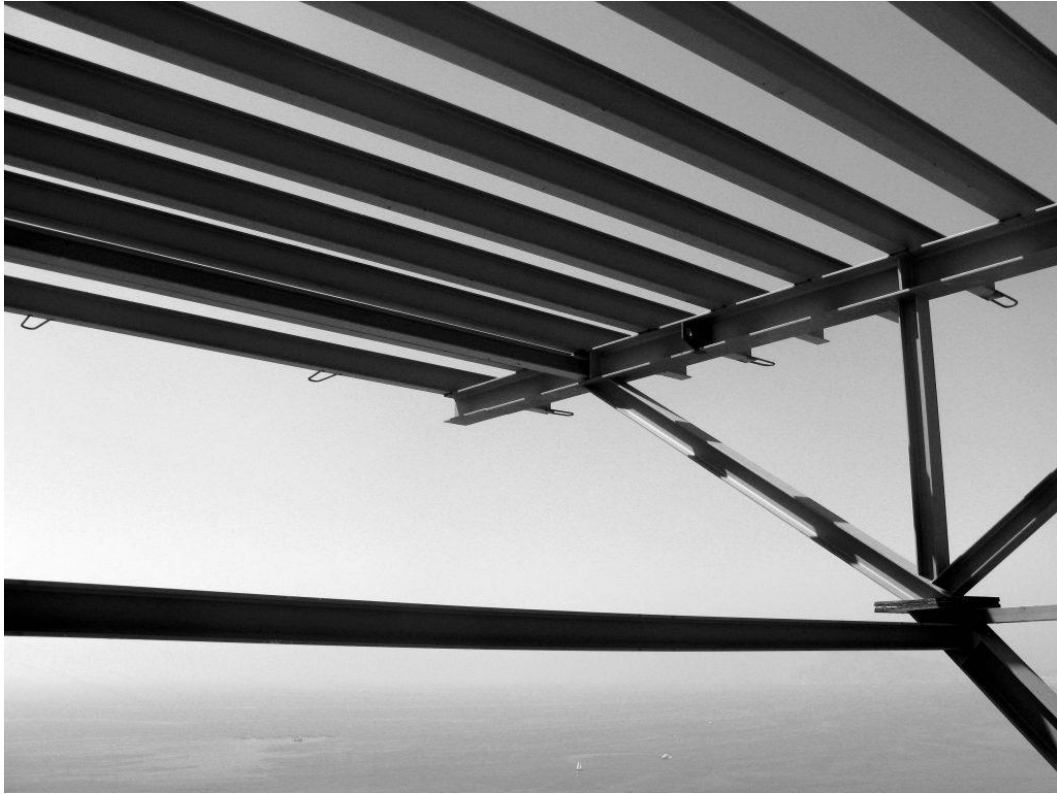


Figura 03.02-05. Fotografía fase de ejecución: Perfiles cimbra. Fuente: Estructuras Singulares.



Figura 03.02-06. Fotografía fase de ejecución: Construcción cimbra. Fuente: Estructuras Singulares.



Figura 03.02-07. Fotografía fase de ejecución: Cimbra completa. Fuente: Estructuras Singulares.



Figura 03.02-08. Fotografía fase de ejecución: Construcción vivienda. Fuente: Estructuras Singulares.



Figura 03.02-09. Fotografía fase de ejecución: Descimbrado 01. Fuente: Estructuras Singulares.



Figura 03.02-10. Fotografía fase de ejecución: Descimbrado 02. Fuente: Estructuras Singulares.



Figura 03.02-11. Fotografía fase de ejecución: Descimbrado 03. Fuente: Estructuras Singulares.



Figura 03.02-12. Fotografía fase de ejecución: Estructura completada 01. Fuente: Estructuras Singulares.



Figura 03.02-13. Fotografía fase de ejecución: Estructura completada 02. Fuente: Estructuras Singulares.

03.03. FOTOGRAFÍAS FINALES DEL PROYECTO



Figura 03.03-01. Fotografía Casa del Acantilado: Muro piscina. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.



Figura 03.03-02. Fotografía Casa del Acantilado: Fachada sureste. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

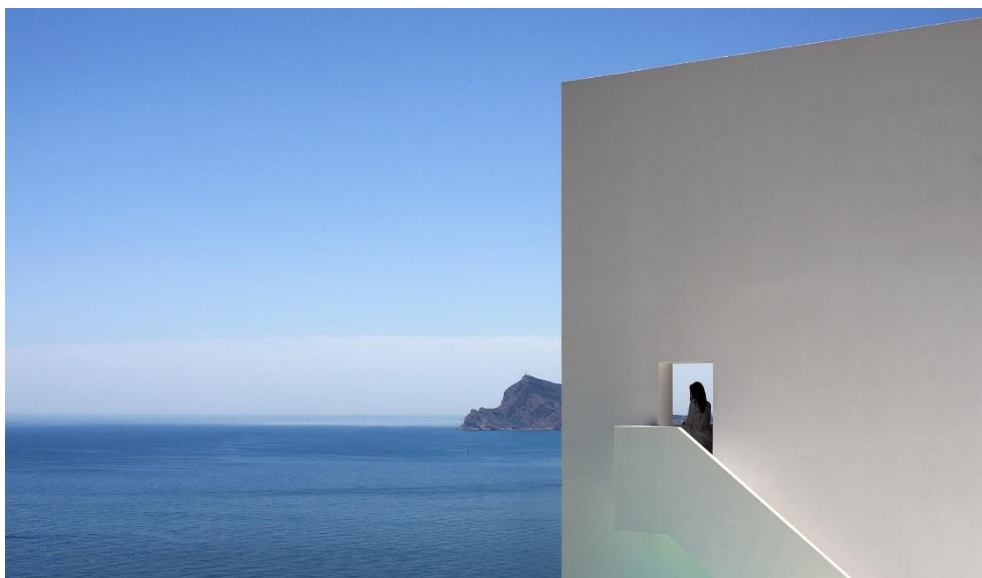


Figura 03.03-03. Fotografía Casa del Acantilado: Vista escalera. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.



Figura 03.03-04. Fotografía Casa del Acantilado: Cuerpo volado. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.



Figura 03.03-05. Fotografía Casa del Acantilado: Vista vivienda en el paisaje. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.



Figura 03.03-06. Fotografía Casa del Acantilado: Muro escalera. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.



Figura 03.03-07. Fotografía Casa del Acantilado: Plataforma piscina. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.



Figura 03.03-08. Fotografía Casa del Acantilado: Vista nocturna. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.



Figura 03.03-09. Fotografía Casa del Acantilado: Vista interior salón. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.



Figura 03.03-10. Fotografía Casa del Acantilado: Terraza vivienda. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.



Figura 03.03-11. Fotografía Casa del Acantilado: Vivienda completa en el paisaje 01. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.



Figura 03.03-12. Fotografía Casa del Acantilado: Vivienda completa en el paisaje 02. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.

04. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE CÁLCULO

04.01. GEOMETRÍA EN AUTOCAD

La simplificación geométrica del modelo que se usará para el cálculo estructural se realiza mediante el software AutoCAD. En ella, se trabajará únicamente con dos tipos de entidades de dibujo; “línea” (para representar barras), y “3dcara” (para representar elementos finitos bidimensionales), para que posteriormente SAP2000 las pueda reconocer correctamente.

La vivienda se compone únicamente de elementos de hormigón como muros o losas, por lo que se usarán elementos finitos para crear en el modelo estos componentes mediante el comando “3dcara”, a excepción de los anclajes de la zapata del pescante que se modelizan mediante el comando “línea”. Sin embargo, el elemento de la cimbra que se proyectó para la ejecución de la vivienda también va a ser objeto de análisis por su interés y en este caso se trabajó con perfiles de acero, por lo que en el modelo de AutoCAD se representarán mediante el comando “línea”.

Para realizar esta simplificación geométrica se parte del análisis estructural realizado previamente a partir de los planos de estructura proporcionados por David Gallardo, los cuales se han utilizado para realizar un modelo lo más fiel posible a la realidad estructural de la vivienda, con las simplificaciones mínimas por razones de complejidad geométrica como por ejemplo la eliminación de la escalera en el análisis global de la vivienda.

En los planos estructurales se observan los diferentes ejes que se usaron para proyectar la vivienda, se parte de estos y de las distintas cotas de altura para dibujar tridimensionalmente la vivienda de manera simplificada. Cada uno de los diferentes elementos se representa en una capa distinta en AutoCAD.

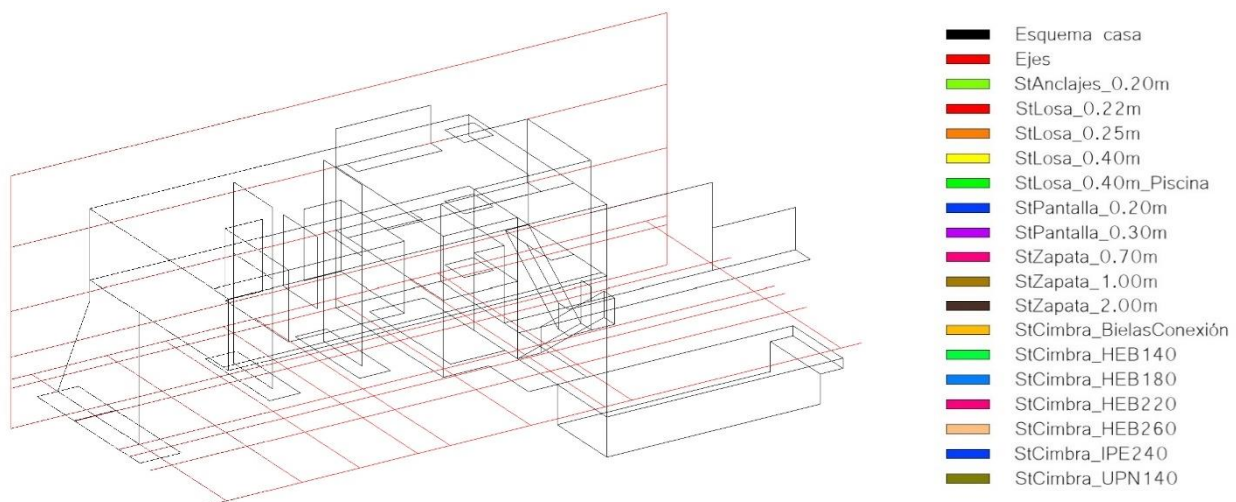


Figura 04.01-01. Geometría inicial del modelo en AutoCAD. Fuente: elaboración propia.

Este esquema inicial de la geometría permite tener en cuenta todos los posibles puntos de unión de las diferentes “3dcara” que han de compartir vértices para su correcto análisis y a su vez puede estar condicionada su ubicación por elementos muy lejanos del modelo, por lo que esta manera de trabajar ayuda a optimizar la representación geométrica de la vivienda. A partir de este punto se proyectan las diferentes pantallas y losas con elementos finitos.

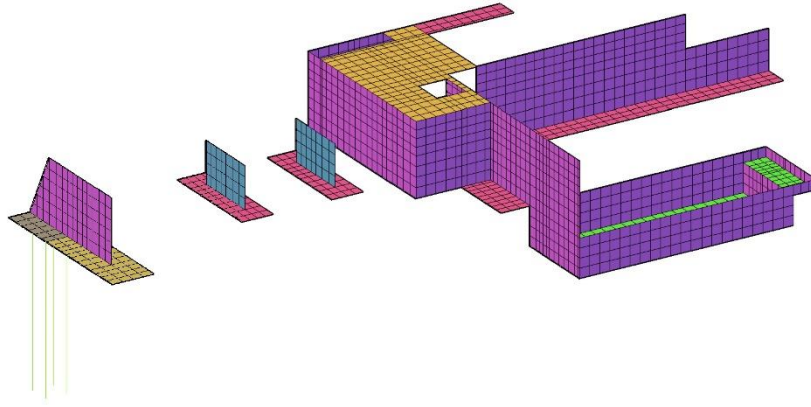


Figura 04.01-02. Geometría del modelo en AutoCAD. Cimentación y planta de acceso a garaje. Fuente: elaboración propia.

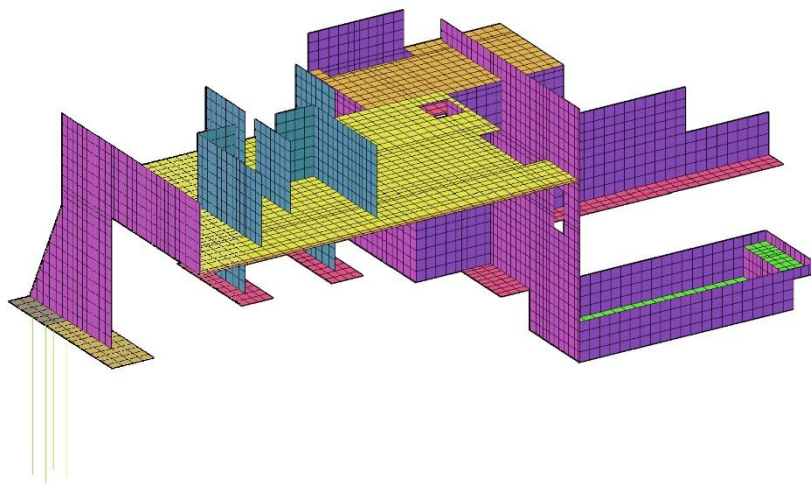


Figura 04.01-03. Geometría del modelo en AutoCAD. Planta principal. Fuente: elaboración propia.

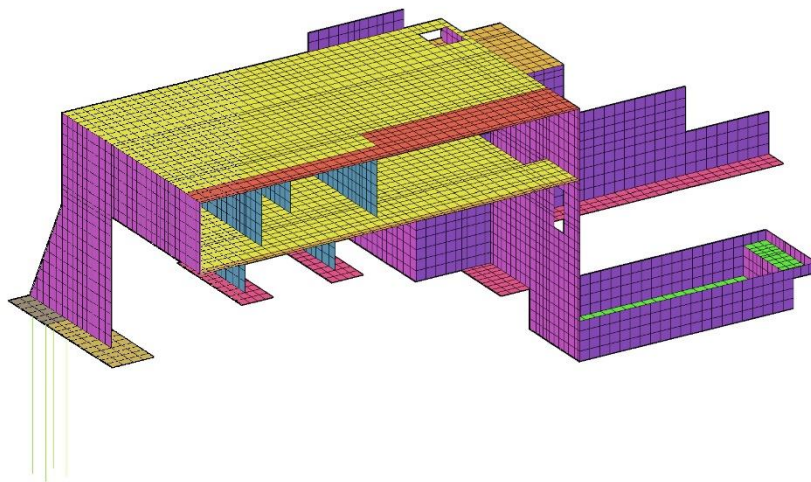


Figura 04.01-04. Geometría del modelo en AutoCAD. Vivienda completa. Fuente: elaboración propia.

El elemento de la cimbra se representa, como se comenta anteriormente, mediante el comando “línea”, las cuales han de compartir sus vértices con puntos de unión de las “3dcara” de hormigón de la vivienda para un correcto análisis. Para que el análisis sea lo más fiel posible a la realidad, las correas de la cimbra se conectarán al forjado en el modelo mediante unas barras simplificadas que trabajan como bielas, evitando así la colaboración de ambos elementos que se daría en el análisis si compartiesen el mismo plano de trabajo, lo cual no se ajustaría a la realidad.

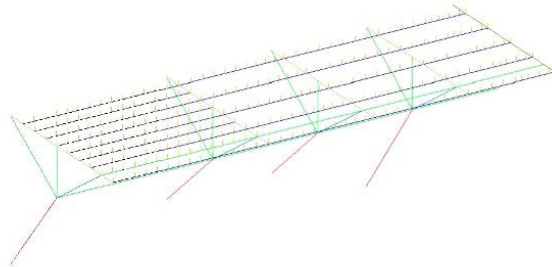


Figura 04.01-05. Geometría del modelo en AutoCAD. Cimbra. Fuente: elaboración propia.

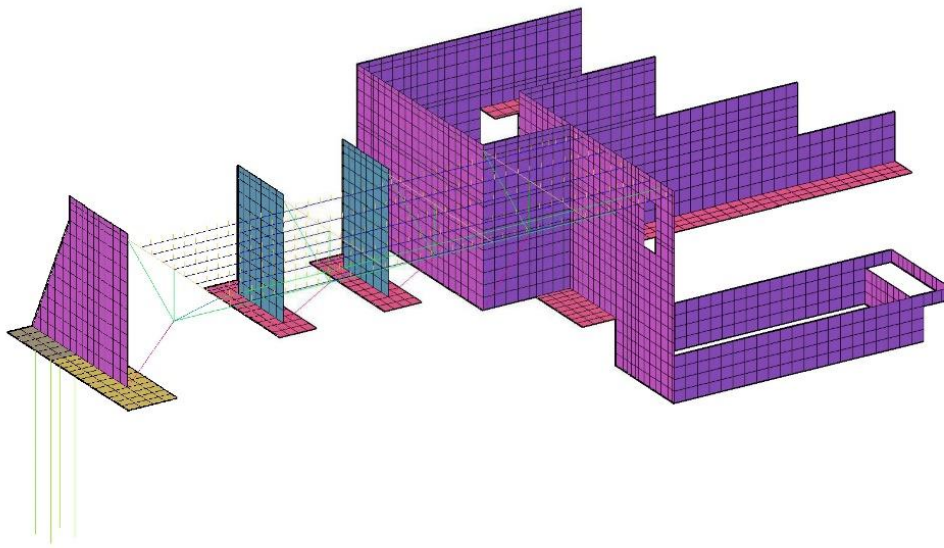


Figura 04.01-06. Geometría del modelo en AutoCAD. Cimbra unida a la geometría de la vivienda. Fuente: elaboración propia.

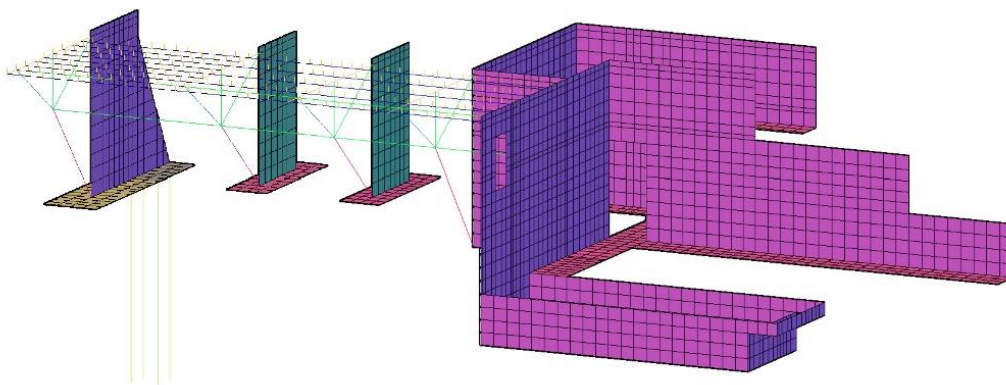


Figura 04.01-07. Geometría del modelo en AutoCAD. Cimbra unida a la geometría de la vivienda. Fuente: elaboración propia.

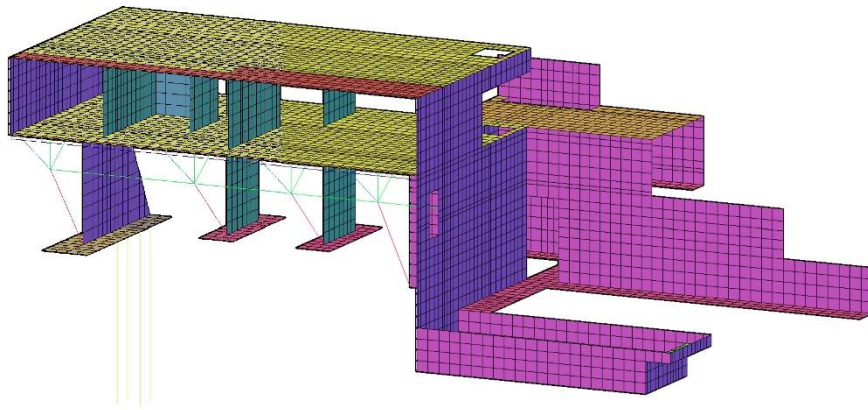


Figura 04.01-08. Geometría del modelo en AutoCAD. Modelo completo. Fuente: elaboración propia.

Una vez realizado el modelo en AutoCAD, se importa al software SAP2000 mediante el comando "SAPDXF" que permite tanto la compatibilidad del modelo en el software de análisis como una corrección en la orientación de las normales de las "3dcara" y dirección de las barras generadas que originarían problemas y futuros resultados incorrectos si no se hubiese tenido este aspecto en cuenta correctamente durante el modelado.

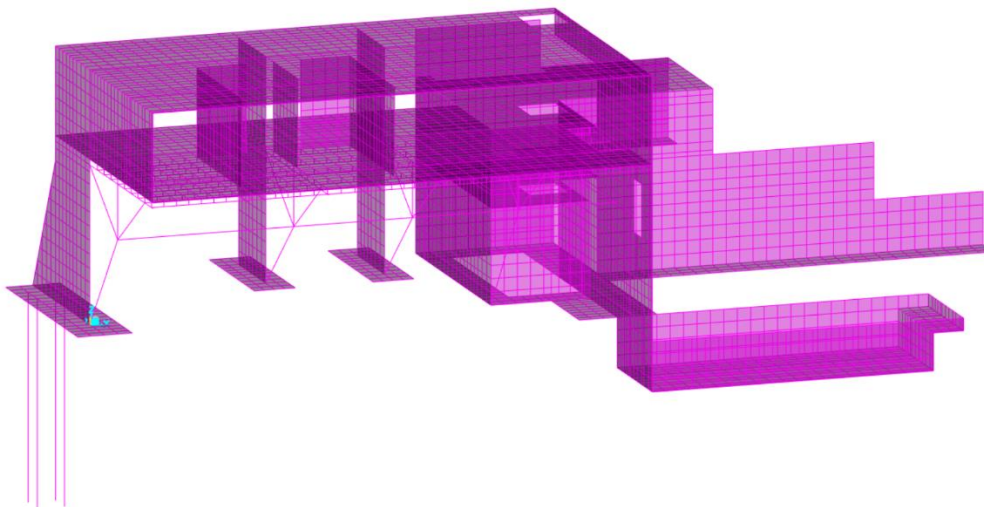


Figura 04.01-09. Geometría del modelo en SAP2000. Modelo completo. Fuente: elaboración propia.

04.02. NORMAS DE APLICACIÓN

Los documentos oficiales de aplicación que se han utilizado en este análisis de la estructura de la Casa del Acantilado son los respectivos a la normativa española vigente, de los cuales se emplean a lo largo del trabajo los siguientes:

- Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02)
- Documento Básico del Código Técnico de la Edificación; Seguridad Estructural (DB-SE)
- Documento Básico del Código Técnico de la Edificación; Seguridad Estructural Acciones en la Edificación (DB-SE-AE)

04.03. PROPIEDADES DE MATERIALES Y SECCIONES EN SAP2000

La asignación de las diferentes secciones y materiales en SAP2000 se realiza de forma diferente dependiendo del tipo de entidad con el que esté representado el elemento. Por ello habrá que diferenciar entre barras (frames), representadas con la entidad “línea”, y elementos finitos (shellss), representados con la entidad “3dcara”.

04.03.01. BARRAS

Hay dos grupos de barras en el modelo; las de la cimbra, que está realizada con secciones estandarizadas de los perfiles comerciales, y las que no están realizadas con estos perfiles. Este segundo tipo en el modelo serán las barras de los anclajes de la zapata del pescante, realizadas en hormigón con cuatro redondos corrugados embebidos y las barras ficticias comentadas antes que actúan como bielas, cuya definición se expone posteriormente. La asignación de las secciones del primer tipo se realiza siguiendo en SAP2000 en el siguiente orden para cada tipo de perfil las rutas:

Define > Section Properties > Frame Sections... > Import New Property... > Steel > Euro

Select > Groups

Assign > Frame > Frame Sections

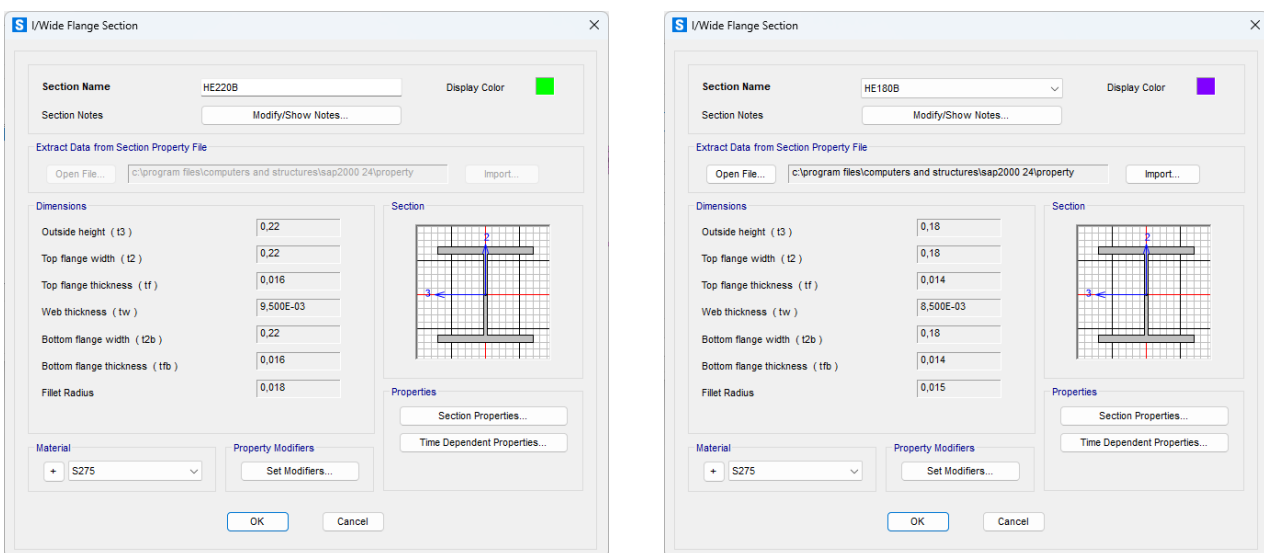


Figura 04.03.01-01. Ventanas de propiedades de secciones en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

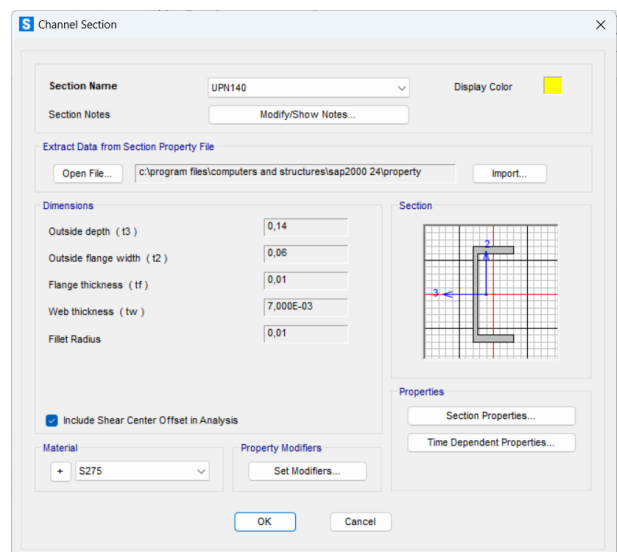
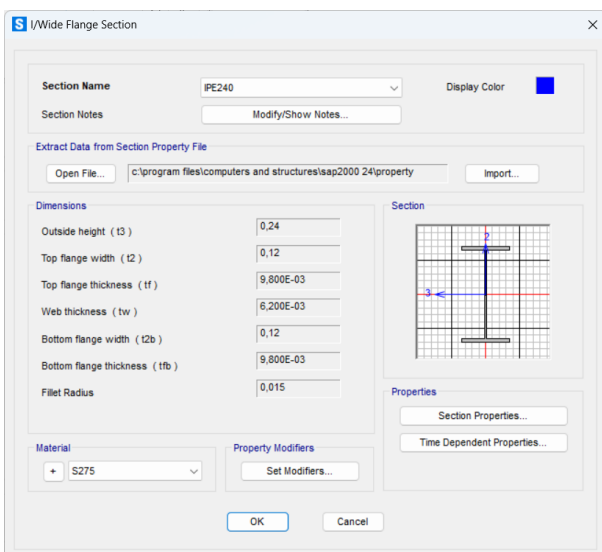
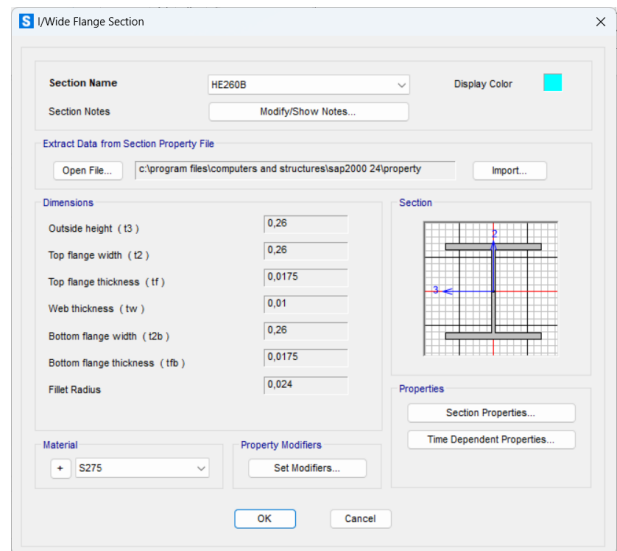
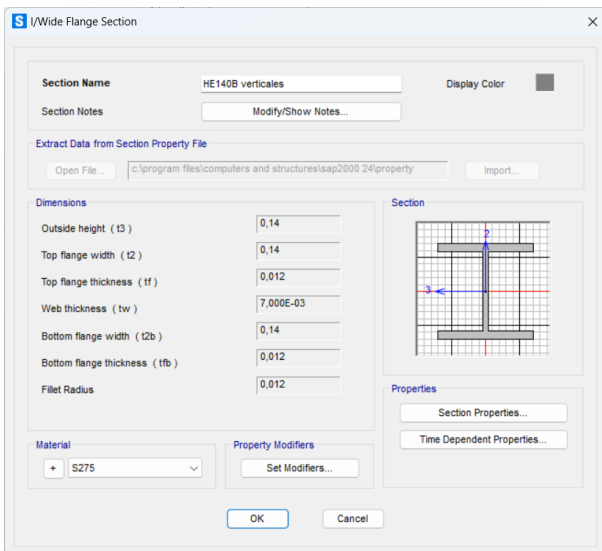
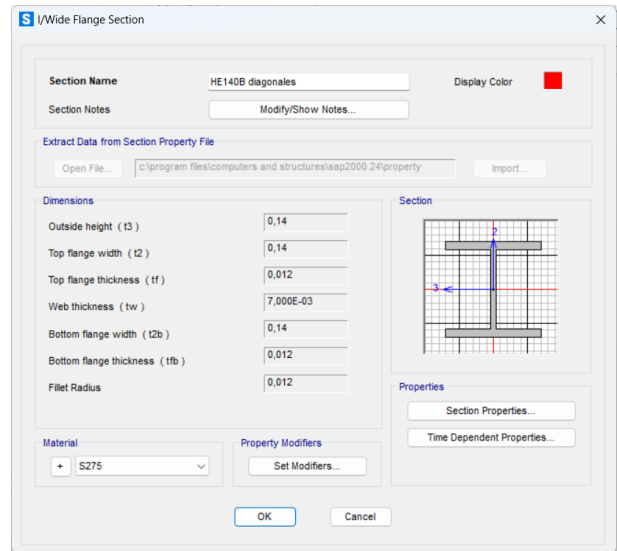
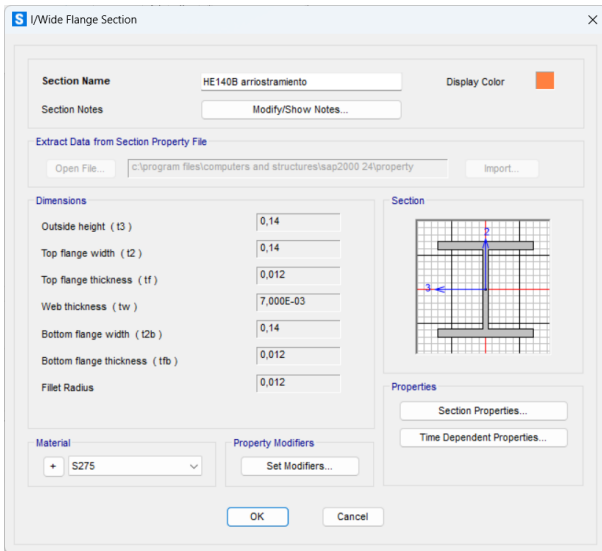


Figura 04.03.01-02. Ventanas de propiedades de secciones en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Para las barras que actúan como bielas, se debe establecer una sección que trabaje como biarticulada. Se le puede asignar una sección cualquiera, en este caso se escoge una sección maciza circular de acero de 10 cm de diámetro, pero se han de usar los “Stiffness Modifiers” para quitarle el peso propio y convertirla en modo rígido axil. La ruta en esta ocasión es:

Define > Section Properties > Frame Sections... > Add New Property... > Steel > Circular > Set Modifiers...

Select > Groups

Assign > Frame > Frame Sections

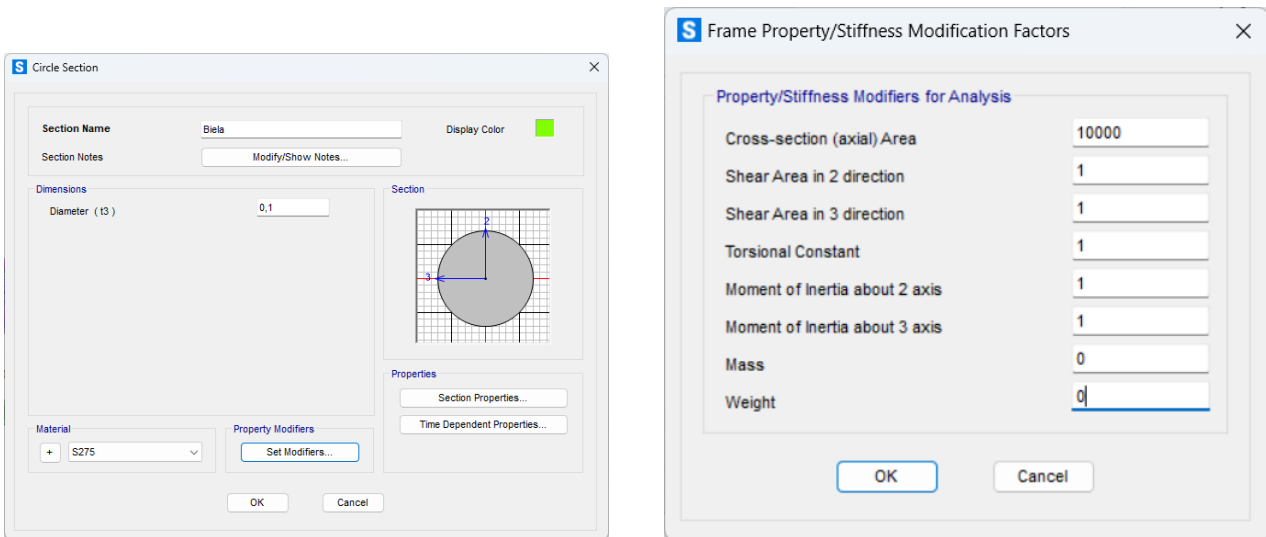


Figura 04.03.01-03. Ventanas de propiedades de secciones tipo bielas en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Los anclajes de la zapata del pescante se definen como indican los planos de estructura proporcionados por David Gallardo; cuatro anclajes, cada uno de 20cm de diámetro con cuatro redondos corrugados embebidos. La ruta seguida es:

Define > Section Properties > Frame Sections... > Add New Property... > Concrete > Circular

Select > Groups

Assign > Frame > Frame Sections

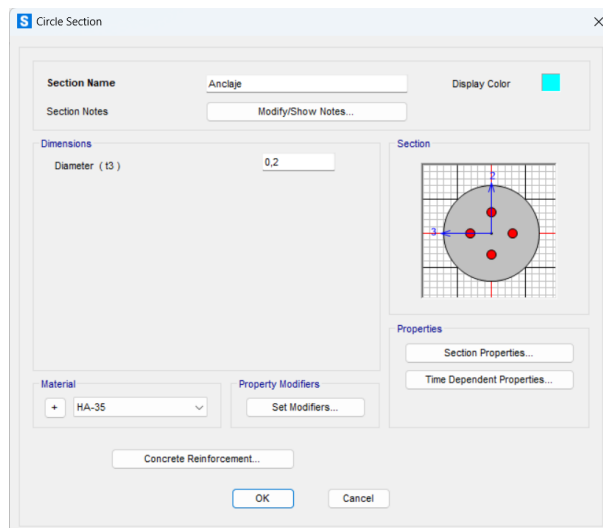


Figura 04.03.01-04. Ventanas de propiedades de secciones de anclajes en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

04.03.02. ELEMENTOS FINITOS

Para la asignación de las diferentes secciones y materiales de los elementos finitos en SAP2000, se observa en los planos de estructura proporcionados por David Gallardo que el hormigón que se emplea en todos los elementos de hormigón de la estructura, tanto en elementos de cimentación como en la estructura aérea, es un HA-35/B/40/IV, el cual se asignará en las todos los tipos de secciones que hay y únicamente se modifica el espesor dependiendo del elemento, los cuales se han agrupado previamente en el modelo geométrico dependiendo de este parámetro.

Hay que tener en cuenta que todos los elementos de hormigón son macizos, no hay ningún aligerado, por lo que en los parámetros de "Thickness", los valores de "Membrane" y "Bending" son coincidentes y se corresponden al espesor del elemento. La asignación se realiza siguiendo la siguiente ruta en el programa:

Define > Section Properties > Area Sections... > Add New Section...

Select > Groups

Assign > Area > Sections...

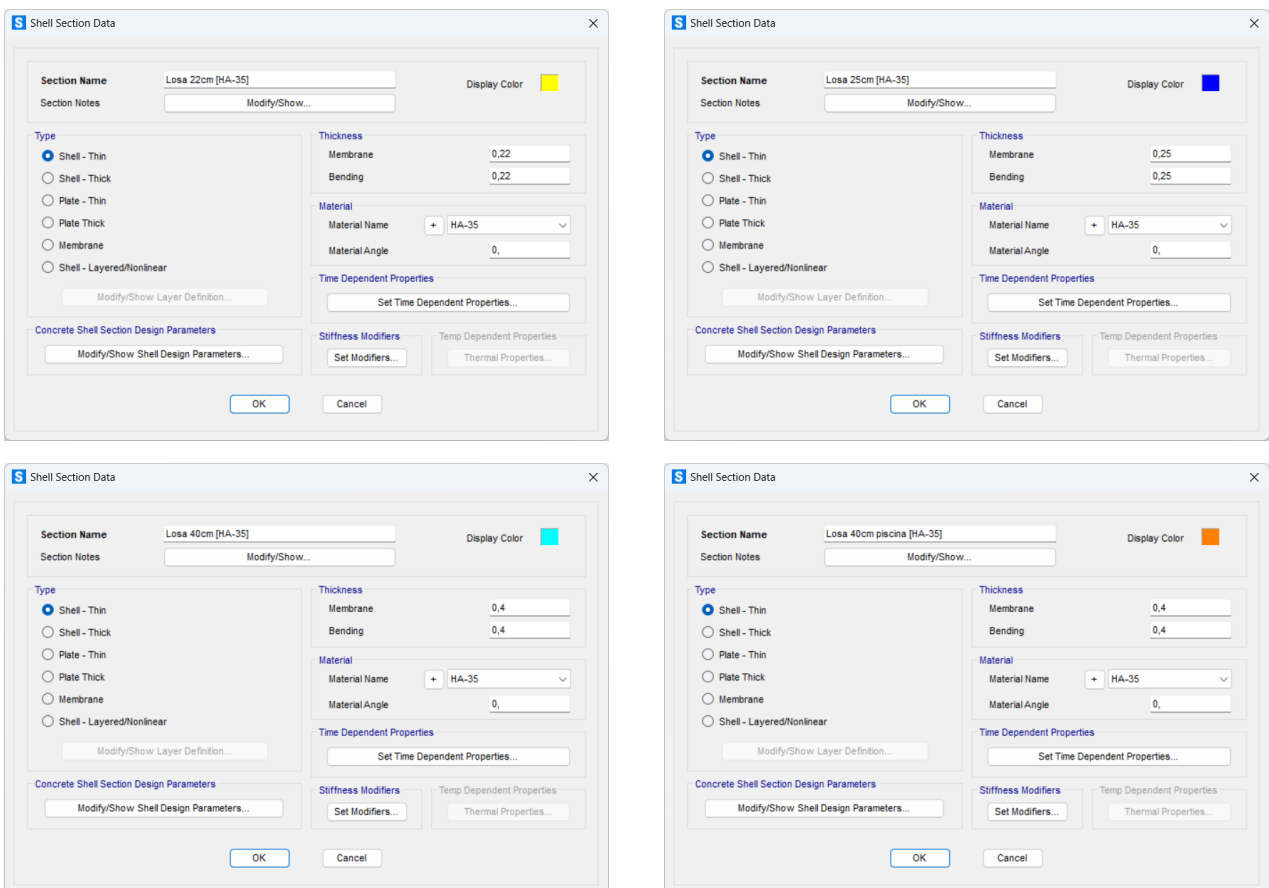


Figura 04.03.02-01. Ventanas de propiedades de secciones en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

S Shell Section Data

Section Name: Pantalla 20cm [HA-35] Display Color: ■

Section Notes:

Type: Shell - Thin
 Shell - Thick
 Plate - Thin
 Plate Thick
 Membrane
 Shell - Layered/Nonlinear

Thickness: Membrane: 0,2 Bending: 0,2

Material: Material Name: HA-35 Material Angle: 0

Time Dependent Properties:

Concrete Shell Section Design Parameters:

Stiffness Modifiers: Temp Dependent Properties:

S Shell Section Data

Section Name: Pantalla 30cm [HA-35] Display Color: ■

Section Notes:

Type: Shell - Thin
 Shell - Thick
 Plate - Thin
 Plate Thick
 Membrane
 Shell - Layered/Nonlinear

Thickness: Membrane: 0,3 Bending: 0,3

Material: Material Name: HA-35 Material Angle: 0

Time Dependent Properties:

Concrete Shell Section Design Parameters:

Stiffness Modifiers: Temp Dependent Properties:

S Shell Section Data

Section Name: Zapata 70cm [HA-35] Display Color: ■

Section Notes:

Type: Shell - Thin
 Shell - Thick
 Plate - Thin
 Plate Thick
 Membrane
 Shell - Layered/Nonlinear

Thickness: Membrane: 0,7 Bending: 0,7

Material: Material Name: HA-35 Material Angle: 0

Time Dependent Properties:

Concrete Shell Section Design Parameters:

Stiffness Modifiers: Temp Dependent Properties:

S Shell Section Data

Section Name: Zapata 100cm [HA-35] Display Color: ■

Section Notes:

Type: Shell - Thin
 Shell - Thick
 Plate - Thin
 Plate Thick
 Membrane
 Shell - Layered/Nonlinear

Thickness: Membrane: 1, Bending: 1,

Material: Material Name: HA-35 Material Angle: 0

Time Dependent Properties:

Concrete Shell Section Design Parameters:

Stiffness Modifiers: Temp Dependent Properties:

S Shell Section Data

Section Name: Zapata 200cm [HA-35] Display Color: ■

Section Notes:

Type: Shell - Thin
 Shell - Thick
 Plate - Thin
 Plate Thick
 Membrane
 Shell - Layered/Nonlinear

Thickness: Membrane: 2, Bending: 2,

Material: Material Name: HA-35 Material Angle: 0

Time Dependent Properties:

Concrete Shell Section Design Parameters:

Stiffness Modifiers: Temp Dependent Properties:

Figura 04.03.02-02. Ventanas de propiedades de secciones en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

04.04. CONDICIONES DE ENLACE EN SAP2000

Hay dos tipos de enlaces a definir en el programa: enlaces con el interior, es decir, las desconexiones, y enlaces con el exterior, estos son los correspondientes a la cimentación.

Dado que automáticamente SAP2000 establece que ningún extremo de barra o elemento finito este liberado de giros o desplazamientos, es decir, no hay desconexiones internas, todos los nudos están totalmente empotrados entre sí. Esto es correcto al estar hablando de una estructura de hormigón armado, pero no en las bielas que se habían supuesto para el enlace entre la cimbra y la estructura volada. Para permitir el correcto funcionamiento de las bielas, que se habían supuesto biarticuladas, se han de modificar estas desconexiones internas establecidas por defecto, es decir, las desconexiones de extremo de barra. Para ello se sigue la siguiente ruta en el programa:

Assign > Frame > Releases/Partial Fixity...

Tanto el extremo final como el inicial son biarticulados, por lo que las condiciones de enlace que se establecen son las de la figura siguiente en todas las bielas de modelo.

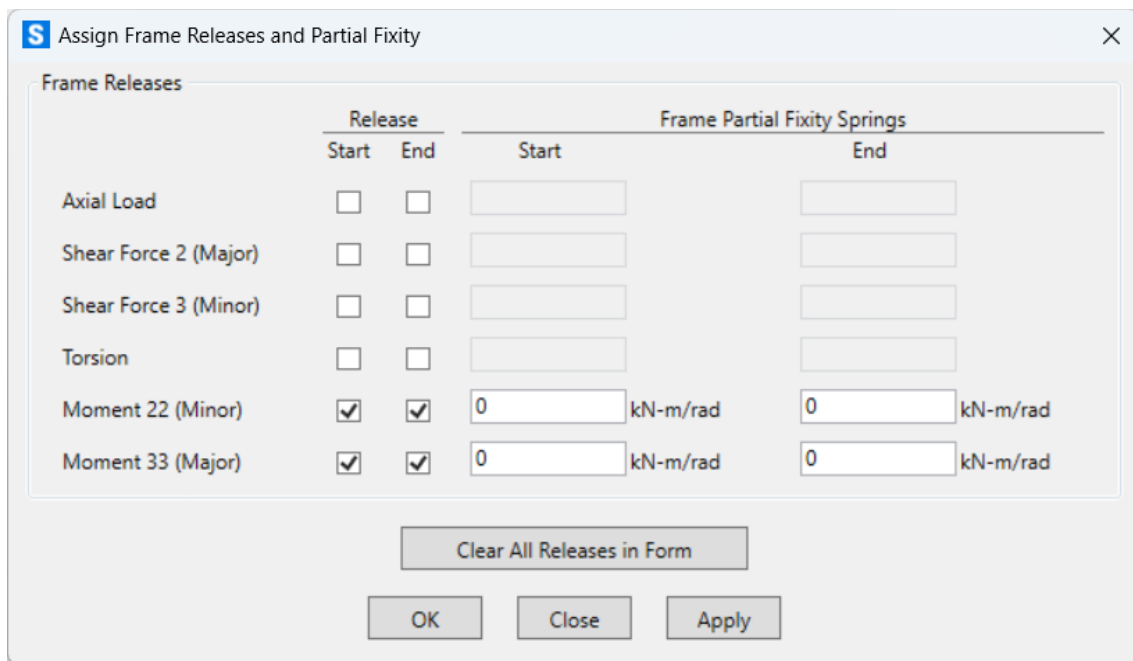


Figura 04.04-01. Ventana de desconexiones de extremo de barra de bielas en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Por defecto, no hay ningún nudo en el que se haya impedido el movimiento en el programa SAP2000, es decir, no hay ningún nudo apoyado y hay que definirlos. Una forma sencilla de realizarlo es mediante la imposición de movimientos nulos aplicados a los nudos en contacto con el terreno. Para ello se ha de seguir la ruta:

Assign > Joint > Restraints...

Como todos los nudos son libres, no tienen restricción exterior a su movimiento, se moverán lo que les deje la estructura por sus rigideces. Si se quiere modificar alguno de estos tipos de enlace, se puede asignar a través de las opciones que aparecen en la figura.

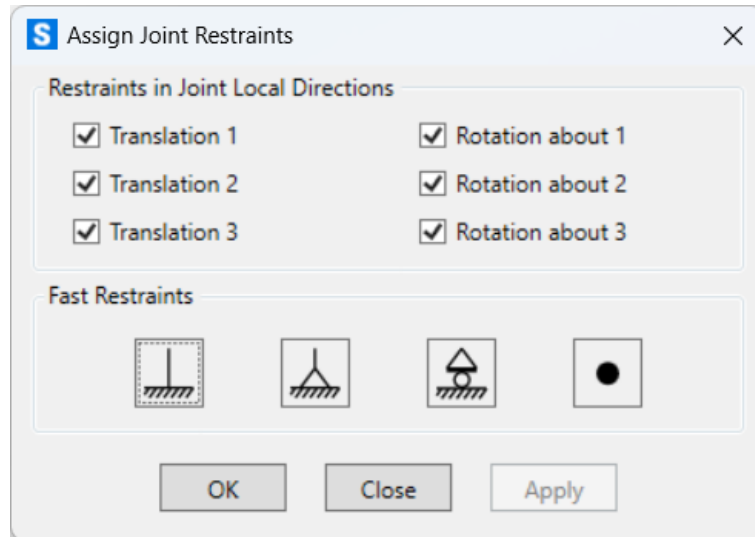


Figura 04.04-02. Ventana de restricciones de movimiento exteriores en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Suponer en todos los puntos de apoyo un empotramiento como refleja la selección asignada en la figura anterior, es algo ficticio, ya que se trata de una simplificación matemática en la que se supone que todos los desplazamientos y giros son nulos, algo que en la vida real no puede suceder, todo gira y todo se mueve. Es cierto que, en roca, como es el caso de la estructura analizada, pueden ser tan pequeños estos movimientos que son prácticamente despreciables. Para que el cálculo sea más riguroso, se ha incluido la cimentación dentro del modelo como elementos finitos en el modelo geométrico realizado en AutoCAD y se va a analizar la conexión con el terreno a través de un sistema de muelles captando así su correcta interacción y cálculo de asientos.

Para establecer los muelles se hace uso de la tabla Excel “Modulo basalto.xlsx” proporcionada por David Gallardo, que permite aplicar el modelo “Winkler” de losa flexible sobre suelo elástico. El objetivo es relacionar la rigidez del terreno con el ensayo K30 o ensayo de módulo de balastro. Como se aprecia en el documento de la memoria de cálculo de la estructura, para el valor del coeficiente de balastro se adoptó un valor de 300 KP/cm³, un valor muy elevado pero que es consecuencia del buen terreno de cimentación en el que se implanta la vivienda.

En la tabla Excel se obtiene el módulo elástico a partir de la geometría de la cimentación, el tipo de terreno y el coeficiente K30. De estas variables, el coeficiente K30 y el tipo de terreno se mantienen constantes, pero la geometría de la cimentación varía en cada caso. Para establecer los valores de cada una, se obtiene un coeficiente diferente en cada una de las geometrías que aparecen en el siguiente esquema, de manera simplificada.

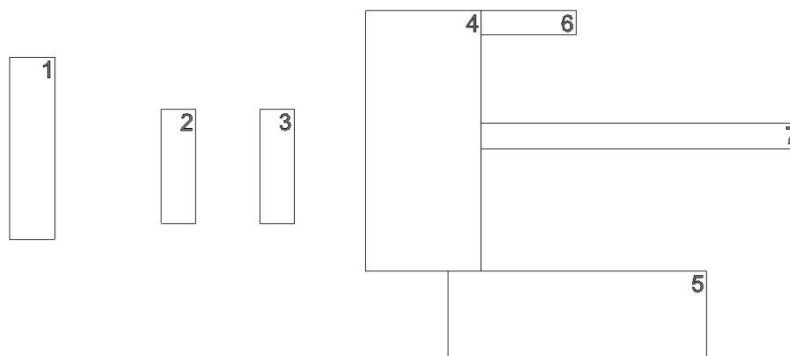


Figura 04.04-03. Simplificación geométrica de cimentación. Fuente: elaboración propia.

Insertando las variables en la tabla Excel, se obtiene para el caso de la cimentación 1 la siguiente constante de rigidez del muelle que representa el terreno.

ADAPTACIÓN DEL MÓDULO DE BALASTO DE UNA PLACA DE CARGA DE 30x30 cm. PARA MODELO WINKLER DE LOSA FLEXIBLE SOBRE SUELO ELÁSTICO			
OBRA:	Casa del Acantilado		
Geometría de la losa:	Rectangular	Largo =	8,00 metros
		Ancho =	2,00 metros
Tipo de terreno:	Mixto	Arenas (%)	50
K_{30} =	300,0 kp/cm ³	Arcillas (%)	50
$K_{arenoso}$ =	kp/cm ³	t/m ³	kN/m ³
$K_{arcilloso}$ =	kp/cm ³	t/m ³	kN/m ³
K_{mixto} =	54,070	54.070,31	540.703,1

Figura 04.04-04. Tabla Excel "Modulo Basalto.xlsx". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Las constantes de rigidez del muelle que representa el terreno en cada cimentación simplificada son los que aparecen a continuación:

- Cimentación 1: $540703,1 \text{ KN/m}^3 \approx 500000 \text{ KN/m}^3$
- Cimentación 2: $644000,0 \text{ KN/m}^3 \approx 600000 \text{ KN/m}^3$
- Cimentación 3: $644000,0 \text{ KN/m}^3 \approx 600000 \text{ KN/m}^3$
- Cimentación 4: $415008,7 \text{ KN/m}^3 \approx 400000 \text{ KN/m}^3$
- Cimentación 5: $427194,3 \text{ KN/m}^3 \approx 400000 \text{ KN/m}^3$
- Cimentación 6: $808511,9 \text{ KN/m}^3 \approx 800000 \text{ KN/m}^3$
- Cimentación 7: $748303,6 \text{ KN/m}^3 \approx 700000 \text{ KN/m}^3$

Se obtienen valores muy elevados en comparación con otros terrenos más habituales en la Comunidad Valenciana, debido al valor de K30 tan elevado. De todas formas, estos valores no son precisos y hay que tomarlos como orientativos. Se han redondeado hacia valores menores que los obtenidos en la tabla (del lado de la seguridad) y se introducen en el modelo seleccionando los elementos afectados en cada cimentación, a través de la ruta siguiente en SAP2000:

Assign > Area > Area Springs...

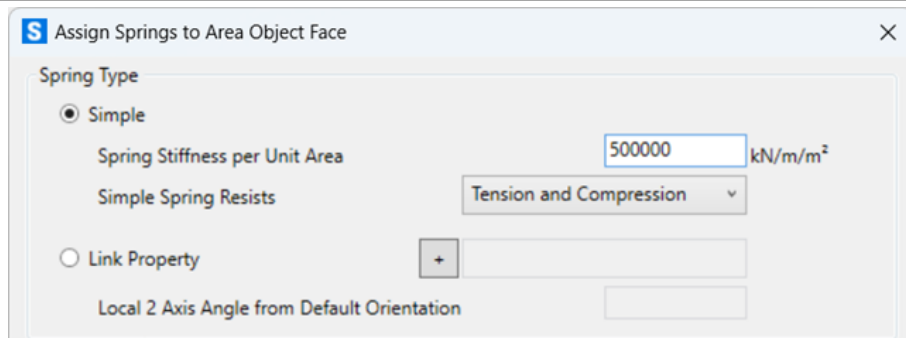


Figura 04.04-05. Ventana de asignación de muelles en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

También se liberan los nudos, teniendo en cuenta que el muelle solo actúa en perpendicular al elemento finito, es decir, ahora solo hay reacciones verticales y para evitar la inestabilidad lateral del edificio, que se ve restringida por el efecto del terreno al estar la cimentación encastrada en el mismo, hay que aplicar unas condiciones de enlace que impidan el desplazamiento lateral en ambas direcciones. Para ello se ha de seguir la ruta y aplicar las restricciones que se observan seguidamente en la figura:

Assign > Joint > Restraints...

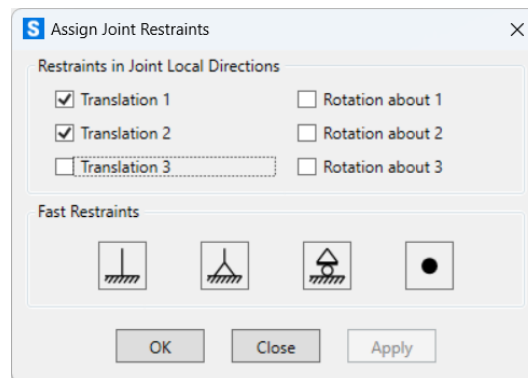


Figura 04.04-06. Ventana de restricciones de movimiento exteriores en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

En el caso de los extremos de los anclajes en cimentación en la zapata del pescante, también se asigna la restricción en el desplazamiento en el eje “z”, para que trabaje efectivamente como un anclaje. Una vez realizado todo este proceso, se procede a calcular el modelo y se observa, como era de esperar al disponer de anclajes en cimentación la estructura, que aparecen muelles traccionados y SAP2000 interpreta que estos muelles generan tracción, es decir, el terreno colabora en la absorción de la tracción, lo cual no es correcto. Por ello se desactivan los muelles traccionados para que no colaboren. Para identificar que muelles generan tracción se sigue la siguiente ruta, y se asigna en ELSu un rango de contorno para comprobar a simple vista esos muelles:

Display > Show Forces/Stresses > Soil Pressure...

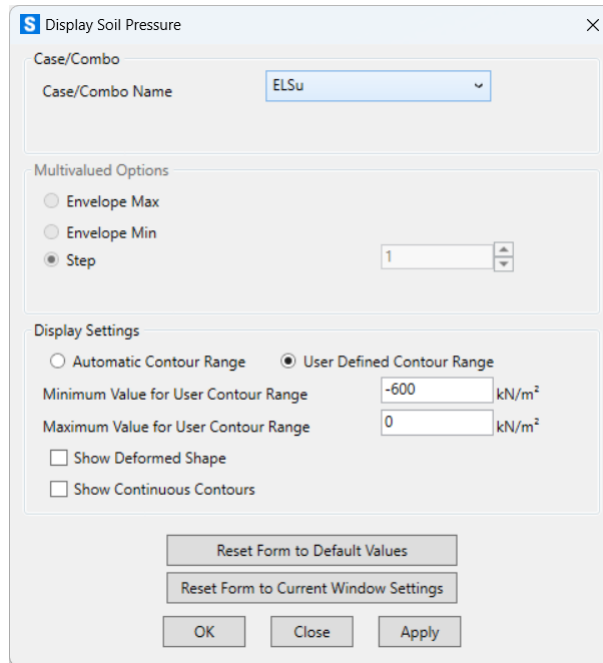


Figura 04.04-07. Ventana de presiones en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Se establecen dos rangos límite: Valor máximo 0 KN/m², que indica que los valores que se encuentren por encima (valores positivos) se corresponden a elementos traccionados (color azul oscuro en la escala), y el valor mínimo de -600 KN/m², que indica el límite de presiones admisibles por parte del terreno (6 KP/cm²), por lo que si algún elemento estuviese por debajo de este valor (color morado en la escala), provocaría tensiones superiores a las admisibles en el terreno y no sería valido, pero como se observa en la siguiente figura, no sucede en la estructura.

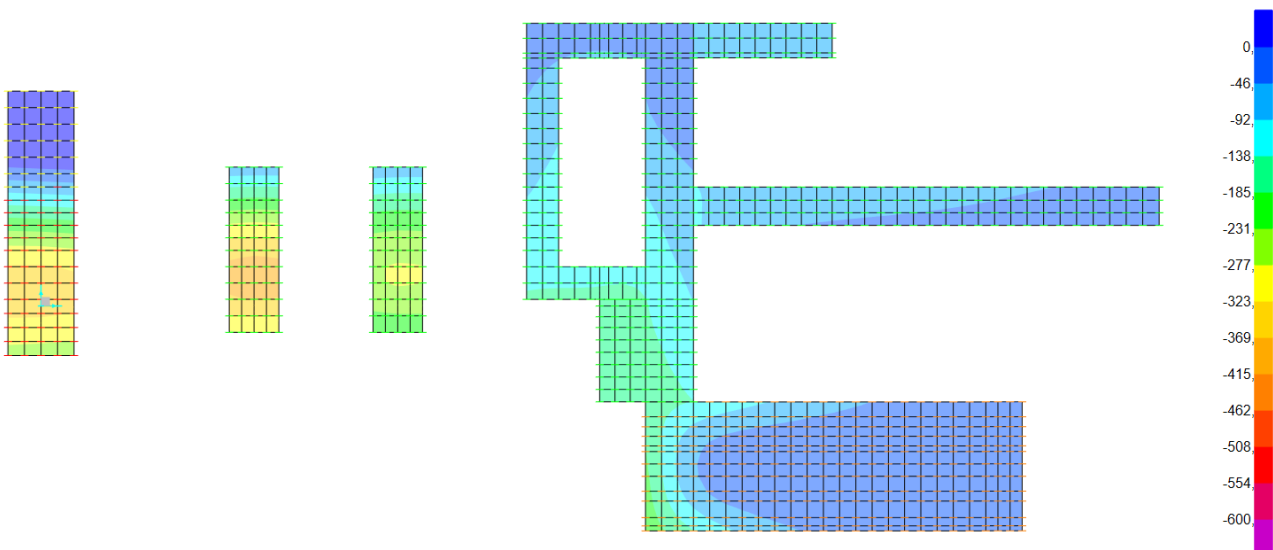


Figura 04.04-08. Resultados de "Soil Pressure" en ELSu en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Los muelles traccionados solo aparecen en la zapata del pescante. Para desactivarlos, hay que modificar en estos muelles las constantes de rigidez que se les había asignado, poniendo valor nulo a través de la ruta siguiente en SAP2000, repitiendo este proceso de forma iterativa hasta que no aparezcan elementos traccionados, obteniendo como resultado de muelles desactivados los señalados en rojo en la figura siguiente:

Assign > Area > Area Springs...

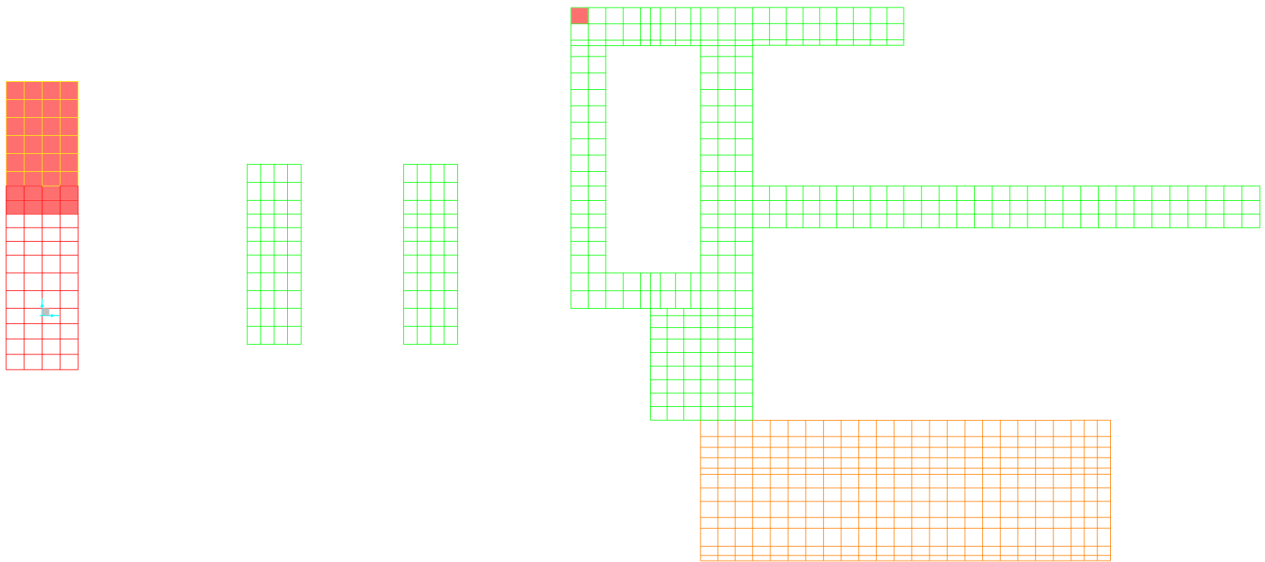


Figura 04.04-09. Muelles activos en el modelo en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Para concluir, y comprobar que el comportamiento es correcto, se obtienen los resultados de cálculo del modelo en ELSu, se selecciona un punto de la cimentación (punto de máximo asiento) y se comprueba manualmente que presión se ejerce en ese punto a partir de su valor de asiento. Para ello, el asiento se multiplica por la constante de rigidez:

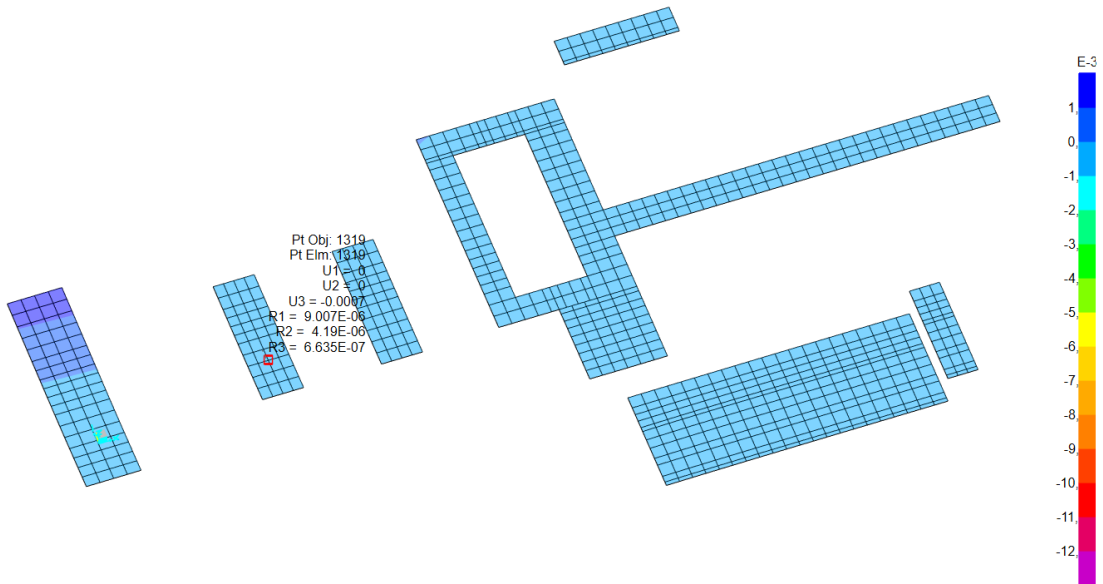


Figura 04.04-10. Resultados de "Deformed Shape" en ELSu en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

$$P = K \times \Delta = 600000 \text{ KN/m}^3 \times 0,000695 \text{ m} = 417 \text{ KN/m}^2$$

Obtenido este valor, se comprueba si coincide con el obtenido en el apartado "Soil Pressure" en ELUs, que se representa en la siguiente figura, dando por valido el resultado.

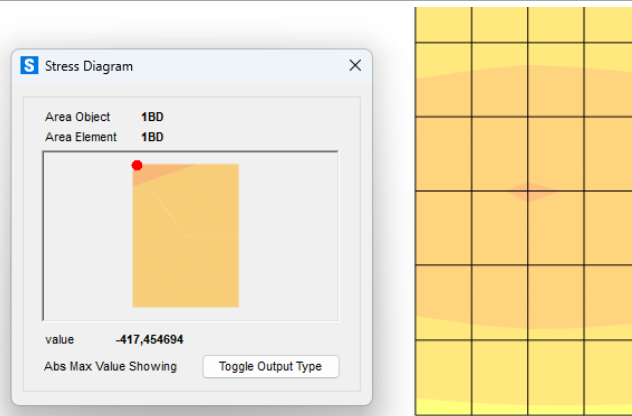


Figura 04.04-11. Resultados de "Soil Pressure" en ELSu en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

04.05. DEFINICIÓN DE LOS MODELOS POR ETAPAS DE EJECUCIÓN

Para la construcción de la estructura fue necesario realizar una cimbra que soportase las diferentes cargas a lo largo de la ejecución. Dada la importancia de este elemento, se analiza en este trabajo su influencia y forma de trabajar a lo largo del proceso de ejecución, basando este análisis en el proceso real que se siguió, de manera que se van a suponer cinco fases del proyecto para realizar cinco modelos de cálculo diferentes:

- *Fase primera:* Ejecución de la losa de la planta de la vivienda en el cuerpo volado con el resto de estructura no volada ya ejecutada. Estructura con cimbra.
- *Fase segunda:* Ejecución de los muros interiores de la vivienda con la losa de planta primera ya ejecutada y colaborando estructuralmente. Estructura con cimbra.
- *Fase tercera:* Ejecución de la losa de la cubierta del cuerpo volado con los muros interiores ya ejecutados y colaborando estructuralmente. Estructura con cimbra.
- *Fase cuarta:* Estructura completamente ejecutada colaborando estructuralmente toda ella, todavía con la cimbra.
- *Fase quinta:* Estructura completa sin cimbra (situación del proyecto durante su vida útil).

04.05.01. FASE PRIMERA

Para este modelo se va a considerar que toda la estructura situada por debajo de la cota del cuerpo volado ha sido ejecutada, como se realizó durante la ejecución real del proyecto. En este momento se está ejecutando la losa del forjado de la vivienda, una losa volada que transmite su peso propio a la cimbra. Al estar en fase de ejecución esta losa no colabora estructuralmente todavía y simplemente actúa como una carga. Pero hay que tener en cuenta que en la ejecución real de esta parte de la estructura se propuso un proceso de hormigonado, en el que primero se hormigonaba toda la parte posterior contra la montaña, y al menos 2 semanas más tarde, se hormigonaba la losa sobre la cimbra de forma que la parte trasera, una vez fraguada, impedía que las zapatas de las pantallas girasen, porque la losa superior actúa como un peso sobre ellas, y además, hace de viga horizontal rígida para que el intento de giro de las zapatas se acodalase en esa viga/losa horizontal llevando las cargas hasta el pescante por un lado, y hasta el muro de la piscina, por el otro lado.

Para realizar un modelado correcto, si se utilizan los elementos finitos que componen esta losa en el modelo general definido previamente como cargas sin aportar rigidez (mediante la asignación de sección "None" en SAP2000), el cálculo considera las cargas aplicadas en el elemento finito aplicando la parte proporcional de carga como carga puntual en cada uno de los vértices de dicho elemento, actuando como una placa de carga y calculando la resultante de la carga superficial por el área del elemento finito dividiéndola posteriormente. Esta solución generaría una problemática en el modelo ya que, al no asignar rigidez a los vértices, si estos no están conectados a elementos rígidos de apoyo de la carga, el modelo sería inestable.

Además de este problema, otra complejidad adicional es que, como hemos definido en el modelo genérico, la losa que se está ejecutando en esta fase primera se apoya en la cimbra metálica a través de las bielas en la parte volada de la planta, pero en la parte trasera no tiene ningún apoyo inferior (no tiene ningún elemento rígido que soporte la carga). En la ejecución real, en esta parte de la estructura se colocaron puntales para soportar el encofrado, de manera que la carga del hormigón fresco era absorbida por estos. Por lo tanto, en el modelo de esta fase vamos a considerar que esta parte, al haber fraguado ya, está colaborando en parte estructuralmente, pero no vamos a conectarla con la parte de losa que está en proceso de ejecución sobre la cimbra.

Por lo tanto, se podría utilizar la parte de losa que apoya sobre la cimbra como elementos finitos con cargas superficiales que generen cargas puntuales sobre las bielas, pero al no tener estos rigidez por usarse una sección "None" y apoyar sobre unas bielas biarticuladas, los nudos de enlace de estos elementos serían inestables.

Para simplificar la manera de trabajar, la solución final adoptada es borrar del modelo genérico que se ha desarrollado hasta el momento toda la geometría no construida hasta esta fase de ejecución (cuerpo volado), además de los elementos finitos del forjado de la vivienda (además de las bielas que carecen de utilidad si estos se borran en esta fase), a excepción de la parte de losa trasera que si se mantiene en el modelo, y se procederá a calcular en el apartado de cargas la carga lineal que transmite este forjado a las correas de la cimbra, calculando su peso propio y sobrecarga de ejecución, distribuyéndola en función de su ámbito. La zona trasera de la planta, al apoyar sobre puntales y trabajar de manera diferente sin afectar a la cimbra, no afecta en el análisis de esta primera fase, evitando únicamente el efecto de giro en las zapatas, como se proyectó en su momento. Por lo tanto, la geometría del modelo en esta fase primera se corresponde a la siguiente figura.

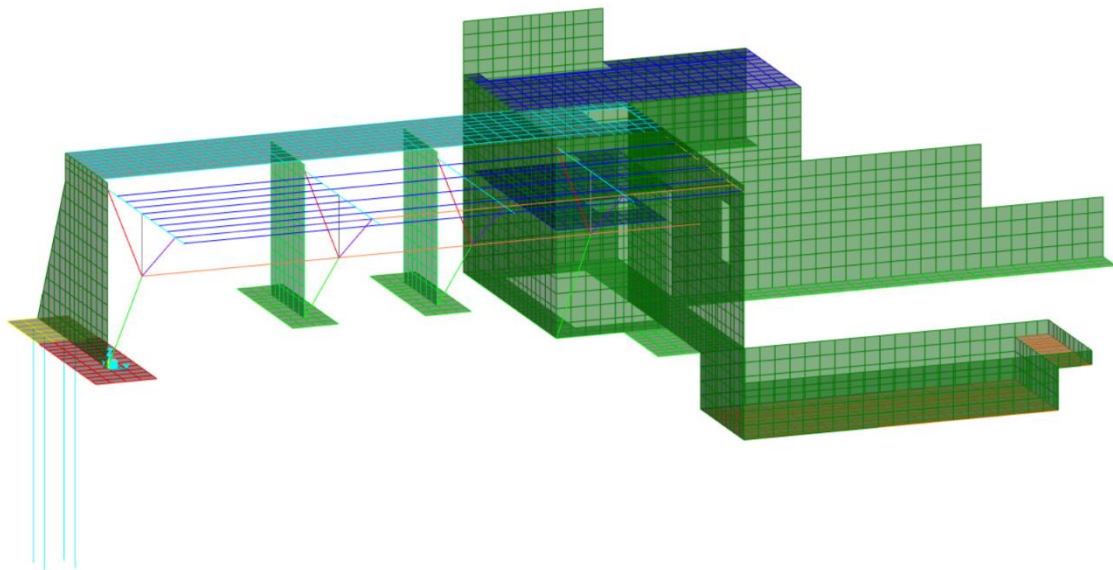


Figura 04.05.01-01. Geometría del modelo en fase primera en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

04.05.02. FASE SEGUNDA

Para esta segunda etapa, la primera losa ya ha sido ejecutada y ha fraguado, por lo que se considera ya un elemento estructural, con rigidez, siendo capaz de absorber esfuerzos. Por lo tanto, la losa y bielas eliminadas en fase primera sí que aparecen en este modelo.

Consideramos ahora que la parte estructural que se está ejecutando son los muros de la planta de la vivienda que actúan como costillas en la estructura general del edificio. El peso de estos podría ponerse como una carga lineal bajo la huella de cada muro. Pero otra opción más interesante es dejar los elementos finitos de estos muros, sin la cubierta que aún no se ha ejecutado, como elementos estructurales, ya que al no estar conectados superiormente a ningún elemento solo actúan como carga muerta de su propio peso y no rigidizan la estructura.

En la zona trasera, la parte de losa que no apoya sobre la cimbra, se separa de la geometría de la losa sobre la cimbra, pues su peso y rigidez no colaboran durante la ejecución ya que durante todo el proceso se mantuvieron los puntales hasta el terreno. Por lo que el modelo de fase segunda queda definido como aparece en la siguiente figura.

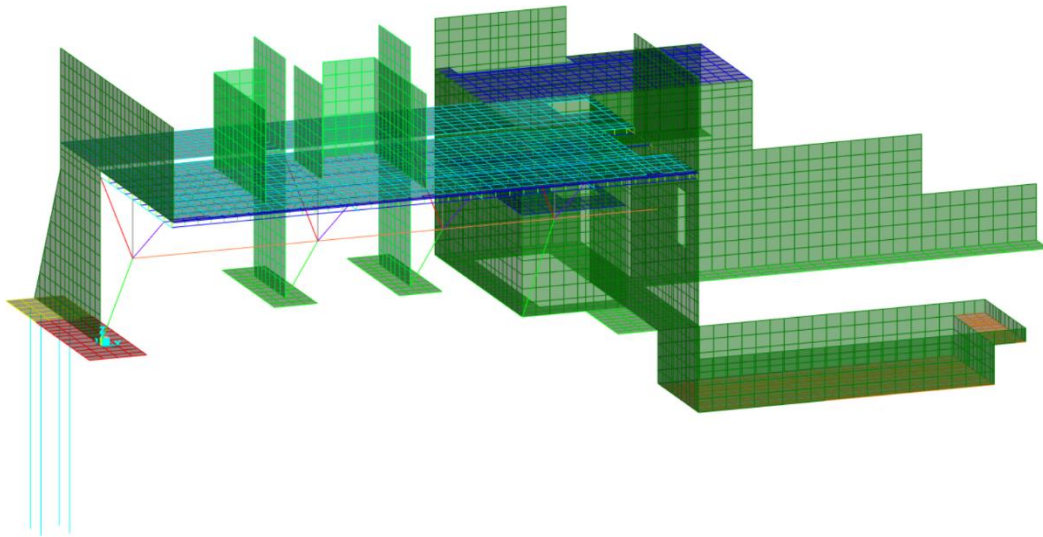


Figura 04.05.02-01. Geometría del modelo en fase segunda en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

04.05.03. FASE TERCERA

En esta fase se está ejecutando la losa de la cubierta. El procedimiento seguido en la ejecución real fue colocar puntales para soportar el encofrado de la losa de cubierta en toda la planta de la vivienda que transmitían su carga (losa todavía sin fraguar y, por lo tanto, sin colaborar estructuralmente, actuando como una carga por peso propio) a los puntales inferiores en la parte trasera o a la cimbra en la parte volada y de estos al terreno. Por lo tanto, el modelo en esta fase tercera es equivalente al modelo de fase segunda geoméricamente, pero cargado de manera diferente, pues en esta fase se supondrá que la parte de cubierta en la zona volada es una carga superficial que se aplicara sobre el elemento finito de la losa inferior, además de su carga de ejecución. Del mismo modo, debido a la misma hipótesis que en el apartado anterior, no se conecta la parte trasera de la losa al no afectar a la cimbra, la cual es el objeto de análisis de estos modelos de ejecución para determinar el efecto de vuelco. Por ello, la figura de este modelo es equivalente a la figura 04.05.02-01, lo único que cambiará son las cargas que se aplicarán posteriormente.

04.05.04. FASE CUARTA

En este modelo, ya se ha ejecutado toda la estructura y toda ella colabora en la absorción de cargas, pero vamos a considerar que no se ha procedido al descimbrado, algo que sucedió durante un periodo bastante prolongado en la ejecución real de la vivienda. Por ello, el modelo de esta fase es el de la siguiente figura.

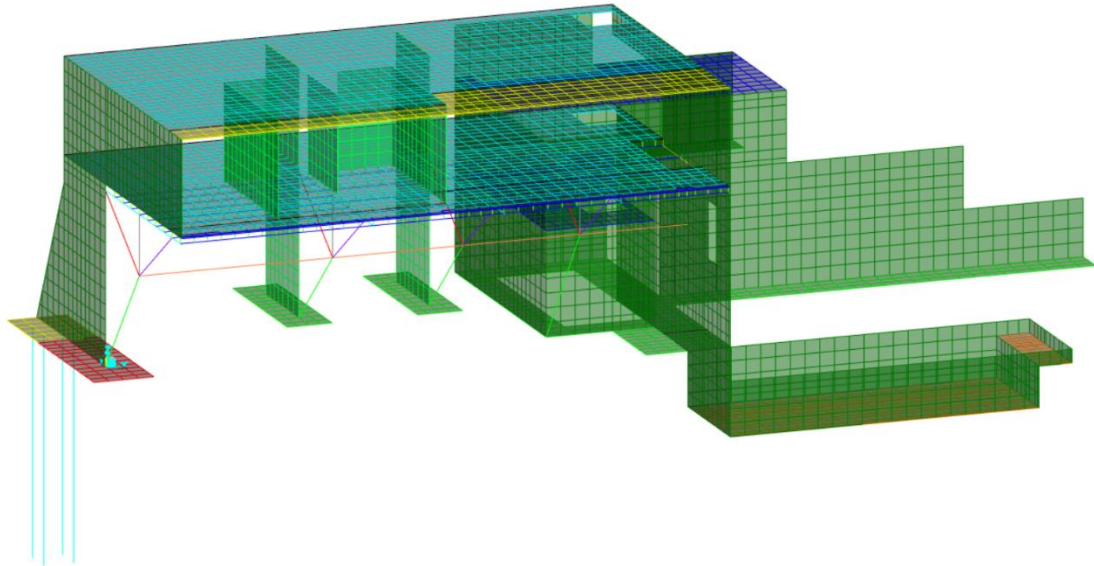


Figura 04.05.04-01. Geometría del modelo en fase cuarta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

04.05.05. FASE QUINTA

Este modelo se corresponde a la situación real durante la vida útil de la estructura, cuando ya se ha ejecutado toda la estructura y toda ella colabora en la absorción de cargas una vez se ha descimbrado. La figura siguiente representa la estructura real de la vivienda hoy en día.

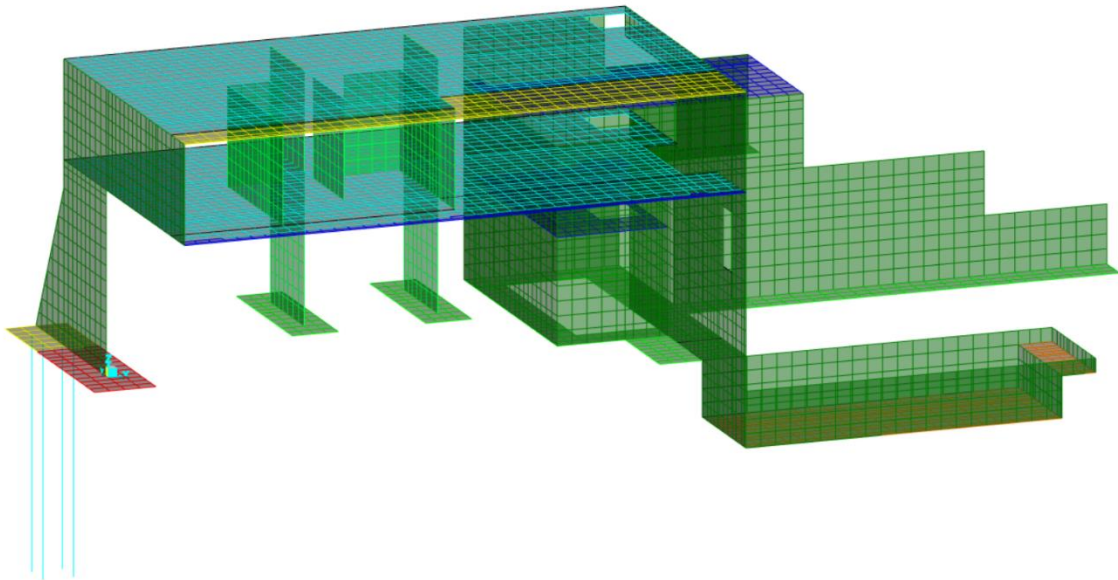


Figura 04.05.05-01. Geometría del modelo en fase quinta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

05. ESTIMACIÓN DE LAS ACCIONES

05.01. APLICACIÓN DE LAS ACCIONES EN SAP2000

Para la asignación de las diferentes acciones que intervienen en la estructura, teniendo en cuenta que se trata de un edificio en la provincia de Alicante, es de aplicación la normativa española; el Código Técnico de la Edificación (CTE). Concretamente, son de especial utilidad en este apartado relativo a las acciones la normativa recogida en los siguientes documentos: Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE) y Documento Básico Seguridad Estructural-Acciones en la edificación (DB-SE-AE)

Para la estimación de las acciones hay que diferenciar entre los diferentes grupos que establece la norma en función de su variación en el tiempo. Para ello, el DB-SE señala en su apartado 3.3.2.1:

- a) *Acciones permanentes (G): Son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante (como el peso propio de los elementos constructivos o las acciones y empujes del terreno) o no (como las acciones reológicas o el pretensado), pero con variación despreciable o tendiendo monótonamente hasta un valor límite.*
- b) *Acciones variables (Q): Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o las acciones climáticas.*
- c) *Acciones accidentales (A): Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña, pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión.*

05.01.01. ACCIONES PERMANENTES (G)

Dentro de este tipo de cargas se diferencia entre dos grandes grupos. Por un lado, las cargas relativas al peso propio, que se insertan de forma automática en el programa SAP2000 al haber definido previamente las secciones de cada elemento con su materialidad. El programa inserta su valor dentro de la hipótesis de carga "DEAD".

El otro grupo de cargas permanentes es el compuesto por las acciones originadas por tabiquería, falsos techos... Todas ellas se agrupan en un mismo valor y se introducen en la hipótesis de carga de Cargas Muertas Permanentes (CMP). Para la asignación de estos valores, y del resto de cargas ya predefinidas por el proyecto que se utilizan posteriormente, se utilizan los datos reales empleados en el análisis original de la estructura tal y como figuran en los planos de estructura proporcionados por David Gallardo y que se muestran en la siguiente tabla.

ACCIONES [kN/m ²]									
PSICINA (+7.40) SOLERA 15cm		GARAJE (+10.55) LOSA MACIZA 25cm		VIVIENDA (+13.40) LOSA MACIZA 40cm		CUBIERTA GARAJE (+13.25) LOSA MACIZA 25cm		CUBIERTA (+16.50) LOSA MACIZA 40cm	
Peso propio	3.75	Peso propio	6.25	Peso propio	10.00	Peso propio	6.25	Peso propio	10.00
Solado	1.50	Solado	1.25	Solado (int)	1.00	Solado	1.85	Solado	1.60
Tabiquería	1.00	F. techos+inst.	0.50	Solado (ext)	1.50	F. techos+inst.	0.50	F. techos+inst.	0.50
S. uso	4.00	S. uso	4.00	F. techos+inst.	0.50	S. uso	3.00	S. uso	1.00
				Tabiquería (int)	1.00	S. nieve	0.40	S. nieve	0.40
				S. uso (int)	2.00				
				S. uso (ext)	2.00				
TOTAL	10.25	TOTAL	12.0	TOTAL (interior)	14.5	TOTAL	12.00	TOTAL	13.5
				TOTAL (exterior)	14.0				

Figura 05.01.01-01. Tabla de acciones de la Casa del Acantilado. Fuente: David Gallardo.

El primer grupo de cargas se ha simplificado en la geometría del análisis suponiendo que las cargas de la solera se transmiten directamente al terreno rocoso sin originar ningún problema especial, como sucede en la realidad, por lo que las cargas que se aplicarán son las de elementos aéreos. Los diferentes grupos de carga tipo CMP que se insertarán en cada elemento en el programa son los siguientes:

$$\text{CMP Planta garaje: } 1,25(\text{solado}) + 0,50(\text{F.techos+inst.}) = 1,75 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{CMP Planta vivienda interior: } 1,00(\text{solado}) + 0,50(\text{F.techos+inst.}) + 1,00(\text{Tabique-} \\ \text{ría}) = 2,50 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{CMP Planta vivienda exterior: } 1,50(\text{solado}) + 0,50(\text{F.techos+inst.}) = 2,00 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{CMP Cubierta garaje: } 1,85(\text{solado}) + 0,50(\text{F.techos+inst.}) = 2,35 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{CMP Cubierta vivienda: } 1,60(\text{solado}) + 0,50(\text{F.techos+inst.}) = 2,10 \text{ KN/m}^2$$

Para aplicar las CMP en SAP2000 se seleccionan los elementos finitos que corresponden a cada carga y se sigue la ruta siguiente para cada CMP distinto:

Assign > Area Loads > Uniform (Shell)...

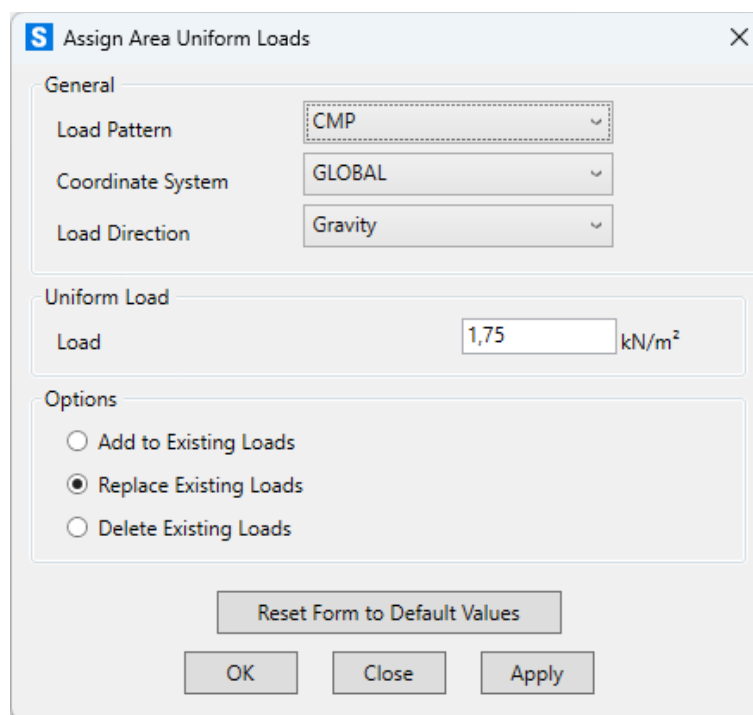


Figura 05.01.01-02. Ventana de asignación de cargas de área en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Hay que distinguir entre cargas superficiales y cargas lineales. Las primeras corresponden a las calculadas en cada CMP en el desglosado anterior, pero estas no son las únicas que actúan como cargas muertas permanentes, ya que hay que considerar el efecto de los cerramientos que no son elementos estructurales y proporcionan cargas lineales. Hay dos tipos de cerramientos en la vivienda; por un lado, las carpinterías de aluminio que dan a la orientación sur para dar acceso a la terraza en el voladizo en todo el frente de la vivienda. Para la carga de estas carpinterías se ha tomado 1 KN/m² y como su altura es de 2,90 metros, se considera una carga lineal de 2,90 KN/m. El otro tipo de cerramiento está compuesto por parte opaca y vidrio simultáneamente. A falta de datos precisos sobre la proporción exacta de cada elemento y la composición del elemento opaco, teniendo en cuenta que la altura total del cerramiento norte y la parte de cerramiento que da a la piscina es de 2,70 metros, se toma como valor de carga lineal 7 KN/m, valor orientativo en base a los proporcionados en el DB-SE-AE para el peso propio de elementos constructivos. Para aplicar estas cargas lineales primero se dibuja

una línea en SAP2000 a la que no se le asigna ninguna sección y se le asigna su carga siguiendo las rutas:

Draw > Draw Frame/Cable/Tendon (En "Section" se selecciona la opción "None")

Assign > Frame Loads > Distributed...

Trapezoidal Loads		1.	2.	3.	4.
Relative Distance		0	0,25	0,75	1
Loads		0	0	0	0
		kN/m			

Figura 05.01.01-03. Ventana de asignación de cargas lineales distribuidas en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Esta última simplificación también se realiza con la carga correspondiente a la escalera, la cual no se representa en el modelo geométrico por su complejidad, pero se van a suponer las cargas que representan mediante el siguiente análisis.

Teniendo en cuenta que el su peso propio es de 2,50 KN/m², suponemos que su carga total se distribuye de forma equitativa en 4 grupos: un cuarto de la carga soportada por el forjado inferior de la vivienda, otro cuarto soportado por la cimentación de la planta de piscina y dos cuartos soportados por el muro vertical en el que se encuentra (un cuarto del peso total por cada lado). El peso total lineal para repartir se calcula teniendo en cuenta los metros longitudinales de losa de escalera, que son 12m. Por lo tanto, las cargas lineales de peso propio que transmite la escalera en cada zona son las siguientes, y se asignan de la misma forma que las cargas anteriores:

$$\text{Peso propio en primer forjado: } 2,50 \text{ KN/m}^2 \times 12,00 \text{ m} / 4 = 7,5 \text{ KN/m}$$

$$\text{Peso propio en zapata: } 2,50 \text{ KN/m}^2 \times 12,00 \text{ m} / 4 = 7,5 \text{ KN/m}$$

$$\text{Peso propio en muro: } 2,50 \text{ KN/m}^2 \times 12,00 \text{ m} / 2 = 15 \text{ KN/m}$$

Hay que tener en cuenta que se trata de una simplificación, pues realmente la carga de la escalera se transmite lateralmente a lo largo de toda la longitud de empotramiento con el muro, pero nos permitirá comprobar de manera orientativa la posible influencia de la escalera en el conjunto.

También hay que tener en cuenta como cargas permanentes en el modelo las originadas por los empujes del terreno, las cuales no son uniformes y hay que calcularlas para insertarlas posteriormente en SAP2000. Para introducirlos en el programa se usan los "Joint Patterns", que simplificado, es una etiqueta que se asigna a los nudos del modelo en las cuales se almacenan valores escalares, en los nudos que sea necesario, y en lugar de usar una carga uniforme se usa la herramienta "Surface Pressure", para que la carga genere un empuje

perpendicular a la superficie del elemento finito con un valor definido a partir de los datos almacenados previamente en el “Joint Pattern”.

En primer lugar, se definen los “Joint Patterns” siguiendo la siguiente ruta en SAP2000, para crear una etiqueta en la que almacenar los valores de nombre “Empujes”:

Define > Joint Patterns...

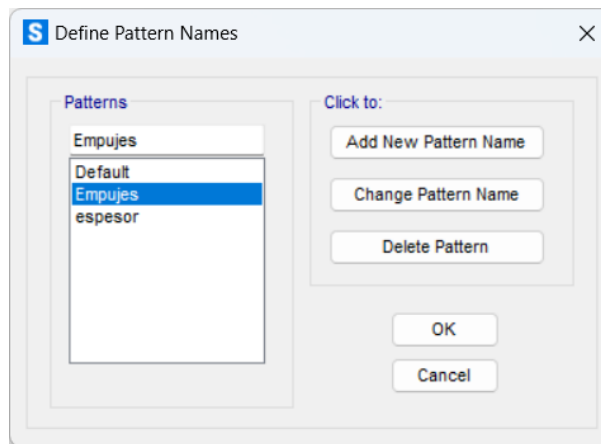


Figura 05.01.01-04. Ventana de definición de Joint Patterns en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Para asignar esta etiqueta a los nudos afectados por empujes del terreno, se seleccionan estos y se sigue la siguiente ruta:

Assign > Joint Patterns...

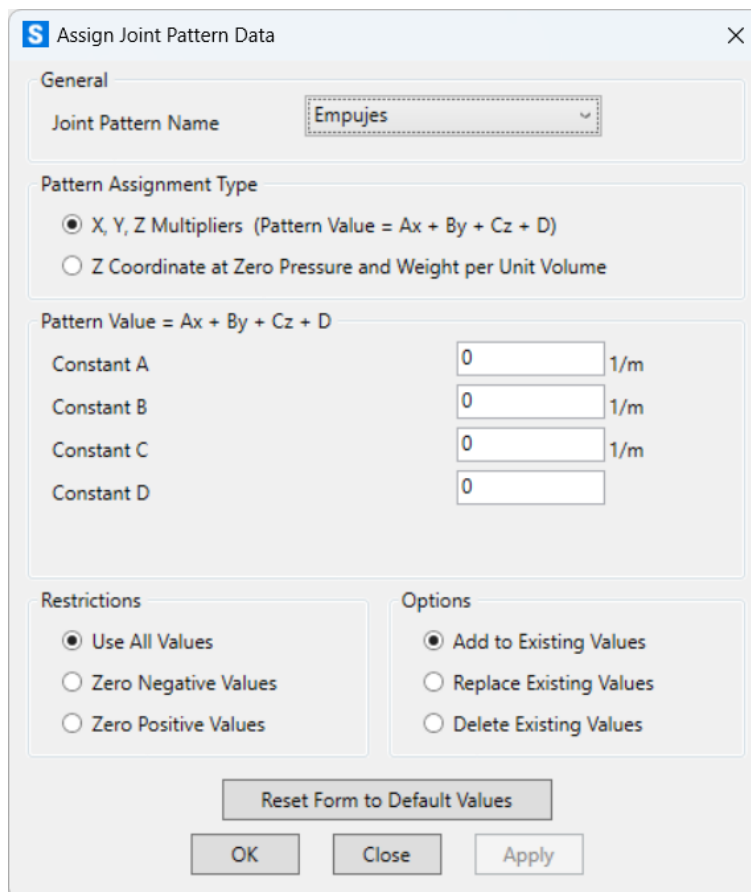


Figura 05.01.01-05. Ventana de asignación de Joint Patterns en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

En el valor de la constante “D” se ha de fijar el valor escalar correspondiente dependiendo de la profundidad a la que se encuentre el punto, pero para realizar la asignación de valores de forma automática en lugar de individualizada nudo por nudo, teniendo en cuenta que los valores son constantes cuando los puntos están a la misma altura y varían dependiendo de la profundidad creando una carga trapezoidal, se asignan valores en el apartado “Pattern Value” para definir una ecuación que asigna coeficientes a las coordenadas, de modo que, al variar el empuje con la profundidad, eje “z” de coordenadas globales, el único valor que hay que asignar es la constante “C”, dejando el resto con valor nulo, excepto el valor de “D” constante que se sumara al producto del anterior.

Para establecer estos valores se hace uso de la tabla Excel “Empujes Terreno.xlsm” proporcionada por David Gallardo, que permite definir los empujes teniendo en cuenta la densidad de terreno, el ángulo de rozamiento interno, el tipo de empuje, el coeficiente de empuje activo, la cohesión y la carga en coronación. Se va a considerar que, aunque el terreno es rocoso y sus empujes debido a su morfología son mínimos, se interpone, como es habitual, entre el terreno original y el muro un terreno de relleno para drenaje que originará empujes sobre el muro. Por ello se establecen los valores de 18 KN/m³ en la densidad del terreno y 30° en el ángulo de rozamiento interno.

Hay que diferenciar dos posibles formas de trabajar del muro: puede ser un muro con un tipo de empuje activo cuando este no tiene en la coronación un forjado que le impide moverse, muros de contención libres (este es el caso del muro vertical en la plataforma de piscina), o un muro en reposo, cuando es un muro de sótano con forjado la coronación que impide el desplazamiento (este es el caso de los muros que no pertenecen al cuerpo volado de la vivienda en de la planta de la piscina y de acceso al garaje). Los muros “en reposo” tendrán un valor de empuje debido al terreno mayor que los muros “activos”, debido al acomodamiento del terreno que se produce en los últimos.

Para la carga en coronación se utiliza 3 KN/m² si se trata de un terreno privado o 5 KN/m² cuando es un uso público, pero como el muro que da a terreno privado está en la zona de acceso al garaje y se pueden aparcar coches en determinadas ocasiones en este ámbito, se utiliza 5 KN/m², de modo que hay cuatro variantes de muros con cargas de terreno que se indican a continuación.

EMPUJES TERRENO - JOINT PATTERN SAP2000 - MURO PISCINA PRIMER TRAMO			
DENSIDAD DEL TERRENO	ρ	18,0	[kN/m ³]
ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO	θ	30,0	[°]
TIPO DE EMPUJE		ACTIVO	[]
COEFICIENTE EMPUJE ACTIVO	K_a	0,100	[]
COHESIÓN	c'	0,00	[kN/m ²]
CARGA EN CORONACIÓN	q	5,0	[kN/m ²]
CORONACION			
z2 (COTA CORONACIÓN)		3,5	[m]
p2 (PRESIÓN EN CORONACIÓN)		0,5	[kN/m ²] [kN/m]
BASE			
z1 (COTA ARRANQUE)		-0,4	[m]
p1 (PRESIÓN EN ARRANQUE)		7,6	[kN/m ²] [kN/m]
delta_z (ALTURA MURO)		3,95	[m]
delta_p (DIFERENCIA DE PRESIÓN)		-7,11	[kN/m ²] [kN/m]
COEFICIENTE C DE SAP (pendiente)		-1,80	SAP C
COEFICIENTE D DE SAP (p en z=0)		6,89	SAP D

EMPUJES TERRENO - JOINT PATTERN SAP2000 - MURO PISCINA SEGUNDO TRAMO			
DENSIDAD DEL TERRENO	ρ	18,0	[kN/m ³]
ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO	θ	30,0	[°]
TIPO DE EMPUJE		ACTIVO	[]
COEFICIENTE EMPUJE ACTIVO	K_a	0,100	[]
COHESIÓN	c'	0,00	[kN/m ²]
CARGA EN CORONACIÓN	q	5,0	[kN/m ²]
CORONACION			
z2 (COTA CORONACIÓN)		1,5	[m]
p2 (PRESIÓN EN CORONACIÓN)		0,5	[kN/m ²] [kN/m]
BASE			
z1 (COTA ARRANQUE)		-0,4	[m]
p1 (PRESIÓN EN ARRANQUE)		3,9	[kN/m ²] [kN/m]
delta_z (ALTURA MURO)		1,9	[m]
delta_p (DIFERENCIA DE PRESIÓN)		-3,42	[kN/m ²] [kN/m]
COEFICIENTE C DE SAP (pendiente)		-1,80	SAP C
COEFICIENTE D DE SAP (p en z=0)		3,20	SAP D

Figura 05.01.01-06. Tabla Excel “Empujes Terreno.xlsm”. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

EMPUJES TERRENO - JOINT PATTERN SAP2000 - MURO SÓTANO NORTE			
DENSIDAD DEL TERRENO	ρ	18,0	[kN/m ³]
ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO	θ	30,0	[°]
TIPO DE EMPUJE		REPOSO	[]
COEFICIENTE EMPUJE REPOSO	K_0	0,150	[]
RAZÓN DE CONSOLIDACIÓN	R_{oc}	1,0	[]
CARGA EN CORONACIÓN	q	5,0	[kN/m ²]
CORONACION			
z2 (COTA CORONACIÓN)		5,9	[m]
p2 (PRESIÓN EN CORONACIÓN)		2,5	[kN/m ²] [kN/m]
BASE			
z1 (COTA ARRANQUE)		-0,4	[m]
p1 (PRESIÓN EN ARRANQUE)		59,2	[kN/m ²] [kN/m]
delta_z (ALTURA MURO)		6,3	[m]
delta_p (DIFERENCIA DE PRESIÓN)		-56,7	[kN/m ²] [kN/m]
COEFICIENTE C DE SAP (pendiente)		-9,00	SAP C
COEFICIENTE D DE SAP (p en z=0)		55,60	SAP D

EMPUJES TERRENO - JOINT PATTERN SAP2000 - MURO SÓTANO OESTE			
DENSIDAD DEL TERRENO	ρ	18,0	[kN/m ³]
ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO	θ	30,0	[°]
TIPO DE EMPUJE		REPOSO	[]
COEFICIENTE EMPUJE REPOSO	K_0	0,150	[]
RAZÓN DE CONSOLIDACIÓN	R_{oc}	1,0	[]
CARGA EN CORONACIÓN	q	3,0	[kN/m ²]
CORONACION			
z2 (COTA CORONACIÓN)		5,9	[m]
p2 (PRESIÓN EN CORONACIÓN)		1,5	[kN/m ²] [kN/m]
BASE			
z1 (COTA ARRANQUE)		-0,4	[m]
p1 (PRESIÓN EN ARRANQUE)		58,2	[kN/m ²] [kN/m]
delta_z (ALTURA MURO)		6,3	[m]
delta_p (DIFERENCIA DE PRESIÓN)		-56,7	[kN/m ²] [kN/m]
COEFICIENTE C DE SAP (pendiente)		-9,00	SAP C
COEFICIENTE D DE SAP (p en z=0)		54,60	SAP D

Figura 05.01.01-07. Tabla Excel "Empujes Terreno.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Una vez obtenidos los valores de los coeficientes "C" y "D", se introducen en el modelo de SAP2000, seleccionando previamente los nudos afectados.

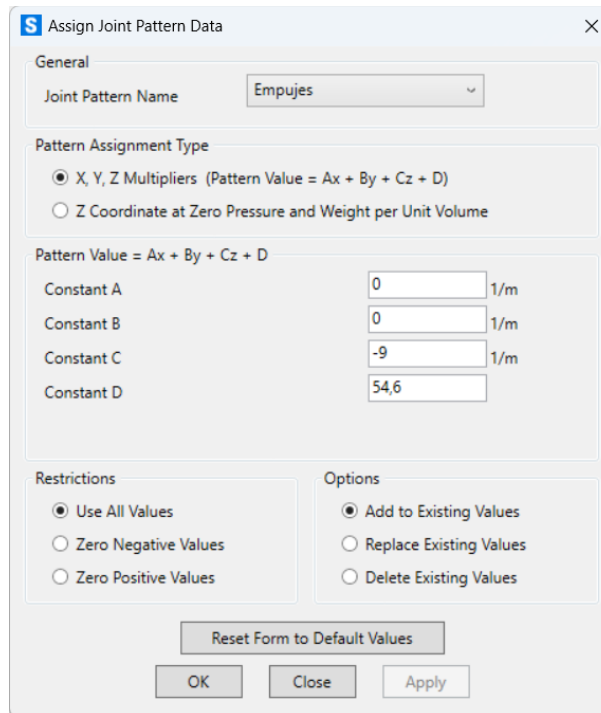


Figura 05.01.01-08. Ventana de asignación de Joint Patterns en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Por último, hay que seleccionar los elementos finitos a los que queremos asignar la carga y seguir la ruta siguiente, teniendo en cuenta que la opción a seleccionar es una carga del tipo CMP y cuál es la orientación del empuje en cada muro:

Assign > Area Loads > Surface Pressure (All)...

S Assign Area Surface Pressure Loads

Load Pattern
Load Pattern: CMP

Loaded Face
 Top
 Bottom
 Edge
Edge Face Number:

Pressure
 By Element
Pressure:
 By Joint Pattern
Joint Pattern: Empujes
Multiplier: 1 kN/m²

Options
 Add to Existing Loads
 Replace Existing Loads
 Delete Existing Loads

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Figura 05.01.01-09. Ventana de asignación de cargas de presión superficial en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Para comprobar que la dirección introducida está establecida correctamente, se observa si las flechas que se generan en SAP2000 siguen la trayectoria correcta a la fuerza ejercida por el terreno, como se muestra en la siguiente figura.

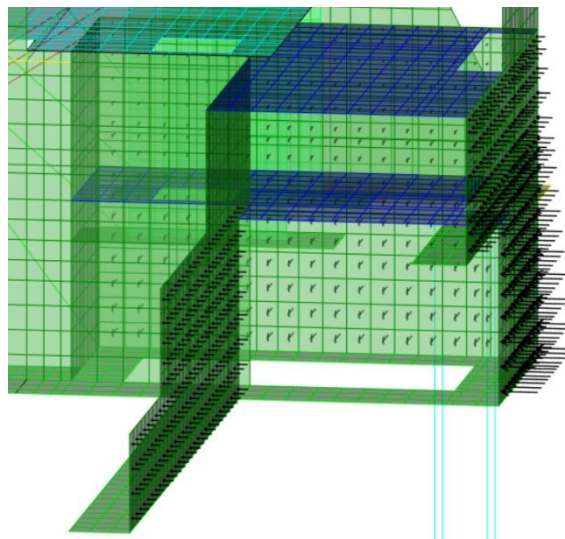


Figura 05.01.01-10. Muros con flechas de dirección de empuje del terreno en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

05.01.02. ACCIONES VARIABLES (Q)

05.01.02.01. SOBRECARGA DE USO

Dentro de estas acciones, como indica la propia definición, se encuentran las acciones debidas al uso del edificio. Se utilizan los datos que aparecían previamente en la figura 05.01.01-01, ya que son las cargas que se tomaron para el análisis original de la vivienda y que coinciden con los valores de la normativa vigente.

SCU Planta garaje: 4,00 KN/m²

SCU Planta vivienda interior: 2,00 KN/m²

SCU Planta vivienda exterior: 2,00 KN/m²

SCU Cubierta garaje: 3,00 KN/m²

SCU Cubierta vivienda: 1,00 KN/m²

Estas se introducen en la hipótesis de carga de Sobrecargas de Uso (SCU) en SAP2000 seleccionando los elementos finitos que corresponden a cada carga y siguiendo la ruta:

Assign > Area Loads > Uniform (Shell)...

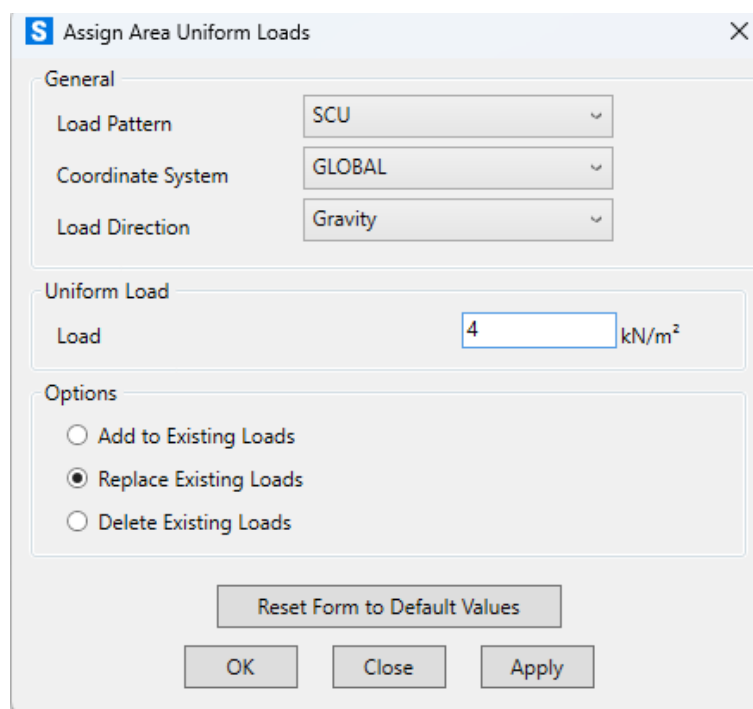


Figura 05.01.02.01-01. Ventana de asignación de cargas de área en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

También hay que aplicar en la simplificación realizada para la escalera, la sobrecarga de uso correspondiente. Para ello, se pasa de una carga superficial de uso de 2,00 KN/m² a una lineal, de la misma manera que se exponía en el apartado 05.01.01, obteniendo:

Peso propio en primer forjado: $2,00 \text{ KN/m}^2 \times 12,00 \text{ m} / 4 = 6,0 \text{ KN/m}$

Peso propio en zapata: $2,00 \text{ KN/m}^2 \times 12,00 \text{ m} / 4 = 6,0 \text{ KN/m}$

Peso propio en muro: $2,00 \text{ KN/m}^2 \times 12,00 \text{ m} / 2 = 12 \text{ KN/m}$

Esta carga de SCU se asignará de forma lineal en las zonas afectadas siguiendo la ruta:

Assign > Frame Loads > Distributed...

05.01.02.02. SOBRECARGA DE NIEVE

La sobrecarga de nieve solo afecta a aquellos elementos que puedan acumularla en su superficie, es decir, a las cubiertas. En los datos que aparecían previamente en la figura 05.01.01-01 se observa que la carga se sobrecarga de nieve que se empleó en el proyecto fue de 0,40 KN/m² en ambas cubiertas. Se podrían utilizar estas acciones, pero se va a comprobar previamente que coinciden con lo estipulado en la normativa. Para ello se hace uso de la fórmula presente en el apartado 3.5.1 del DB-SE-AE “*Determinación de la carga de nieve*” donde se indica que:

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse: $q_n = \mu \times S_k$

siendo: μ coeficiente de forma de la cubierta según 3.5.3

S_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según 3.5.2

En nuestro caso, el coeficiente de forma de la cubierta es igual a 1 al ser una cubierta plana en ambos casos y el valor característico de la carga de nieve en la capital de provincia donde se encuentra la vivienda (Alicante) es 0,2. Teniendo en cuenta que Alicante está a una altitud de 0m según la tabla de la normativa y que Calpe está a 58m de altitud, el coeficiente que presenta de valor característico de carga de nieve es el mismo, es decir, 0,2. Por lo que el valor de carga de nieve que marca la normativa es de:

$$q_n = \mu \times s_k = 1 \times 0,2 = 0,2 \text{ KN/m}^2$$

El valor que se utilizó para el cálculo fue el doble que el marcado por la normativa, esto se debe a que, en el momento del cálculo de la estructura, año 2005, todavía no estaba en vigor el CTE y el valor que se utilizaba en toda la zona de Valencia era de 40kg/m². Para nuestro análisis usamos el valor de carga de nieve de 0,20 KN/m². Esta carga se introduce en la hipótesis de carga de Sobrecargas de Nieve (SCN) en SAP2000 seleccionando los elementos finitos que forman las cubiertas siguiendo la ruta:

Assign > Area Loads > Uniform (Shell)...

05.01.02.03. SOBRECARGA DE VIENTO

La sobrecarga de viento afecta a aquellos elementos que puedan recibir presiones y succiones producidas por este fenómeno, es decir, a las fachadas. Para la determinación de esta carga, se usa el apartado 3.3 del DB-SE-AE “*Viento*” donde se señala que:

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

Para determinar la fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto se emplea la fórmula que aparece en el apartado 3.3.2:

$$q_e = q_b \times c_e \times c_p$$

q_e es la presión estática

q_b es la presión dinámica del viento

c_e es el coeficiente de exposición

c_p es el coeficiente eólico o de presión

Para la obtención del valor de la presión dinámica del viento, la normativa señala que se puede tomar $0,5 \text{ KN/m}^2$ en cualquier punto del territorio español, pero para obtener un dato más preciso y realizar un análisis más riguroso, se hace uso del anejo D del DB-SE-AE. En la figura D.1 del anejo, se establecen tres zonas diferentes del territorio español con diferentes coeficientes en cada una. Se puede determinar que en la ciudad de Calpe este valor es de $q_b = 0,45 \text{ KN/m}^2$.



Figura 05.01.02.03-01. Figura D.1 del anejo D del DB-SE-AE del CTE. Valor básico de la velocidad del viento. Fuente: Ministerio de Fomento, 2009.

El coeficiente de exposición depende de la altura del punto considerado y se determina según lo indicado en el apartado 3.3.3 del DB-SE-AE, tomando el valor de la tabla 3.4 de dicho apartado. Es cierto que la norma indica lo siguiente; *“En el caso de edificios situados en las cercanías de acantilados o escarpas de pendiente mayor de 40° , la altura se medirá desde la base de dichos accidentes topográficos. Este Documento Básico sólo es de aplicación para alturas de acantilado o escarpa inferiores a 50 m.”*. Atendiendo a esta definición, y al nombre que se le da a la vivienda, puede parecer que la estructura pertenece a este grupo. Sin embargo, la casa está a más de 500 metros de distancia de la costa.

Como la parcela es tan abrupta, para determinar la altura máxima de la vivienda, vamos a considerar la diferencia de cotas entre la plataforma de la piscina y la cota más alta de la cubierta; 9,20 metros.

El grado de aspereza del entorno seleccionado es el tipo I, ya que, aunque estemos a una distancia considerable respecto al mar, dada la orografía que hay entre la vivienda y el mar se puede considerar que el grado de exposición directa al viento en esta dirección es elevado. Por lo tanto, a partir de ambos factores se determina que el coeficiente de exposición es de $C_e = 3,1$.

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

Figura 05.01.02.03-02. Tabla 3.4 del apartado 3.3.3 Coeficientes de exposición del DB-SE-AE del CTE. Fuente: Ministerio de Fomento, 2009.

Para obtener el coeficiente eólico de la estructura, considerando que se trata de una edificación con forjados que conectan las fachadas y compartimentación interior, hay que partir de la esbeltez de la estructura para determinar su valor a partir de la tabla recogida en el apartado 3.3.4 del DB-SE-AE. Hay que considerar las dos esbelteces posibles de la vivienda según la dirección. Obtenemos entonces:

- Fachada en dirección este-oeste: $9,20\text{m}/24,10\text{m} = 0.38$

$$c_p = 0,7; c_s = -0,4.$$

- Fachada en dirección norte-sur: $9,20\text{m}/15,80\text{m} = 0.58$

$$c_p = 0,8; c_s = -0,4.$$

	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

Figura 05.01.02.03-03. Tabla 3.5 del apartado 3.3.4 Coeficientes eólicos del DB-SE-AE del CTE. Fuente: Ministerio de Fomento, 2009.

Por lo tanto, la carga estática de presión y de succión en cada fachada es de:

- Fachadas en dirección este-oeste:

$$\text{Presión: } q_{e,p} = q_b \times c_e \times c_p = 0,45 \times 3,1 \times 0,7 = 0,98 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Succión: } q_{e,s} = q_b \times c_e \times c_p = 0,45 \times 3,1 \times 0,4 = 0,56 \text{ KN/m}^2$$

- Fachadas en dirección norte-sur:

$$\text{Presión: } q_{e,p} = q_b \times c_e \times c_p = 0,45 \times 3,1 \times 0,8 = 1,12 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Succión: } q_{e,s} = q_b \times c_e \times c_p = 0,45 \times 3,1 \times 0,4 = 0,56 \text{ KN/m}^2$$

La aplicación de las acciones producidas por el viento en el programa SAP2000 en las fachadas en dirección norte-sur es relativamente sencilla, ya que, como las pantallas se disponen siguiendo esta dirección, la presión del viento se ejerce en una superficie plana que en el modelo está representada mediante elementos finitos. Hay que tener en cuenta que, en la fachada del pescante, únicamente es visible el muro estructural de la caja de la vivienda, es decir, la pantalla que va de cimentación a el forjado inferior de la vivienda queda enterrada, por lo que no se aplican cargas de viento en esa zona. La asignación de las cargas se realiza

seleccionando los elementos finitos afectados y siguiendo la ruta teniendo en cuenta los ejes del modelo:

Assign > Area Loads > Uniform (Shell)...

Figura 05.01.02.03-04. Ventana de asignación de cargas de área en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, en las fachadas en la dirección este-oeste, no disponemos en la mayor parte de la superficie de elementos finitos en el plano vertical, por lo que hay que calcular la presión que los cerramientos transmiten al forjado estructural de forma lineal e insertarla en el modelo.

En el caso de la fachada sur, teniendo en cuenta que la altura del cerramiento es de 2,90 metros, las cargas lineales de presión y de succión que transmite a la estructura por metro lineal dependerán del ámbito de aplicación y serán:

$$\text{Presión: } q_{e,p} \times \text{ámbito de aplicación} = 0,98 \text{ KN/m}^2 \times (2,90 / 2) = 1,42 \text{ KN/m}$$

$$\text{Succión: } q_{e,s} \times \text{ámbito de aplicación} = 0,56 \text{ KN/m}^2 \times (2,90 / 2) = 0,81 \text{ KN/m}$$

Del mismo modo, en la fachada norte, teniendo en cuenta que la altura del cerramiento es de 2,70 metros, las cargas lineales de presión y de succión serán:

$$\text{Presión: } q_{e,p} \times \text{ámbito de aplicación} = 0,98 \text{ KN/m}^2 \times (2,70 / 2) = 1,32 \text{ KN/m}$$

$$\text{Succión: } q_{e,s} \times \text{ámbito de aplicación} = 0,56 \text{ KN/m}^2 \times (2,70 / 2) = 0,76 \text{ KN/m}$$

Para aplicar estas cargas lineales primero se seleccionan las líneas dibujadas previamente en SAP2000 en la posición de los cerramientos a la que no se le asignaba ninguna sección y se le asigna su carga, teniendo en cuenta los ejes, siguiendo la ruta:

Assign > Frame Loads > Distributed...

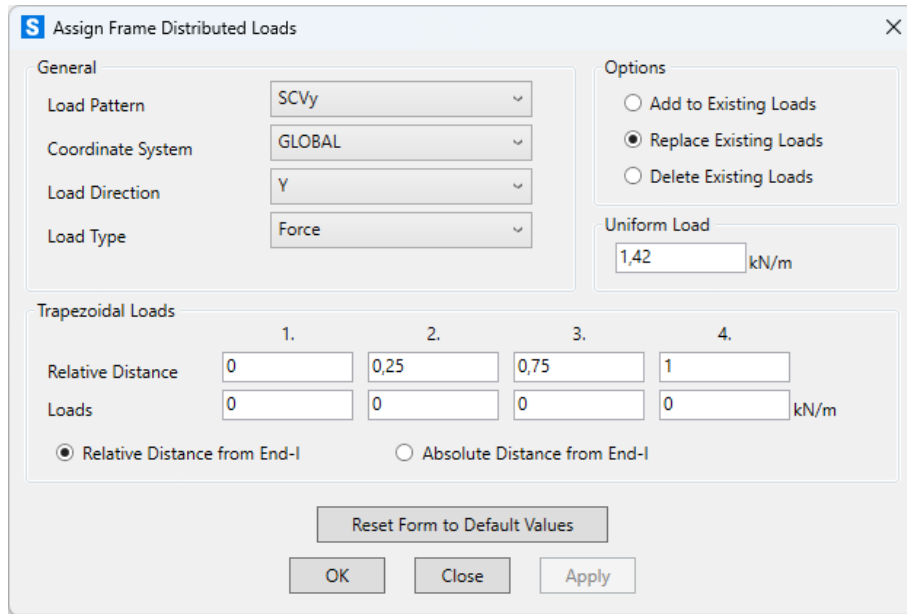


Figura 05.01.02.03-05. Ventana de asignación de cargas lineales distribuidas en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

05.01.03. ACCIONES ACCIDENTALES (A)

Hay dos formas de asignar el sismo en SAP2000; aplicando el sismo simplificado mediante los datos proporcionados en la NCSR-02, o aplicando el sismo modal, que es una forma mucho más rigurosa y completa. Al tratarse la estructura de esta vivienda de una estructura compleja, es mejor aplicar el método modal, ya que el sismo simplificado está limitado a viviendas sencillas. El programa SAP2000 a través del sismo modal descubre como oscila la estructura compleja, que depende de las masas que tiene y como están distribuidas, además de la rigidez, entre otras variables. El sismo modal analiza los modos de vibración de la estructura y descubre como esta vibra.

Para aplicarlo, hay que saber cómo es la masa y la rigidez. La rigidez ya está introducida en el modelo, ya que se ha asignado a cada elemento su sección con su material en la geometría del modelo. Las masas también están introducidas en el programa, pero hay que definir como tiene que interpretarlas el programa SAP2000. Para ello, se sigue la ruta siguiente:

Define > Mass Source...

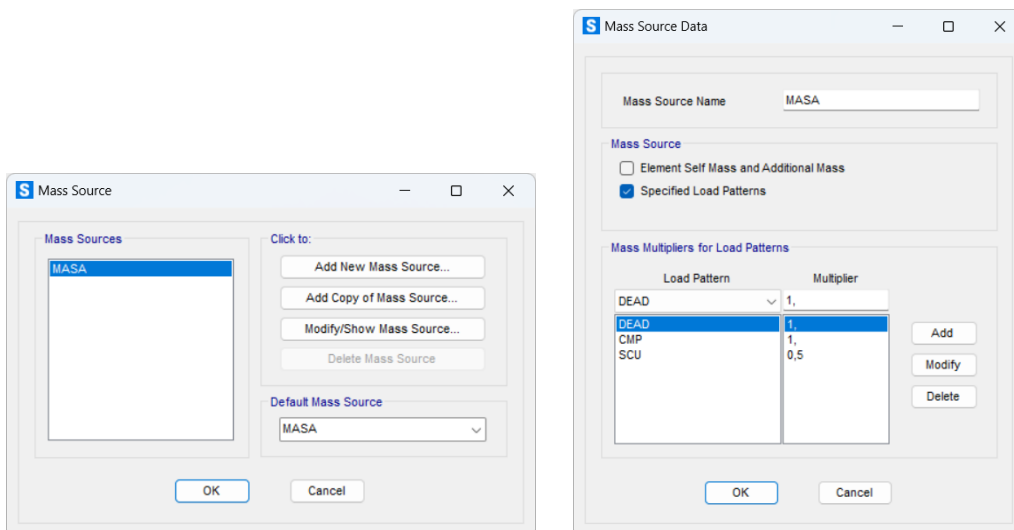


Figura 05.01.03-01. Ventanas de fuente de masa en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

En el segundo cuadro de dialogo se selecciona la opción “Specified Load Patterns”, ya que, la NCSE-02 establece las masas que hay que considerar en la estructura además de la masa del peso propio y masas permanentes de los elementos, las cuales actúan al 100% (cargas permanentes) y por ello tienen un multiplicador asignado de valor unidad. Todas las masas actúan aumentando la inercia. Las masas que dice la norma que hay que considerar están en el apartado 3.2. “Masas que intervienen en el cálculo” donde se señala que:

A los efectos de los cálculos de las solicitaciones debidas al sismo se considerarán las masas correspondientes a la propia estructura, las masas permanentes, y una fracción de las restantes masas –siempre que éstas tengan un efecto desfavorable sobre la estructura– de valor:

- para sobrecargas de uso en viviendas, hoteles y residencias: 0,5
- para sobrecargas de uso en edificios públicos, oficinas y comercios: 0,6
- para sobrecargas de uso en locales de aglomeración y espectáculos: 0,6
- para sobrecarga de nieve, siempre que ésta permanezca más de 30 días al año: 0,5
- para sobrecargas de uso en almacenes, archivos, etc.: 1,0
- para sobrecarga de tabiquería: 1,0
- para piscinas o grandes depósitos de agua: 1,0

Por ello, la sobrecarga de uso que habrá que considerar en el sismo, al ser una vivienda, será de 0.5, como se indica en el segundo cuadro de dialogo de la figura 05.01.03-01.

Seguidamente, se define el espectro elástico. Para determinar los valores a introducir, se utiliza la tabla Excel “*DatosSismoDinamicoSAP.xlsm*” proporcionada por David Gallardo, en la cual hay que introducir los parámetros correspondientes a la situación geográfica:

- Coeficiente de contribución (k): 1,0 (Figura 05.01.03-02)
- Aceleración sísmica básica (a_b/g): 0,06 (Figura 05.01.03-02)
- Coeficiente de ductilidad (μ): 2 (Baja ductilidad) (Figura 05.01.03-03)
- Coeficiente sísmico del tipo de terreno (C): 1,3 (Dato del terreno)
- Coeficiente adimensional de riesgo (ρ): 1 (vivienda) (Figura 05.01.03-04)
- Coeficiente de amortiguación (Ω): 4% (planta diáfana) (Figura 05.01.03-03)

COMUNIDAD VALENCIANA

Provincia de Alicante/Alacant

Municipio	a_b/g	K
Calpe/Calp	0,06	(1,0)

Figura 05.01.03-02. Anejo 1. NCSE-02. Valores de aceleración sísmica básica y coeficiente de contribución. Fuente: Ministerio de Fomento, 2002.

Tipo de estructura	Compartimentación de las plantas	Ω (%)	Coeficiente de comportamiento por ductilidad			Sin ductilidad ($\mu = 1$)
			$\mu = 4$	$\mu = 3$	$\mu = 2$	
Hormigón armado o acero laminado	Diáfana	4	0,27	0,36	0,55	1,09
	Compartimentada	5	0,25	0,33	0,50	1,00
Muros y tipo similares	Compartimentada	6	—	—	0,46	0,93

Figura 05.01.03-03. Tabla 3.1. NCSE-02. Valores de coeficiente de respuesta. Fuente: Ministerio de Fomento, 2002.

ρ Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el período de vida para el que se proyecta la construcción. Toma los siguientes valores:

- construcciones de importancia normal $\rho = 1,0$.
- construcciones de importancia especial $\rho = 1,3$.

Figura 05.01.03-04. Apartado 2.2. NCSE-02. Valores de coeficiente adimensional de riesgo. Fuente: Ministerio de Fomento, 2002.

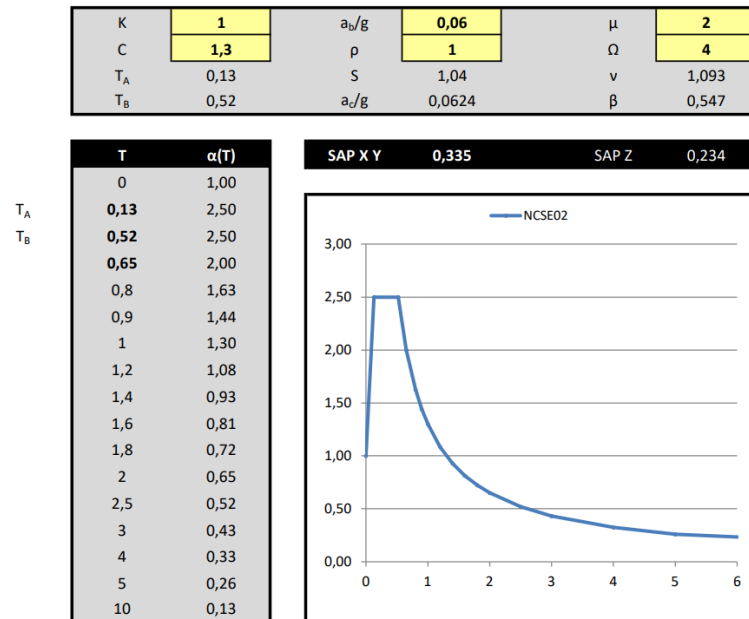


Figura 05.01.03-05. Tabla Excel "DatosSismoDinamicoSAP.xlsx". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Seguidamente, se define el espectro elástico de respuesta en el programa SAP2000, creando un nuevo espectro y añadiendo los datos obtenidos en la tabla, siguiendo la ruta:

Define > Functions > Response Spectrum...

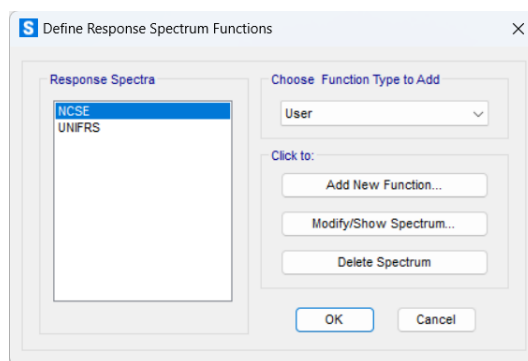


Figura 05.01.03-06. Ventana de creación del espectro de respuesta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

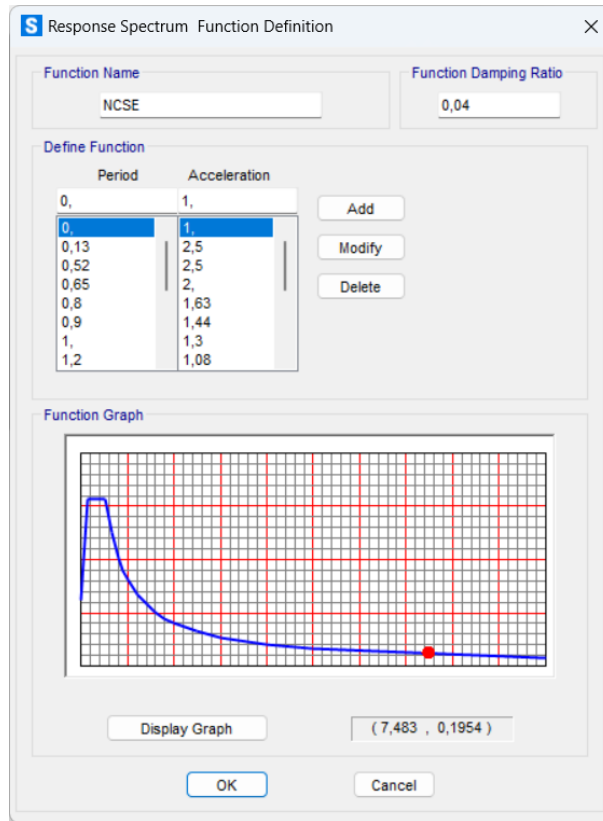


Figura 05.01.03-07. Ventana de definición del espectro de respuesta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

A continuación, hay que crear “Load cases” para establecer las situaciones de análisis. Para ello se sigue la ruta, creando cuatro nuevas situaciones llamadas SIMx, SIMy, SIMz y SIMxyz, y completando el cuadro de diálogo como se indica en la figura, indicando en qué dirección se provoca la aceleración:

Define > Load Cases...

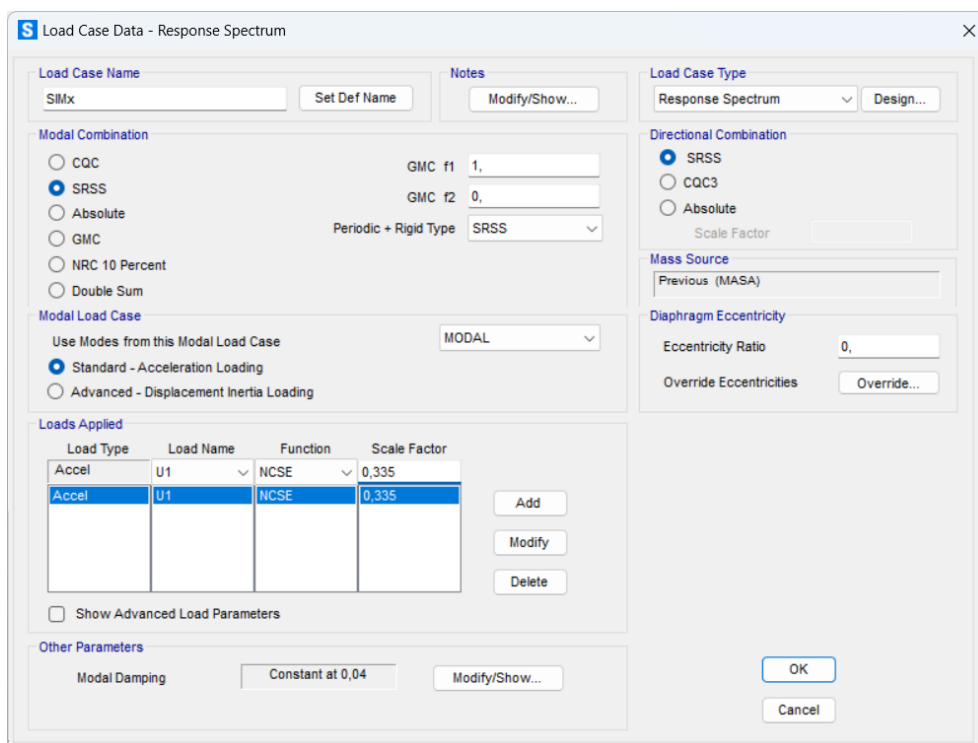


Figura 05.01.03-08. Ventana de definición de casos de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

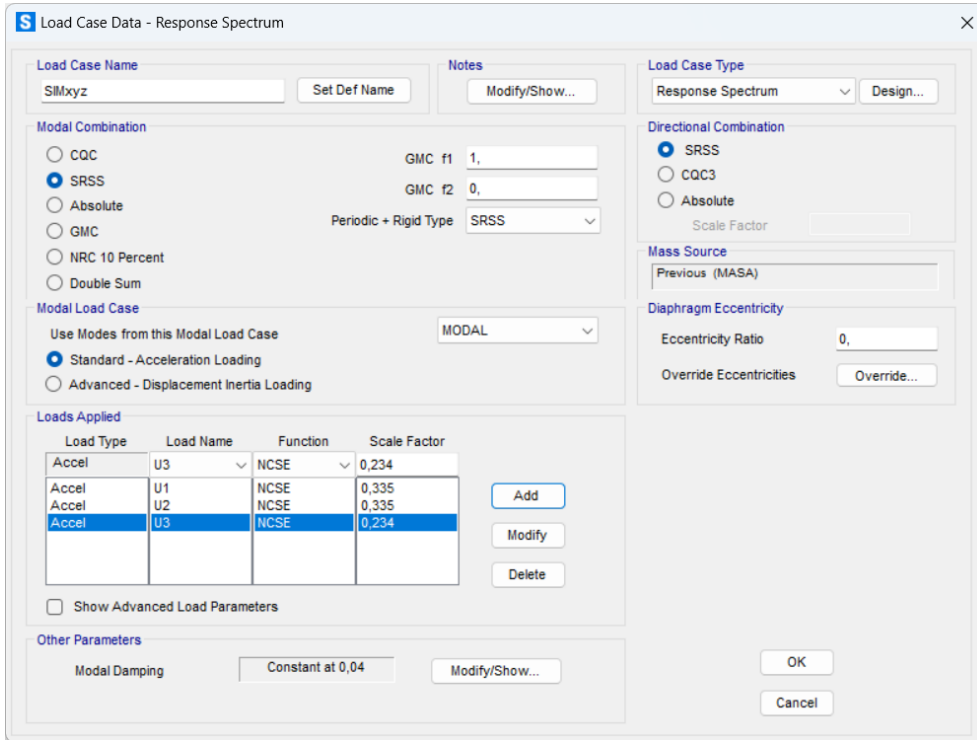


Figura 05.01.03-09. Ventana de definición de casos de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

El último paso para definir el sismo modal es crear una combinación siguiendo la ruta:

Define > Load Combinations... > Add New Combo...

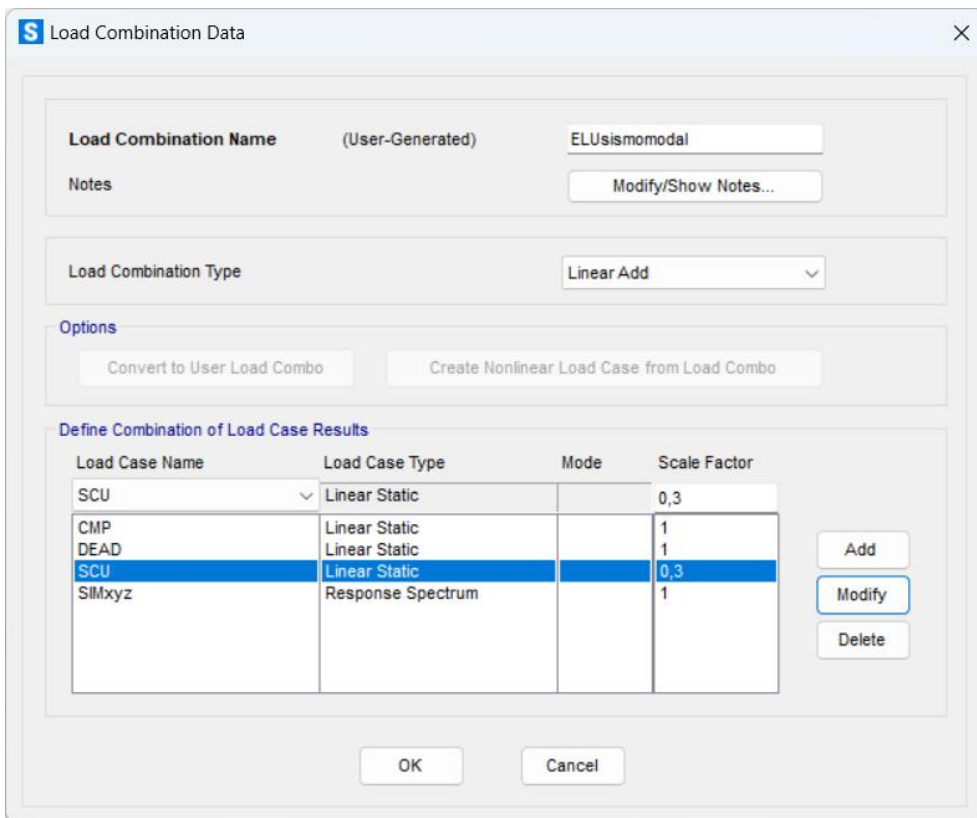


Figura 05.01.03-10. Ventana de datos de combinación de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Una vez introducidos todos los datos en el programa, es SAP2000 el que va a tener que detectar como es la vibración en base a la masa y la rigidez para detectar cuales son las aceleraciones que cada elemento va a experimentar como suma de todas las oscilaciones de su aportación ponderada de cada uno de los modos. Para ello se procede a calcular el modelo.

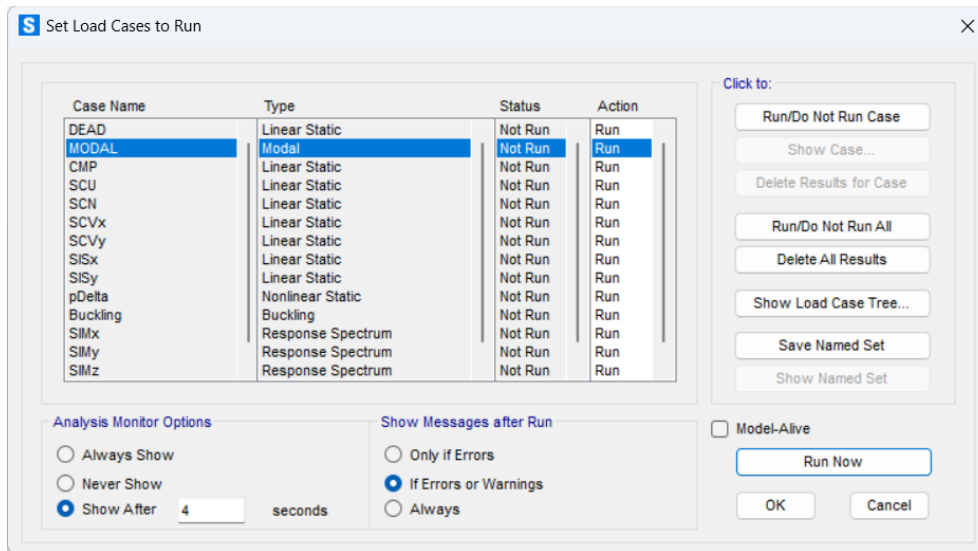


Figura 05.01.03-11. Ventana de ejecución de casos de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Para poder visualizar los resultados que se obtienen por defecto de los 12 primeros modos de vibración se sigue la siguiente ruta:

Display > Show Deformed Shape...

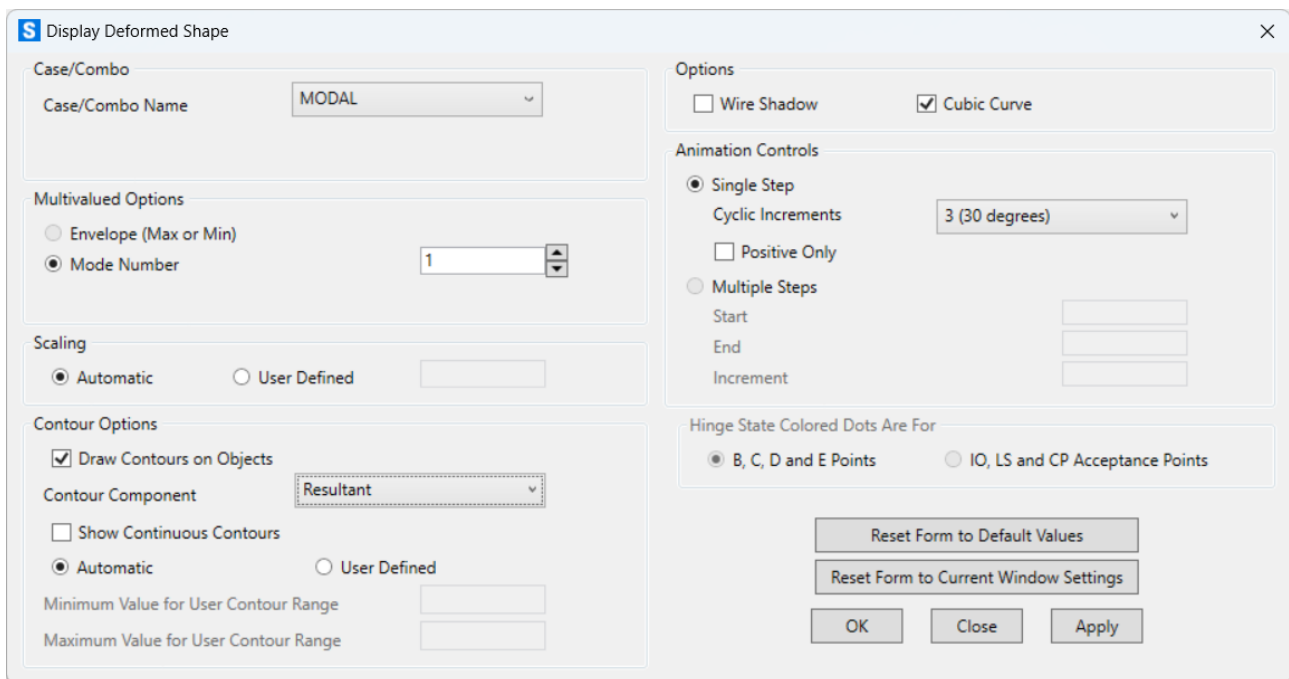


Figura 05.01.03-12. Ventana de "Deformed Shape" en MODAL en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Obtenemos las 12 visualizaciones de los modos de vibración, de los cuales, analizamos los tres modos más representativos. El primer modo nos indica que su máxima flexibilidad es horizontal en dirección "x" e "y", el segundo horizontal en eje "x" principalmente, y el tercero en vertical, en eje "z". Si atendemos a la amplitud, estas disminuyen conforme pasamos a un modo más avanzado.

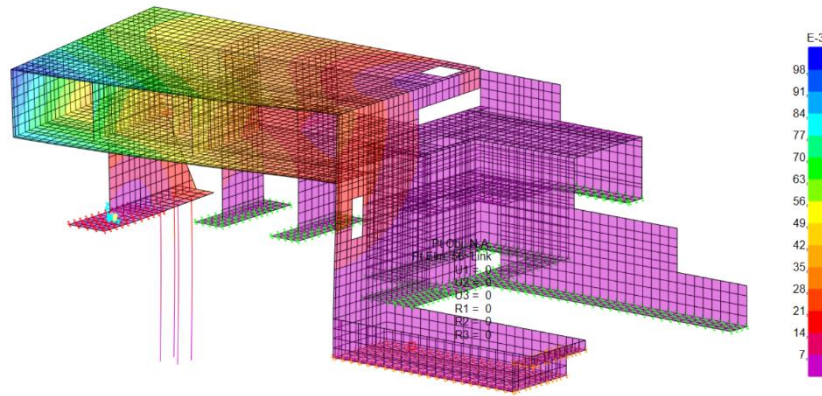


Figura 05.01.03-13. Resultados de "Deformed Shape" en MODAL en SAP2000. Modo 1. Fuente: elaboración propia.

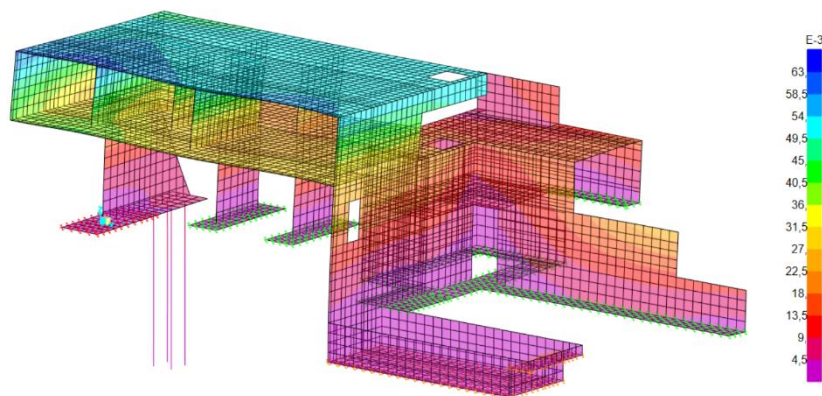


Figura 05.01.03-14. Resultados de "Deformed Shape" en MODAL en SAP2000. Modo 2. Fuente: elaboración propia.

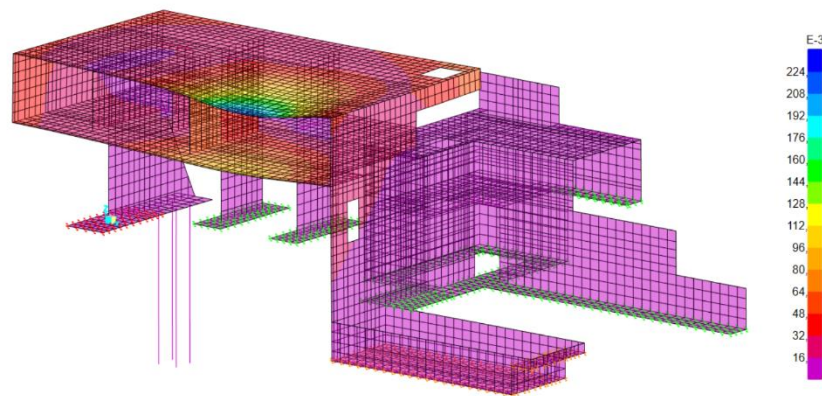


Figura 05.01.03-15. Resultados de "Deformed Shape" en MODAL en SAP2000. Modo 3. Fuente: elaboración propia.

Conforme se avanza en los diferentes modos, cada uno se focaliza en zonas más pequeñas aportando un poco más de detalle a toda esa deformación modal. La suma de todos los modos es la que indica lo que le está pasando a la estructura. Por defecto SAP2000 calcula 12 modos, más que el método simplificado que utiliza 3 solamente, pero hay que comprobar si son suficiente. Para que SAP2000 nos muestre los resultados en forma de tablas se sigue la siguiente ruta, y seleccionamos las indicadas en la figura:

Display > Show Tables...

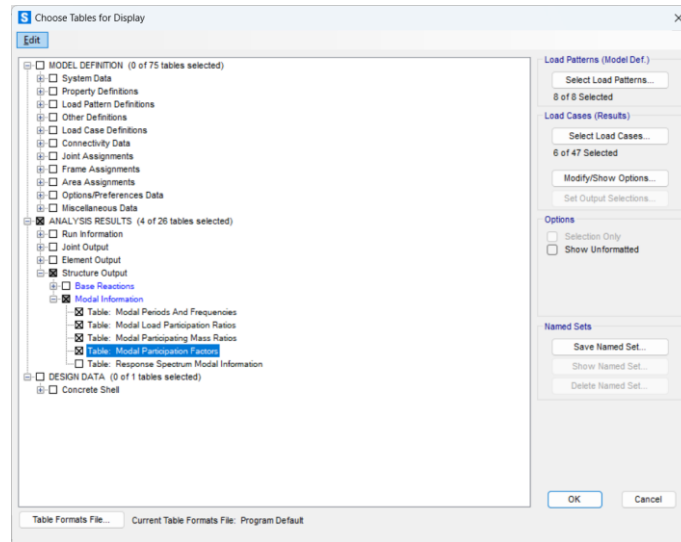


Figura 05.01.03-16. Ventana de selección de tablas en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Para determinar si son suficientes modos, hay que tener en cuenta la masa y ver cuanta participa en cada modo. Para ello, SAP2000 señala el porcentaje dinámico de masa que se ha movilizado en todos los modos en cada dirección. En el caso de nuestra estructura, se obtienen estos valores:

OutputCase	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	99,5808	78,0555
MODAL	Acceleration	UY	99,4973	77,5755
MODAL	Acceleration	UZ	92,9545	45,5101

Figura 05.01.03-16. Ventana de ratios de participación en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

El cálculo se puede considerar como valido cuando se mueve el 90% de la masa. En nuestro caso no se cumple, por lo que hay que calcular más modos, para llegar a modos de frecuencia más alta para seguir registrando movimientos. Para ver cuanta masa moviliza cada modo, se analiza la siguiente tabla:

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
MODAL	Mode	1	0,245966	0,029	0,22528	0,06906	0,029	0,22528	0,06906
MODAL	Mode	2	0,152508	0,58789	0,00677	0,02058	0,61689	0,23205	0,08964
MODAL	Mode	3	0,114706	0,00053	6,963E-05	0,09585	0,61742	0,23212	0,18549
MODAL	Mode	4	0,094951	0,0005	0,00021	0,00044	0,61792	0,23233	0,18593
MODAL	Mode	5	0,089136	0,01425	0,31573	0,12518	0,63218	0,54806	0,31111
MODAL	Mode	6	0,084271	0,00224	6,178E-05	0,04931	0,63442	0,54812	0,36042
MODAL	Mode	7	0,076717	0,00107	0,07227	0,00022	0,63549	0,6204	0,36064
MODAL	Mode	8	0,072577	0,00012	0,09988	0,00214	0,63561	0,72028	0,36278
MODAL	Mode	9	0,068054	0,1194	0,03388	0,00146	0,75501	0,75416	0,36424
MODAL	Mode	10	0,057811	0,01924	1,08E-05	0,0013	0,77425	0,75417	0,36555
MODAL	Mode	11	0,05285	3,72E-05	0,00668	0,00044	0,77429	0,76084	0,36599
MODAL	Mode	12	0,051327	0,00627	0,01491	0,08911	0,78056	0,77576	0,4551

Figura 05.01.03-17. Ventana de ratios de participación de masa en cada modo en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

En las tres primeras columnas (UX, UY y UZ Unitless) señala que porcentaje de masa se mueve en esa dirección en cada modo, y en las tres columnas posteriores, se indica el acumulado conforme avanza el número del modo. Por lo tanto, hay que modificar la cantidad de modos y ver en qué modo se consigue movilizar el 90%, por lo menos, en direcciones “x” e “y”, ya que en dirección “z” es muy difícil hacer vibrar la estructura generalmente (aunque es más fácil alcanzar este porcentaje en dirección “z” mediante el empleo de muelles en el terreno para en análisis). Para modificar el número de modos a analizar se sigue la ruta:

Define > Load Cases... > MODAL > Modify/Show Load Case...

Tras realizar diferentes pruebas, se consigue el objetivo analizando 186 modos, siendo la dirección que más cuesta de movilizar la del eje “x”, ya que las pantallas se sitúan todas en esta dirección aportando una gran rigidez. Se establece este valor como fijo para futuras comprobaciones.

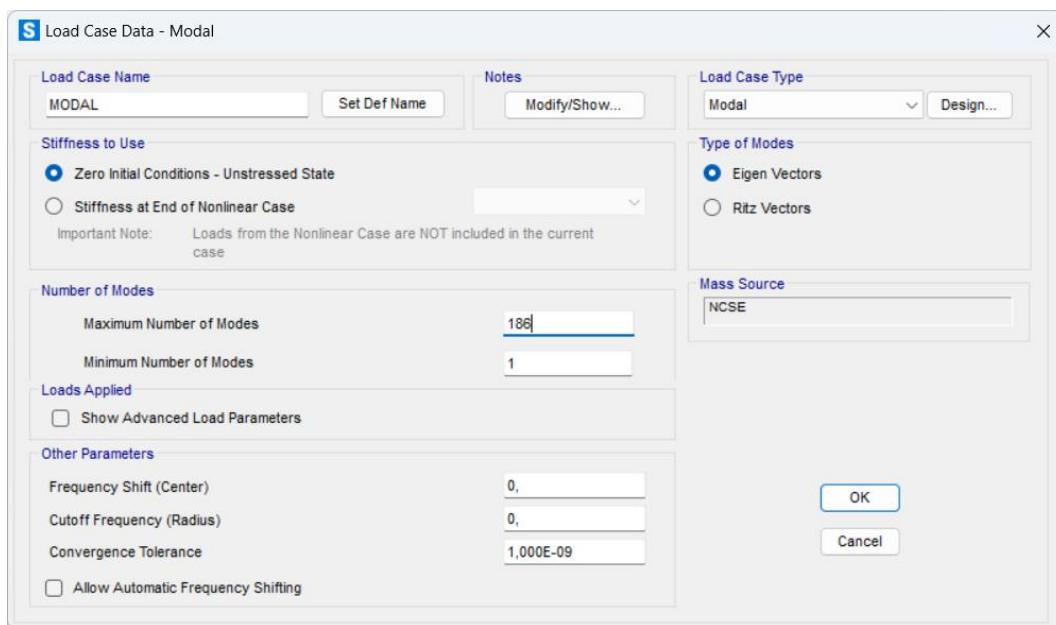


Figura 05.01.03-18. Ventana de datos de caso de carga MODAL en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Los valores del porcentaje dinámico de masa que se ha movilizado en todos los modos en cada dirección son los siguientes, cumpliendo con los mínimos del 90%.

OutputCase	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	99,9846	90,0021
MODAL	Acceleration	UY	99,9905	92,8526
MODAL	Acceleration	UZ	99,9837	98,0389

Figura 05.01.03-19. Ventana de ratios de participación en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se observa cómo la masa en dirección “x” se moviliza en un 90% al llegar a este modo.

S Modal Participating Mass Ratios

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Participating Mass Ratios

Filter:

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
MODAL	Mode	177	0,009765	1,278E-06	1,043E-05	4,275E-05	0,89737	0,92663	0,979
MODAL	Mode	178	0,009694	8,019E-07	3,543E-06	0,00013	0,89737	0,92663	0,97912
MODAL	Mode	179	0,009658	9,052E-05	8,841E-05	0,00023	0,89746	0,92672	0,97935
MODAL	Mode	180	0,009645	5,287E-06	0,00109	0,00018	0,89746	0,92781	0,97953
MODAL	Mode	181	0,009558	0,0003	0,00036	4,38E-05	0,89776	0,92817	0,97957
MODAL	Mode	182	0,009487	3,717E-06	3,382E-05	3,61E-05	0,89776	0,92821	0,97961
MODAL	Mode	183	0,009482	6,749E-05	1,286E-05	1,098E-06	0,89783	0,92822	0,97961
MODAL	Mode	184	0,009458	0,00114	2,824E-05	0,00021	0,89897	0,92825	0,97982
MODAL	Mode	185	0,009345	0,0003	0,00027	0,00056	0,89927	0,92852	0,98039
MODAL	Mode	186	0,009307	0,00075	3,055E-06	5,301E-08	0,90002	0,92853	0,98039

Record: << < 186 > >> of 186

Add Tables... Done

Figura 05.01.03-20. Ventana de ratios de participación de masa en cada modo en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Para comprobar los resultados, se sigue la siguiente ruta siguiente, estableciendo los siguientes parámetros en cada dirección, para ver el movimiento que genera el sismo, obteniendo como desplazamiento en cada dirección lo indicado en las figuras posteriores.

Display > Show Deformed Shape...

S Display Deformed Shape

Case/Combo Case/Combo Name SIMx

Multivalued Options Envelope (Max or Min) Step

Scaling Automatic User Defined 100

Contour Options Draw Contours on Objects Contour Component Ux Show Continuous Contours Automatic User Defined Minimum Value for User Contour Range Maximum Value for User Contour Range

Options Wire Shadow Cubic Curve

Animation Controls Single Step Cyclic Increments 3 (30 degrees) Positive Only Multiple Steps Start End Increment

Hinge State Colored Dots Are For B, C, D and E Points IO, LS and CP Acceptance Points

Reset Form to Default Values Reset Form to Current Window Settings OK Close Apply

Figura 05.01.03-21. Ventana de "Deformed Shape" en sismo en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

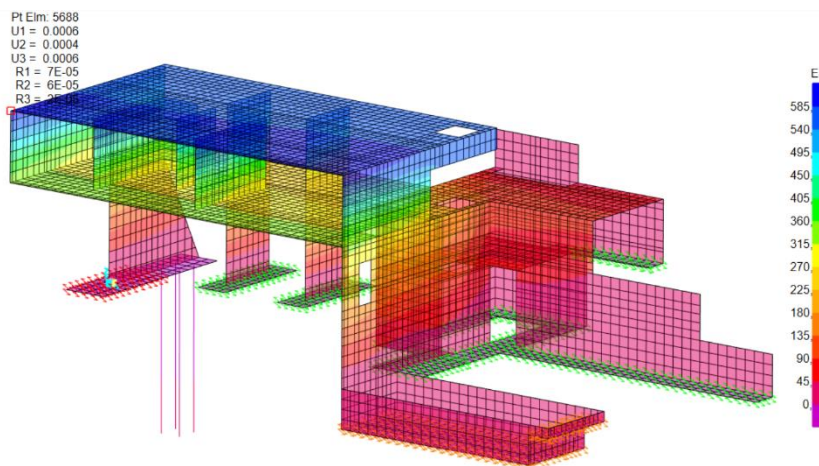


Figura 05.01.03-22. Resultados de "Deformed Shape" en sismo en dirección x en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

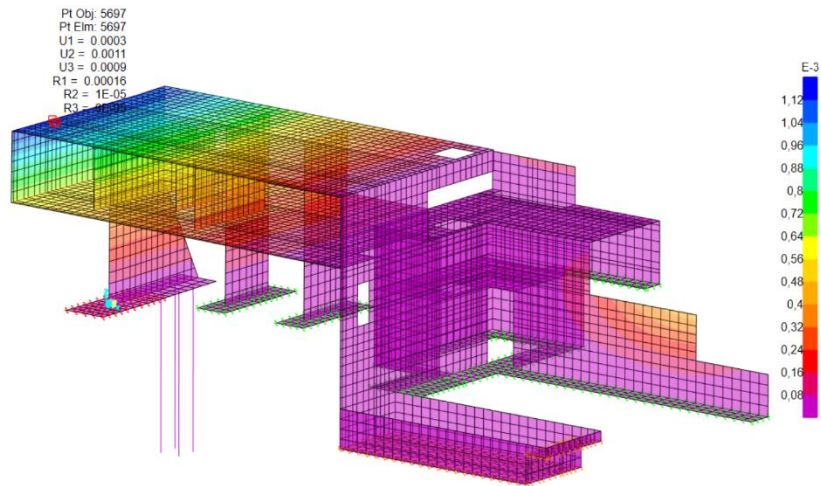


Figura 05.01.03-23. Resultados de “Deformed Shape” en sismo en dirección y en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

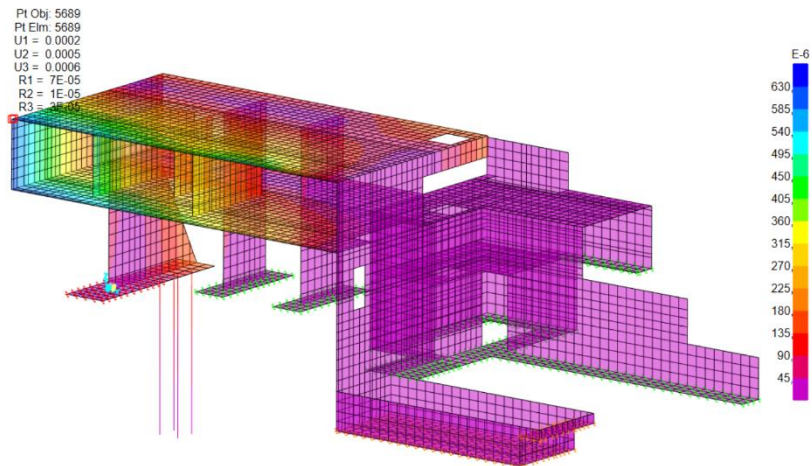


Figura 05.01.03-24. Resultados de “Deformed Shape” en sismo en dirección z en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Pero estos valores no son los movimientos que va a tener la estructura. Según la NCSE-02, en su apartado 3.7.3.3, las deformaciones reales se determinan a partir del calculo que proporciona el programa, multiplicado por el coeficiente de ductilidad (μ) utilizado, en nuestro caso de valor 2, obteniendo los siguientes valores, que representan el movimiento máximo sufrido por sismo en cada dirección:

- Dirección “x”: $u = u_e \times \mu = 0,6 \times 2 = 1,2 \text{ mm}$
- Dirección “y”: $u = u_e \times \mu = 1,1 \times 2 = 2,2 \text{ mm}$
- Dirección “z”: $u = u_e \times \mu = 0,6 \times 2 = 1,2 \text{ mm}$

05.01.04. ACCIONES APLICADAS EN CADA FASE DE EJECUCIÓN

Retomando los diferentes modelos de ejecución que se han definido previamente correspondientes a diferentes fases, teniendo en cuenta que las cargas hasta ahora definidas se corresponderían al caso de la estructura real en la vida útil de la vivienda (estructura con todos los elementos trabajando y con el cuerpo volado sin cimbra), se procede a continuación a definir las particularidades correspondientes a las acciones en cada una de las fases.

05.01.04.01. ACCIONES FASE PRIMERA

En la fase primera se ha determinado que se está ejecutando la losa de la planta de la vivienda en el cuerpo volado con el resto de estructura no volada ya ejecutada. La estructura contaba con la cimbra. De las cargas definidas en el modelo genérico, no son aplicables en este modelo las de tipo: CMP (peso muerto permanente, al corresponderse a cargas de elementos que no están dispuestos sobre la estructura en esta fase de ejecución), SCU (sobrecarga de uso, entendiendo como tal la referida a una estructura de vivienda durante su vida útil, ya que todavía no sirve la estructura a esta actividad) y SCN (sobrecarga de nieve). Esto es aplicable a las fases primera, segunda y tercera.

Las acciones que se consideran en esta fase son las correspondientes al peso propio de la losa (no ha fraguado y por ello es una acción que recae sobre la cimbra) y la sobrecarga de ejecución, la cual se considera de 2,5 KN/m².

La sobrecarga de peso propio, que se asignaba de manera automática en SAP2000 al establecer la sección de los elementos y su material, ahora hay que calcularla ya que estos se han borrado como se ha explicado anteriormente. Para ello se hace uso de las tablas de anejo C del DB-SE-AE, concretamente la tabla C.1. correspondiente al "*Peso específico aparente de materiales de construcción*" donde se indica para el caso de hormigón armado, un valor de peso específico de 25 KN/m³, valor que se utiliza también en el cálculo real de la estructura, como indican los planos de ejecución proporcionados por David Gallardo.

Este valor, de carga por volumen, se calcula para los dos tipos de espesores presentes en la losa de planta primera:

- *Losa maciza de 40cm*: $25 \text{ KN/m}^3 \times 0.40 \text{ m} = 10 \text{ KN/m}^2$
- *Losa maciza de 25cm*: $25 \text{ KN/m}^3 \times 0.25 \text{ m} = 6.25 \text{ KN/m}^2$

Esta carga superficial hay que transformarla en lineal y aplicarla directamente sobre las correas, ya que este es el elemento que recibe directamente su peso como se aprecia en la figura adjunta. Su valor dependerá del ámbito de cada una de ellas. Hay dos tipos de intereje diferentes en la cimbra.

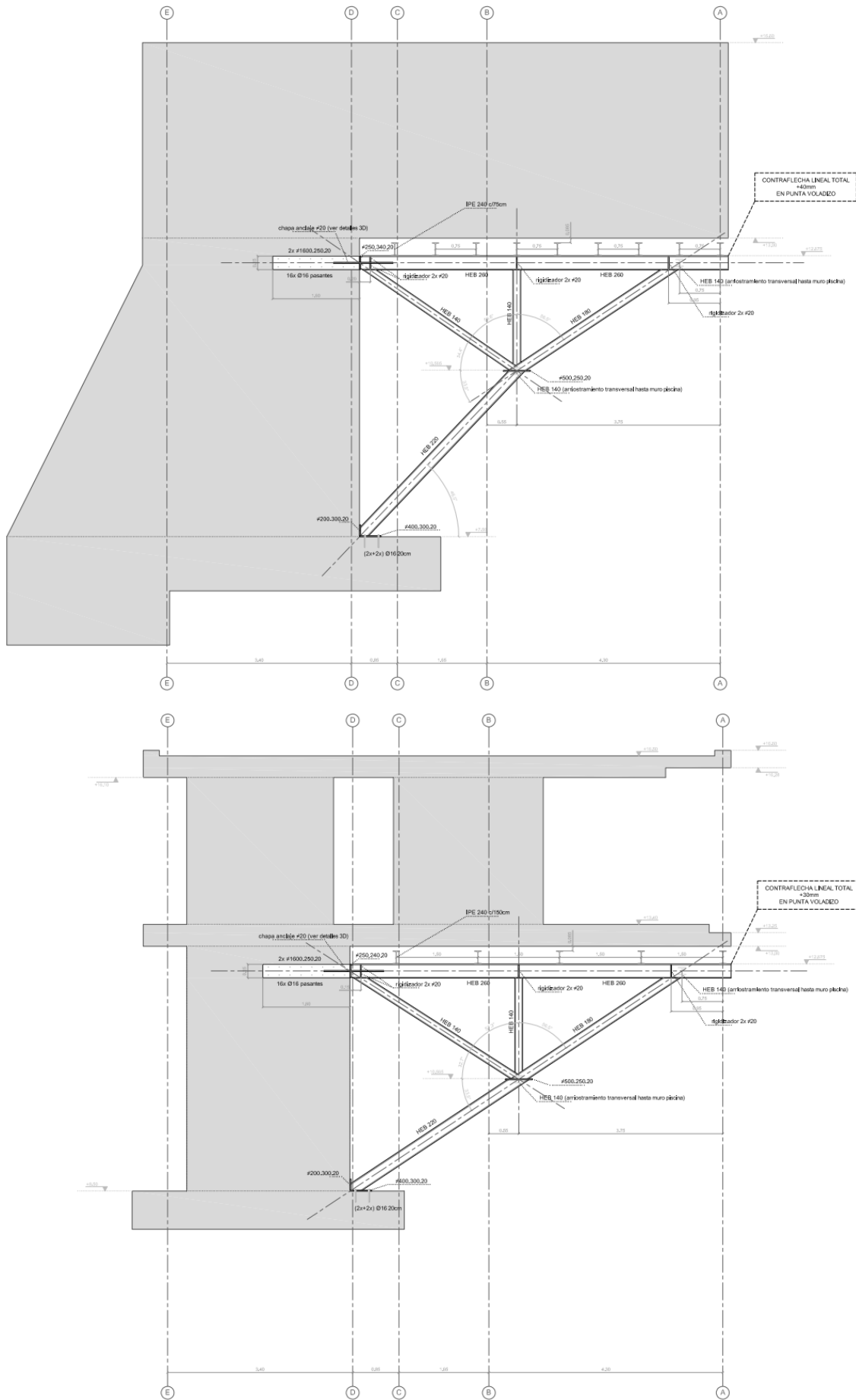


Figura 05.01.04.01-01. Planos de ejecución de la cimbra. Fuente: David Gallardo.

Los valores de la carga lineal a introducir en SAP2000 en cada correa se calculan y representan en las figuras siguientes, tanto para sobrecarga de ejecución como por peso propio de la losa.

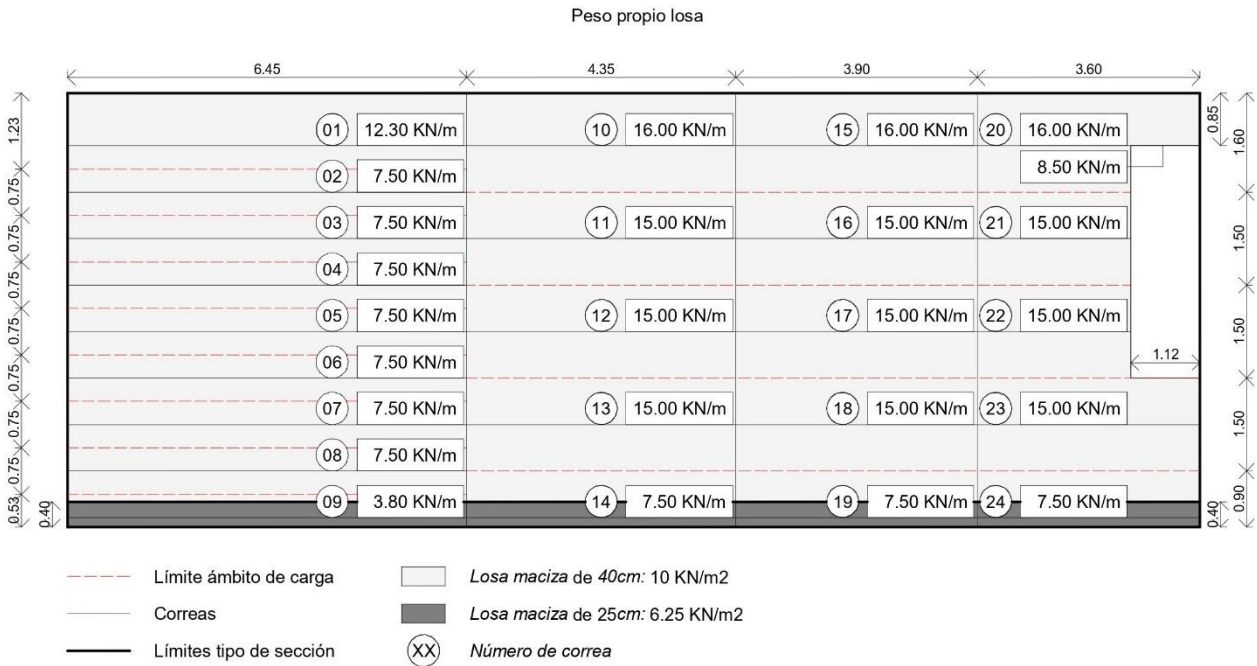


Figura 05.01.04.01-02. Ámbitos de carga por peso propio. Fuente: elaboración propia.

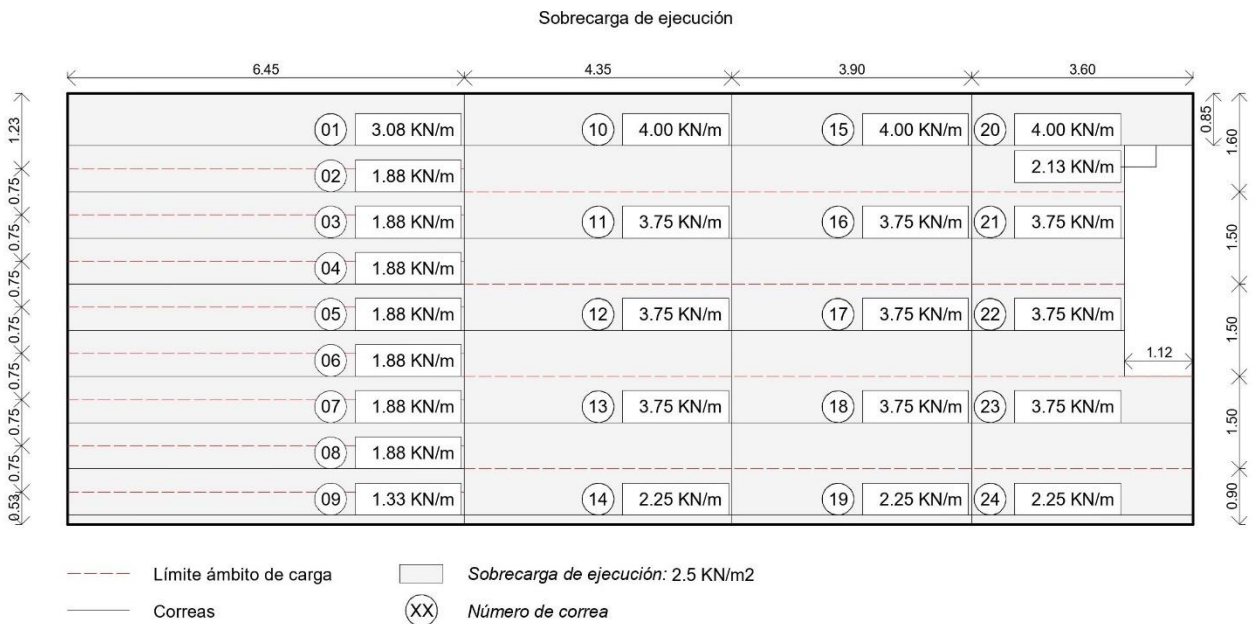


Figura 05.01.04.01-03. Ámbitos de carga por sobrecarga de ejecución. Fuente: elaboración propia.

Una vez obtenidos estos valores, se introducen en el modelo de fase primera como carga lineal con el valor correspondiente en cada correa siguiendo la ruta:

Assign > Frame Loads > Distributed...

Las cargas debidas al peso propio se introducen en la hipótesis de carga de Cargas Muertas Permanentes (CMP) y la sobrecarga de ejecución como Sobrecarga de Uso (SCU).

05.01.04.02. ACCIONES FASE SEGUNDA

En la fase segunda se están ejecutando los muros interiores de la vivienda con la losa de la planta primera perteneciente al cuerpo volado ya ejecutada y colaborando en la rigidez estructural. Al estar en proceso de ejecución, todavía está la cimbra en el modelo, la cual es el objeto de análisis.

Las cargas que hay que aplicar son las mismas que en el apartado anterior, en este caso peso propio de muros y sobrecarga de uso. El peso propio de los muros se introduce automáticamente por parte del programa SAP2000, ya que, al haber dejado los elementos finitos de estos muros con su sección y material asignados, no hace falta que se calcule e introduzca su valor. Como la losa superior no aparece en el modelo, no aportan rigidez y el cálculo es correcto.

La sobrecarga de ejecución sigue siendo de valor 2,50 KN/m², y como en este modelo sí que disponemos de los elementos finitos de la losa de la planta de vivienda, aplicamos sobre ellos esta sobrecarga como una carga distribuida en el elemento finito. Se introducen en la hipótesis de carga de Sobrecargas de Uso (SCU) en SAP2000 seleccionando los elementos finitos y siguiendo la ruta:

Assign > Area Loads > Uniform (Shell)...

S Assign Area Uniform Loads

General

Load Pattern: SCU

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Uniform Load

Load: 2,5 kN/m²

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Figura 05.01.04.02-01. Ventana de asignación de cargas de área en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

05.01.04.03. ACCIONES FASE TERCERA

La fase tercera corresponde al momento en el que se ejecuta la losa de cubierta del cuerpo volado, estando los muros ya ejecutados y colaborando estructuralmente. Al estar en ejecución la estructura, este modelo todavía cuenta con la cimbra. Como se explica en apartados anteriores, las cargas de la losa de cubierta, por el proceso de ejecución realizado ya comentado, se van a aplicar como cargas superficiales en el forjado de la vivienda.

Las cargas que hay que aplicar son las mismas que en fase primera y segunda. La sobrecarga de ejecución de 2,50 KN/m², que en este caso será doble, ya que en el elemento finito de planta de vivienda hay que aplicar su sobrecarga de ejecución más la del elemento finito de mismas dimensiones y características que hay en la losa de cubierta. Por ello, en la hipótesis Sobrecargas de Uso (SCU) se introduce un valor de 5 KN/m², seleccionando los elementos finitos y siguiendo la ruta:

Assign > Area Loads > Uniform (Shell)...

La carga de peso propio de losa de cubierta hay que calcularla, dependiendo de la sección de cada parte:

- *Losa maciza de 40cm:* $25 \text{ KN/m}^3 \times 0.40 \text{ m} = 10 \text{ KN/m}^2$
- *Losa maciza de 22cm:* $25 \text{ KN/m}^3 \times 0.22 \text{ m} = 5.50 \text{ KN/m}^2$

Esta acción se aplica también como una carga repartida en el elemento finito de planta primera en hipótesis Cargas Muertas Permanentes (CMP), teniendo en cuenta la huella que ocupa cada tipo de sección en la losa inferior, dividida anteriormente en la geometría general con la misma rejilla, por lo que la equivalencia es correcta.

05.01.04.04. ACCIONES FASE CUARTA

En esta fase, la estructura ya se ha ejecutado completamente y todos sus elementos colaboran estructuralmente como un cuerpo rígido, pero todavía con la cimbra colocada y colaborando en la reducción de esfuerzos de los elementos. Como ya se ha indicado, este fue el estado en el que se encontró la estructura durante mucho tiempo. Por ello, las cargas que se aplican en esta fase serán las desarrolladas en el modelo genérico anteriormente, sin sobrecarga de ejecución y aplicando las cargas de uso de la tipología de la estructura en cada zona.

05.01.04.05. ACCIONES FASE QUINTA

Este es el modelo principal de la estructura. La estructura real, como fue diseñada para que trabajase en su vida útil, sin ayuda de la cimbra, la cual ya se ha eliminado, y con todas las cargas desarrolladas previamente a tener en cuenta aplicadas en cada elemento. Este modelo será la base para el análisis de ELU y ELS de la estructura completa.

También se realiza en el modelo de cada una de las fases la comprobación correspondiente a la aparición de muelles del terreno traccionados (Apartado 04.04.), con la consiguiente activación/desactivación de los muelles afectados por esta situación en el análisis genérico de la estructura, el cual se realizó aplicando el modelo de fase quinta.

06. SEGURIDAD Y ESTADOS LÍMITE

06.01. CRITERIOS DE SEGURIDAD

Entendemos por acción estructural a todo aquello capaz de modificar el estado tensional del elemento resistente, pero la determinación de su valor solo es inmediata en acciones de peso propio, ya que conociendo el valor de la densidad del elemento y sus dimensiones se puede obtener su valor directamente. En el resto de los casos se hace uso del valor característico (subíndice k) de una acción, indicando que tiene probabilidad 0.05 de ser sobrepasado durante la ejecución o la vida útil de la estructura. En el caso de acciones variables. Se utilizan además otros valores denominados representativos recogidos en el apartado 3.3.2.3 del DB-SE:

- a) El valor de combinación (Ψ_0) de una acción variable representa su intensidad en caso de que, en un determinado periodo de referencia, actúe simultáneamente con otra acción variable, estadísticamente independiente, cuya intensidad sea extrema.
- b) El valor frecuente (Ψ_1) de una acción variable se determina de manera que sea superado durante el 1% del tiempo de referencia.
- c) El valor casi permanente (Ψ_2) de una acción variable se determina de manera que sea superado durante el 50% del tiempo de referencia.

Los valores que adoptan estos coeficientes se recogen en la tabla 4.2 del mismo documento.

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

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

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Figura 06.01-01. Tabla 4.2 del apartado 4.2.4 Coeficientes de simultaneidad del DB-SE del CTE. Fuente: Ministerio de Fomento.

A la hora de calcular la estructura, estas acciones se ponderan por unos coeficientes parciales de seguridad (γ_F) que tienen en cuenta aspectos como: desviaciones de los valores de las acciones, adopción de un modelo erróneo al idealizarlas, incertidumbre en la determinación de sus efectos... Por ello, se obtiene el valor de cálculo siguiente (subíndice d):

$$F_d = \gamma_F \times F_k$$

En el caso de acciones variables a esta expresión se le añade también el factor de simultaneidad Ψ_i correspondiente. Los valores que adoptan estos coeficientes de seguridad se recogen en la tabla 4.1 del DB-SE.

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

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

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

Figura 06.01-02. Tabla 4.1 del apartado 4.2.4 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones del DB-SE del CTE. Fuente: Ministerio de Fomento.

06.02. ESTADOS LÍMITE

Cuando se está realizando un cálculo estructural, el objetivo es verificar que no se sobrepasa ningún estado límite en las posibles situaciones en las que se puede encontrar la estructura, utilizando modelos que aprecien las variables más relevantes y se aproximen bastante a la realidad estructural para predecir el comportamiento de esta con fiabilidad. Por ello, se consideran dos situaciones límite en el cálculo estructural: Estados límite de servicio (ELS) y Estados límite últimos (ELU).

06.02.01. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (ELS)

Los estados límite de servicio (ELS), en el momento que se sobrepasan, dejan de cumplirse aquellos criterios de seguridad que aseguran el correcto funcionamiento de la estructura mientras esta se usa, en los apartados de confort, bienestar y apariencia de la obra, ya que nos están indicando que se producen deformaciones o flechas que afectan al aspecto o al uso previsto de la estructura, daños en los acabados o en los elementos no estructurales, daños en el edificio y su contenido, vibraciones excesivas que producen incomodidad o limitaciones para el correcto funcionamiento de la estructura para el cual ha sido proyectada.

Para ELS la normativa indica las diferentes combinaciones de acciones, indicando que para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se determinarán a partir de la correspondiente combinación de acciones e influencias simultáneas. Concretamente en el apartado 4.3.2 Combinación de acciones del DB-SE se indican las siguientes expresiones:

- a) *Acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica considerando la actuación simultánea de todas las acciones permanentes, en valor característico, una acción variable cualquiera, en valor característico, debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis y el resto de las acciones variables, en valor de combinación.*

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

- b) *Acciones de corta duración que pueden resultar reversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado frecuente considerando la actuación simultánea de todas las acciones permanentes, en valor característico una acción variable cualquiera, en valor frecuente, debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis el resto de las acciones variables, en valor casi permanente.*

$$\sum_{j \geq 1} G_{K,j} + P + \Psi_{1,1} \times Q_{K,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} \times Q_{K,i}$$

- c) *Acciones de larga duración, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado casi permanente considerando la actuación simultánea de todas las acciones permanentes, en valor característico y todas las acciones variables, en valor casi permanente.*

$$\sum_{j \geq 1} G_{K,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \times Q_{K,i}$$

06.02.02. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU)

Los estados límite últimos (ELU) están asociados al colapso u otra forma de fallo estructural que pueda poner en peligro la seguridad de las personas como pérdida del equilibrio de la estructura (de toda o de una parte) como un cuerpo rígido, fallo por deformación excesiva, rotura, afecciones a elementos estructurales modificando su forma de trabajar transformándose en mecanismos o inestabilidad por efectos de segundo orden y fatiga.

Para ELU la normativa contempla diferentes situaciones de proyecto junto con la expresión simbólica que define las combinaciones de acciones, debiendo adoptarse la más desfavorable. Concretamente en el apartado 4.2.2 Combinación de acciones del DB-SE se indican las siguientes expresiones:

- d) *Acciones correspondientes a una situación persistente o transitoria, considerando la actuación simultánea de todas las acciones permanentes, en valor de cálculo, incluido el pretensado, una acción variable cualquiera, en valor de cálculo, debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis y el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación, diferenciando dentro de la misma acción la parte favorable de la desfavorable:*

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

- e) *Acciones correspondiente a una situación extraordinaria se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la siguiente expresión, considerando la actuación simultánea de todas las acciones permanentes, en valor de cálculo, incluido el pretensado, una acción accidental cualquiera, en valor de cálculo, debiendo analizarse sucesivamente con cada una de ellas, una acción variable, en valor de cálculo frecuente, debiendo adoptarse como tal, una tras otra sucesivamente en distintos análisis con cada acción accidental considerada y el resto de las acciones variables, en valor de cálculo casi permanente:*

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \times G_{K,j} + \gamma_P \times P + A_d + \gamma_{Q,1} \times \psi_{1,1} \times Q_{K,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \times \psi_{2,i} \times Q_{K,i}$$

- f) *Si la acción accidental es acción sísmica, todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor casi permanente:*

$$\sum_{j \geq 1} G_{K,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \times Q_{K,i}$$

06.03. INSERCIÓN DE COMBINACIONES EN SAP2000

La principal ventaja de utilizar un programa de cálculo de estructuras como SAP2000 es que en lugar de tener que realizar un cálculo tan laborioso mediante la aplicación de todas las indicaciones señaladas en el apartado anterior de forma manual, es el propio programa quien realiza los cálculos necesarios aplicando las diferentes combinaciones con las cargas que se han introducido en el modelo. Pero para ello hay que definir en el programa cuales son las cargas y cuáles son las combinaciones que ha de hacer cuando calcule el modelo.

En el caso de las cargas, estas se introducen en el programa y es el propio SAP2000 quien los combina en cada una de las hipótesis. Para ello, se introducen las cargas según el tipo de acción a través de la ruta:

Define > Load Patterns...

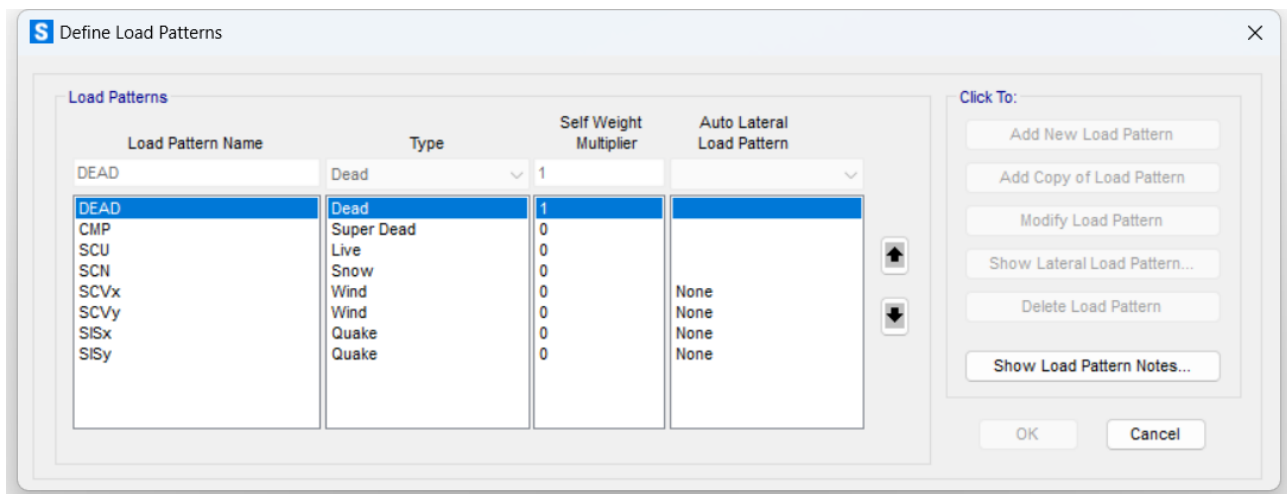


Figura 06.03-01. Ventana de asignación de definición de patrones de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

En esta herramienta, se crean los diferentes patrones de cargas, tantos como diferentes tipos de cargas haya en el modelo. En este caso, se han utilizado las diferentes acciones, diferenciando en acciones permanentes (G) y acciones variables (Q):

- Peso propio (DEAD) (G)
- Cargas muertas permanentes (CMP) (G)
- Sobrecarga de uso (SCU) (Q)
- Sobrecarga de nieve (SCN) (Q)
- Sobrecarga de viento (SCV) en dirección x e y (Q)
- Sobrecarga de sismo (SCS) en dirección x e y (Q)

A continuación, se introducen en el programa todas las combinaciones posibles que se pueden obtener mediante las fórmulas señaladas en los apartados anteriores. Esto se realiza a través de la ruta:

Define > Load Combinations...

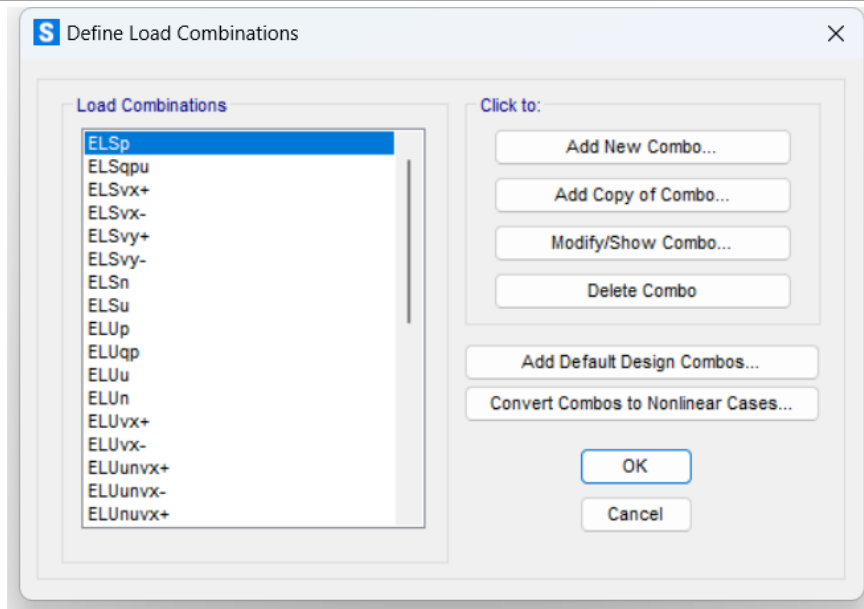


Figura 06.03-02. Ventana de asignación de definición de combinaciones de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Para el desarrollo de este trabajo, se ha empleado una plantilla de SAP2000 proporcionada por David Gallardo para su uso ya predefinido en edificaciones residenciales con la mayoría de las combinaciones ya creadas a excepción de alguna como la se sismo, creada y explicada en el apartado 05.01.03. A modo de ejemplo, se expone a continuación el contenido tipo que se ha de asignar en una de estas combinaciones. Para ello se hace uso de la combinación ELUunvx+.

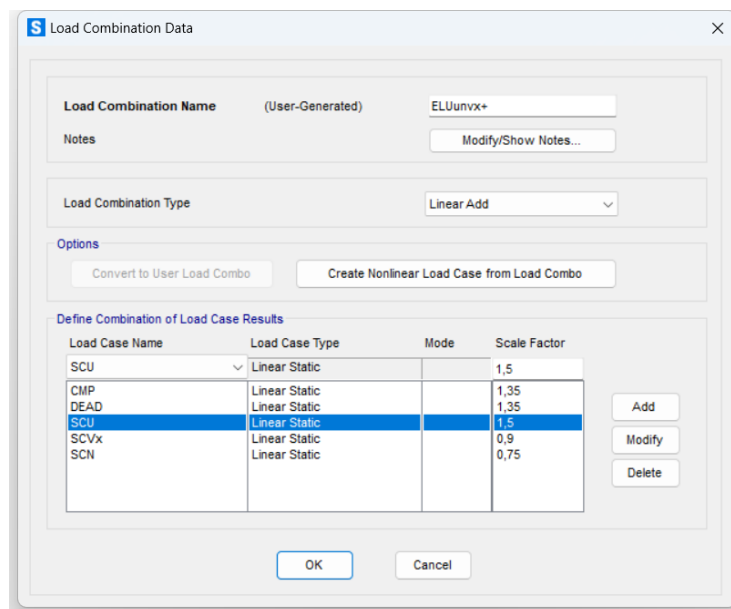


Figura 06.03-03. Ventana de carga de datos de combinaciones de carga en ELUunvx+ en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

En el apartado “Scale Factor” se introduce el valor que ha de multiplicar a la carga, resultado de multiplicar el coeficiente parcial de seguridad por su valor característico. El propio programa recoge el valor de carga que se ha introducido en el modelo en cada elemento y realiza el cálculo correspondiente en cada punto del modelo, obteniendo de este modo un cálculo mucho más preciso y rápido que en un cálculo manual.

En el caso concreto seleccionado, correspondiente a la combinación de estado límite último en situación persistente o transitoria con la sobrecarga de uso como variable principal, la ecuación que habría que aplicar de las señaladas en el apartado anterior es la siguiente.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \times G_{K,j} + \gamma_P \times P + \gamma_{Q,1} \times Q_{K,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \times \Psi_{0,i} \times Q_{K,i}$$

De manera que, una vez sustituidos los valores según el modelo que se está empleando, con los coeficientes obtenidos a través de las diferentes tablas, la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$ELU_{unvx} = 1.35 \times G + 1.5 \times SCU + 1.5 \times 0.5 \times SCN + 1.5 \times 0.6 \times SCVx$$

Siendo "G" todas las cargas permanentes en el modelo, es decir, peso propio y cargas muertas permanentes, de manera que, si se simplifica la ecuación anterior, quedaría de la siguiente forma:

$$ELU_{unvx} = 1.35 \times DEAD + 1.35 \times CMP + 1.5 \times SCU + 0.75 \times SCN + 0.9 \times SCVx$$

Comparando con los datos almacenados el programa, se observa de donde se han obtenido dichos coeficientes. Esta operación se ha repetido con todas las combinaciones posibles, para que el programa realice el cálculo de todas ellas y podamos analizar la situación más desfavorable en cada caso.

07. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

07.01. PROCESO DE ANÁLISIS

El Código técnico de la Edificación en su Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE) realiza una primera diferenciación en dos bloques: Resistencia y estabilidad (ELU) o Aptitud al servicio (ELS). Son dos comprobaciones diferentes, pero ambas hay que realizarlas, ya que son complementarias y obligatorias. Aunque pueda parecer que el primer bloque es más importante, la comprobación estructural se realiza comenzando por las deformaciones y posteriormente los esfuerzos. Esto se debe a varios aspectos:

- En el análisis de las estructuras, se forma un sistema de ecuaciones en el que las incógnitas son los movimientos (las deformaciones), teniendo como datos las cargas y las rigideces definidas en el modelo. Las cargas equivalen al producto de las rigideces por los movimientos. Lo primero que obtiene SAP2000 en su análisis son los movimientos, no el equilibrio de la estructura. El proceso manual habitual es inverso a este, ya que se suelen calcular las reacciones en primer lugar, a partir de ellas las leyes de esfuerzos y a partir de sus integraciones las deformadas, pero este proceso solo es posible manualmente cuando la estructura es isostática. Cuando son hiperestáticas, no se puede calcular las reacciones sin calcular a la vez los movimientos, ya que la distribución de cargas depende de la rigidez. Por ello, SAP2000 calcula los movimientos que sufre la estructura y a partir de ellos, los esfuerzos. A partir de la deformada, realizando derivadas de forma sucesiva obtiene los giros, momentos y cortantes, y estos últimos proporcionan las fuerzas en los extremos a partir de sus saltos. Por ello, sin calcular el equilibrio, se obtienen las fuerzas de la estructura a partir de los movimientos, mediante el proceso opuesto al cálculo manual de estructuras isostáticas. De hecho, SAP2000 al terminar el proceso de cálculo nos proporciona un modelo deformado en su ventana gráfica.

- Antes de comprobar la resistencia, hay que saber si el modelo es correcto, detectando si está representando el comportamiento real de la estructura de manera lógica. Es decir, realizar una primera comprobación visual para detectar posibles desconexiones.

- Como la mayoría de estructuras son hiperestáticas, no es lógico comprobar primero la resistencia y después de la deformación, ya que si comprobamos primero los esfuerzos para ver que todas los elementos cumplen a ELU (aumentando la sección de aquellos elementos que no cumplen) y posteriormente comprobamos la deformación, en el caso de que esta no cumpla, se vuelve a aumentar la sección, pero al hacer esto, cambia la rigidez y los esfuerzos no solo del elemento modificado, sino de toda la estructura, entonces habría que volver a realizar el análisis de resistencia.

Por todo ello, se procede primero a las comprobaciones de Estado Límite de Servicio (ELS), y posteriormente a las comprobaciones de Estado Límite Último (ELU). Finalmente, se realizará un capítulo específico destinado al análisis y dimensionado de la cimbra.

07.02. COMPROBACIÓN ELS

El Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE) en su capítulo 4.3 *Aptitud al servicio* (ELS), hace una distinción en tres grupos de deformaciones (Apartado 4.3.3), que se han de analizar de forma independiente:

- Flechas
- Deformaciones horizontales
- Vibraciones

07.02.01. COMPROBACIÓN DE FLECHA VERTICAL

Este movimiento habitualmente es la deformación más importante que sufren las estructuras, como es el caso de esta vivienda. El DB-SE en su capítulo 4.3.3.1 señala las siguientes tres condiciones que se han de verificar:

1. Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:

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

2. Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa, es menor que $1/350$.

3. Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que $1/300$.

Se realizan estas tres comprobaciones para cualquier elemento que se haya deformado con flechas verticales, siendo este un único elemento o un conjunto de ellos. La ventaja es que comprobando si el elemento que sufre mayor deformación cumple con las limitaciones, el resto de la estructura cumple correctamente.

Hay que señalar en la primera de las limitaciones, que esta hace referencia a la exigencia que se le pide a la estructura en cuanto a rigidez para que no dañe un elemento constructivo, entonces solo hay que considerar aquellas deformaciones que se producen después de haber construido el elemento, porque cuando este se construye ya se adapta a la forma que tenga la estructura. En hormigón, la flecha instantánea debida a peso propio no influye en estos elementos, pero la flecha diferida si, y habrá que tenerla en cuenta en dicha comprobación.

Estas tres comprobaciones se comprueban con el criterio indicado en el apartado posterior en dicha normativa, señalado a continuación:

4. Las condiciones anteriores deben verificarse entre dos puntos cualesquiera de la planta, tomando como luz el doble de la distancia entre ellos. En general, será suficiente realizar dicha comprobación en dos direcciones ortogonales.

Para analizar las comprobaciones que exige la normativa en nuestra estructura, al ser de hormigón armado, se hace uso de la tabla Excel “*FlechasHormigón.xlsx*” proporcionada por David Gallardo que nos permite considerar los valores de flecha diferida.

En primer lugar, se calcula la deformada de la estructura en la combinación ELSu, que presenta las cargas que se muestran a continuación.

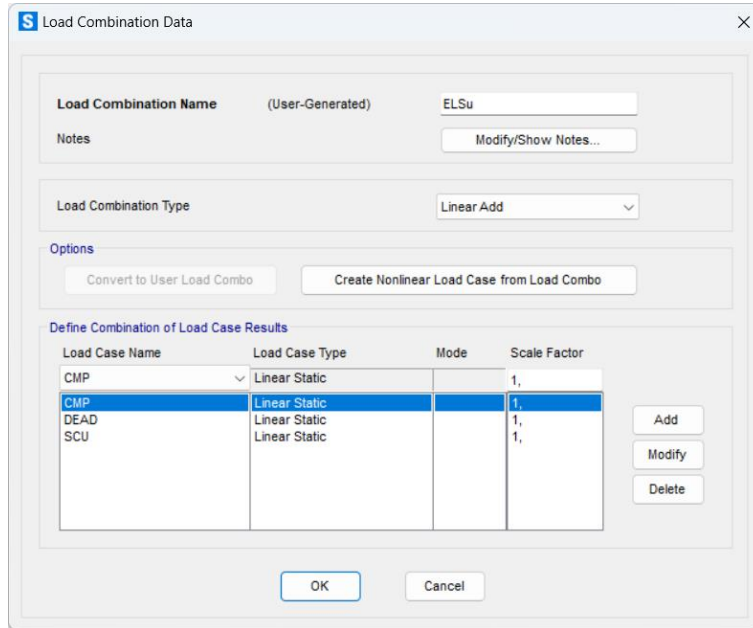


Figura 07.02.01-01. Ventana de datos de combinación de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar, se están teniendo en cuenta los valores de sobrecarga de uso, peso propio y peso muerto permanente. Todos ellos se multiplican por el factor unidad, de manera que se está suponiendo su carga real sin mayorar, para obtener así una deformada de las cargas reales que se muestra a continuación, donde se aprecia claramente que los puntos más desfavorables se encuentran en los extremos del voladizo, en las losas de ambas plantas.

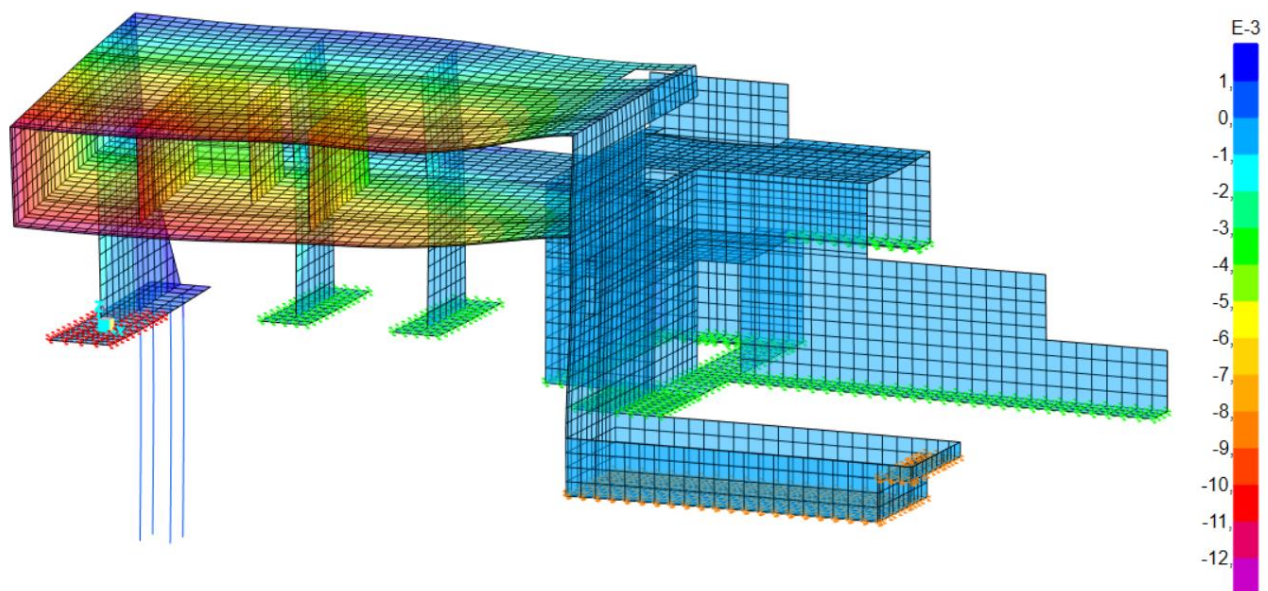


Figura 07.02.01-02. Resultados de deformación vertical en ELSu en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Las comprobaciones que se van a realizar, debido a la diferencia de cargas en cada una de las losas, serán una por cada planta, en los puntos con mayor deformación. En el caso de la losa de la vivienda se obtienen los valores de la deformada indicados a continuación.

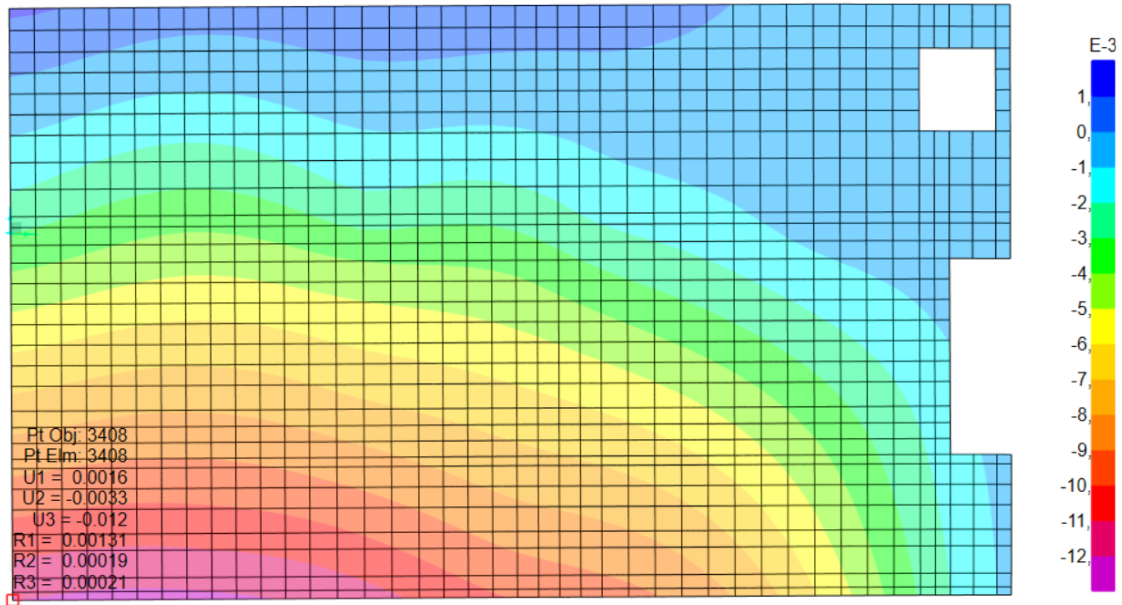


Figura 07.02.01-03. Resultados de deformación vertical en ELSu en losa de vivienda en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

El valor de flecha instantánea elástica que nos proporciona SAP2000 (U3), se corresponde a la suma de todos los movimientos en el eje “z” de la estructura, pero para que este valor sea el correspondiente a lo que desciende la punta del voladizo respecto a su apoyo, hay que restarle a este último, el valor del descenso producido en el apoyo:

$$\text{Flecha en punta de voladizo} = 0,012 - 0,0025 = 0,0095 \text{ m}$$

Para determinar los momentos que se producen en el extremo más solicitado (único valor necesario al tratarse del análisis de un voladizo), y al tratarse de elementos finitos, se realiza siguiendo la ruta siguiente:

Display > Show Forces/Stresses > Shells...

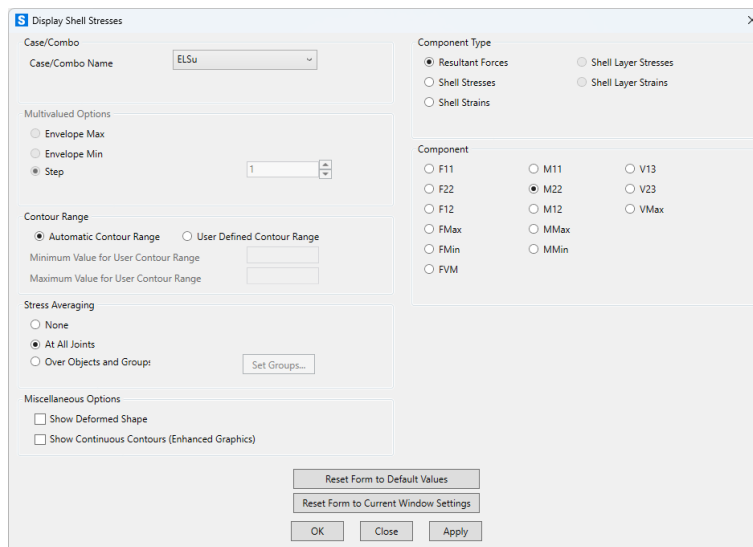


Figura 07.02.01-04. Ventana “Display Shell Stresses” en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

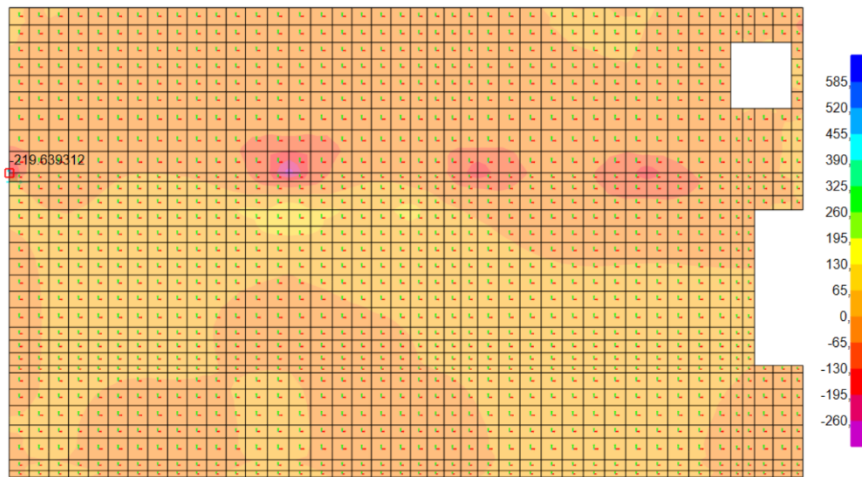


Figura 07.02.01-05. Momentos en ELSu en losa de vivienda en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Podemos observar un valor de momento de 219 KNm/m.a. que es realmente el pico en un punto y por lo tanto no es un valor representativo del esfuerzo en la zona. Esto se debe al modelado de elementos finitos, ya que cuanto más pequeños se hacen los elementos finitos, más precisa es la deformada, pero más altos salen los picos en los apoyos puntuales. Para entenderlo hay que tener en cuenta que en un punto no hay momento. El momento es en una zona, no en un punto. Si movemos el cursor a un poco separado del punto máximo, el momento de 219 KNm/m.a, baja mucho, por ello el valor que realmente es fiel a la realidad es el promedio en dicha zona.

Para obtener estos valores más precisos teniendo en cuenta el comportamiento real de esa zona se hace uso de la herramienta "Section Cut", la cual se detalla con más precisión en el apartado 07.03.01, pero que de forma simplificada se realiza mediante el empleo de la tabla Excel "SectionCut.xlsm" proporcionada por David Gallardo, que permite hacer una sección de corte, seleccionando todos aquellos elementos finitos necesarios y los puntos de la arista sobre la que se quiere realizar el corte para obtener la integral de los esfuerzos que hay en dicha zona, de este modo evitamos los picos de valores que se aprecian en la figura anterior, los cuales no reflejan el comportamiento correcto de la estructura y se producen generalmente por la geometría realizada en el modelo.

SECTION CUT . DAVID GALLARDO . 2023			
sCTMP			
	CDG		POR DEFECTO
X	0,228	RX	
Y	0,200	RY	
Z	5,900	RZ	
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELSu		0,456	
Section Cut			
F1	-116,7	M1	55,4
F2	300,0	M2	10,5
F3	46,6	M3	23,9
F1/L	-255,7	M1/L	121,3
F2/L	657,5	M2/L	22,9
F3/L	102,1	M3/L	52,4
Esfuerzos de sección calculados			
Nc	-300,0	T	10,5
V2	46,6	M3	-55,4
V3	116,7	M2	-23,9
Nc/L	-657,5	T/L	22,9
V2/L	102,1	M3/L	-121,3
V3/L	255,7	M2/L	-52,4

Figura 07.02.01-06. Section Cut de punto más solicitado en muro ELSu. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

El valor que se tendrá en cuenta para la comprobación es el indicado en la casilla “M3/L” de 121.3 KNm/m.a. Con todo ello, conociendo todos los datos de características del hormigón y acero, dimensiones de la losa y recubrimientos, cargas actuantes, el funcionamiento del elemento a modo de voladizo y el armado base en ambas caras más los refuerzos dispuestos en el extremo más solicitado (punto de apoyo), obtenidos todos estos datos en base a la información proporcionada por David Gallardo en los planos de ejecución de la estructura, se rellenan las diferentes casillas de la tabla como se muestra en la siguiente figura.

CALCULO FLECHAS VIGAS HORMIGON			tipo viga	voladizo		EXTREMO MAS SOLICITADO		
fck(j)	35	[N/mm2]	modulo Ec	29.778,88	[N/mm2]	ARMADURA SUPERIOR (TRACC.)		
fcmm(j)	43	[N/mm2]	modulo Es	200.000,00	[N/mm2]	Ns (base)	5	[]
fyk	500	[N/mm2]	n	6,72		Øs (base)	16	[mm]
B	1000	[mm]	W bruto (H)	26.666.666,67	[mm3]	Ns (refuerzo)	5	[]
H	400	[mm]	I bruta (H)	5.333.333.333,33	[mm4]	Øs (refuerzo)	20	[mm]
C	48	[mm]	A bruta (D)	352.000,00	[mm2]	Area	2.576,11	[mm2]
L	6800	[mm]	D	352	[mm]	rho	7,32E-03	[]
flim1	500	[L/]	Mfis	106,83	[kNm]	ARMADURA INFERIOR (COMP.)		
G0	10	[kN/m2]	DEAD (peso propio forjado estructural)			Ni (base)	5	[]
G1	2	[kN/m2]	CMP* (CMP hasta tabiqueria inclusive)			Øi (base)	16	[mm]
G2	0,5	[kN/m2]	Resto de CMP (falsos techos, ...)			Area	1.005,31	[mm2]
Q	2	[kN/m2]	Sobrecarga de uso			rho	2,86E-03	[]
psi2 Q	0,3	[]	Factor cuasipermanente uso ψ2			ESFUERZO ACTUANTE		
fELSu (G+Q)	9,5	[mm]	Flecha ELSu (G+Q) instantanea elástica			M (ELSu=G+Q)	121,3	[kNm]
T0	4	[semanas]	Edad de descimbrado			Xprof	91,74	[mm]
T1	8	[semanas]	Edad ejecución tabiqueria			Ifis	1.442.211.675,50	[mm4]
T2	8	[semanas]	Edad ejecución resto CMP			leq	4.100.133.557,24	[mm4]
TQ2	24	[semanas]	Edad se alcanza cuasipermanente Q					

Figura 07.02.01-07. Tabla Excel “FlechasHormigón.xlsx” para forjado de vivienda. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Con todo ello, la tabla nos indica la comprobación de flecha límite según el CTE, en las tres condiciones que se han de verificar mencionadas antes. En este caso, la comprobación es correcta en todas ellas.

COMPROBACIONES DE FLECHA LIMITE SEGÚN CTE					
f INTEG TAB	16,8	[mm]	<	flim INTEG TAB	27,2 [mm]
f CONFORT	1,7	[mm]	<	flim CONFORT	38,9 [mm]
f APARIENCIA	25,1	[mm]	<	flim APARIENCIA	45,3 [mm]

Figura 07.02.01-08. Resultados tabla Excel “FlechasHormigón.xlsx” para forjado de vivienda. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Analizando cada una de ellas por separado, vemos como la flecha relativa es menor que 1/500 en la integridad constructiva, la cual se había limitado en la tabla Excel con este valor al tratarse de una construcción con acabados estéticos en los que se ha de cuidar mucho dicho aspecto. La limitación de confort de los usuarios también es menor que 1/350, al igual que la comprobación de apariencia de obra limitada a 1/300. Por todo ello, se puede afirmar que cumple a deformaciones verticales.

Hay que señalar que lo que baja la punta del voladizo depende de lo que le deje bajar el pescante, y este tiene tanto canto, que no se fisura y tiene muy poca fluencia, por lo que realmente no es necesario aplicar la tabla Excel, pues la comprobación muestra que se cumple con mucho margen. La flecha de la esquina del voladizo que se produjo en la vida real de la estructura no pasó de 10mm después de años.

Procedemos ahora a comprobar el otro punto con mayor deformación que se apreciaba en la figura 07.02.01-02, el cual es el mismo que el analizado, pero en el forjado de cubierta. En el caso de la losa de cubierta se obtienen los valores de la deformada indicados a continuación.

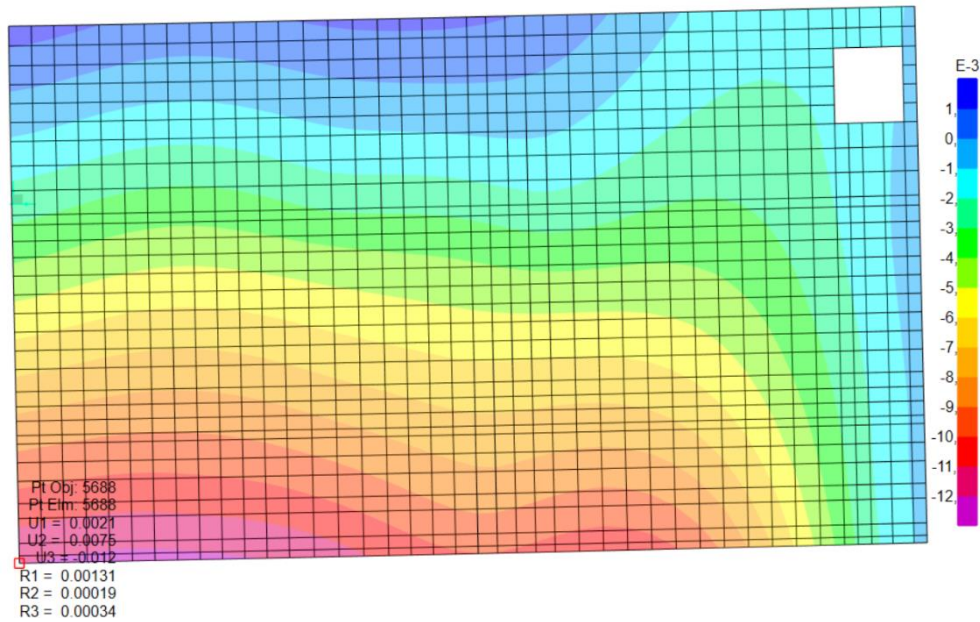


Figura 07.02.01-09. Resultados de deformación vertical en ELSu en losa de cubierta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

El valor de flecha instantánea elástica que nos proporciona SAP2000 (U3), es de nuevo de 0.012 m. Al igual que en el caso anterior, hay que restarle el valor del descenso producido en el apoyo, procediendo a continuación a determinar los momentos que se producen en el extremo más solicitado.

Flecha en punta de voladizo = $0,012 - 0,0028 = 0,0092$ m

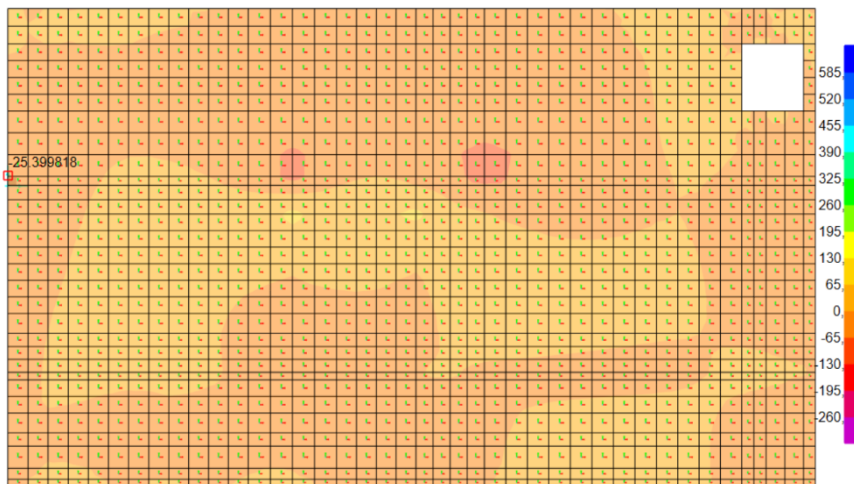


Figura 07.02.01-10. Momentos en ELSu en losa de cubierta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

En este caso, no aparece una zona puntual como en el caso anterior, sino que los valores de momentos en esta zona son bastante uniformes del orden de 25 kNm/m.a, por lo que consideramos este valor como válido para insertarlo en la tabla Excel.

Con todo ello, conociendo todos los nuevos datos de características del hormigón y acero, dimensiones de la losa y recubrimientos, cargas actuantes, el funcionamiento del elemento a modo de voladizo y el armado base en ambas caras más los refuerzos dispuestos en el extremo más solicitado (punto de apoyo), obtenidos todos estos datos en base a la información proporcionada por David Gallardo para la losa de cubierta, se rellena la tabla como se muestra en la siguiente figura.

CALCULO FLECHAS VIGAS HORMIGON			tipo viga	voladizo		EXTREMO MAS SOLICITADO		
fck(j)	35	[N/mm2]	modulo Ec	29.778,88	[N/mm2]	ARMADURA SUPERIOR (TRACC.)		
fc(m)(j)	43	[N/mm2]	modulo Es	200.000,00	[N/mm2]	Ns (base)	5	[]
fyk	500	[N/mm2]	n	6,72		Øs (base)	16	[mm]
B	1000	[mm]	W bruto (H)	26.666.666,67	[mm3]	Ns (refuerzo)	5	[]
H	400	[mm]	I bruta (H)	5.333.333.333,33	[mm4]	Øs (refuerzo)	20	[mm]
C	48	[mm]	A bruta (D)	352.000,00	[mm2]	Area	2.576,11	[mm2]
L	6800	[mm]	D	352	[mm]	rho	7,32E-03	[]
flim1	500	[L]	Mfis	106,83	[kNm]	ARMADURA INFERIOR (COMP.)		
G0	10	[kN/m2]	DEAD (peso propio forjado estructural)			Ni (base)	5	[]
G1	2	[kN/m2]	CMP* (CMP hasta tabiqueria inclusive)			Øi (base)	16	[mm]
G2	0,5	[kN/m2]	Resto de CMP (falsos techos, ...)			Area	1.005,31	[mm2]
Q	2	[kN/m2]	Sobrecarga de uso			rho	2,86E-03	[]
psi2 Q	0,3	[]	Factor cuasipermanente uso ψ2			ESFUERZO ACTUANTE		
fELSu (G+Q)	9,2	[mm]	Flecha ELSu (G+Q) instantanea elástica			M (ELSu=G+Q)	25,39	[kNm]
T0	4	[semanas]	Edad de descimbrado			Xprof	91,74	[mm]
T1	8	[semanas]	Edad ejecución tabiqueria			Ifis	1.442.211.675,50	[mm4]
T2	8	[semanas]	Edad ejecución resto CMP			Ieq	5.333.333.333,33	[mm4]
TQ2	24	[semanas]	Edad se alcanza cuasipermanente Q					

Figura 07.02.01-11. Tabla Excel "FlechasHormigón.xlsx" para forjado de cubierta. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Con todo ello, la tabla nos indica la comprobación de flecha límite según el CTE, en las tres condiciones que se han de verificar mencionadas antes. En este caso, vuelve a ser correcta la comprobación en todas las limitaciones, con valores menores que en el caso anterior.

COMPROBACIONES DE FLECHA LIMITE SEGÚN CTE					
f INTEG TAB	10,7	[mm]	<	flim INTEG TAB	27,2 [mm]
f CONFORT	1,3	[mm]	<	flim CONFORT	38,9 [mm]
f APARIENCIA	18,7	[mm]	<	flim APARIENCIA	45,3 [mm]

Figura 07.02.01-12. Resultados tabla Excel "FlechasHormigón.xlsx" para forjado de cubierta. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Por todo ello, una vez analizados los dos puntos que presentaban una mayor deformación en el modelo, dando por validos los análisis al estar los valores de cálculo por debajo de los límites, se puede afirmar que la comprobación de flecha vertical en ELS es correcta en la estructura.

07.02.02. COMPROBACIÓN DE DEFORMACIÓN HORIZONTAL

El DB-SE en su capítulo 4.3.3.2 determina que limitaciones se han de cumplir en la deformación horizontal que sufre una estructura, señaladas a continuación:

1. Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, susceptibles de ser dañados por desplazamientos horizontales, tales como tabiques o fachadas rígidas, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome (véase figura 4.1) es menor de: a) desplome total: $1/500$ de la altura total del edificio; b) desplome local: $1/250$ de la altura de la planta, en cualquiera de ellas.

2. Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo (véase figura 4.1) es menor que $1/250$.

3. En general es suficiente que dichas condiciones se satisfagan en dos direcciones sensiblemente ortogonales en planta.

Para comprobar estas limitaciones, hay que analizar cuál es la deformación que sufre la estructura por viento. Para ello hay que comparar las deformadas de las combinaciones ELSvx+, ELSvx-, ELSvy+ y ELSvy-, según la dirección. Para ello obtenemos la deformada de cada situación siguiendo la ruta:

Display > Show Deformed Shape...

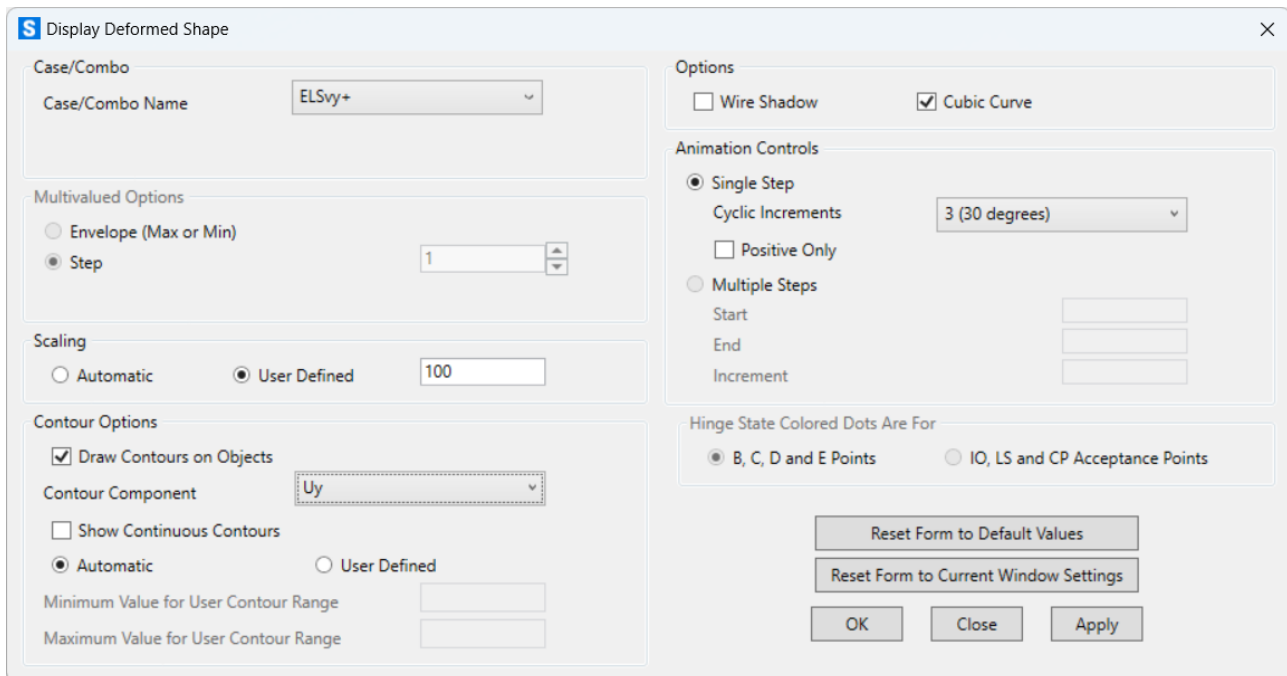


Figura 07.02.02-01. Ventana de "Deformed Shape" en viento en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

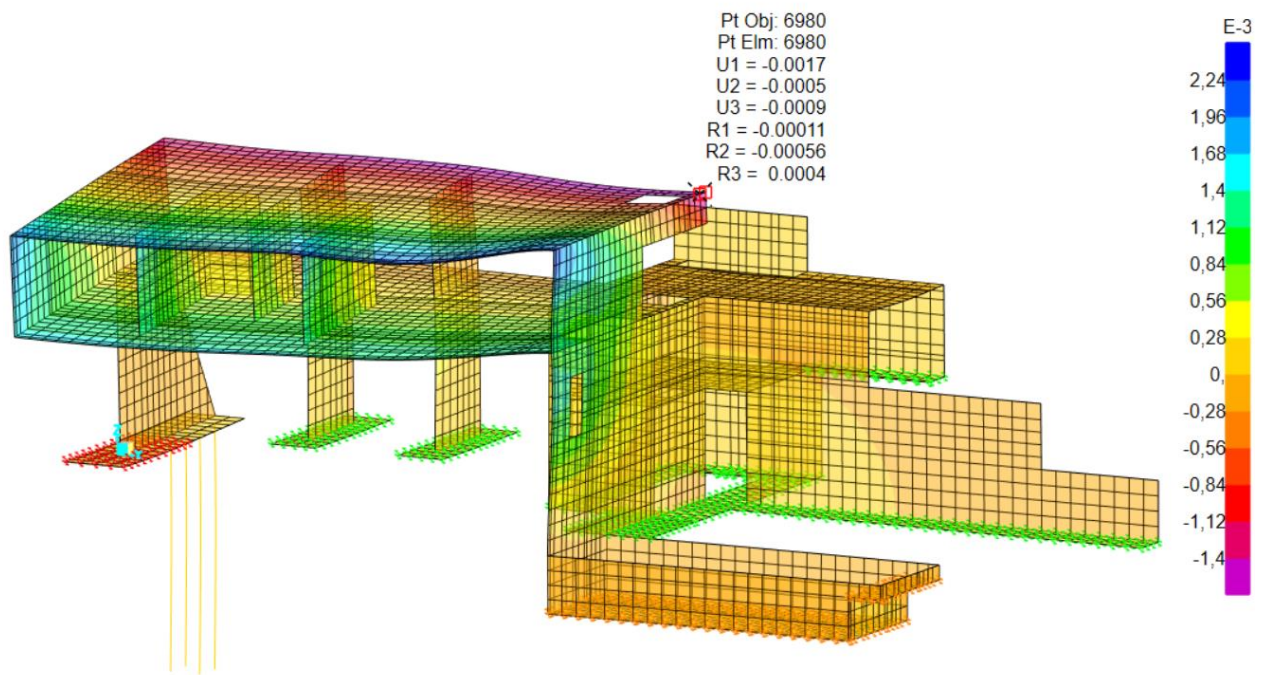


Figura 07.02.02-02. Resultados de deformación horizontal en viento ELSvx+ en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

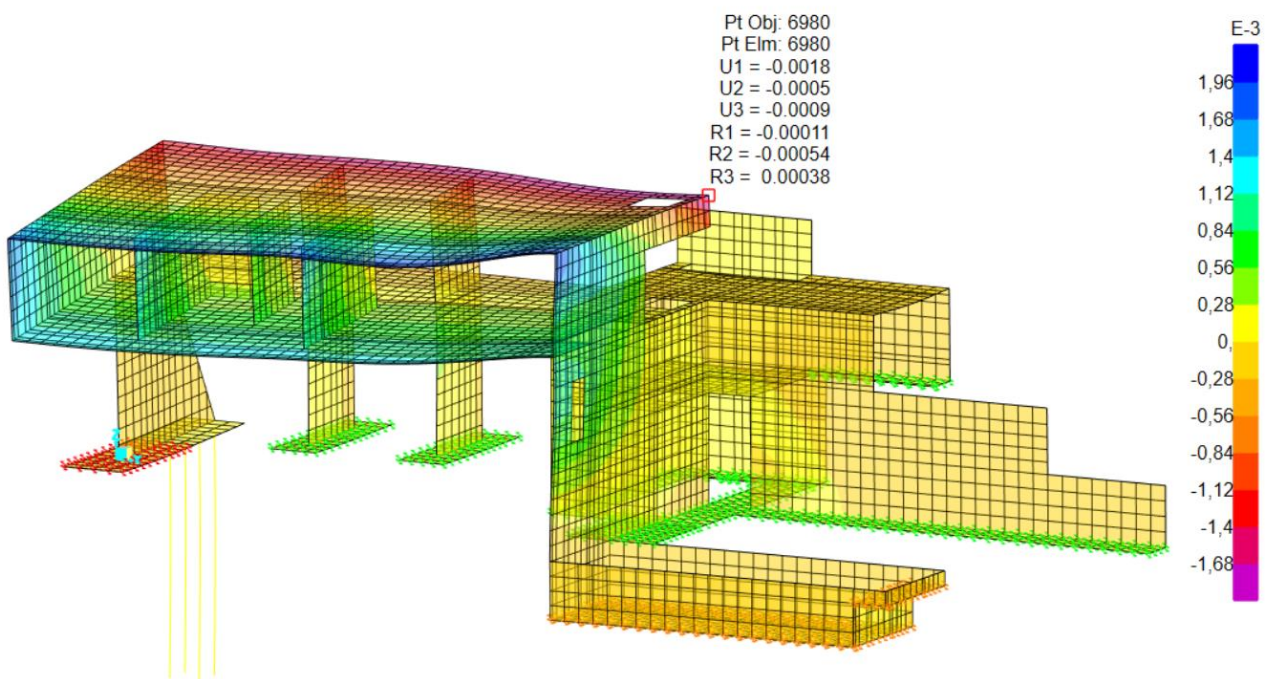


Figura 07.02.02-03. Resultados de deformación horizontal en viento ELSvx- en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

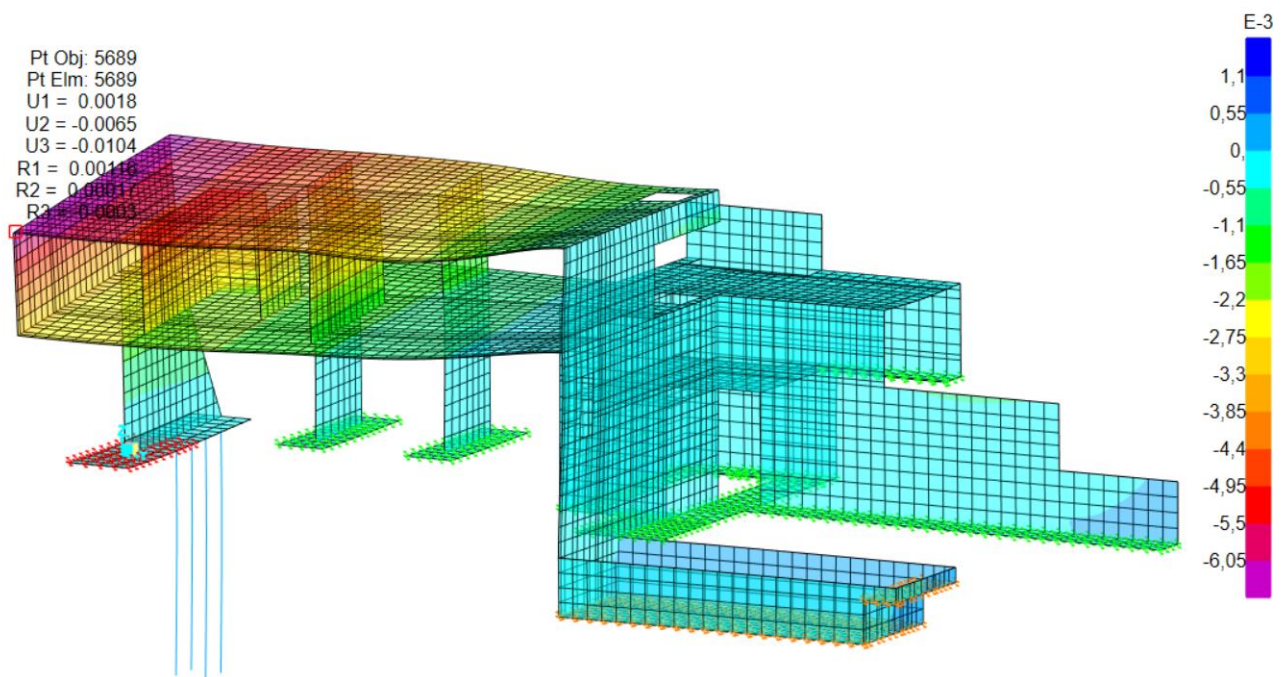


Figura 07.02.02-04. Resultados de deformación horizontal en viento ELSvy+ en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

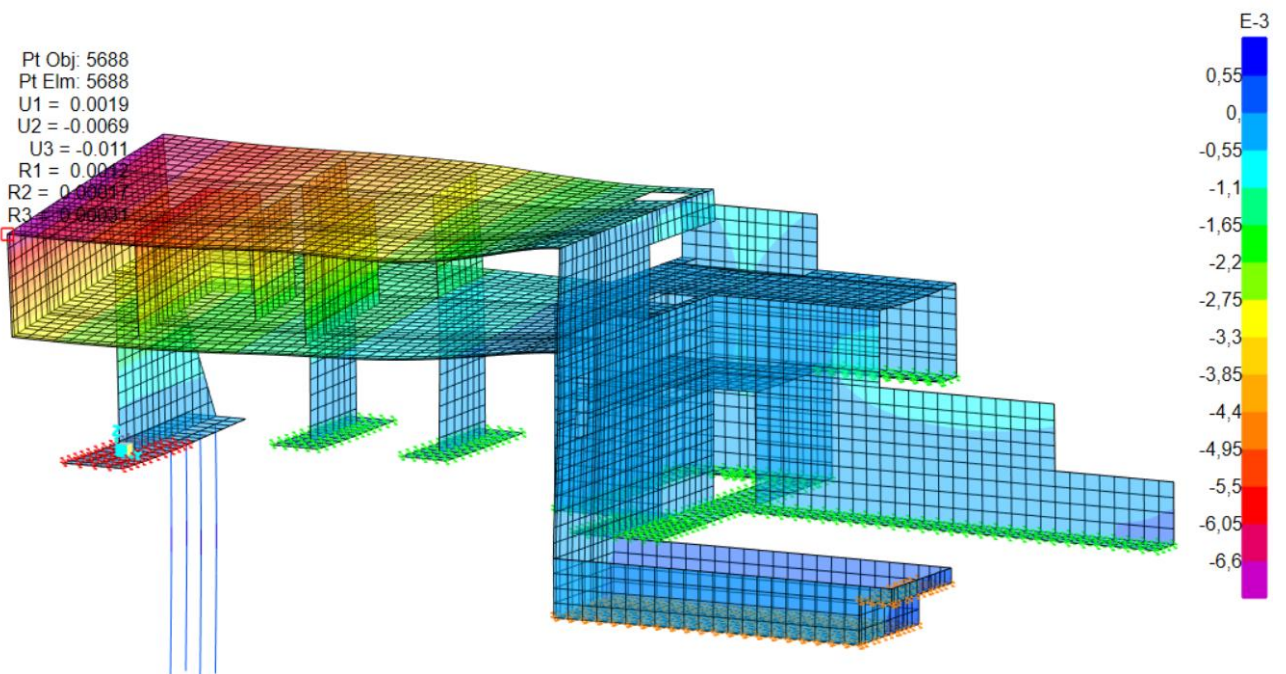


Figura 07.02.02-05. Resultados de deformación horizontal en viento ELSvy- en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Se obtiene el desplazamiento horizontal admisible para comparar los resultados:

- *Desplome admisible* = $1/500 \times \text{Altura edificio} = 1/500 \times 9,50 \text{ m} = 0,019 \text{ m}$
- *Máximos valores reales en cada modo* = 0,0017 | 0,0018 | 0,0065 | 0,0069 m

Por lo tanto, la estructura cumple las directrices determinadas por la normativa a desplome horizontal sobradamente (Desplome admisible > Máximos reales).

07.02.03. COMPROBACIÓN DE VIBRACIONES

A la hora de analizar las vibraciones en un modelo estructural, hay que tener en cuenta que estas dependen de dos aspectos: la masa y la rigidez.

Al ser la masa uno de los aspectos que influye en la forma en que las estructuras vibran dependiendo de su magnitud y de su distribución a lo largo de la estructura, cuanto más masa tenga la estructura, menores serán los efectos de vibraciones. Estas vibraciones se producen por el uso que se le da a los edificios, siendo mayores sus efectos en estructuras ligeras, lo cual no es el caso, ya que se trata de una estructura pesada de hormigón que no está tan condicionada en este sentido.

Por otro lado, la rigidez es el segundo aspecto que influye en las vibraciones, de forma que, cuanto más flexible es una estructura, los movimientos que experimenta al vibrar son de mayor magnitud y periodo. Por esta razón, al ser el caso de análisis una estructura rígida como se ha ido comentando en apartados anteriores, la estructura vibra con menor magnitud y en las frecuencias más altas, por lo que, de nuevo, no le afecta a la estructura las vibraciones inducidas por el paso de las personas.

Por estos dos motivos, no se realiza el análisis pormenorizado de las vibraciones de la estructura, al esperarse valores muy pequeños y despreciables tratándose de una estructura en su totalidad de hormigón armado no sensible a las vibraciones causadas por el uso de los espacios. Si se hubiese tratado de una estructura metálica, ligera y deformable si que hubiese sido interesante su análisis al poder obtener valores importantes y que se tuviesen que considerar en el dimensionado.

A modo de síntesis de esta explicación se adjunta el siguiente ábaco que indica el efecto de las vibraciones dependiendo de las características de la estructura, donde cuanto mayor es la masa que se moviliza en la vibración, más a la derecha nos situamos en el eje horizontal, y cuanto mayor es la rigidez, mayor frecuencia, y nos situamos más hacia arriba en el eje vertical, de modo que una estructura de hormigón se suele situar en la zona superior derecha y eso corresponde a grados de percepción muy bajos e irrelevantes, en la zona “A” o muy próximo a esta (zonas recomendadas en la mayoría de casos).

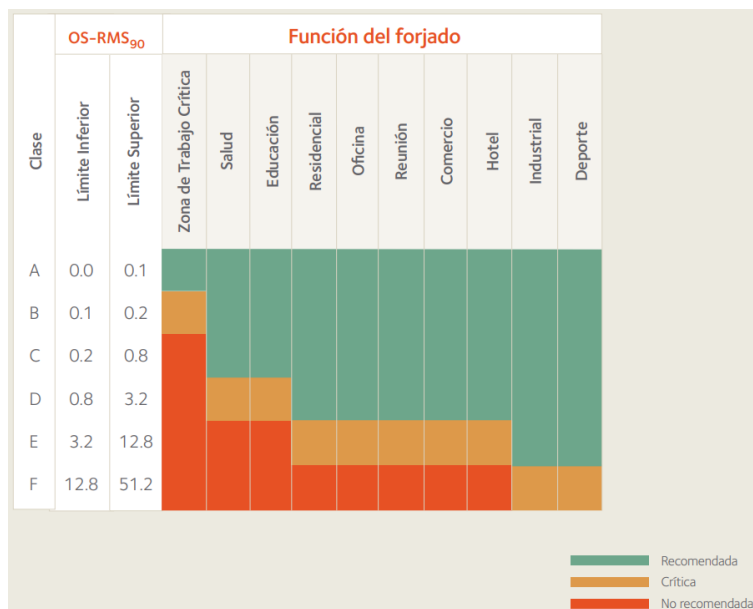


Figura 07.02.03-01. Clasificación de la respuesta del forjado y recomendaciones para la aplicación de clases. Fuente: ArcelorMittal.

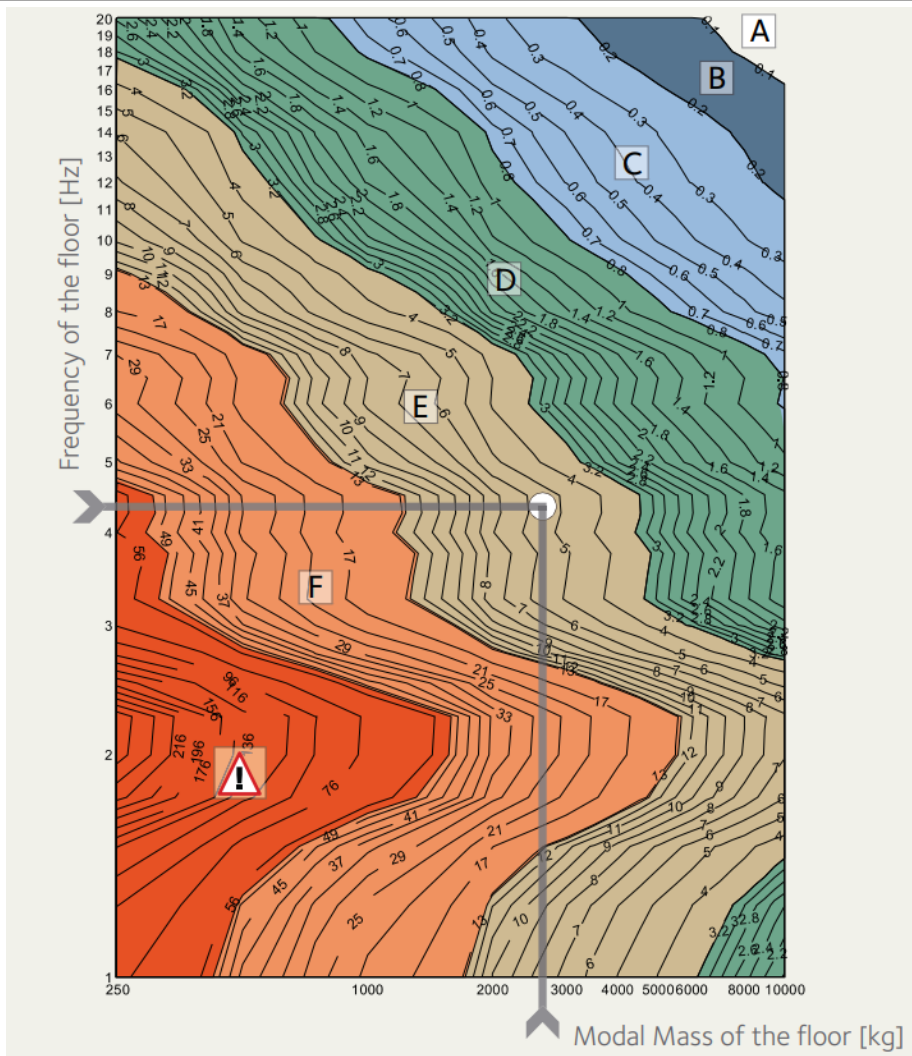


Figura 07.02.03-02. Aplicación de los diagramas de vibraciones. Fuente: ArcelorMittal.

07.03. COMPROBACIÓN ELU

07.03.01. METODOLOGÍA EMPLEADA

Todos los elementos de análisis de la estructura de la vivienda están modelizados con elementos finitos, ya que se trata de una estructura completamente realizada con hormigón armado, a excepción de la cimbra que se compone de elementos lineales metálicos, cuyo análisis se desarrolla de forma independiente. En los elementos finitos, como están formados por planos geométricos que hacen de eje del elemento al que solo se le asigna el espesor, la geometría tiene dos dimensiones, es decir, dos ejes contenidos en su plano, que habrá que tener en cuenta a la hora de comprobar cada elemento dependiendo de su orientación.

Para realizar las diferentes comprobaciones de Estados Límite Últimos, se calcula el modelo. Al estar comprobando el correcto funcionamiento y dimensionado de los elementos de hormigón armado de la vivienda, el análisis se realiza para el modelo de fase quinta. Para comprobar los diferentes esfuerzos en elementos finitos se sigue la ruta:

Display > Show Forces/Stresses > Shells...

Al tratarse de una estructura de hormigón armado, interesa visualizar la resultante de las fuerzas en lugar de las tensiones para el análisis de los diferentes elementos. Hay que tener en cuenta que el momento que SAP2000 nombra "M11" nos proporciona valores para obtener las armaduras paralelas al eje "1", ya que este momento está rotando alrededor del eje "2", y por lo tanto, los momentos "M22" servirán para obtener el armado paralelo al eje "2". Para aclarar de una manera más visual cual es la asignación de la nomenclatura que utiliza el programa se proporciona la siguiente figura.

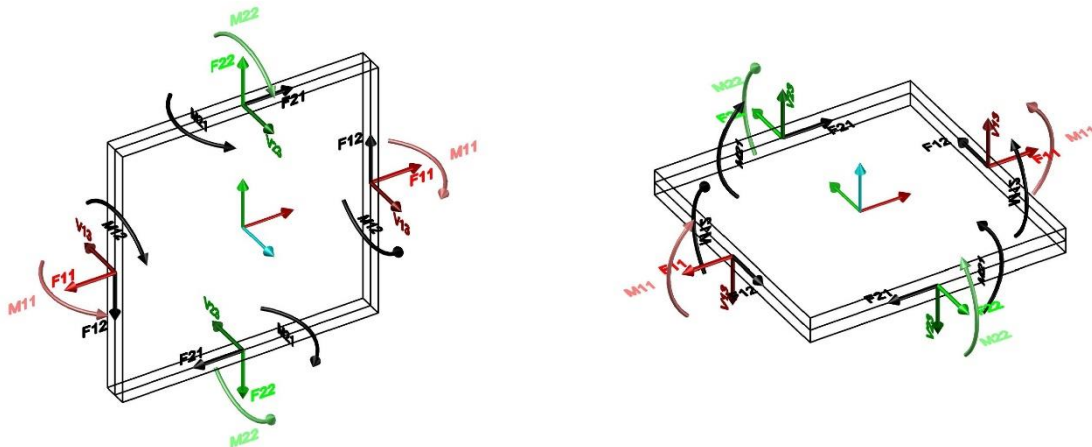


Figura 07.03.01-01. Ejes de elementos finitos y nomenclatura de esfuerzos en SAP2000. Fuente: David Gallardo.

Cuando se analizan los elementos finitos, por ejemplo, en una base de una de las pantallas en su punto de encuentro con las zapatas, no hay una tensión uniforme, sino variable. Los valores que proporciona SAP2000 son, en el caso de fuerzas, KN/m, es decir, que aunque con el cursor nos situemos sobre un punto del elemento finito para comprobar la fuerza, ese valor se corresponde a la fuerza que hay por metro de anchura. Si se varía la posición del cursor mínimamente, te proporciona un valor diferente, pero sigue siendo una unidad de fuerza por metro de ancho, por ello se hace uso de una herramienta para obtener valores representativos, usada anteriormente en ELS pero explicada a continuación.

El "Section Cut" es una herramienta que permite integrar los esfuerzos cuando estos son variables. Para ello se hace uso de la tabla Excel "SectionCut.xlsm" proporcionada por David

Gallardo, que permite hacer una sección de corte, seleccionando todos aquellos elementos finitos necesarios y los puntos de la arista sobre la que se quiere realizar el corte para obtener la integral de los esfuerzos que hay en dicha zona obteniendo como resultados una única fuerza, cortante y momento, es decir, la resultante de todo lo que ocurre en la sección de corte que queremos dimensionar. Para ello, ambas herramientas, Excel y SAP2000, han de estar abiertas. Como ejemplo, se va a realizar el “Section Cut” en la base de una de las pantallas, seleccionando los elementos finitos y los puntos por los que cortar.

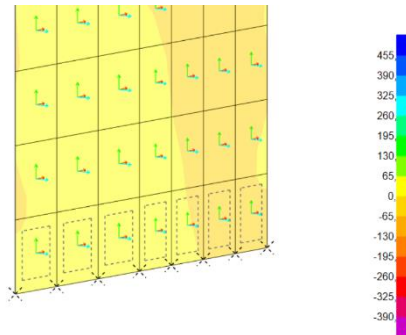


Figura 07.03.01-02. Selección de elementos para realizar el “Section Cut” en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Cuando estos están seleccionados, la tabla Excel proporciona datos de fuerzas globales y locales. Los datos globales, tanto de fuerzas como de momentos, lo que indican son los esfuerzos que debe realizar el resto de la estructura para equilibrar dicha sección de corte. En este ejemplo, como el corte es en el encuentro con las zapatas, lo que se obtienen son las reacciones de la pantalla. También se obtienen los valores locales que se producen en el corte, como se muestra en la siguiente figura.

SECTION CUT - DAVID GALLARDO . 2023			
scTMP			
	CDG		POR DEFECTO
X	6,450	RX	
Y	1,700	RY	
Z	1,000	RZ	
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUU		3,000	
Section Cut			
F1	-2,7	M1	-1.561,6
F2	-445,6	M2	-4,1
F3	2.740,4	M3	-8,0
F1/L	-0,9	M1/L	-520,5
F2/L	-148,5	M2/L	-1,4
F3/L	913,5	M3/L	-2,7
Esfuerzos de sección calculados			
Nc	-2.740,4	T	8,0
V2	2,7	M3	4,1
V3	445,6	M2	1.561,6
Nc/L	-913,5	T/L	2,7
V2/L	0,9	M3/L	1,4
V3/L	148,5	M2/L	520,5
Selección de esfuerzos <input type="text" value="N+,M3+,M2+"/> <input type="button" value="OK"/>			
FORZAR EJE 3 HORIZONTAL		<input type="button" value="SI"/>	
GENERAR TODOS LOS ELU		<input type="button" value="SI"/>	
COPIAR SECTION CUT TOTALES o /mi		<input type="button" value="TOTALES"/>	
<input type="button" value="Copiar Section Cut"/>		<input type="button" value="Copiar Section Cuts ELU"/>	

Figura 07.03.01-03. Tabla Excel “SectionCut.xlsx”. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Se obtienen los valores absolutos y por metro de ancho, ya que estos últimos son interesantes a la hora de dimensionar elementos de hormigón armado. Para ello se hace uso de las tablas Excel “*ES Muros y Vigas Pared.xlsm*” y “*ES Forjados.xlsm*” proporcionadas por David Gallardo.

La primera de ellas, determinados el tipo de hormigón, acero utilizado, espesor del elemento, recubrimiento neto y selección de armadura más exterior, se obtiene como consecuencia de los armados utilizados la capacidad resistente del elemento por metro. De este modo, se puede determinar en SAP2000 para cada tipo de esfuerzo su rango de validez con la armadura seleccionada (comprobar si resiste o no), y nos indica aquellos sitios donde es necesario modificar el elemento dándole mayor sección o cambiando el tipo de hormigón ante defectos de resistencia por axil o aumentando el armado con refuerzos o variando la armadura dispuesta ante tracciones superiores a las admisibles. En conclusión, esta tabla, dadas las características de la sección, nos dice lo máximo que resiste la sección a compresión y a tracción, tanto para F11 como para F22, es decir, para ambas direcciones de los ejes geométricos del elemento.

La segunda tabla, dependiendo del tipo de forjado, en nuestro caso losas macizas, una vez seleccionadas las mismas características comentadas en el otro caso, a excepción de la armadura más exterior, y determinada la armadura que se dispone en el elemento, se obtiene el momento último y cortante que resiste la sección con dicha armadura. Si el armado es igual en ambas caras, resiste el mismo valor en ambas caras de forma positiva y negativa respectivamente, y si además es la misma en ambas direcciones, se resiste lo mismo para M11 y M22 (para las dos direcciones principales). Del mismo modo que en el caso anterior, se visualizan en SAP2000 los rangos que ha determinado la tabla Excel y aquellos puntos que se observen que están fuera de los rangos necesitarán refuerzos en la cara inferior para asumir el momento positivo y en la cara superior para el momento negativo. Esta misma tabla, permite determinar el armado de refuerzo que se va a utilizar.

Ante deficiencias muy localizadas hay que tener en cuenta que en la mayoría de las ocasiones no es necesario seguir aumentando la armadura hasta absorber dicho esfuerzo, ya que lo que está sucediendo es un efecto puntual de una concentración provocada por un elemento como una pantalla que en la realidad no es así, ya que en la vida real todo es tridimensional y no puntual o lineal, entonces estos valores que genera SAP2000 no son intuitivos. Cuando se generan elementos finitos, si se modelizan con un mallado muy pequeño se obtiene una deformada más precisa, pero en cambio los esfuerzos negativos aumentan a medida que se hace más pequeña la discretización de los elementos finitos, algo que proporciona valores erróneos para el dimensionado. Para suplir este problema, se usa la herramienta “Section Cut” de los elementos más próximos a esa deficiencia puntual para obtener el promedio de esfuerzos, de manera que se evita el sobredimensionado debido a defectos de modelado, admitiendo como práctica correcta que el ancho del “Section Cut” sea como máximo cuatro veces el espesor del elemento.

Por todas estas cuestiones, dado que se dispone de herramientas diferentes dependiendo de si se está analizando un elemento horizontal como un forjado o elementos verticales como pantallas, muros o vigas pared, se realiza la comprobación de Estados Límite Últimos de manera diferente para ambos casos.

07.03.02. COMPROBACIÓN DE ELEMENTOS FINITOS VERTICALES

Para la comprobación de muros se hace uso de la tabla Excel “ES Muros y Vigas Pared.xlsm” en la cual hay que introducir para cada muro los siguientes parámetros:

- Resistencia característica del hormigón (f_{ck}): HA-35
- Límite elástico del acero (f_{yk}): 500 N/mm²
- Espesor del muro: Dependiente del muro analizado
- Recubrimiento neto: 4 cm
- Armado que ocupa la posición más exterior: Vertical/Horizontal dependiendo del muro.

Una vez establecidos, se selecciona para el armado horizontal y vertical respectivamente los diámetros y separaciones del armado base y de refuerzo en el caso de que dispongan. Con todo ello la tabla nos dice cuanto resiste el muro, no nos proporciona un momento como ocurre en el análisis de elementos horizontales, sino que nos indica el axil máximo de compresión (negativo; límite inferior) y tracción (positivo; límite superior), para cada una de las direcciones del armado.

Estos valores, se utilizan como límites para compararlos con los valores de esfuerzos que presenta la estructura en SAP2000. Para ello se solicitarán los esfuerzos en cada dirección a través de la ruta:

Display > Show Forces/Stresses > Shells...

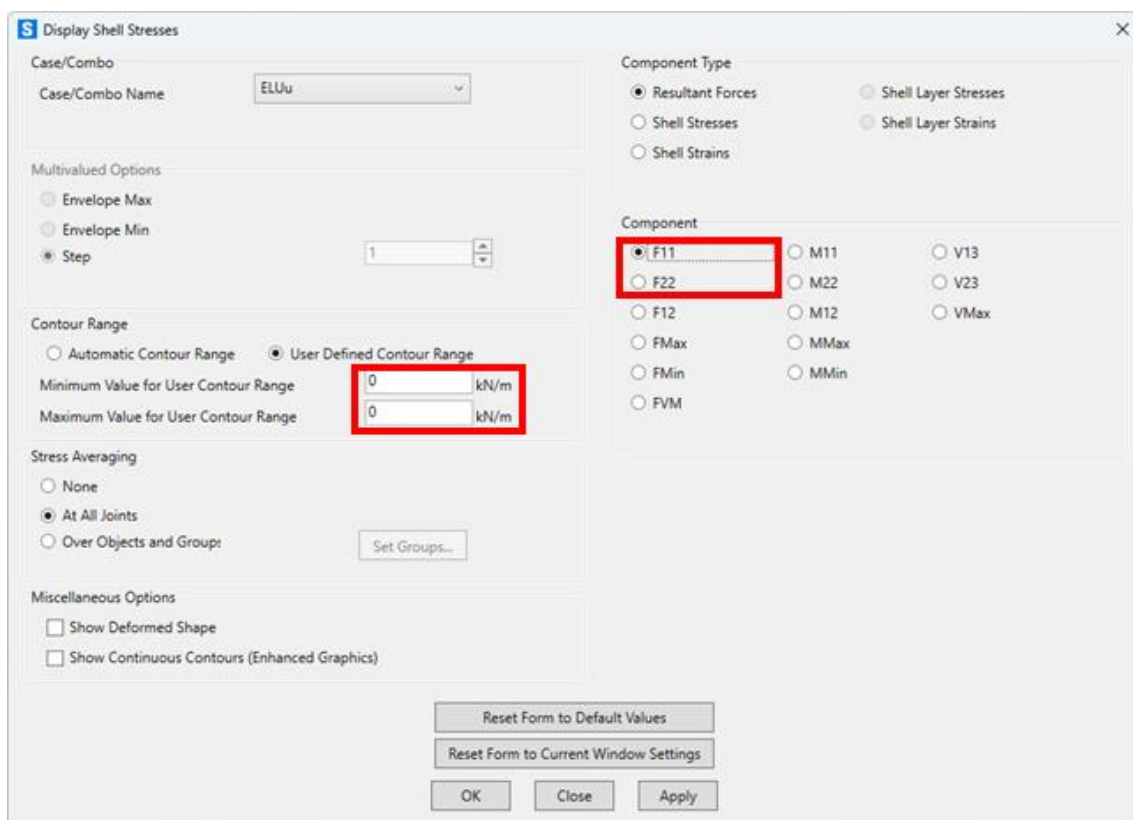


Figura 07.03.02-01. Ventana “Display Shell Stresses” en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Cuando los resultados obtenidos indiquen zonas en morado significará que no cumple a compresión por lo que necesitará más hormigón, en cambio, si la zona que está fuera de los límites es de color azul, necesita aumentar su capacidad a tracción utilizando mayor armadura. Este proceso se va a realizar a continuación para los diferentes muros que aparecen en la estructura.

Para aclarar que muro se va a tratar en cada apartado se ha elaborado la siguiente figura con la nomenclatura asignada a cada variante de muro/pantalla. No se analizan todos los muros de la vivienda, únicamente aquellos más representativos y menos convencionales.

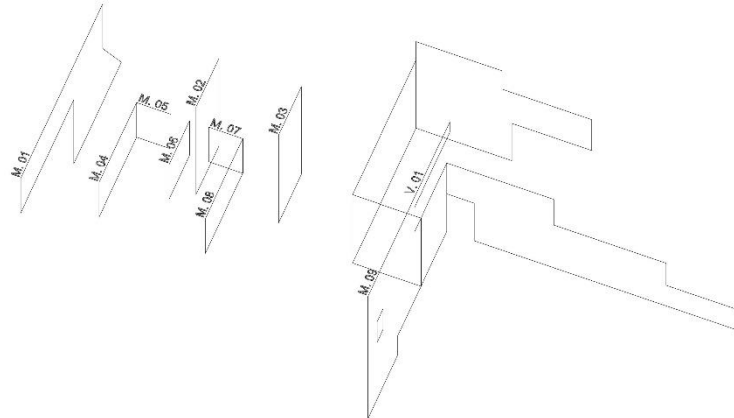


Figura 07.03.02-02. Nomenclatura de muros analizados. Fuente: elaboración propia.

07.03.02.01. MURO M.01

Para analizar el muro, hay que realizar una subdivisión de este en dos tramos; por una parte, el elemento trapezoidal y por otra el cuerpo rectangular que cierra lateralmente la vivienda. Se analiza en primer lugar el tramo inferior (parte trapezoidal).

Se introducen los datos en la tabla y se dispone el armado base que aparece en la documentación original del diseño de la estructura proporcionados por David Gallardo, en los cuales se ve que esta pantalla dispone siempre de un armado de Ø20c/20cm en la dirección vertical en ambas caras y un armado de Ø8c/20cm a modo de cercos en la dirección horizontal. Los valores de máxima compresión, máxima tracción y momento último a flexión transversal en ambas direcciones que se obtienen son los siguientes.

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE MUROS - ESTRUCTURAS SINGULARES UPV DAVID GALLARDO LLOPIS - 2022			
DATOS DE PARTIDA			
Materiales		Geometría	
Fck	35	N/mm2	
Gc	1,50		
Fcd	23,33	N/mm2	
Fyk	500	N/mm2	
Gc	1,15		
Fyd (tracciones)	434,78	N/mm2	
Fyd (compresiones)	400,00	N/mm2	
Espesor muro		30	cm
Recubrimiento Neto		4,0	cm
Armadura exterior		horizontal	
Recubrimiento armadura horizontal		4,40	cm
Recubrimiento armadura vertical		5,80	cm
ARMADO HORIZONTAL (simétrico en ambas caras)			
Armadura horizontal - fuerzas F11 [kN/m.a.]			
Diámetro de base horizontal	8	mm	
Distancia vertical entre barras	20	cm	
Diámetro de refuerzo horizontal		mm	
Distancia vertical entre barras refuerzo	20	cm	
Máxima compresión hormigón	5.950,00	kN/m.a.	
Máxima compresión acero	201,06	kN/m.a.	
Máxima compresión	-6.151	kN/m.a.	
Máxima tracción	219	kN/m.a.	
Armadura horizontal - Momentos M11 [kNm/m.a.]			
Cuantía flexión transversal (base 1 cara)	109,27	kN / m.a.	
Cuantía flexión transversal (refuerzo 1 cara)	109,27	kN / m.a.	
Momento último flexión transversal (base)	26	kNm/m.a.	
Momento último flexión transversal (refuerzo)	26	kNm/m.a.	
ARMADO VERTICAL (simétrico en ambas caras)			
Armadura vertical - fuerzas F22 [kN/m.a.]			
Diámetro de base vertical	20	mm	
Distancia horizontal entre barras	20	cm	
Diámetro de refuerzo vertical		mm	
Distancia horizontal entre barras refuerzo	20	cm	
Máxima compresión hormigón	5.950,00	kN/m.a.	
Máxima compresión acero	1.256,64	kN/m.a.	
Máxima compresión	-7.207	kN/m.a.	
Máxima tracción	1.366	kN/m.a.	
Armadura vertical - Momentos M22 [kNm/m.a.]			
Cuantía flexión transversal (base 1 cara)	682,95	kN / m.a.	
Cuantía flexión transversal (refuerzo 1 cara)	682,95	kN / m.a.	
Momento último flexión transversal (base)	139	kNm/m.a.	
Momento último flexión transversal (refuerzo)	139	kNm/m.a.	

Figura 07.03.02.01-01. Tabla Excel "ES Muros y Vigas Pared.xlsm" para muro M.01 tramo inferior. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Los valores límite que se introducen en SAP2000 para comprobar los diferentes esfuerzos son los siguientes, para obtener las diferentes figuras de esfuerzos que se muestran a continuación:

- Compresión máxima en F11: -6.151 kN/m.a.
- Tracción máxima en F11: 219 kN/m.a.
- Momento último flexión transversal en M11: 26 kNm/m.a.
- Compresión máxima en F22: -7.207 kN/m.a.
- Tracción máxima en F22: 1.366 kN/m.a.
- Momento último flexión transversal en M22: 139 kNm/m.a.

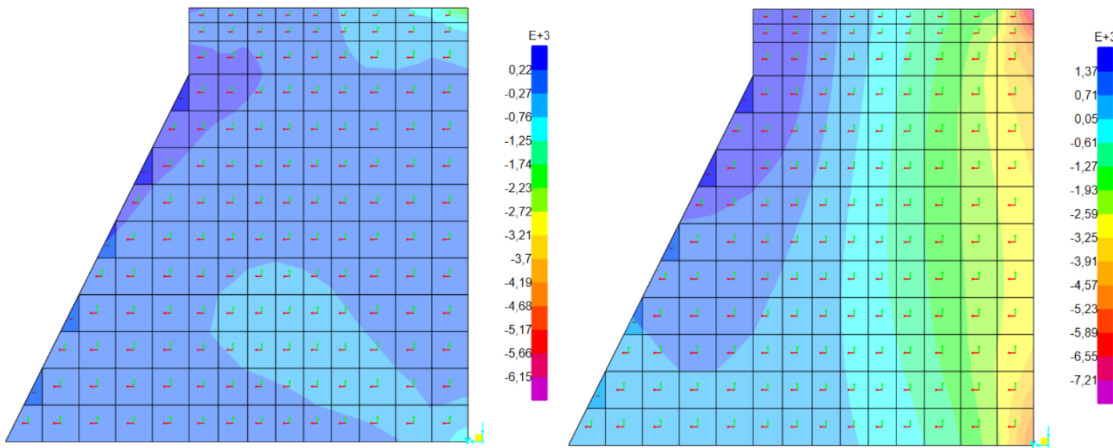


Figura 07.03.02.01-02. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 (izda.) y F22 (dcha.) en muro M.01 tramo inferior. Fuente: elaboración propia.

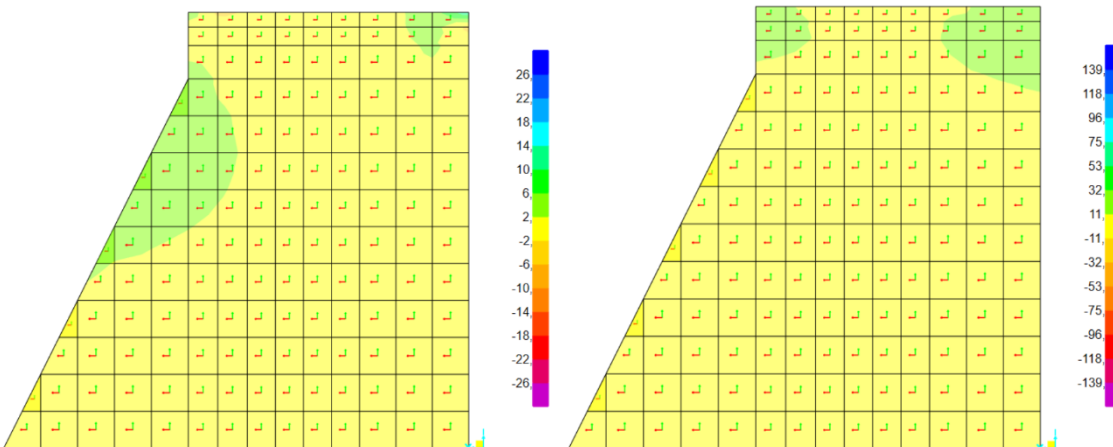


Figura 07.03.02.01-03. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.) en muro M.01 tramo inferior. Fuente: elaboración propia.

Podemos observar como todos los diagramas de momentos presentan valores entre los límites definidos, por lo que cumplen en su totalidad. Sin embargo, los diagramas de fuerzas F11 y F22, es decir, fuerzas en la dirección vertical y horizontal, muestran valores de tracción de hasta 2600 kN/m.a. en la zona más extrema del muro, ya que aquí se acumula el efecto que sufre del vuelco del voladizo. Como se trata de una zona con problemas de tracción, necesita aumentar su capacidad a tracción utilizando mayor armadura. Si observamos la disposición de armado original, vemos como se utilizan 8 barras de Ø20 en esta zona, consiguiendo así absorber la tracción.

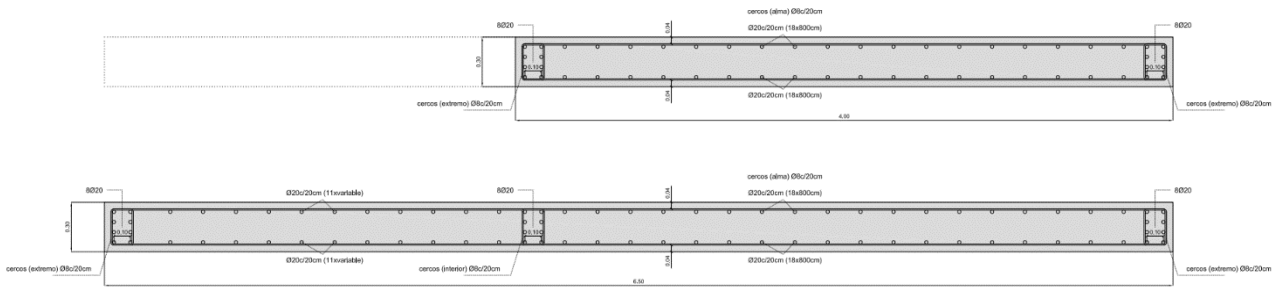


Figura 07.03.02.01-04. Sección de muro M.01 en tramo inferior con armado. Fuente: David Gallardo.

Dando entontes este tramo como válido en cuanto a resistencia, falta por comprobar el elemento más horizontal de este muro. Esta división se realiza debido a que, aunque el armado es el mismo, es decir Ø20c/20cm en la dirección longitudinal en ambas caras y un armado de Ø8c/20cm a modo de cercos en dirección transversal, debido a la forma de trabajar de esta parte de la estructura, el armado de Ø20 ahora pasa a colocarse en la dirección horizontal y el de Ø8 en vertical. Aplicando esta variación en la tabla, obtenemos los valores siguientes.

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE MUROS - ESTRUCTURAS SINGULARES UPV DAVID GALLARDO LLOPIS - 2022			
DATOS DE PARTIDA			
Materiales		Geometría	
Fck	35	N/mm2	
Gc	1,50		
Fcd	23,33	N/mm2	
Fyk	500	N/mm2	
Gc	1,15		
Fyd (tracciones)	434,78	N/mm2	
Fyd (compresiones)	400,00	N/mm2	
		Espesor muro	30 cm
		Recubrimiento Neto	4,0 cm
		Armadura exterior	vertical
		Recubrimiento armadura horizontal	5,80 cm
		Recubrimiento armadura vertical	4,40 cm
ARMADO HORIZONTAL (simétrico en ambas caras)		ARMADO VERTICAL (simétrico en ambas caras)	
Armadura horizontal - fuerzas F11 [kN/m.a.]		Armadura vertical - fuerzas F22 [kN/m.a.]	
Diámetro de base horizontal	20 mm	Diámetro de base vertical	8 mm
Distancia vertical entre barras	20 cm	Distancia horizontal entre barras	20 cm
Diámetro de refuerzo horizontal		Diámetro de refuerzo vertical	
Distancia vertical entre barras refuerzo	20 cm	Distancia horizontal entre barras refuerzo	20 cm
Máxima compresión hormigón	5.950,00 kN/m.a.	Máxima compresión hormigón	5.950,00 kN/m.a.
Máxima compresión acero	1.256,64 kN/m.a.	Máxima compresión acero	201,06 kN/m.a.
Máxima compresión	-7.207 kN/m.a.	Máxima compresión	-6.151 kN/m.a.
Máxima tracción	1.366 kN/m.a.	Máxima tracción	219 kN/m.a.
Armadura horizontal - Momentos M11 [kNm/m.a.]		Armadura vertical - Momentos M22 [kNm/m.a.]	
Cuantía flexión transversal (base 1 cara)	682,95 kN / m.a.	Cuantía flexión transversal (base 1 cara)	109,27 kN / m.a.
Cuantía flexión transversal (refuerzo 1 cara)	682,95 kN / m.a.	Cuantía flexión transversal (refuerzo 1 cara)	109,27 kN / m.a.
Momento último flexión transversal (base)	139 kNm/m.a.	Momento último flexión transversal (base)	26 kNm/m.a.
Momento último flexión transversal (refuerzo)	139 kNm/m.a.	Momento último flexión transversal (refuerzo)	26 kNm/m.a.

Figura 07.03.02.01-05. Tabla Excel "ES Muros y Vigas Pared.xlsm" para muro M.01 tramo superior. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Los valores límite que se introducen en SAP2000 para comprobar los diferentes esfuerzos son los siguientes, para obtener las diferentes figuras de esfuerzos que se muestran a continuación:

- Compresión máxima en F11: -7.207 kN/m.a.
- Tracción máxima en F11: 1.366 kN/m.a.
- Momento último flexión transversal en M11: 139 kNm/m.a.
- Compresión máxima en F22: -6.151 kN/m.a.
- Tracción máxima en F22: 219 kN/m.a.
- Momento último flexión transversal en M22: 26 kNm/m.a.

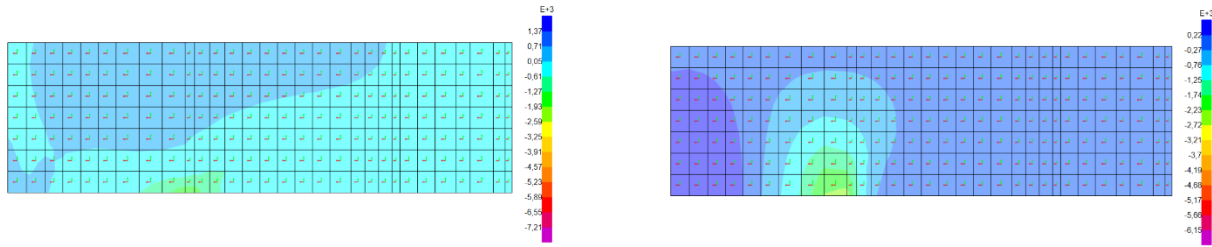


Figura 07.03.02.01-06. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 (izda.) y F22 (dcha.) en muro M.01 tramo superior. Fuente: elaboración propia.

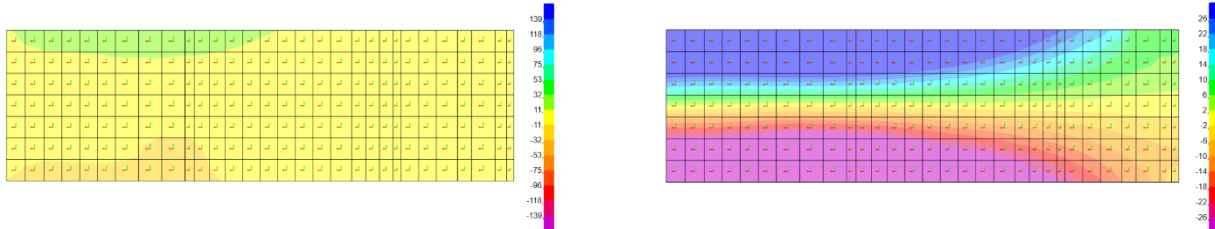


Figura 07.03.02.01-07. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.) en muro M.01 tramo superior. Fuente: elaboración propia.

Se observa claramente como la sección, con el armado base dispuesto, no cumple en una pequeña zona a tracción en F22, aunque la mayor parte del muro trabaja correctamente a tracción, y además tampoco cumple a flexión transversal en M22. Hay que tener en cuenta que este elemento trabaja realmente como una viga pared, que soporta gran parte de las cargas de la parte volada. En el proyecto original, esta pieza presenta varios refuerzos: en la parte inferior del muro se colocan 8Ø20, en la coronación 12Ø20 y en diagonal se colocan 6 grupos de barras dobladas de 2Ø20. Dada la complejidad que supone representar fielmente este armado para un análisis exacto, observando la gran cantidad de armado que se coloca podemos considerar que esta parte del muro cumple también a ELU.

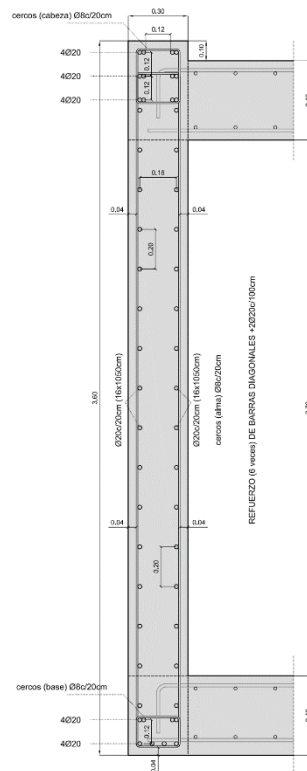


Figura 07.03.02.01-08. Sección de muro M.01 en tramo superior con armado. Fuente: David Gallardo.

07.03.02.02. MUROS M.02 Y M.03

En estos muros, la armadura que se dispuso en el proyecto fue de Ø16c/20cm en dirección vertical y en ambas caras, con un armado horizontal de Ø8c/20cm. A partir de la tabla Excel, obtenemos los datos necesarios para su análisis.

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE MUROS - ESTRUCTURAS SINGULARES UPV DAVID GALLARDO LLOPIS - 2022					
DATOS DE PARTIDA					
Materiales		Geometría			
Fck	35	N/mm2	Espesor muro	20	cm
Gc	1,50		Recubrimiento Neto	4,0	cm
Fcd	23,33	N/mm2	Armadura exterior	horizontal	
Fyk	500	N/mm2	Recubrimiento armadura horizontal	4,40	cm
Gc	1,15		Recubrimiento armadura vertical	5,60	cm
Fyd (tracciones)	434,78	N/mm2			
Fyd (compresiones)	400,00	N/mm2			
ARMADO HORIZONTAL (simétrico en ambas caras)					
Armadura horizontal - fuerzas F11 [kN/m.a.]					
Diámetro de base horizontal	8	mm			
Distancia vertical entre barras	20	cm			
Diámetro de refuerzo horizontal		mm			
Distancia vertical entre barras refuerzo	20	cm			
Máxima compresión hormigón	3.966,67	kN/m.a.			
Máxima compresión acero	201,06	kN/m.a.			
Máxima compresión	-4.168	kN/m.a.			
Máxima tracción	219	kN/m.a.			
Armadura horizontal - Momentos M11 [kNm/m.a.]					
Cuantía flexión transversal (base 1 cara)	109,27	kN / m.a.			
Cuantía flexión transversal (refuerzo 1 cara)	109,27	kN / m.a.			
Momento último flexión transversal (base)	16	kNm/m.a.			
Momento último flexión transversal (refuerzo)	16	kNm/m.a.			
ARMADO VERTICAL (simétrico en ambas caras)					
Armadura vertical - fuerzas F22 [kN/m.a.]					
Diámetro de base vertical	16	mm			
Distancia horizontal entre barras	20	cm			
Diámetro de refuerzo vertical		mm			
Distancia horizontal entre barras refuerzo	20	cm			
Máxima compresión hormigón	3.966,67	kN/m.a.			
Máxima compresión acero	804,25	kN/m.a.			
Máxima compresión	-4.771	kN/m.a.			
Máxima tracción	874	kN/m.a.			
Armadura vertical - Momentos M22 [kNm/m.a.]					
Cuantía flexión transversal (base 1 cara)	437,09	kN / m.a.			
Cuantía flexión transversal (refuerzo 1 cara)	437,09	kN / m.a.			
Momento último flexión transversal (base)	51	kNm/m.a.			
Momento último flexión transversal (refuerzo)	51	kNm/m.a.			

Figura 07.03.02.02-01. Tabla Excel "ES Muros y Vigas Pared.xlsm" para muro M.02. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Los valores límite que se introducen en SAP2000 para comprobar los diferentes esfuerzos son los siguientes. Se analizará primero el muro M.02, con las figuras mostradas a continuación.

- Compresión máxima en F11: -4.168 kN/m.a.
- Tracción máxima en F11: 219 kN/m.a.
- Momento último flexión transversal en M11: 16 kNm/m.a.
- Compresión máxima en F22: -4.771 kN/m.a.
- Tracción máxima en F22: 874 kN/m.a.
- Momento último flexión transversal en M22: 51 kNm/m.a.

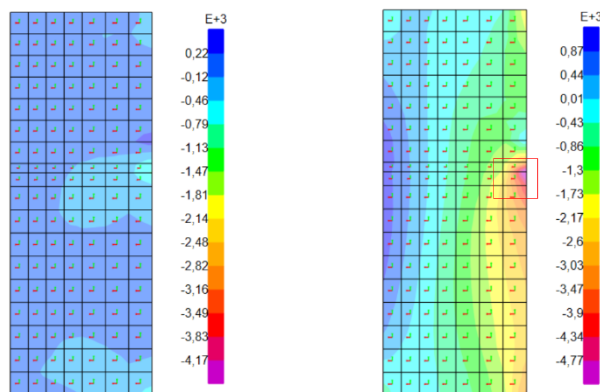


Figura 07.03.02.02-02. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 (izda.) y F22 (dcha.) en muro M.02. Fuente: elaboración propia.

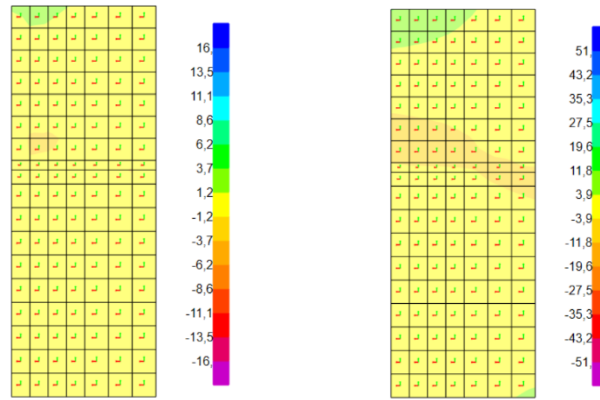


Figura 07.03.02.02-03. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.) en muro M.02. Fuente: elaboración propia.

El único diagrama que presenta valores fuera de los límites es el de fuerzas F22, es decir, fuerzas en la dirección vertical, mostrando valores de tracción de hasta 1100 kN/m.a. en la zona más extrema del muro. En la dirección F11, prácticamente todo el muro trabaja a tracción, pero los valores están dentro de los máximos. Al igual que en el tramo inferior del muro M.01, aquí se acumula el efecto que sufre del vuelco del voladizo en la parte posterior, obteniendo ese valor fuera de límites en F22. Para solventarlo se aumenta su capacidad a tracción utilizando mayor armadura en el proyecto, en este caso, se usan 4 barras de Ø20 en esta zona, consiguiendo así absorber la tracción.

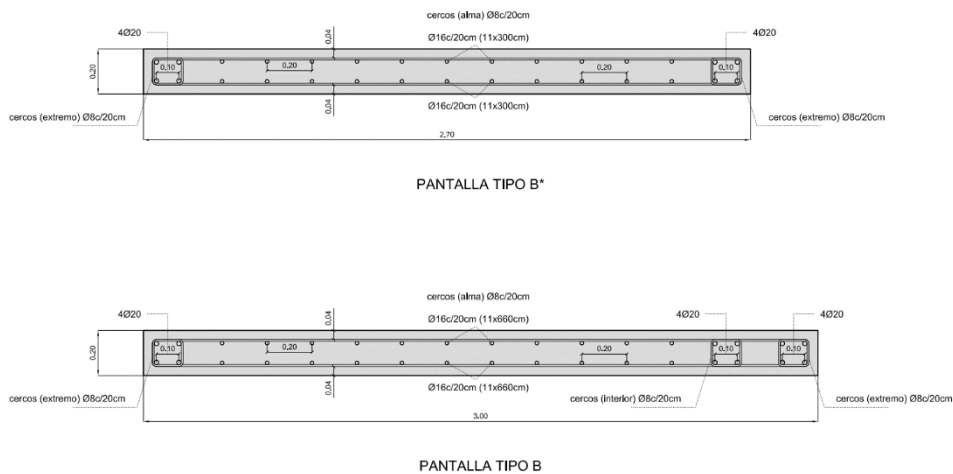


Figura 07.03.02.02-04. Sección de muro M.02 y M.03 con armado, en tramo superior e inferior. Fuente: David Gallardo.

Sin embargo, aparece también una zona demasiado comprimida, cuyo valor probablemente se debe a un error puntual debido a la modelización, por ello se procede a realizar un “Section Cut”, para conocer los esfuerzos de una manera más fiable.

Nc/L	-3.523,4	T/L	0,2
V2/L	3,9	M3/L	5,6
V3/L	612,3	M2/L	201,0

Figura 07.03.02.02-05. Section Cut de punto comprimido en muro M.02. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Observando el valor de Nc/L, podemos dar por válida la sección a resistencia, ya que este punto también cumple al ser -3.523 kN/m.a. inferior en valor absoluto al límite de -4.771 kN/m.a.

Los valores del muro M.03 son los siguientes, diferentes a los obtenidos en el muro M.02 ya que, aunque dispongan de la misma armadura y geometría, se encuentran en posiciones diferentes con acciones particulares.

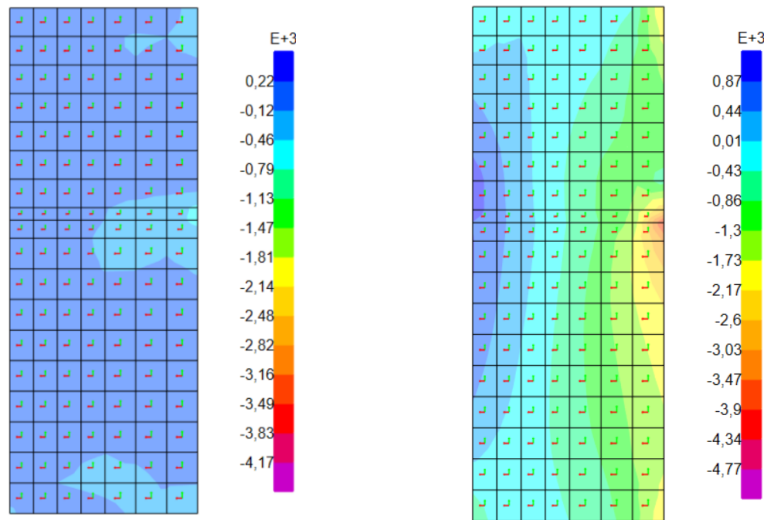


Figura 07.03.02.02-06. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 (izda.) y F22 (dcha.) en muro M.03. Fuente: elaboración propia.

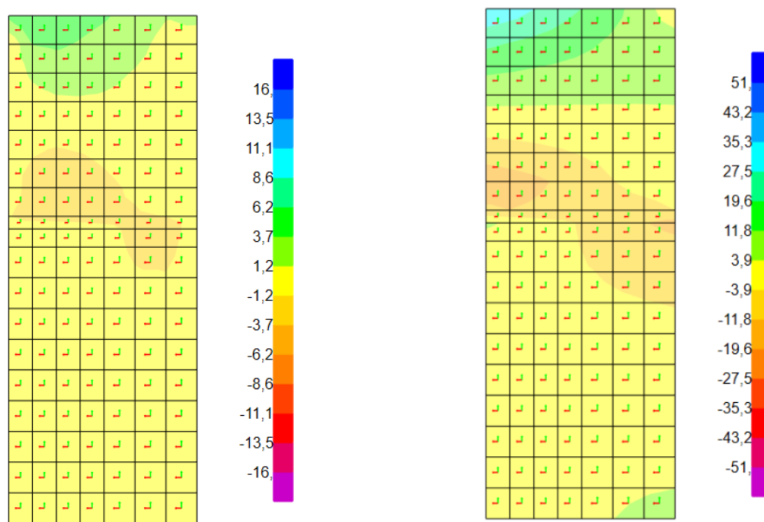


Figura 07.03.02.02-07. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.) en muro M.03. Fuente: elaboración propia.

Las conclusiones que podemos obtener son las mismas que en el muro M.02, ya que al disponer el refuerzo en el extremo de la pantalla se está absorbiendo la tensión existente que sobrepasa el valor límite en el diagrama. En este caso no aparece la zona comprimida que observábamos en el muro M.02 en F22. En F11 se puede observar como el muro trabaja a tracción, ya que está soportando el efecto que transmite la parte volada. Para analizar con mayor detalle este muro, dado su interés y representatividad, se procede a realizar un análisis siguiendo el segundo método en el apartado 07.03.02.06.

07.03.02.03. MUROS M.04, M.05, M.06, M.07 Y M.08

En estos muros, los cuales tienen su posición condicionada por la distribución interior de la vivienda, funcionan en el conjunto estructural como costillas, haciendo posible gracias a ellos el correcto funcionamiento de la estructura. La armadura que disponen es la misma para todos ellos, Ø12c/20cm en dirección vertical y en ambas caras y Ø8c/20cm en dirección horizontal a modo de cercos, además de refuerzos en todas las esquinas, tanto en finales de tramos de muro como en intersecciones con otros iguales, usando en estos puntos 4 armaduras de Ø16. En primer lugar, vamos a obtener la resistencia que genera el armado base, para ver si estos refuerzos son necesarios o no.

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE MUROS - ESTRUCTURAS SINGULARES UPV DAVID GALLARDO LLOPIS - 2022			
DATOS DE PARTIDA			
Materiales		Geometría	
Fck	35	N/mm ²	
Gc	1,50		
Fcd	23,33	N/mm ²	
Fyk	500	N/mm ²	
Gc	1,15		
Fyd (tracciones)	434,78	N/mm ²	
Fyd (compresiones)	400,00	N/mm ²	
	Esesor muro	20	cm
	Recubrimiento Neto	4,0	cm
	Armadura exterior	horizontal	
	Recubrimiento armadura horizontal	4,40	cm
	Recubrimiento armadura vertical	5,40	cm

ARMADO HORIZONTAL (simétrico en ambas caras)			
Armadura horizontal - fuerzas F11 [kN/m.a.]			
Diámetro de base horizontal	8	mm	
Distancia vertical entre barras	20	cm	
Diámetro de refuerzo horizontal		mm	
Distancia vertical entre barras refuerzo	20	cm	
Máxima compresión hormigón	3.966,67	kN/m.a.	
Máxima compresión acero	201,06	kN/m.a.	
Máxima compresión	-4.168	kN/m.a.	
Máxima tracción	219	kN/m.a.	
Armadura horizontal - Momentos M11 [kNm/m.a.]			
Cuantía flexión transversal (base 1 cara)	109,27	kN / m.a.	
Cuantía flexión transversal (refuerzo 1 cara)	109,27	kN / m.a.	
Momento último flexión transversal (base)	16	kNm/m.a.	
Momento último flexión transversal (refuerzo)	16	kNm/m.a.	

ARMADO VERTICAL (simétrico en ambas caras)			
Armadura vertical - fuerzas F22 [kN/m.a.]			
Diámetro de base vertical	12	mm	
Distancia horizontal entre barras	20	cm	
Diámetro de refuerzo vertical		mm	
Distancia horizontal entre barras refuerzo	20	cm	
Máxima compresión hormigón	3.966,67	kN/m.a.	
Máxima compresión acero	452,39	kN/m.a.	
Máxima compresión	-4.419	kN/m.a.	
Máxima tracción	492	kN/m.a.	
Armadura vertical - Momentos M22 [kNm/m.a.]			
Cuantía flexión transversal (base 1 cara)	245,86	kN / m.a.	
Cuantía flexión transversal (refuerzo 1 cara)	245,86	kN / m.a.	
Momento último flexión transversal (base)	31	kNm/m.a.	
Momento último flexión transversal (refuerzo)	31	kNm/m.a.	

Figura 07.03.02.03-01. Tabla Excel "ES Muros y Vigas Pared.xlsm" para muro M.04-M.08. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Los valores límite que se introducen en SAP2000 para comprobar los diferentes esfuerzos son los siguientes, a partir de los cuales se obtienen las figuras de esfuerzos en cada dirección y para cada muro.

- Compresión máxima en F11: -4.168 kN/m.a.
- Tracción máxima en F11: 219 kN/m.a.
- Momento último flexión transversal en M11: 16 kNm/m.a.
- Compresión máxima en F22: -4.419 kN/m.a.
- Tracción máxima en F22: 492 kN/m.a.
- Momento último flexión transversal en M22: 31 kNm/m.a.

Se muestran a continuación los diagramas de cada uno de los muros definidos previamente, observando que el comportamiento en ellos es muy similar.

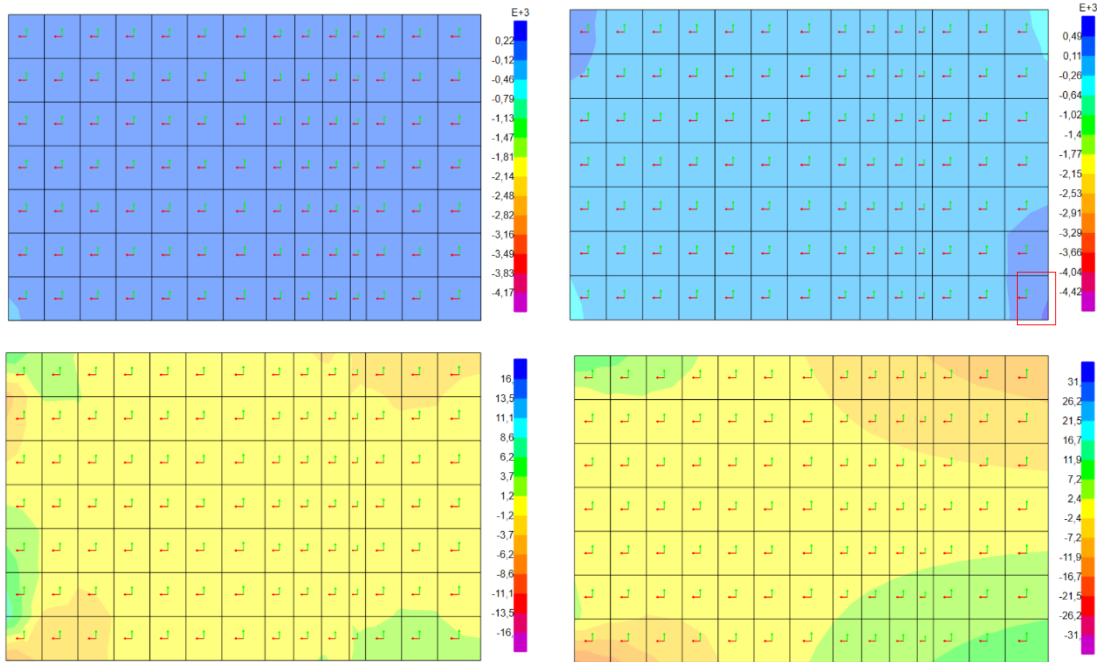


Figura 07.03.02.03-02. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 y F22 (sup.) y momentos M11 y M22 (inf.) en muro M.04. Fuente: elaboración propia.

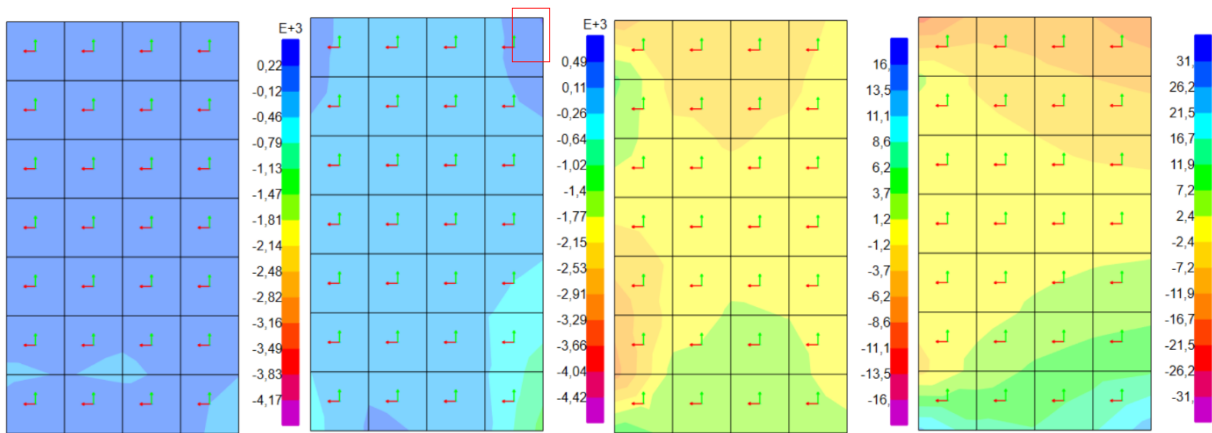


Figura 07.03.02.03-03. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 y F22 y momentos M11 y M22 (de izda. a dcha.) en muro M.05. Fuente: elaboración propia.

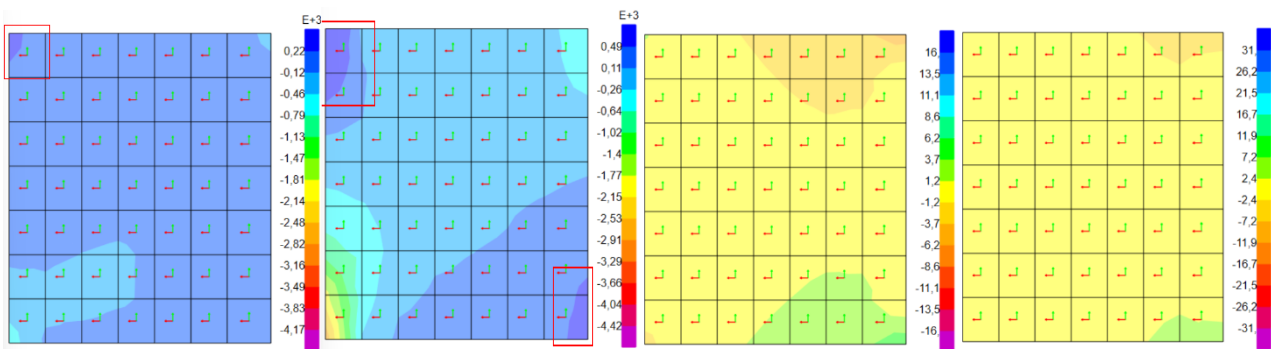


Figura 07.03.02.03-04. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 y F22 y momentos M11 y M22 (de izda. a dcha.) en muro M.06. Fuente: elaboración propia.

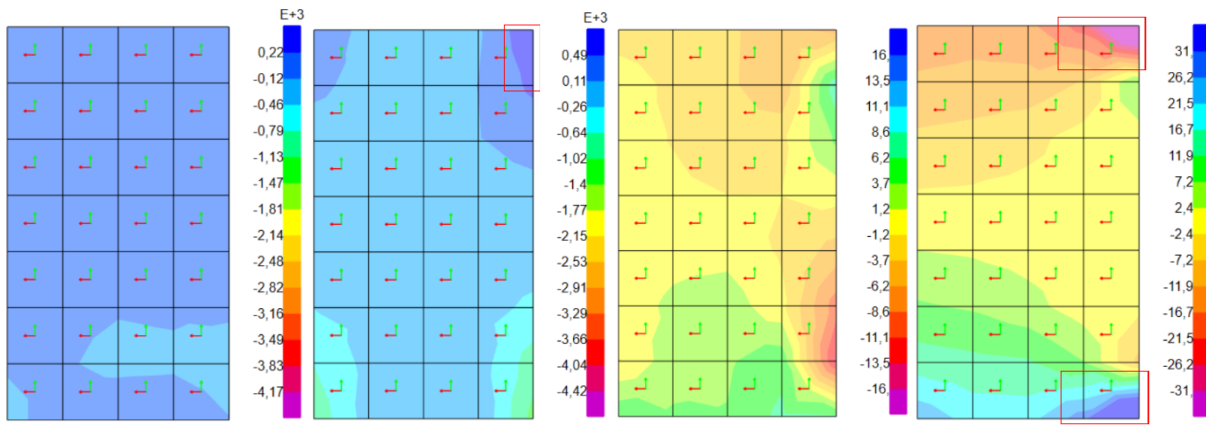


Figura 07.03.02.03-05. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 y F22 y momentos M11 y M22 (de izda. a dcha.) en muro M.07. Fuente: elaboración propia.

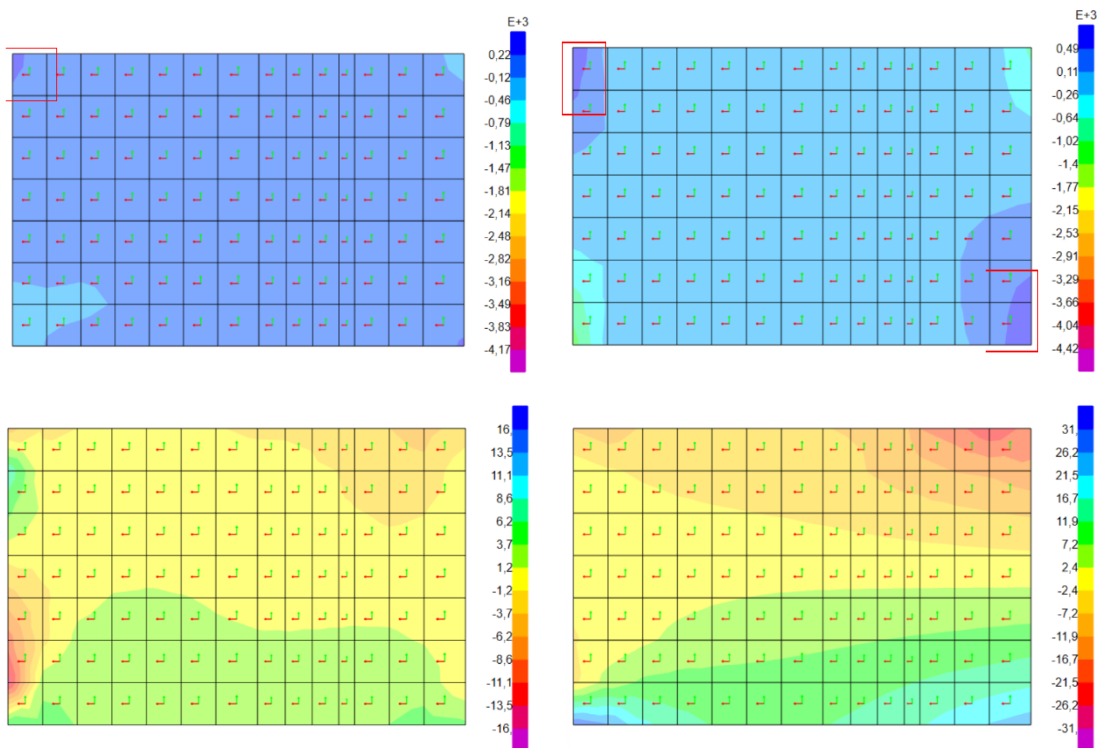


Figura 07.03.02.03-06. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 y F22 (sup.) y momentos M11 y M22 (inf.) en muro M.08. Fuente: elaboración propia.

Se observa que la forma de trabajar en estos muros es muy similar si se compara entre ellos los diagramas equivalentes, sufriendo tracciones y valores de momentos muy similares. Algunos de estos diagramas presentan zonas puntuales de fuera de los límites, localizándose siempre en las zonas extremas de los muros, donde hay refuerzos en el armado real. Se han indicado en los diagramas con rectángulos de color rojo dichas zonas.

Estas zonas han sido analizadas mediante la herramienta “Section Cut”, para comprobar si están dentro de los límites o la armadura colocada como refuerzo es necesaria realmente:

- Muro M.04 (F22): Valor “Section Cut” 312 kN/m.a. < 492 kN/m.a.; CUMPLE
- Muro M.05 (F22): Valor “Section Cut” 236 kN/m.a. < 492 kN/m.a.; CUMPLE
- Muro M.06 (F11): Valor “Section Cut” 135 kN/m.a. < 219 kN/m.a.; CUMPLE
- Muro M.06 (F22): Valor “Section Cut” 363 kN/m.a. < 492 kN/m.a.; CUMPLE
- Muro M.06 (F22): Valor “Section Cut” 334 kN/m.a. < 492 kN/m.a.; CUMPLE
- Muro M.07 (F22): Valor “Section Cut” 449 kN/m.a. < 492 kN/m.a.; CUMPLE
- Muro M.07 (M22): Valor “Section Cut” -29.2 kN/m.a. > -31 kN/m.a.; CUMPLE
- Muro M.07 (M22): Valor “Section Cut” 30.1 kN/m.a. < 31 kN/m.a.; CUMPLE
- Muro M.08 (F11): Valor “Section Cut” 178 kN/m.a. < 219 kN/m.a.; CUMPLE
- Muro M.08 (F22): Valor “Section Cut” 426 kN/m.a. < 492 kN/m.a.; CUMPLE
- Muro M.08 (F22): Valor “Section Cut” 386 kN/m.a. < 492 kN/m.a.; CUMPLE

Esto indica que el armado base colocado es suficiente para absorber los diferentes esfuerzos que aparecen en cada muro, aunque no por ello no se tengan que considerar como necesarios estos refuerzos por otras razones. El armado que se colocó en los diferentes muros, el cual ha sido objeto de este análisis, es el que se muestra en la siguiente figura. Posteriormente, se realizará un análisis más detallado del muro M.06 en el apartado 07.03.02.07 como muro representativo de este tipo de sección, para comprobar la armadura dispuesta y la influencia de los refuerzos.

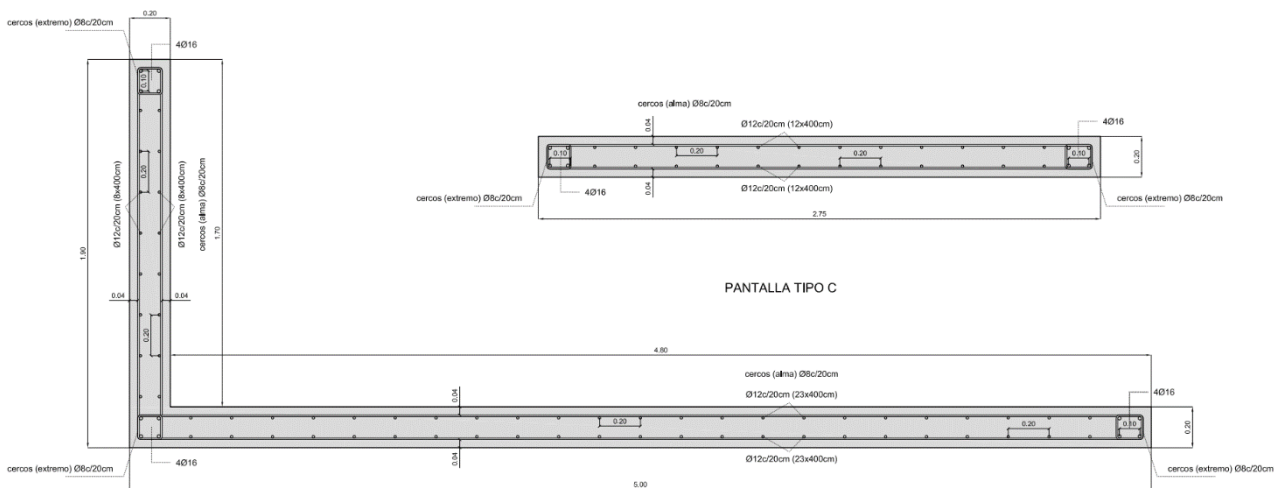


Figura 07.03.02.03-06. Sección de muros M.04-M.08 con armado. Fuente: David Gallardo.

07.03.02.04. MURO M.03

En este muro, se coloca una armadura de Ø16c/20cm en dirección vertical y en ambas caras, con un armado horizontal de Ø12c/20cm. A partir de la tabla Excel, obtenemos los datos necesarios para su análisis.

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE MUROS - ESTRUCTURAS SINGULARES UPV DAVID GALLARDO LLOPIS - 2022					
DATOS DE PARTIDA					
Materiales		Geometría			
Fck	35	N/mm2	Espesor muro	30	cm
Gc	1,50		Recubrimiento Neto	4,0	cm
Fcd	23,33	N/mm2	Armadura exterior	vertical	
Fyk	500	N/mm2	Recubrimiento armadura horizontal	6,20	cm
Gc	1,15		Recubrimiento armadura vertical	4,80	cm
Fyd (tracciones)	434,78	N/mm2			
Fyd (compresiones)	400,00	N/mm2			
ARMADO HORIZONTAL [simétrico en ambas caras]					
Armadura horizontal - fuerzas F11 [kN/m.a.]					
Diámetro de base horizontal	12	mm	Diámetro de base vertical	16	mm
Distancia vertical entre barras	20	cm	Distancia horizontal entre barras	20	cm
Diámetro de refuerzo horizontal		mm	Diámetro de refuerzo vertical		mm
Distancia vertical entre barras refuerzo	20	cm	Distancia horizontal entre barras refuerzo	20	cm
Máxima compresión hormigón	5.950,00	kN/m.a.	Máxima compresión hormigón	5.950,00	kN/m.a.
Máxima compresión acero	452,39	kN/m.a.	Máxima compresión acero	804,25	kN/m.a.
Máxima compresión	-6.402	kN/m.a.	Máxima compresión	-6.754	kN/m.a.
Máxima tracción	492	kN/m.a.	Máxima tracción	874	kN/m.a.
Armadura horizontal - Momentos M11 [kNm/m.a.]					
Cuantía flexión transversal (base 1 cara)	245,86	kN / m.a.	Cuantía flexión transversal (base 1 cara)	437,09	kN / m.a.
Cuantía flexión transversal (refuerzo 1 cara)	245,86	kN / m.a.	Cuantía flexión transversal (refuerzo 1 cara)	437,09	kN / m.a.
Momento último flexión transversal (base)	53	kNm/m.a.	Momento último flexión transversal (base)	98	kNm/m.a.
Momento último flexión transversal (refuerzo)	53	kNm/m.a.	Momento último flexión transversal (refuerzo)	98	kNm/m.a.
ARMADO VERTICAL [simétrico en ambas caras]					
Armadura vertical - fuerzas F22 [kN/m.a.]					
Armadura vertical - Momentos M22 [kNm/m.a.]					

Figura 07.03.02.04-01. Tabla Excel "ES Muros y Vigas Pared.xlsm" para muro M.09. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Los valores límite que se introducen en SAP2000 para comprobar los diferentes esfuerzos son los siguientes.

- Compresión máxima en F11: -6.402 kN/m.a.
- Tracción máxima en F11: 492 kN/m.a.
- Momento último flexión transversal en M11: 53 kNm/m.a.
- Compresión máxima en F22: -6.754 kN/m.a.
- Tracción máxima en F22: 874 kN/m.a.
- Momento último flexión transversal en M22: 98 kNm/m.a.

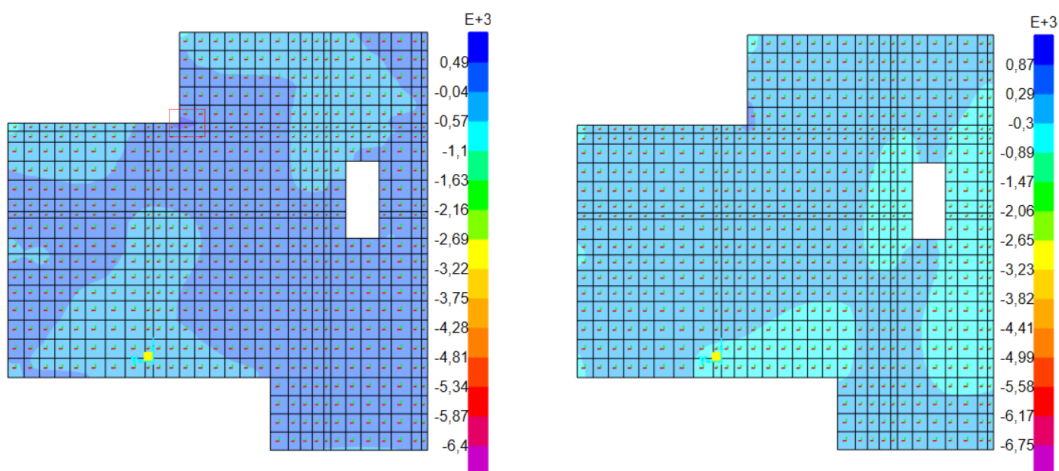


Figura 07.03.02.04-02. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 (izda.) y F22 (dcha.) en muro M.09. Fuente: elaboración propia.

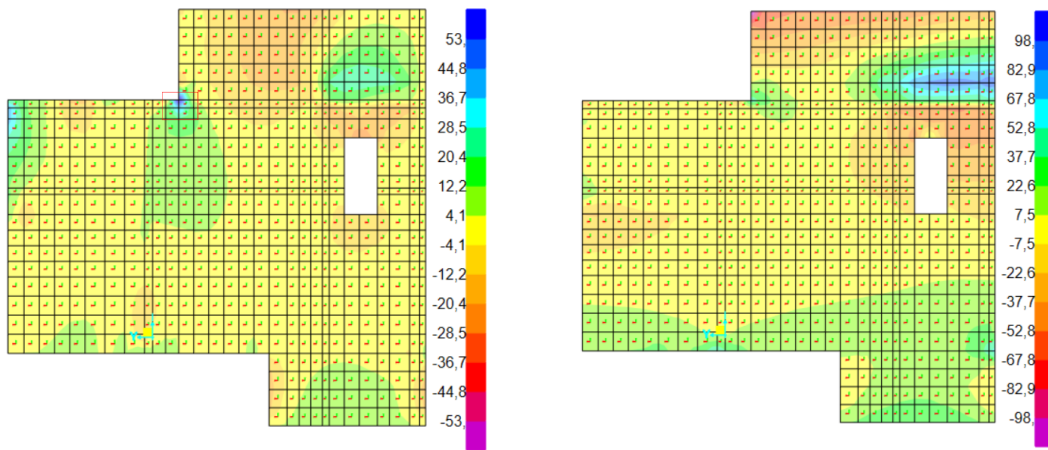


Figura 07.03.02.04-03. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.) en muro M.09. Fuente: elaboración propia.

Podemos apreciar diferentes zonas en los diagramas que superan los límites admisibles, pero todas ellas están localizadas en zonas muy puntuales, por lo que probablemente se deban a la geometría del modelo, por ello, se procede a analizar con la herramienta “Section Cut” cada uno de ellos. En el caso del diagrama de fuerzas F11 aparece una zona traccionada que supera el límite de 492 kN/m.a. pero al realizar la comprobación obtenemos un valor de 389.8 kN/m.a. por lo que el resultado es correcto y cumple a tracción ese punto.

Nt/L	389,8	T/L	16,7
V2/L	132,5	M3/L	30,2
V3/L	61,2	M2/L	30,3

Figura 07.03.02.04-04. Section Cut de punto traccionado en F11 en muro M.09. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

El mismo punto presenta el mismo problema en momentos en la dirección de M11, pero como indica el valor del “Section Cut” en su valor de momento, su valor es de poco más de 30 kNm/m.a., mucho menos que los 53 kNm/m.a. que tiene de límite y que los 69 kNm/m.a. que llegaba a indicar el diagrama en esta zona, por lo que el resultado es correcto.

El diagrama M22 presenta una zona al límite en momentos positivos, pero con valores menores a los límites, además de una pequeña zona puntual en el extremo superior que sobrepasa el valor límite negativo, pero muy localizada y tras analizarla con la misma herramienta obtenemos 70 kNm/m.a., valor menor que el límite de 98 kNm/m.a. En conclusión, se admite como válido el armado dispuesto en la estructura, mostrado en la siguiente figura.

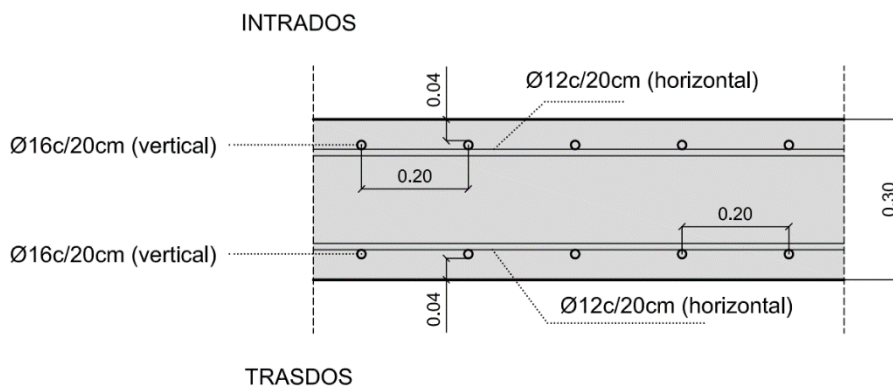


Figura 07.03.02.04-05. Sección de muro M.09 con armado. Fuente: David Gallardo.

07.03.02.05. VIGA V.01

Dada la particularidad que presenta el armado de este elemento, aunque se trata de un elemento vertical, no permite ser analizada mediante la tabla Excel empleada, pues no presenta un armado en forma de mallado a ambas caras, sino el armado propio de una viga. Por ello, para su análisis se hace uso de la tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" proporcionada por David Gallardo.

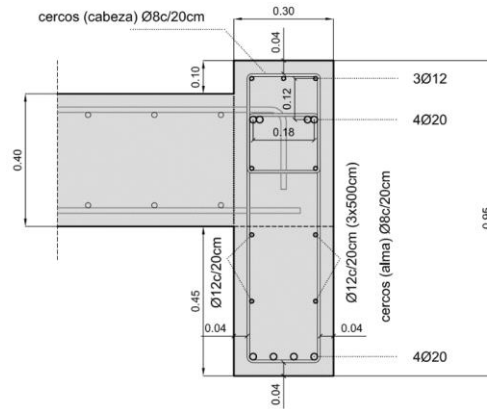


Figura 07.03.02.05-01. Tabla Excel "ES Muros y Vigas Pared.xlsm" para viga V.01. Fuente: David Gallardo.

Esta tabla, tiene en cuenta el cambio de capacidad que se produce cuando coexisten axiles y momentos, sin embargo, la otra tabla no lo tenía en cuenta. Ello significa que los análisis realizados hasta el momento están del lado de la seguridad, pero para realizar una comprobación más precisa también se podría recurrir a esta tabla.

En ella, asignamos las dimensiones de la viga y el armado que se muestra en la figura anterior para tener representada la sección real del elemento, colocando tanto el armado como longitudinal como los estribos.

esELU * - ESTRUCTURAS SINGULARES (DAVID GALLARDO - 2023)				SECCIÓN DE HORMIGÓN		ESQUEMA DE ARMADO																																																																														
PROYECTO CASA DEL ACANTILADO FECHA 2023/2024 AUTOR JAVIER ESCRIBÁ COSTA ELEMENTO VIGA V-09				TIPO DE SECCIÓN TIPO DE SECCIÓN RECTANGULAR CANTO 950 [mm] ANCHO 300 [mm]		ARMADO LONGITUDINAL DE SECCIÓN <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref</th> <th>Prof. Y1 [mm]</th> <th>TIPOi</th> <th>Ni</th> <th>Øi [mm]</th> <th>Si [mm]</th> <th>Xi [mm]</th> <th>Xj [mm]</th> <th>Nri</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>RTn</td><td>3</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>170</td><td>RPN</td><td>2</td><td>20</td><td></td><td></td><td>-100</td><td>100</td><td>2</td></tr> <tr><td>170</td><td>RPN</td><td>2</td><td>20</td><td></td><td></td><td>-80</td><td>80</td><td>2</td></tr> <tr><td>900</td><td>RTn</td><td>4</td><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td></tr> <tr><td>700</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>500</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>300</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> </tbody> </table>							Ref	Prof. Y1 [mm]	TIPOi	Ni	Øi [mm]	Si [mm]	Xi [mm]	Xj [mm]	Nri	50	RTn	3	12					3	170	RPN	2	20			-100	100	2	170	RPN	2	20			-80	80	2	900	RTn	4	20					4	700	RTn	2	12					2	500	RTn	2	12					2	300	RTn	2	12					2
Ref	Prof. Y1 [mm]	TIPOi	Ni	Øi [mm]	Si [mm]	Xi [mm]	Xj [mm]	Nri																																																																												
50	RTn	3	12					3																																																																												
170	RPN	2	20			-100	100	2																																																																												
170	RPN	2	20			-80	80	2																																																																												
900	RTn	4	20					4																																																																												
700	RTn	2	12					2																																																																												
500	RTn	2	12					2																																																																												
300	RTn	2	12					2																																																																												
SITUACIÓN DE DIMENSIONADO VIGA (FLEXIÓN PRINCIPAL) FACTOR acc 1,00 [] Art. 39.4 PERSISTENTE O TRANSITORIA yc 1,50 [] Tabla 15.3 ys 1,15 [] Tabla 15.3				RECUBRIMIENTO MECÁNICO 50 [mm]																																																																																
MATERIALES HORMIGÓN TIPO HA35 [N/mm2] Art. 39.2 fck 35 [N/mm2] Art. 39.2 fcm 43 [N/mm2] Art. 39.6 Ecm 29.779 [N/mm2] Art. 39.6 ARIDO CUARZOTA [] Tabla 39.6 fcd 23,33 [N/mm2] Art. 39.4 fct,m 3,209962 [N/mm2] Art. 39.1 fct,k 2,246974 [N/mm2] Art. 39.1 fct,m,fl 3,209962 [N/mm2] Art. 39.1 fctd 1,497982 [N/mm2] Art. 39.4 ec0 -0,002000 [] Art. 39.5 ecu -0,003500 [] Art. 39.5 coef. A parábola 5.833.333,33 [N/mm2] Art. 39.5 coef. B parábola -23.333,33 [N/mm2] Art. 39.5 ε23 0,259259 [] Fig. 42.1.3 ε34 = εlim 0,616858 [] Fig. 42.1.3				DIBUJO DE LA SECCIÓN 																																																																																
ACERO TIPO B500SD [] Tabla 32.1 fyk 500 [N/mm2] Tabla 32.1 fmax 575 [N/mm2] Tabla 32.1 Es 200.000 [N/mm2] Art. 38.4 fyd 434,78 [N/mm2] Fig. 38.4 fyd -400,00 [N/mm2] Art. 38.4 RAMA PLÁSTICA Horizontal [] Art. 38.4 Es,epm = m 0,00 [N/mm2] Fig. 38.4 Es,epb = b 434,78 [N/mm2] Fig. 38.4 fymaxd 434,78 [N/mm2] Fig. 38.4 emax 0,010000 [] Art. 38.4 elim = eyk = ey 0,002500 [] Art. 38.4 eyd 0,002174 [] Art. 38.4				DATOS DE LA SECCIÓN AREA 2.850,00 [cm2] CENTRO DE GRAVEDAD (x = 3) 0,00 [mm] CENTRO DE GRAVEDAD (y = 2) -475,00 [mm] MÓDULO DE INERCIA 3 (PPAL) 2.143.437,50 [cm4] MÓDULO DE INERCIA 2 (SEC) 213.750,00 [cm4] MÓDULO ELÁSTICO 3 (PPAL) 45.125,00 [cm3] MÓDULO ELÁSTICO 2 (SEC) 14.250,00 [cm3] RADIO DE GIRO 3 (PPAL) 27,42 [cm] RADIO DE GIRO 2 (SEC) 8,66 [cm] ANCHO EFICAZ b0 (V2d) 300,00 [mm] ANCHO EFICAZ h0 (V3d) 950,00 [mm]		ARMADO TRANSVERSAL DE SECCIÓN BARRAS VERTICALES BARRAS HORIZONTALES FLEXIÓN PRINCIPAL (M3d+V2d) FLEXIÓN SECUNDARIA (M2d+V3d) <table border="1"> <tr> <td>Øst,pr</td><td>8 [mm]</td> <td>Øst,se</td><td>8 [mm]</td> </tr> <tr> <td>Nst,pr</td><td>2 []</td> <td>Nst,se</td><td>4 []</td> </tr> <tr> <td>st,pr</td><td>200 [mm]</td> <td>st,se</td><td>150 [mm]</td> </tr> <tr> <td>Ust,pr</td><td>201 [kN/m]</td> <td>Ust,se</td><td>536 [kN/m]</td> </tr> <tr> <td>Vu1,pr</td><td>1.996 [kN]</td> <td>Vu1,se</td><td>0 [kN]</td> </tr> <tr> <td>Mínimo Vcu</td><td colspan="3">CÓDIGO ESTRUCTURAL 0,0525 []</td> </tr> <tr> <td colspan="4">PIEZA CON ESTRIBOS Considerar Vcu? SI []</td> </tr> <tr> <td>Vcu,pr</td><td>154 [kN]</td> <td>Vcu,se</td><td>0 [kN]</td> </tr> <tr> <td>Vsu,pr</td><td>154 [kN]</td> <td>Vsu,se</td><td>0 [kN]</td> </tr> <tr> <td>Vu,pr</td><td>308 [kN]</td> <td>Vu,se</td><td>0 [kN]</td> </tr> <tr> <td colspan="4">La separación máxima de estribos debe ser 600 [mm]</td> </tr> </table>							Øst,pr	8 [mm]	Øst,se	8 [mm]	Nst,pr	2 []	Nst,se	4 []	st,pr	200 [mm]	st,se	150 [mm]	Ust,pr	201 [kN/m]	Ust,se	536 [kN/m]	Vu1,pr	1.996 [kN]	Vu1,se	0 [kN]	Mínimo Vcu	CÓDIGO ESTRUCTURAL 0,0525 []			PIEZA CON ESTRIBOS Considerar Vcu? SI []				Vcu,pr	154 [kN]	Vcu,se	0 [kN]	Vsu,pr	154 [kN]	Vsu,se	0 [kN]	Vu,pr	308 [kN]	Vu,se	0 [kN]	La separación máxima de estribos debe ser 600 [mm]																															
Øst,pr	8 [mm]	Øst,se	8 [mm]																																																																																	
Nst,pr	2 []	Nst,se	4 []																																																																																	
st,pr	200 [mm]	st,se	150 [mm]																																																																																	
Ust,pr	201 [kN/m]	Ust,se	536 [kN/m]																																																																																	
Vu1,pr	1.996 [kN]	Vu1,se	0 [kN]																																																																																	
Mínimo Vcu	CÓDIGO ESTRUCTURAL 0,0525 []																																																																																			
PIEZA CON ESTRIBOS Considerar Vcu? SI []																																																																																				
Vcu,pr	154 [kN]	Vcu,se	0 [kN]																																																																																	
Vsu,pr	154 [kN]	Vsu,se	0 [kN]																																																																																	
Vu,pr	308 [kN]	Vu,se	0 [kN]																																																																																	
La separación máxima de estribos debe ser 600 [mm]																																																																																				

Figura 07.03.02.05-02. Tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para viga V.01. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Definidas la sección y las diferentes características de los materiales se colocan en la tabla los esfuerzos que sufre este elemento. Para determinarlos se hace uso de la herramienta “Section Cut” en el punto más solicitado de la sección con la combinación más desfavorable.

SECTION CUT . DAVID GALLARDO . 2023			
scTMP			
	CDG		POR DEFECTO
X	18,300	RX	
Y	-0,650	RY	
Z	8,625	RZ	
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,950	
Section Cut			
F1	-7,5	M1	142,6
F2	381,1	M2	29,2
F3	185,3	M3	-7,4
F1/L	-7,9	M1/L	150,1
F2/L	401,2	M2/L	30,8
F3/L	195,0	M3/L	-7,8
Esfuerzos de sección calculados			
Nc	-381,1	T	29,2
V2	185,3	M3	-142,6
V3	7,5	M2	7,4
Nc/L	-401,2	T/L	30,8
V2/L	195,0	M3/L	-150,1
V3/L	7,9	M2/L	7,8

Figura 07.03.02.05-03. Section Cut de viga V.01 en punto más solicitado. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Una vez definidas todas estas características podemos comprobar si el elemento cumple o no. Para ello se observa la figura que proporciona la tabla, en la que, si la flecha aparece en color verde y se sitúa dentro de la figura definida que representa los esfuerzos admisibles de la sección, nos indica que la sección está cumpliendo a ELU. En caso contrario habría que modificar las características anteriores. En este caso, la viga cumple sobradamente.

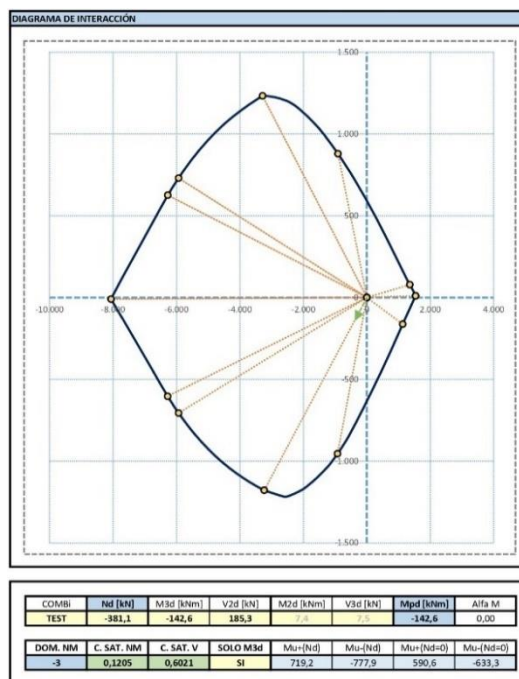


Figura 07.03.02.05-04. Resultado comprobación tabla Excel “ELU Hormigon.xlsm” para viga V.01. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

07.03.02.06. MURO M.02 SEGUNDO MÉTODO

Se procede a continuación a realizar el proceso descrito en el apartado anterior pero esta vez sobre el muro M.02 (muro con mayores solicitaciones entre los muros del mismo tipo M.02 y M.03). De esta forma, podremos colocar el armado dispuesto en la estructura original con los refuerzos indicados en la figura 07.03.02.02-04, obteniendo la sección representada a continuación.

eSELU - ESTRUCTURAS SINGULARES [DAVID GALLARDO - 2023]			
PROYECTO	CASA DEL ACANTILADO		
FECHA	2023/2024		
AUTOR	JAVIER ESCRIBÁ COSTA		
ELEMENTO	VIGA V-09		

SITUACIÓN DE DIMENSIONADO			
SOPORTE (AXIL PRINCIPAL)			
FACTOR acc	0,85	[]	Art. 39.4
PERSISTENTE O TRANSITORIA			
yc	1,50	[]	Tabla 15.3
ys	1,15	[]	Tabla 15.3

MATERIALES			
HORMIGON			
TIPO	HA35	[N/mm ²]	Art. 39.2
fck	35	[N/mm ²]	Art. 39.2
fcm	43	[N/mm ²]	Art. 39.6
Ecm	29.779	[N/mm ²]	Art. 39.6
ARIDO CUARCITA []			
fd	19,83	[N/mm ²]	Art. 39.4
fct,m	3,209962	[N/mm ²]	Art. 39.1
fct,k	2,246974	[N/mm ²]	Art. 39.1
fct,m,fl	3,209962	[N/mm ²]	Art. 39.1
fctd	1,497982	[N/mm ²]	Art. 39.4
ec0	-0,002000	[]	Art. 39.5
ecu	-0,003500	[]	Art. 39.5
coef. A parábola	4.958.333,33	[N/mm ²]	Art. 39.5
coef. B parábola	-19.833,33	[N/mm ²]	Art. 39.5
ξ23	0,259259	[]	Fig. 42.1.3
ξ34 = ξlim	0,616858	[]	Fig. 42.1.1

ACERO			
TIPO	B500SD	[]	Tabla 32.2.4
fyk	500	[N/mm ²]	Tabla 32.2.4
fmax	575	[N/mm ²]	Tabla 32.2.4
Es	200.000	[N/mm ²]	Art. 38.4
fyd	434,78	[N/mm ²]	Fig. 38.4
fyd	-400,00	[N/mm ²]	Art. 42.3.3
RAMA PLÁSTICA Horizontal []			
Es,epm = m	0,00	[N/mm ²]	Fig. 38.4
Es,epb = b	434,78	[N/mm ²]	Fig. 38.4
fymaxd	434,78	[N/mm ²]	Fig. 38.4
emax	0,010000	[]	Art. 38.4
εlim = eyk = ey	0,002500	[]	Art. 38.4
eyd	0,002174	[]	Art. 38.4

SECCIÓN DE HORMIGÓN	
TIPO DE SECCIÓN RECTANGULAR	
CANTO	2.700 [mm]
ANCHO	200 [mm]
RECUBRIMIENTO MECÁNICO 50 [mm]	
DIBUJO DE LA SECCIÓN	

ESQUEMA DE ARMADO									
ARMADO LONGITUDINAL DE SECCIÓN									
Ref	Prof. Yi [mm]	TIPOi	Ni	Øi [mm]	Si [mm]	Xi [mm]	Xj [mm]	Nri	
	50	RTn	2	20				2	
	150	RTn	2	20				2	
	2650	RTn	2	20				2	
	2550	RTn	2	20				2	
	350	RTn	2	16				2	
	550	RTn	2	16				2	
	750	RTn	2	16				2	
	950	RTn	2	16				2	
	1150	RTn	2	16				2	
	1350	RTn	2	16				2	
	1550	RTn	2	16				2	
	1750	RTn	2	16				2	
	1950	RTn	2	16				2	
	2150	RTn	2	16				2	
	2350	RTn	2	16				2	

ARMADO TRANSVERSAL DE SECCIÓN			
BARRAS VERTICALES		BARRAS HORIZONTALES	
FLEXIÓN PRINCIPAL (M3d+V2d)		FLEXIÓN SECUNDARIA (M2d+V3d)	
Øst,pr	8 [mm]	Øst,se	8 [mm]
Nst,pr	2 []	Nst,se	4 []
st,pr	200 [mm]	st,se	200 [mm]
Ust,pr	201 [kN/m]	Ust,se	402 [kN/m]
Vu1,pr	3.933 [kN]	Vu1,se	3.005 [kN]
Mínimo Vcu	CÓDIGO ESTRUCTURAL 0,0525 []		
PIEZA CON ESTRIBOS Considerar Vcu? SI []			
Vcu,pr	473 [kN]	Vcu,se	478 [kN]
Vsu,pr	453 [kN]	Vsu,se	51 [kN]
Vu,pr	926 [kN]	Vu,se	529 [kN]
La separación máxima de estribos debe ser 113 [mm]			

DATOS DE LA SECCIÓN	
AREA	5.400,00 [cm ²]
CENTRO DE GRAVEDAD (x = 3)	0,00 [mm]
CENTRO DE GRAVEDAD (y = 2)	-1.350,00 [mm]
MOMENTO DE INERCIA 3 (PPAL)	32.805.000,00 [cm ⁴]
MOMENTO DE INERCIA 2 (SEC)	180.000,00 [cm ⁴]
MÓDULO ELÁSTICO 3 (PPAL)	243.000,000 [cm ³]
MÓDULO ELÁSTICO 2 (SEC)	18.000,00 [cm ³]
RADIO DE GIRO 3 (PPAL)	77,94 [cm]
RADIO DE GIRO 2 (SEC)	5,77 [cm]
ANCHO EFICAZ b0 (V2d)	200,00 [mm]
ANCHO EFICAZ h0 (V3d)	2.700,00 [mm]

Figura 07.03.02.06-01. Tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.02. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Definidas la sección y las diferentes características de los materiales se procede a colocar en la tabla los esfuerzos que sufre este elemento. Para determinarlos se vuelve a hacer uso de la herramienta "Section Cut" en el punto más solicitado de la sección, el cual ha sido obtenido tras comprobar diferentes puntos con distintas combinaciones. Hay que señalar que la tabla indica que la separación máxima de los estribos debería ser menor a la dispuesta para cumplir la normativa actual, pero como se está comprobando el funcionamiento de la estructura real, se dejan estos valores.

SECTION CUT . DAVID GALLARDO . 2023			
SCTMP			
	CDG		POR DEFECTO
X	6,450	RX	
Y	1,700	RY	
Z	5,700	RZ	
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		3,000	
Section Cut			
F1	2,7	M1	3.655,8
F2	445,6	M2	-8,5
F3	-2.647,1	M3	8,0
F1/L	0,9	M1/L	1.218,6
F2/L	148,5	M2/L	-2,8
F3/L	-882,4	M3/L	2,7
Esfuerzos de sección calculados			
Nc	-2.647,1	T	8,0
V2	2,7	M3	8,5
V3	445,6	M2	3.655,8
Nc/L	-882,4	T/L	2,7
V2/L	0,9	M3/L	2,8
V3/L	148,5	M2/L	1.218,6

Figura 07.03.02.06-02. Section Cut de muro M.02 en punto más solicitado. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Una vez definidas todas estas características comprobamos el resultado que proporciona la figura de la tabla. En este caso, el muro vuelve a cumplir no tan sobradamente como el elemento anterior pero todavía con cierto margen de optimización de la sección.

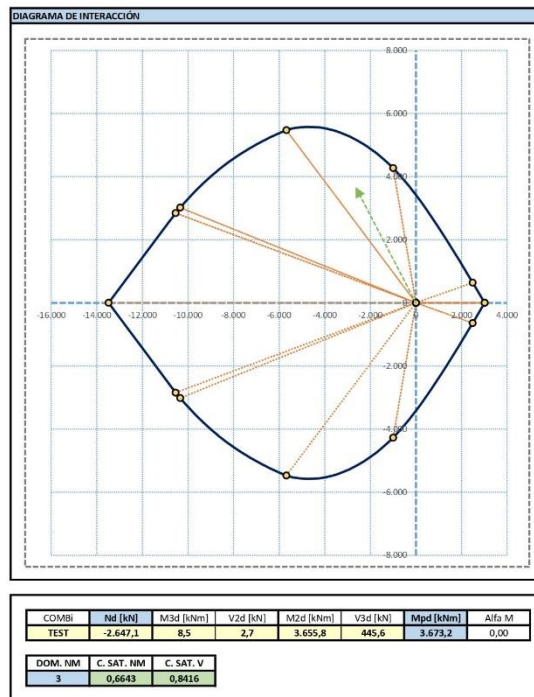


Figura 07.03.02.06-03. Resultado comprobación tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.02. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Se procede a continuación a realizar una comprobación en la que se supondrá que el refuerzo de los extremos no se realiza, siendo de esta forma una sección completa de barras de Ø16c/20cm con cercos de Ø8c/20cm. Las figuras que se obtienen son las siguientes.

esELU * - ESTRUCTURAS SINGULARES (DAVID GALLARDO - 2023)				SECCIÓN DE HORMIGÓN		ESQUEMA DE ARMADO																																																																																																																																																															
PROYECTO: CASA DEL ACANTILADO FECHA: 2023/2024 AUTOR: JAVIER ESCRIBÁ COSTA ELEMENTO: VIGA V-09				TIPO DE SECCIÓN: RECTANGULAR CANTO: 2.700 [mm] ANCHO: 200 [mm]		ARMADO LONGITUDINAL DE SECCIÓN <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref</th> <th>Prof. Yj</th> <th>TIPOI</th> <th>Ni</th> <th>Øi</th> <th>Si</th> <th>Xi</th> <th>Xj</th> <th>Nri</th> </tr> <tr> <th></th> <th>[mm]</th> <th></th> <th></th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>2650</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>2450</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>250</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>450</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>650</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>850</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>1050</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>1250</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>1450</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>1650</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>1850</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>2050</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>2250</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> </tbody> </table>							Ref	Prof. Yj	TIPOI	Ni	Øi	Si	Xi	Xj	Nri		[mm]			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		50	RTn	2	16					2	2650	RTn	2	16					2	2450	RTn	2	16					2	250	RTn	2	16					2	450	RTn	2	16					2	650	RTn	2	16					2	850	RTn	2	16					2	1050	RTn	2	16					2	1250	RTn	2	16					2	1450	RTn	2	16					2	1650	RTn	2	16					2	1850	RTn	2	16					2	2050	RTn	2	16					2	2250	RTn	2	16					2									0
Ref	Prof. Yj	TIPOI	Ni	Øi	Si	Xi	Xj	Nri																																																																																																																																																													
	[mm]			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]																																																																																																																																																														
50	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
2650	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
2450	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
250	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
450	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
650	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
850	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
1050	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
1250	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
1450	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
1650	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
1850	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
2050	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
2250	RTn	2	16					2																																																																																																																																																													
								0																																																																																																																																																													
SITUACIÓN DE DIMENSIONADO SOPORTE [AXIL PRINCIPAL] FACTOR acc: 0,85 [] Art. 39.4 PERSISTENTE O TRANSITORIA yc: 1,50 [] Tabla 15.3 ys: 1,15 [] Tabla 15.4				RECUBRIMIENTO MECÁNICO: 50 [mm]		DIBUJO DE LA SECCIÓN 																																																																																																																																																															
MATERIALES HORMIGÓN TIPO: HA35 [N/mm2] Art. 39.2 fck: 35 [N/mm2] Art. 39.2 fcm: 43 [N/mm2] Art. 39.6 Ecm: 29.779 [N/mm2] Art. 39.6 ARIDO: CUARCITA [] Tabla 39.6 fcd: 19,83 [N/mm2] Art. 39.4 fct,m: 3,209962 [N/mm2] Art. 39.1 fct,k: 2,246974 [N/mm2] Art. 39.1 fct,m,fl: 3,209962 [N/mm2] Art. 39.1 fct,d: 1,497982 [N/mm2] Art. 39.4 ec0: -0,002000 [] Art. 39.5 eccu: -0,003500 [] Art. 39.5 coef. A parábola: 4,958,333,33 [N/mm2] Art. 39.5 coef. B parábola: -19,833,33 [N/mm2] Art. 39.5 ζ3: 0,259259 [] Fig. 42.1.3 ξ34 = ξlim: 0,616858 [] Fig. 42.1.3				DATOS DE LA SECCIÓN AREA: 5.400,00 [cm2] CENTRO DE GRAVEDAD (x = 3): 0,00 [mm] CENTRO DE GRAVEDAD (y = 2): -1.350,00 [mm] MOMENTO DE INERCIA 3 (PPAL): 32.805.000,00 [cm4] MOMENTO DE INERCIA 2 (SEC): 180.000,00 [cm4] MÓDULO ELÁSTICO 3 (PPAL): 243.000,000 [cm3] MÓDULO ELÁSTICO 2 (SEC): 18.000,00 [cm3] RADIO DE GIRO 3 (PPAL): 77,94 [cm] RADIO DE GIRO 2 (SEC): 5,77 [cm] ANCHO EFICAZ h0 (V2d): 200,00 [mm] ANCHO EFICAZ h0 (V3d): 2.700,00 [mm]		ARMADO TRANSVERSAL DE SECCIÓN BARRAS VERTICALES: Øst,pr: 8 [mm] FLEXIÓN PRINCIPAL (M3d+V2d): Nst,pr: 2 [] BARRAS HORIZONTALES: st,pr: 200 [mm] FLEXIÓN SECUNDARIA (M2d+V3d): Ust,pr: 201 [kN/m] Vu1,pr: 3,933 [kN] Mínimo Vcu: CÓDIGO ESTRUCTURAL: 0,0525 [] PIEZA CON ESTRIBOS Considerar Vcu?: SI [] Vcu,pr: 473 [kN] Vsu,pr: 453 [kN] Vu,pr: 926 [kN] La separación máxima de estribos debe ser: 113 [mm]																																																																																																																																																															
ACERO TIPO: B500SD [] Tabla 32.2.a fyk: 500 [N/mm2] Tabla 32.2.a fmax: 575 [N/mm2] Art. 38.4 Es: 200.000 [N/mm2] Fig. 38.4 fyd: 434,78 [N/mm2] Art. 42.3.3 fyc,d: -400,00 [N/mm2] Art. 38.4 RAMA PLÁSTICA: Horizontal [] Fig. 38.4 Es,epm = m: 0,00 [N/mm2] Fig. 38.4 Es,epb = b: 434,78 [N/mm2] Fig. 38.4 fymaxd: 434,78 [N/mm2] Art. 38.4 emax: 0,010000 [] Art. 38.4 elim = eyk = ey: 0,002500 [] Art. 38.4 eyd: 0,002174 [] Art. 38.4																																																																																																																																																																					

Figura 07.03.02.06-04. Tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.02 sin refuerzos. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

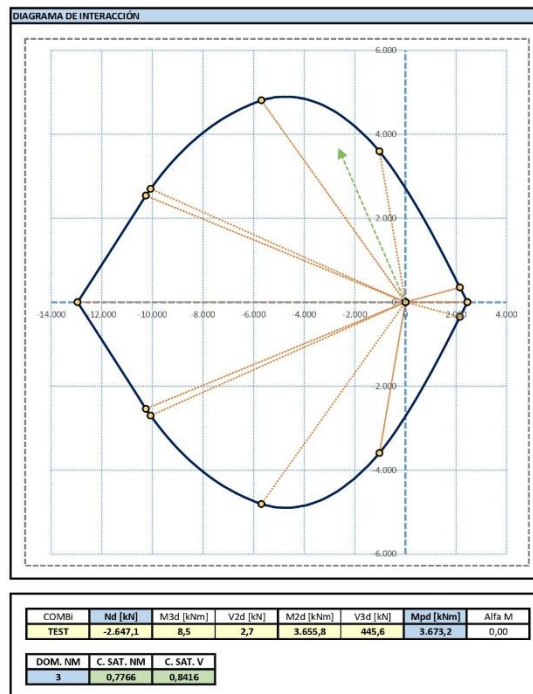


Figura 07.03.02.06-05. Resultado comprobación tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.02 sin refuerzos. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Podemos observar como la sección sigue cumpliendo y todavía tiene margen de optimización ya que ahora la sección tiene una saturación del 77.66% y con los refuerzos el valor era de 66.43%, por lo que se podría dar esta sección también como válida. Se ha vuelto a realizar la comprobación, pero esta vez con Ø12c/20cm en lugar de Ø16, obteniendo un coeficiente de saturación del 98.03%, valor demasiado ajustado pero que seguiría cumpliendo con las limitaciones a ELU.

07.03.02.07. MURO M.06 SEGUNDO MÉTODO

Se va a realizar el mismo proceso sobre el muro M.06. Colocando el armado dispuesto en la estructura original con los refuerzos indicados en la figura 07.03.02.03-06, se obtiene la sección representada a continuación.

esELU * - ESTRUCTURAS SINGULARES (DAVID GALLARDO - 2023) PROYECTO: CASA DEL ACANTILADO FECHA: 2023/2024 AUTOR: JAVIER ESCRIBÁ COSTA ELEMENTO: MURO M-06																																																																																																																																																																																					
SITUACIÓN DE DIMENSIONADO SOPORTE (AXIL PRINCIPAL) FACTOR acc: 0,85 PERSISTENTE O TRANSITORIA yc: 1,50 ys: 1,15																																																																																																																																																																																					
MATERIALES HORMIGÓN TIPO: HA35 fck: 35 fcm: 43 Ecm: 29.779 ARIDO: CUARCITA fcd: 19,83 fct,m: 3,20962 fct,k: 2,246974 fct,m,fl: 3,20962 fctd: 1,497982 ec0: -0,002000 ecu: -0,003500 coef. A parábola: 4.958.333,33 coef. B parábola: -19.833,33 Q23: 0,259259 E34 = E31m: 0,616858																																																																																																																																																																																					
ACERO TIPO: B500SD fyk: 500 fmax: 575 Es: 200.000 fyd: 434,78 fyc,d: 400,00 RAMA PLÁSTICA: Horizontal Es,epm = m: 0,00 Es,epb = b: 434,78 fymaxd: 434,78 emax: 0,010000 elim = eyk = ey: 0,002500 eyd: 0,002174																																																																																																																																																																																					
SECCIÓN DE HORMIGÓN TIPO DE SECCIÓN: RECTANGULAR CANTO: 2.750 [mm] ANCHO: 200 [mm] RECUBRIMIENTO MECÁNICO: 50 [mm]																																																																																																																																																																																					
DIBUJO DE LA SECCIÓN 																																																																																																																																																																																					
DATOS DE LA SECCIÓN ÁREA: 5.500,00 [cm2] CENTRO DE GRAVEDAD (x = 3): 0,00 [mm] CENTRO DE GRAVEDAD (y = 2): -1.375,00 [mm] MOMENTO DE INERCIA 3 (PPAL): 34.661.458,33 [cm4] MOMENTO DE INERCIA 2 (SEC): 183.333,33 [cm4] MÓDULO ELÁSTICO 3 (PPAL): 252.083,333 [cm3] MÓDULO ELÁSTICO 2 (SEC): 18.333,33 [cm3] RADIO DE GIRO 3 (PPAL): 79,39 [cm] RADIO DE GIRO 2 (SEC): 5,77 [cm] ANCHO EFICAZ b0 (V2d): 200,00 [mm] ANCHO EFICAZ h0 (V3d): 2.750,00 [mm]																																																																																																																																																																																					
ESQUEMA DE ARMADO ARMADO LONGITUDINAL DE SECCIÓN <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref</th> <th>Prof</th> <th>Yi</th> <th>TIPOi</th> <th>Ni</th> <th>Øi</th> <th>Si</th> <th>Xi</th> <th>Xj</th> <th>Nri</th> </tr> <tr> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>150</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>2700</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>2600</td><td>RTn</td><td>2</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>275</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>475</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>675</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>875</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>1075</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>1275</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>1475</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>1675</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>1875</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>2075</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>2275</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>2475</td><td>RTn</td><td>2</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> </tbody> </table>		Ref	Prof	Yi	TIPOi	Ni	Øi	Si	Xi	Xj	Nri	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	50	RTn	2	16						2	150	RTn	2	16						2	2700	RTn	2	16						2	2600	RTn	2	16						2	275	RTn	2	12						2	475	RTn	2	12						2	675	RTn	2	12						2	875	RTn	2	12						2	1075	RTn	2	12						2	1275	RTn	2	12						2	1475	RTn	2	12						2	1675	RTn	2	12						2	1875	RTn	2	12						2	2075	RTn	2	12						2	2275	RTn	2	12						2	2475	RTn	2	12						2
Ref	Prof	Yi	TIPOi	Ni	Øi	Si	Xi	Xj	Nri																																																																																																																																																																												
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]																																																																																																																																																																												
50	RTn	2	16						2																																																																																																																																																																												
150	RTn	2	16						2																																																																																																																																																																												
2700	RTn	2	16						2																																																																																																																																																																												
2600	RTn	2	16						2																																																																																																																																																																												
275	RTn	2	12						2																																																																																																																																																																												
475	RTn	2	12						2																																																																																																																																																																												
675	RTn	2	12						2																																																																																																																																																																												
875	RTn	2	12						2																																																																																																																																																																												
1075	RTn	2	12						2																																																																																																																																																																												
1275	RTn	2	12						2																																																																																																																																																																												
1475	RTn	2	12						2																																																																																																																																																																												
1675	RTn	2	12						2																																																																																																																																																																												
1875	RTn	2	12						2																																																																																																																																																																												
2075	RTn	2	12						2																																																																																																																																																																												
2275	RTn	2	12						2																																																																																																																																																																												
2475	RTn	2	12						2																																																																																																																																																																												
ARMADO TRANSVERSAL DE SECCIÓN BARRAS VERTICALES: Øst,pr: 8 [mm]; Nst,pr: 2; st,pr: 200 [mm]; Ust,pr: 201 [kN/m]; Vu1,pr: 3.244 [kN]; Mínimo Vcu: 0,0525 [mm] BARRAS HORIZONTALES: Øst,se: 8 [mm]; Nst,se: 4; st,se: 200 [mm]; Ust,se: 402 [kN/m]; Vu1,se: 2.478 [kN]; PIEZA CON ESTRIBOS: Considerar Vcu?: SI [mm]; Vcu,pr: 176 [kN]; Vcu,se: 254 [kN]; Vsu,pr: 489 [kN]; Vsu,se: 54 [kN]; Vu,pr: 665 [kN]; Vu,se: 308 [kN]; La separación máxima de estribos debe ser: 90 [mm]																																																																																																																																																																																					

Figura 07.03.02.07-01. Tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.06. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Para determinar los esfuerzos se hace uso de la herramienta "Section Cut" en el punto más solicitado de la sección, punto inferior, el cual ha sido obtenido tras comprobar diferentes puntos con distintas combinaciones.

SECTION CUT. DAVID GALLARDO . 2023			
sctMP			
CDG		POR DEFECTO	
X	6,450	RX	
Y	-2,000	RY	
Z	5,900	RZ	
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		2,700	
Section Cut			
F1	-15,0	M1	1.120,9
F2	-557,2	M2	-23,4
F3	106,1	M3	-13,8
F1/L	-5,5	M1/L	415,1
F2/L	-206,4	M2/L	-8,7
F3/L	39,3	M3/L	-5,1
Esfuerzos de sección calculados			
Nc	-106,1	T	13,8
V2	15,0	M3	-23,4
V3	557,2	M2	1.120,9
Nc/L	-39,3	T/L	5,1
V2/L	5,5	M3/L	-8,7
V3/L	206,4	M2/L	415,1

Figura 07.03.02.07-02. Section Cut de muro M.06 en punto más solicitado. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Una vez definidas todas estas características comprobamos el resultado que proporciona la figura de la tabla. El muro cumple sobradamente con margen de optimización de la sección, pues el coeficiente de saturación es del 44.61%

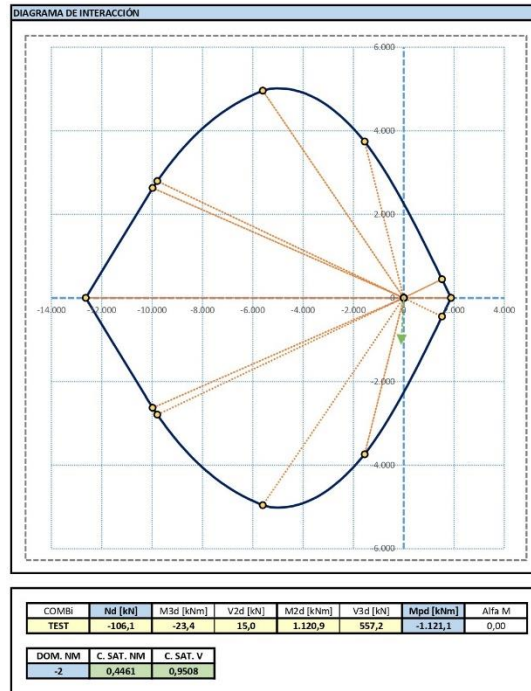


Figura 07.03.02.07-03. Resultado comprobación tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.06. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Si se eliminan los refuerzos de los extremos, siendo de esta forma una sección completa de barras de Ø12c/20cm con cercos de Ø8c/20cm, las figura que se obtiene es la siguiente.

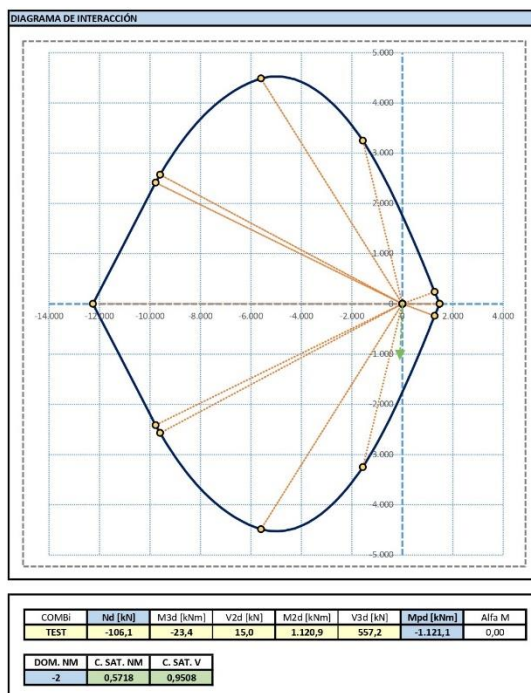


Figura 07.03.02.07-04. Resultado comprobación tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.06 sin refuerzos. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Observamos como la sección sigue cumpliendo y todavía tiene margen de optimización. Ahora la saturación es del 57.18% por lo que se podría dar esta sección también como válida cumpliendo con las limitaciones a ELU sin los refuerzos.

07.03.03. COMPROBACIÓN DE ELEMENTOS FINITOS HORIZONTALES

07.03.03.01. LOSA DE PLANTA DE VIVIENDA

En primer lugar, hay que definir las características de la losa a analizar, las cuales se introducen en la tabla Excel "ES Forjados.xlsm" proporcionada por David Gallardo. Las características se han obtenido de la documentación del diseño original de la vivienda, siendo estas las siguientes:

- Resistencia característica del hormigón (fck): HA-35
- Límite elástico del acero (fyk): 500 N/mm²
- Canto de la losa (losa maciza): 40 cm
- Recubrimiento neto: 4 cm
- Características del armado de base (igual en las dos direcciones y en las dos caras de la losa según proyecto):
 - Diámetro de armado base: 16 mm
 - Distancia entre barras del armado base: 20 cm

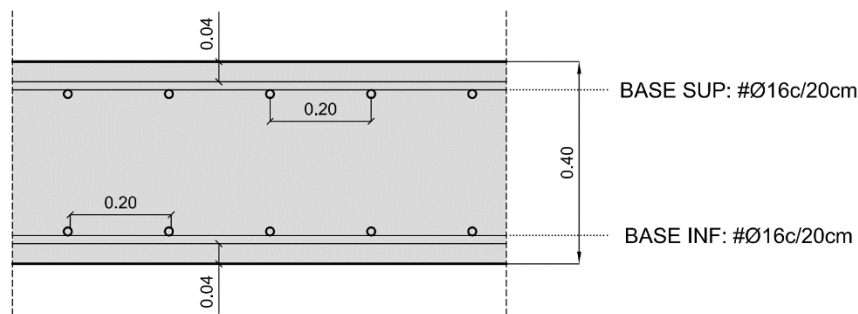


Figura 07.03.03.01-01. Sección de losa maciza de 40 cm de canto. Fuente: David Gallardo.

Una vez introducidos los datos en la tabla, obtenemos los valores de momento último que es capaz de absorber el armado base.

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE LOSAS MACIZAS		
ESTRUCTURAS SINGULARES UPV DAVID GALLARDO LLOPIS - 2023		
DATOS DE PARTIDA		
Materiales y geometría		
fck	35	N/mm ²
yc	1,50	
fcd	23,33	N/mm ²
fyk	500	N/mm ²
ys	1,15	
fyd	434,78	N/mm ²
fc,m,fl	3,85	N/mm ²
Canto Losa Maciza	40	cm
Recubrimiento Neto	4	cm
Cuantía mínima mecánica Usd,min	321	kN
RESISTENCIA ELU		
FLEXIÓN POSITIVA/NEGATIVA Y CORTANTE		
Armadura de Base		
Diámetro de base	16	mm
Distancia entre barras de base	20	cm
Usd base	437,09	kN / m.a.
Canto útil	352,00	mm
M ult base	147	kNm/m.a.
Cortante resistido sin armadura específica (solo base)		
Epsilon	1,753778	
Cuantía geométrica	0,002856	
Vu2 (base)	160	kN/m.a.

DOMINIO
2
PROF. FN. [mm]
43

Figura 07.03.03.01-02. Tabla Excel "ES Forjados.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Para compararlos con los valores de momentos que presenta la estructura, se analiza el modelo en SAP2000 y se solicitan los esfuerzos en cada dirección a través de la ruta:

Display > Show Forces/Stresses > Shells...

Los valores máximos y mínimos de rangos de colores serán los obtenidos como momentos últimos en base cuando se comprueban los momentos, el mismo valor tanto para negativos como positivos al usar la misma armadura en ambas caras.

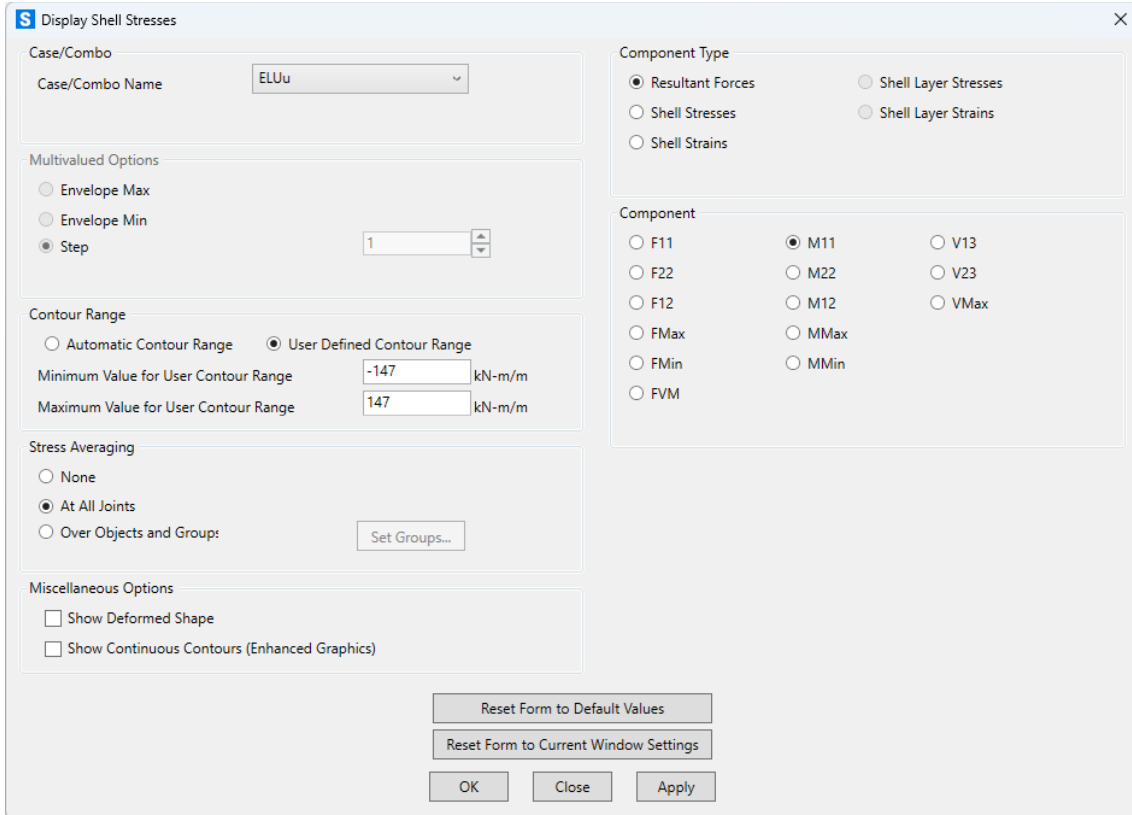


Figura 07.03.03.01-03. Ventana "Display Shell Stresses" en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

De esta forma, se obtienen las siguientes figuras de esfuerzos, donde las zonas de color magenta indican que el esfuerzo tiene un valor absoluto mayor que el esfuerzo negativo que resiste el armado, y donde el color sea azul, el momento positivo es mayor que el que absorbe la armadura en esta cara.

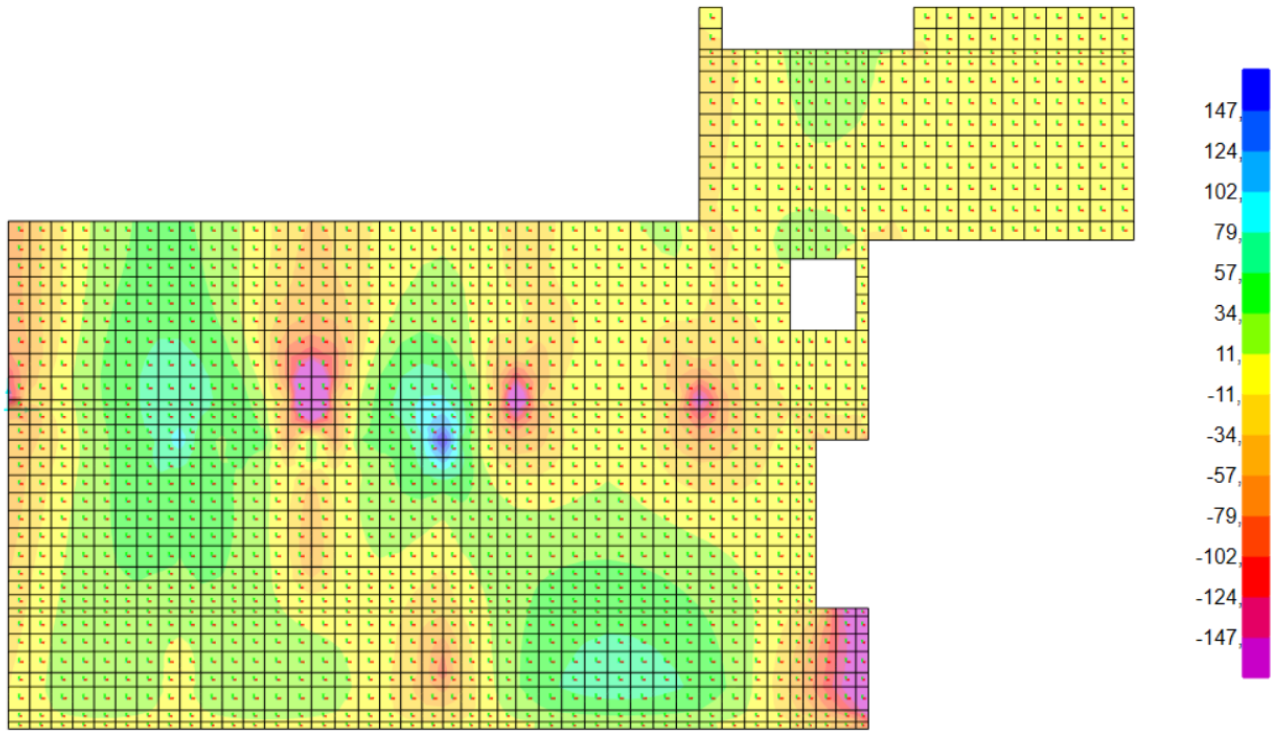


Figura 07.03.03.01-04. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.

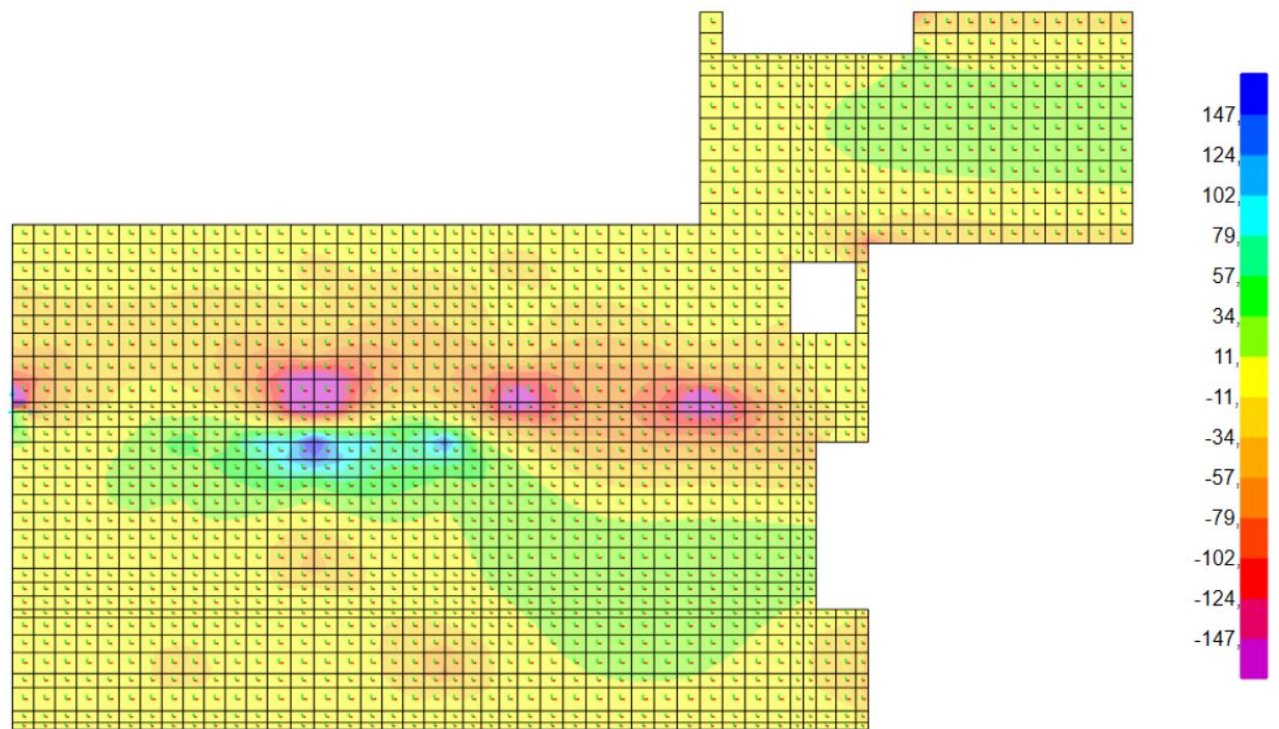


Figura 07.03.03.01-05. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.

Se observa que con el armado base en ambas caras de #Ø16 c/20cm hay algunas zonas que necesitan refuerzos para absorber momentos negativos (zonas moradas) y positivos (azules). Por ello, se comprueba si los refuerzos dispuestos en el diseño original de la estructura cumplen los requisitos. Para absorber los esfuerzos negativos, se coloca en las diferentes zonas apreciadas en la figura, un refuerzo de #Ø20 c/20cm, obteniendo así un momento último de 360 KNm/m.a. Para positivos, en los puntos localizados en las figuras anteriores, refuerzos de Ø16 c/20cm en la dirección este-oeste. Con este armado, el momento último que es capaz de absorber pasa a ser de 287 KNm/m.a. Con estos nuevos valores límite, se obtienen los siguientes resultados.



Figura 07.03.03.01-06. Ventana de esfuerzos en ELUu con refuerzos en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.

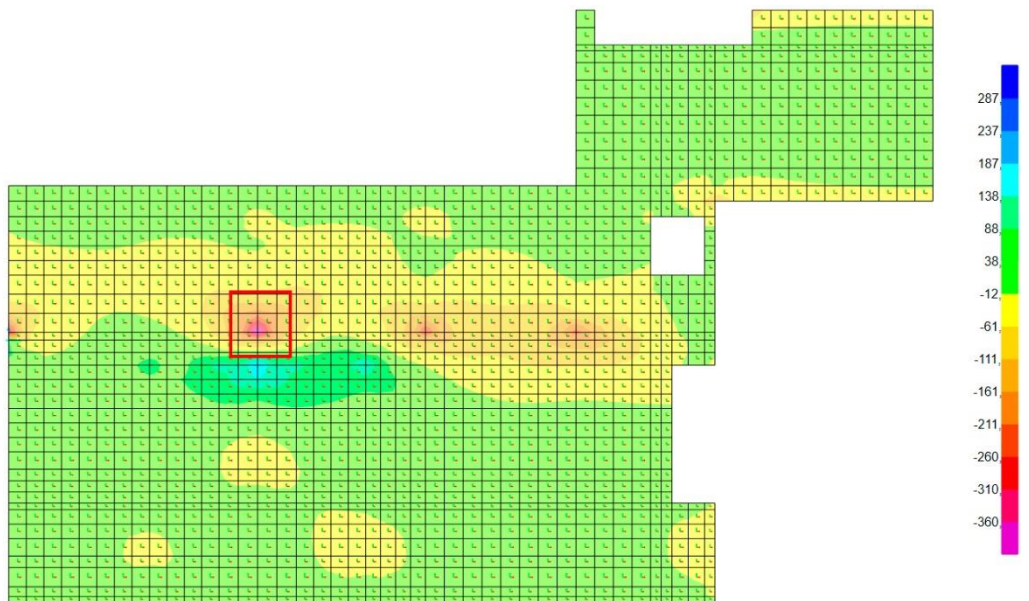


Figura 07.03.03.01-07. Ventana de esfuerzos en ELUu con refuerzos en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.

Todavía se observa una zona que supera el valor de momento último con el refuerzo dispuesto, una zona puntual que se analiza con la herramienta “Section Cut”, para conocer los esfuerzos de una manera más fiable. Se realiza el corte en ambas direcciones, ya que en las figuras de ambas direcciones se observa el problema.

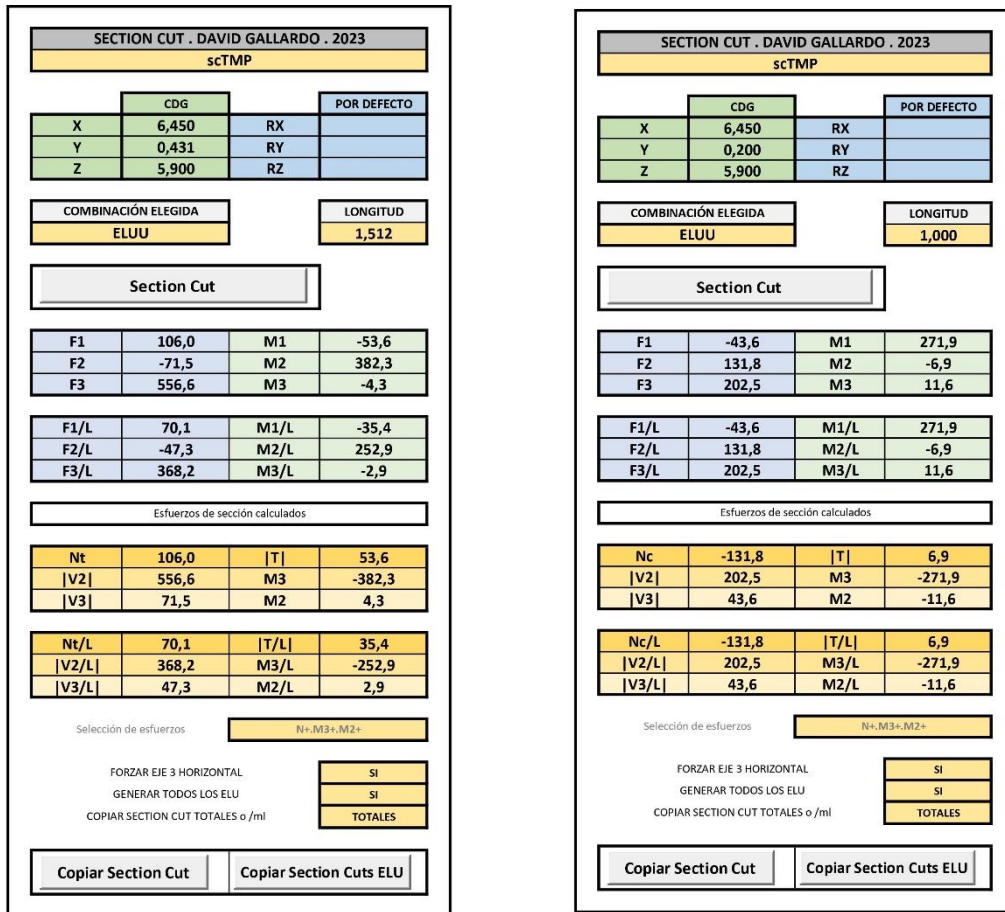


Figura 07.03.03.01-08. Section Cut de losa de planta de vivienda. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Hay que observar el dato M3/L en esfuerzos locales (celdas naranjas) que se corresponde a los esfuerzos del elemento finito. En ambos casos los valores de -252,9 KNm/m.a y -271,9 KNm/m.a son inferiores que el valor obtenido con el refuerzo que era capaz de absorber la armadura, de 360 KNm/m.a, por lo que la armadura de refuerzo cumple también para este punto.

Hay que señalar que en el trabajo no se realiza la comprobación de cortante por simplificación, ya que su análisis no dispone de un consenso en cuanto a su aplicación en elementos finitos tipo losa.

07.03.03.02. LOSA DE PLANTA DE CUBIERTA

Las características de la losa de cubierta, obtenidas de la documentación del diseño original de la vivienda son las siguientes:

- Resistencia característica del hormigón (fck): HA-35
- Límite elástico del acero (fyk): 500 N/mm²
- Canto de la losa (losa maciza): 40 cm
- Recubrimiento neto: 4 cm
- Características del armado de base (igual en las dos direcciones y en las dos caras de la losa según proyecto):
 - Diámetro de armado base: 16 mm
 - Distancia entre barras del armado base: 20 cm

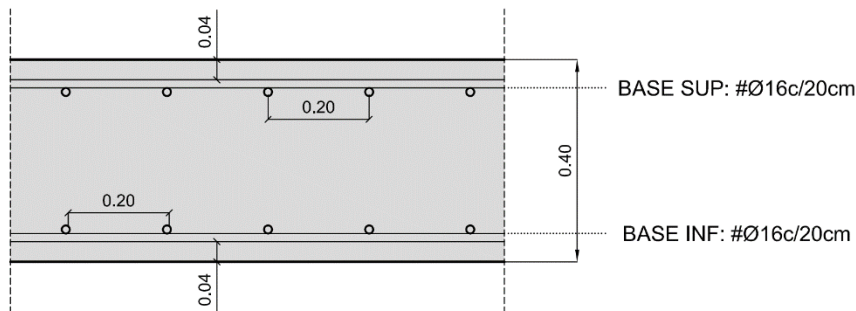


Figura 07.03.03.02-01. Sección de losa maciza de 40 cm de canto. Fuente: David Gallardo.

Obtenemos los valores de momento último que es capaz de absorber el armado base al introducir los datos en la tabla.

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE LOSAS MACIZAS ESTRUCTURAS SINGULARES UPV DAVID GALLARDO LLOPIS - 2023		
DATOS DE PARTIDA		
Materiales y geometría		
fck	35	N/mm ²
yc	1,50	
fcd	23,33	N/mm ²
fyk	500	N/mm ²
ys	1,15	
fyd	434,78	N/mm ²
fc,m,fl	3,85	N/mm ²
Canto Losa Maciza	40	cm
Recubrimiento Neto	4	cm
Cuantía mínima mecánica Usd,min	321	kN
RESISTENCIA ELU		
FLEXIÓN POSITIVA/NEGATIVA Y CORTANTE		
Armadura de Base		
Diámetro de base	16	mm
Distancia entre barras de base	20	cm
Usd base	437,09	kN / m.a.
Canto útil	352,00	mm
M ult base	147	kNm/m.a.
Cortante resistido sin armadura específica (solo base)		
Epsilon	1,753778	
Cuantía geométrica	0,002856	
Vu2 (base)	160	kN/m.a.

DOMINIO
2
PROF. FN. [mm]
43

Figura 07.03.03.02-02. Tabla Excel "ES Forjados.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Se obtienen las siguientes figuras de esfuerzos en SAP2000, con los rangos de colores definidos a partir de los datos obtenidos, observando los siguientes puntos de falta de armadura.

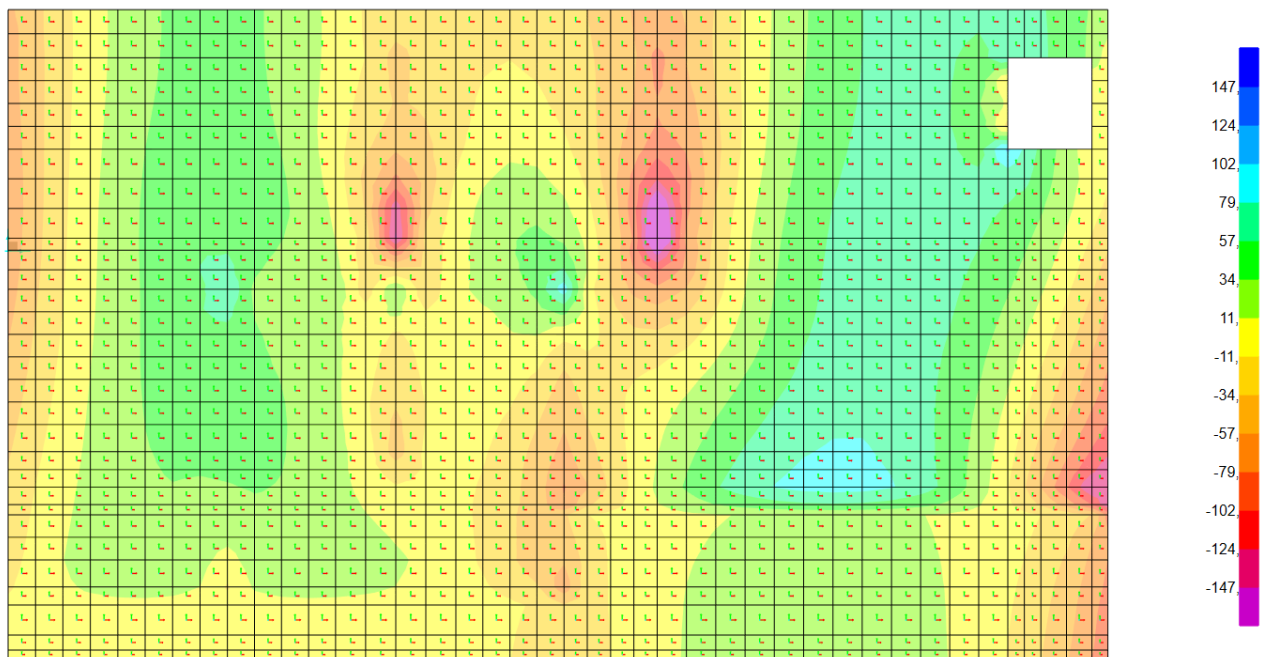


Figura 07.03.03.02-03. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M_{11} . Fuente: elaboración propia.

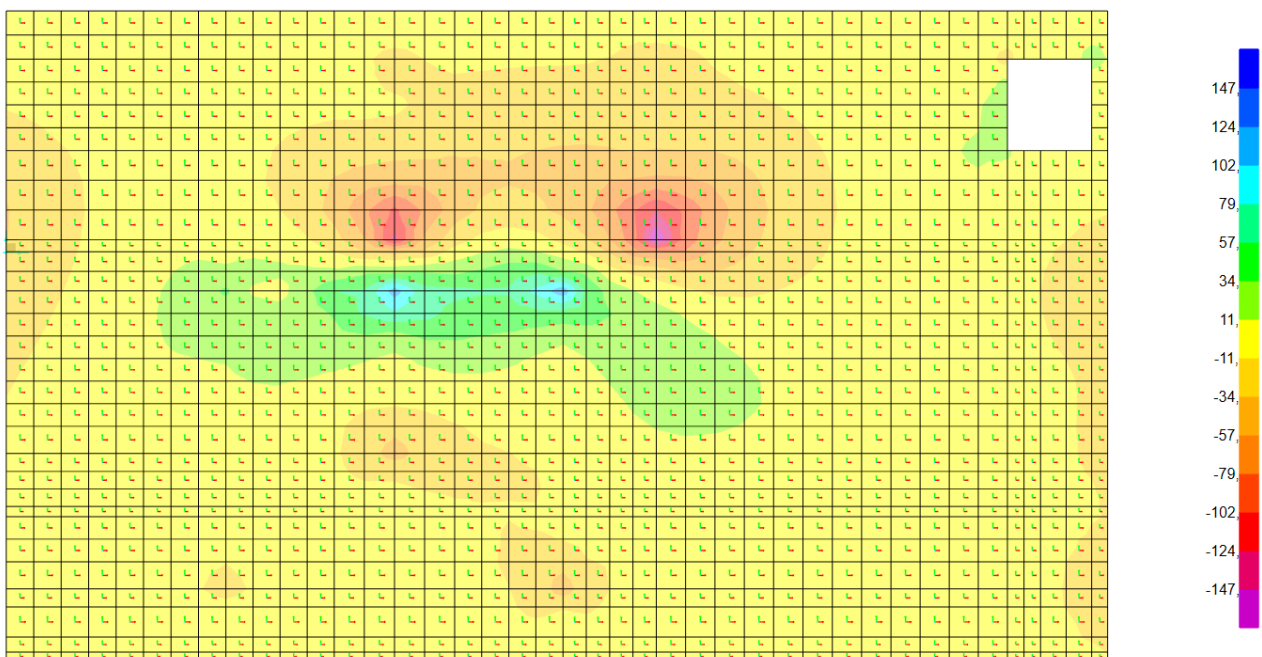


Figura 07.03.03.02-04. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M_{22} . Fuente: elaboración propia.

Podemos observar que con el armado base en ambas caras de #Ø16 c/20cm hay algunas zonas que necesitan refuerzos para absorber momentos negativos (zonas moradas). En el diseño original para absorber los esfuerzos negativos, se vuelven a colocar en esta losa en las diferentes zonas apreciadas en la figura, un refuerzo de #Ø20 c/20cm, obteniendo así un momento último de 360 KNm/m.a. También se colocaron en los centros de vano refuerzos de armadura en la cara inferior (positivos) de Ø16 c/20cm en la dirección este-oeste. Con este armado, el momento último que es capaz de absorber pasa a ser de 287 KNm/m.a. Los valores que se obtienen con estos refuerzos son los siguientes.

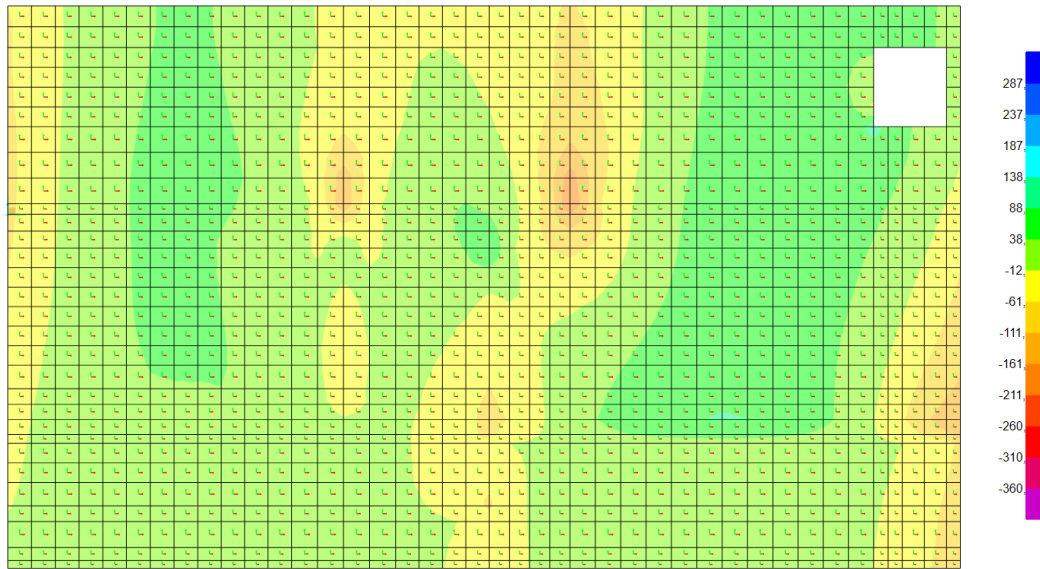


Figura 07.03.03.02-05. Ventana de esfuerzos en ELUu con refuerzos en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.

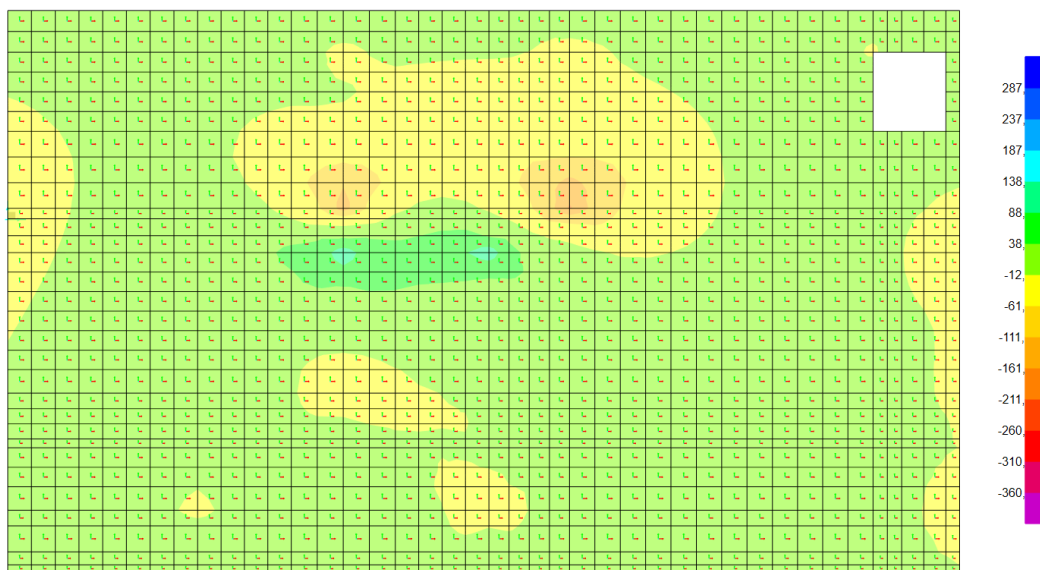


Figura 07.03.03.02-06. Ventana de esfuerzos en ELUu con refuerzos en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.

En este caso, ya no se observan zonas que superen el valor de momento último con el refuerzo dispuesto de manera puntual, por lo que el armado es correcto.

Hay que señalar, que teniendo en cuenta que el armado de refuerzo de mayor cuantía (armado de esfuerzos negativos de #Ø20 c/20cm), el dominio de trabajo en el que se encuentra la losa es el dominio 2, un dominio adecuado para evitar que se produzca la rotura frágil. También el refuerzo de positivos trabaja en el mismo dominio.

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE LOSAS MACIZAS		
ESTRUCTURAS SINGULARES UPV DAVID GALLARDO LLOPIS - 2023		
DATOS DE PARTIDA		
Materiales y geometría		
fck	35	N/mm2
yc	1,50	
fcd	23,33	N/mm2
fyk	500	N/mm2
ys	1,15	
fyd	434,78	N/mm2
fc,m,fl	3,85	N/mm2
Canto Losa Maciza	40	cm
Recubrimiento Neto	4	cm
Cuantía mínima mecánica Usd,min	321	kN
RESISTENCIA ELU		
FLEXIÓN POSITIVA/NEGATIVA Y CORTANTE		
Armadura de Base		
Diámetro de base	16	mm
Distancia entre barras de base	20	cm
Usd base	437,09	kN / m.a.
Canto útil	352,00	mm
M ult base	147	kNm/m.a.
Cortante resistido sin armadura específica (solo base)		
Epsilon	1,753778	
Cuantía geométrica	0,002856	
Vu2 (base)	160	kN/m.a.
Armadura de Refuerzo		
Diámetro de refuerzo	20	mm
Distancia entre barras de refuerzo	20	cm
Usd refuerzo	682,95	kN / m.a.
Usd base + refuerzo	1.120,05	kN / m.a.
Canto Útil Combinado	350,78	mm
M ult base + refuerzo	360	kNm/m.a.

Dominio	2
PROF. FN. [mm]	43

Dominio	2
PROF. FN. [mm]	75

Figura 07.03.03.02-07. Tabla Excel "ES Forjados.xlsm" con armado de refuerzo. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

07.03.03.03. LOSA DE PLANTA DE GARAJE

Las características de esta losa son diferentes a las analizadas, ya que el espesor del elemento es diferente. Estas se obtienen de la documentación del diseño original de la vivienda:

- Resistencia característica del hormigón (fck): HA-35
- Límite elástico del acero (fyk): 500 N/mm²
- Canto de la losa (losa maciza): 25 cm
- Recubrimiento neto: 4 cm
- Características del armado de base (igual en las dos direcciones y en las dos caras de la losa según proyecto):
 - Diámetro de armado base: 12 mm
 - Distancia entre barras del armado base: 20 cm

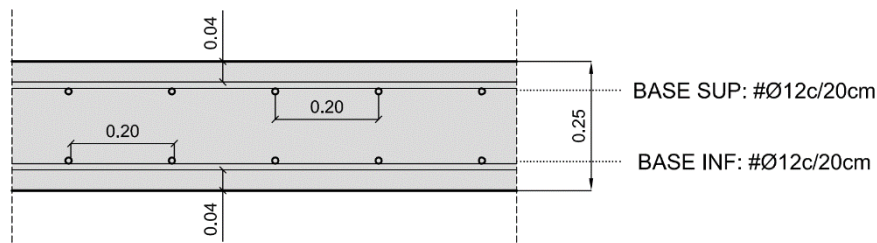


Figura 07.03.03.03-01. Sección de losa maciza de 25 cm de canto. Fuente: David Gallardo.

Se introducen los datos en la tabla, obteniendo los valores de momento último que es capaz de absorber el armado base.

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE LOSAS MACIZAS		
ESTRUCTURAS SINGULARES UPV DAVID GALLARDO LLOPIS - 2023		
DATOS DE PARTIDA		
Materiales y geometría		
fck	35	N/mm ²
yc	1,50	
fcd	23,33	N/mm ²
fyk	500	N/mm ²
ys	1,15	
fyd	434,78	N/mm ²
fc,m,fl	4,33	N/mm ²
Canto Losa Maciza	25	cm
Recubrimiento Neto	4	cm
Cuantía mínima mecánica Usd,min	226	kN
RESISTENCIA ELU		
FLEXIÓN POSITIVA/NEGATIVA Y CORTANTE		
Armadura de Base		
Diámetro de base	12	mm
Distancia entre barras de base	20	cm
Usd base	245,86	kN / m.a.
Canto útil	204,00	mm
M ult base	48	kNm/m.a.
DOMINIO		
2		
PROF. FN. [mm]		
24		

Figura 07.03.03.03-02. Tabla Excel "ES Forjados.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Realizando el mismo proceso señalado en apartados anteriores, se obtienen las siguientes figuras de esfuerzos en SAP2000, con los rangos de colores definidos a partir de los datos obtenidos.

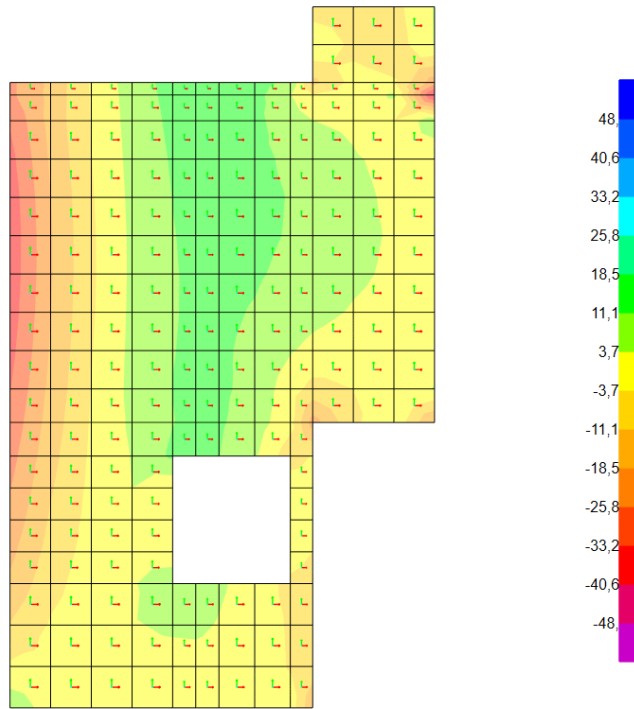


Figura 07.03.03.03-03. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.

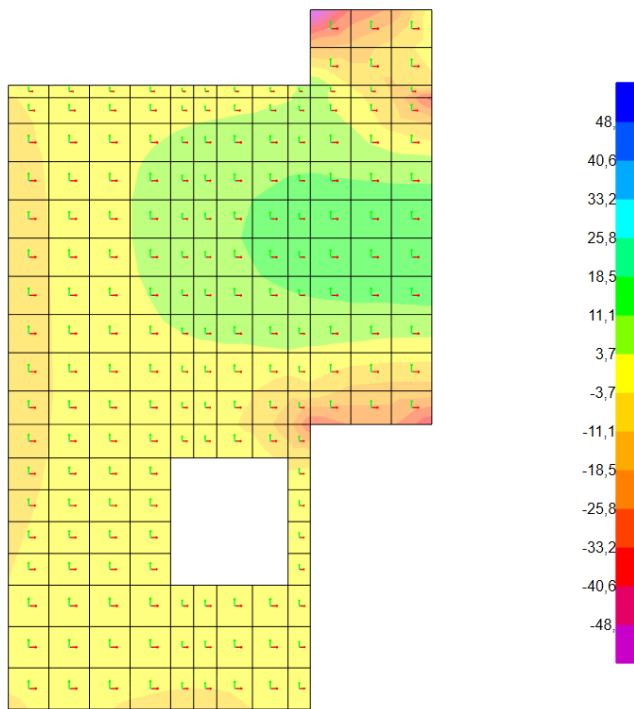


Figura 07.03.03.03-04. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.

No observamos déficits en la respuesta del armado base de #Ø16 c/20cm, al margen de una pequeña zona puntual de momento negativo por la geometría del modelo. En el diseño original, se dispuso de un armado de refuerzo en el centro del vano para reducir los valores de momentos positivos de Ø16 c/20cm en la dirección norte-sur. Con este armado, el momento último que es capaz de absorber pasa a ser de 126 KNm/m.a, obteniendo entonces las siguientes figuras de esfuerzos.

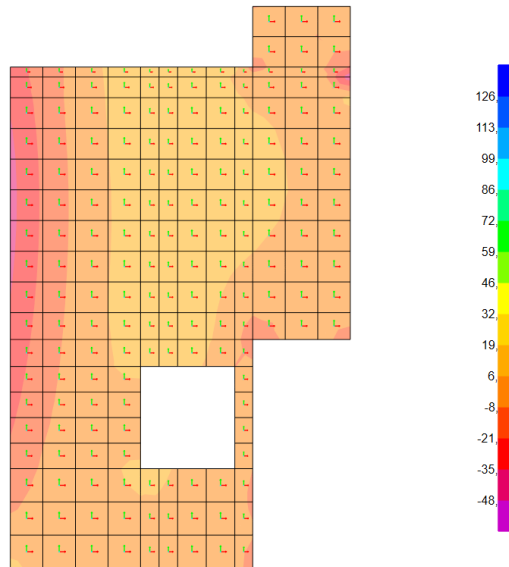


Figura 07.03.03.03-05. Ventana de esfuerzos en ELUu con refuerzos en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.

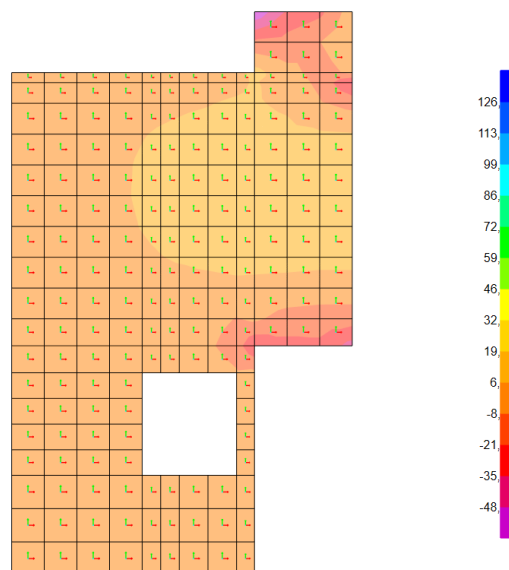


Figura 07.03.03.03-06. Ventana de esfuerzos en ELUu con refuerzos en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.

Hay que tener en cuenta, que el cambio de valores de esfuerzos no se produce en toda la losa como muestran las figuras, sino que únicamente se modifican los valores en aquellas zonas sobre las que se ubica el refuerzo. El resto de zonas sin refuerzo trabajará como se indica en el diagrama inicial.

Se analiza a continuación el punto conflictivo que se aprecia en las figuras de color morado (esfuerzo superior a los admisibles con el armado de negativos). Para ello se realiza un "Section Cut", obteniendo los esfuerzos de manera más precisa, realizando el corte en la dirección del momento M22.

SECTION CUT . DAVID GALLARDO . 2023			
scTMP			
	CDG		POR DEFECTO
X	18,783	RX	
Y	8,550	RY	
Z	3,050	RZ	
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUU		0,967	
Section Cut			
F1	263,8	M1	-36,2
F2	-263,3	M2	14,7
F3	52,8	M3	141,9
F1/L	272,9	M1/L	-37,4
F2/L	-272,4	M2/L	15,2
F3/L	54,6	M3/L	146,8
Esfuerzos de sección calculados			
Nc	-263,3	T	14,7
V2	52,8	M3	-36,2
V3	263,8	M2	-141,9
Nc/L	-272,4	T/L	15,2
V2/L	54,6	M3/L	-37,4
V3/L	272,9	M2/L	-146,8
Selección de esfuerzos		N+, M3+, M2+	
FORZAR EJE 3 HORIZONTAL		SI	
GENERAR TODOS LOS ELU		SI	
COPIAR SECTION CUT TOTALES o /ml		TOTALES	
Copiar Section Cut		Copiar Section Cuts ELU	

Figura 07.03.03.03-07. Section Cut de losa de planta de garaje. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

El dato M3/L en esfuerzos locales (celdas naranjas) nos indica los esfuerzos del elemento finito, teniendo un valor de -37.4 KNm/m.a, y por lo tanto, inferior en valor absoluto que el valor obtenido con el armado base que era capaz de absorber la armadura de -48 KNm/m.a, por lo que el armado base es correcto también en dicho punto.

07.03.03.04. CIMENTACIÓN

Dadas las diferentes características de las zapatas que hay en le estructura, con sus diferentes armados y espesores, se analizan de forma resumida a continuación los diferentes tipos existentes.

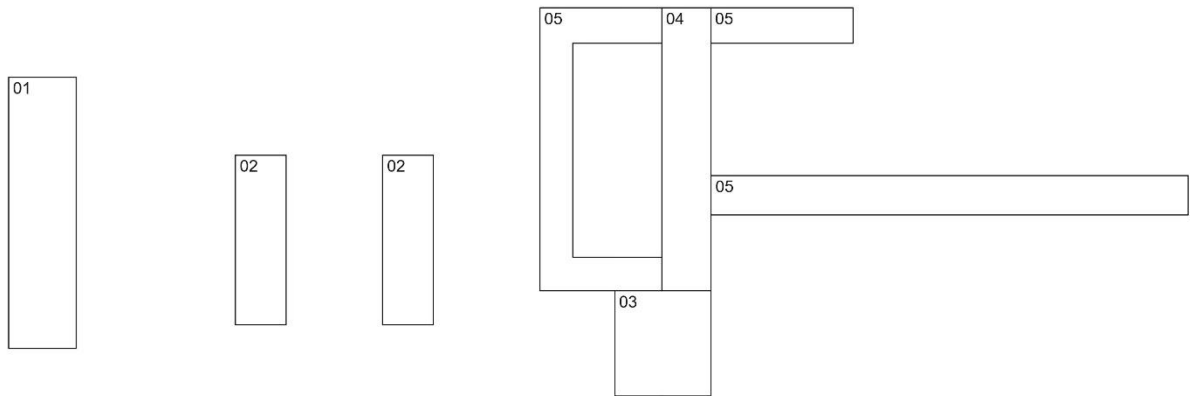
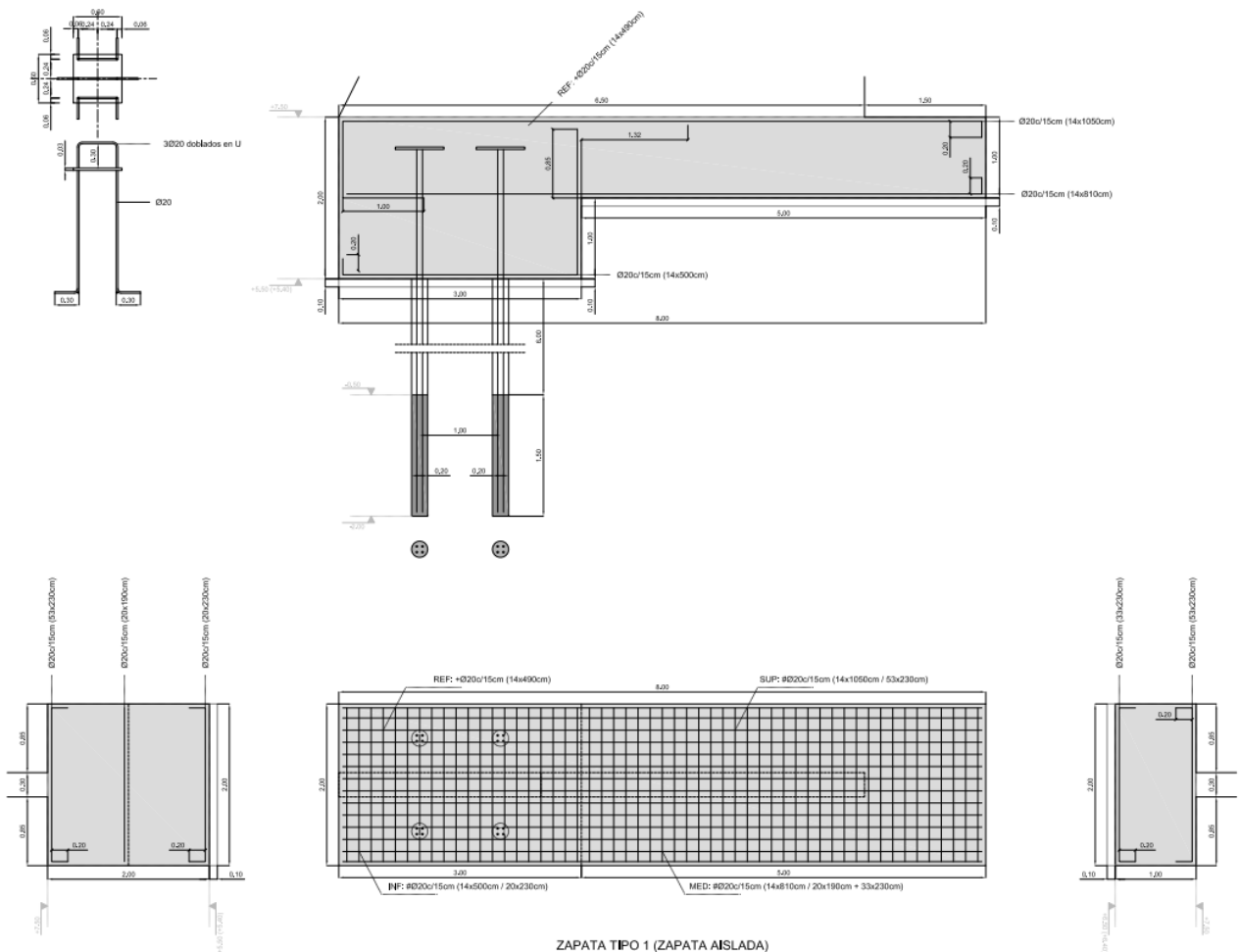


Figura 07.03.03.04-01. Agrupación de tipos de zapatas. Fuente: elaboración propia.

ZAPATA TIPO 01

Esta zapata, correspondiente a la que soporta el muro en pescante, presenta la particularidad de disponer una variación de espesor, por lo que a su vez este análisis se divide en dos, uno para la zona de un metro de espesor y otro para la zona de dos metros.



ZAPATA TIPO 1 (ZAPATA AISLADA)

Figura 07.03.03.04-02. Armado zapata tipo 01. Fuente: David Gallardo.

- Tramo de 1 metro de profundidad:

Se introducen los diferentes datos conocidos en la tabla Excel para obtener el momento último capaz de absorber este tramo (armado equivalente en ambas caras).

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE LOSAS MACIZAS			
ESTRUCTURAS SINGULARES UPV DAVID GALLARDO LLOPIS - 2023			
DATOS DE PARTIDA			
Materiales y geometría			
fck	35	N/mm2	
yc	1,50		
fcd	23,33	N/mm2	
fyk	500	N/mm2	
ys	1,15		
fyd	434,78	N/mm2	
fc,m,fl	3,21	N/mm2	
Canto Losa Maciza	100	cm	
Recubrimiento Neto	7	cm	
Cuántía mínima mecánica Usd,min	669	kN	
RESISTENCIA ELU			
FLEXIÓN POSITIVA/NEGATIVA Y CORTANTE			
Armadura de Base			
Diámetro de base	20	mm	
Distancia entre barras de base	15	cm	
Usd base	910,61	kN / m.a.	
Canto útil	920,00	mm	
M ult base	805	kNm/m.a.	

DOMINIO
2
PROF. FN. (mm)
101

Figura 07.03.03.04-03. Tabla Excel "ES Forjados.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Se aplica el valor obtenido en la definición de los rangos en SAP2000 para obtener las siguientes figuras.

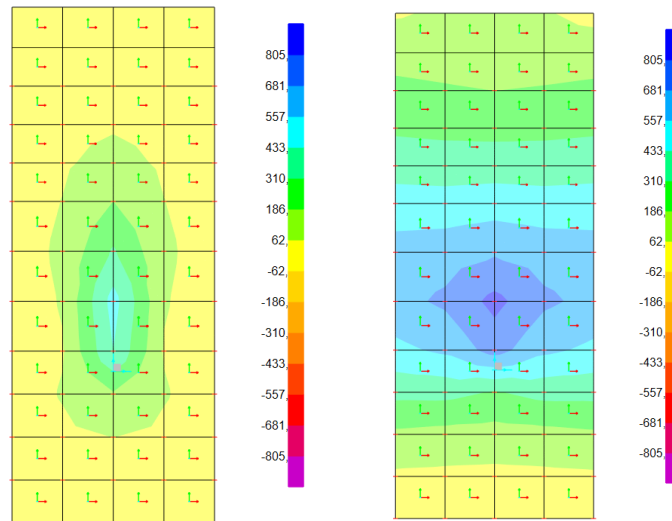


Figura 07.03.03.04-04. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.). Fuente: elaboración propia.

Se observa una zona que supera el valor de momento último con el armado base, pero como se aprecia en la figura no se disponen refuerzos en esta zona, ya que este valor no es correcto, sino que corresponde a una zona puntual que se analiza con la herramienta "Section Cut", para conocer los esfuerzos precisos.

Nc/L	0,0	 T/L 	7,2
 V2/L 	239,9	M3/L	726,7
 V3/L 	0,0	M2/L	0,0

Figura 07.03.03.04-05. Section Cut de zapata tipo 01 en tramo de un metro de espesor. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

El dato M3/L en esfuerzos locales correspondiente a los esfuerzos del elemento finito es de 726,7 KNm/m.a, menor que 805 KNm/m.a por lo que la armadura es correcta.

- Tramo de 2 metros de profundidad:

Se repite el proceso del primer tramo, con un armado también equivalente en ambas caras.

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE LOSAS MACIZAS ESTRUCTURAS SINGULARES UPV DAVID GALLARDO LLOPIS - 2023			
DATOS DE PARTIDA			
Materiales y geometría			
fck	35	N/mm2	
yc	1,50		
fcd	23,33	N/mm2	
fyk	500	N/mm2	
ys	1,15		
fyd	434,78	N/mm2	
fc,m,fl	3,21	N/mm2	
Canto Losa Maciza	200	cm	
Recubrimiento Neto	7	cm	
Cuantía mínima mecánica Usd,min	1.337	kN	
RESISTENCIA ELU			
FLEXIÓN POSITIVA/NEGATIVA Y CORTANTE			
Armadura de Base			
Diámetro de base	20	mm	
Distancia entre barras de base	15	cm	
Usd base	910,61	kN / m.a.	
Canto útil	1.920,00	mm	
Mult base	1.671	kNm/m.a.	

ARM. MINIMA
DOMINIO
2
PROF. FN. (mm)
163

Figura 07.03.03.04-06. Tabla Excel "ES Forjados.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Al introducir estos valores, la tabla Excel nos indica que no se está cumpliendo con el armado mínimo, pero esto no significa que sea incorrecto, sino que no se cumple la exigencia de la EHE-08 para evitar la rotura frágil y hay que minorar la capacidad de la losa a través de coeficientes reductores, automatizado en la propia tabla, por lo que el valor obtenido se aplica en la definición de los rangos en SAP2000 para obtener las siguientes figuras. Además, la zapata dispone realmente de más armado como se indica en la figura 07.03.03.04-02, pero no es necesario realizar un cálculo de nuevo con el refuerzo ya que se obtienen unos valores que cumplen a resistencia con el armado base, como se indican a continuación.

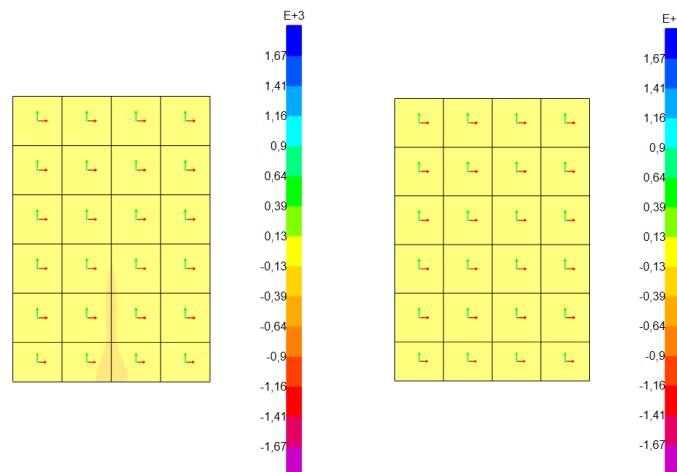


Figura 07.03.03.04-07. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.). Fuente: elaboración propia.

No se observan zonas que no cumplan, de hecho, las solicitaciones son muy pequeñas, ya que esta parte de la zapata funciona a modo de contrapeso para equilibrar el vuelco que produce la estructura, además de disponer anclajes que colaboran en la absorción de esfuerzos. Por todo ello, el armado dispuesto cumple a resistencia.

ZAPATAS TIPO 02

Estas zapatas, soportan las dos pantallas interiores del cuerpo volado y presentan las mismas características de tamaño, espesor y armado empleado. Se procede a la comprobación haciendo uso de las mismas tablas Excel.

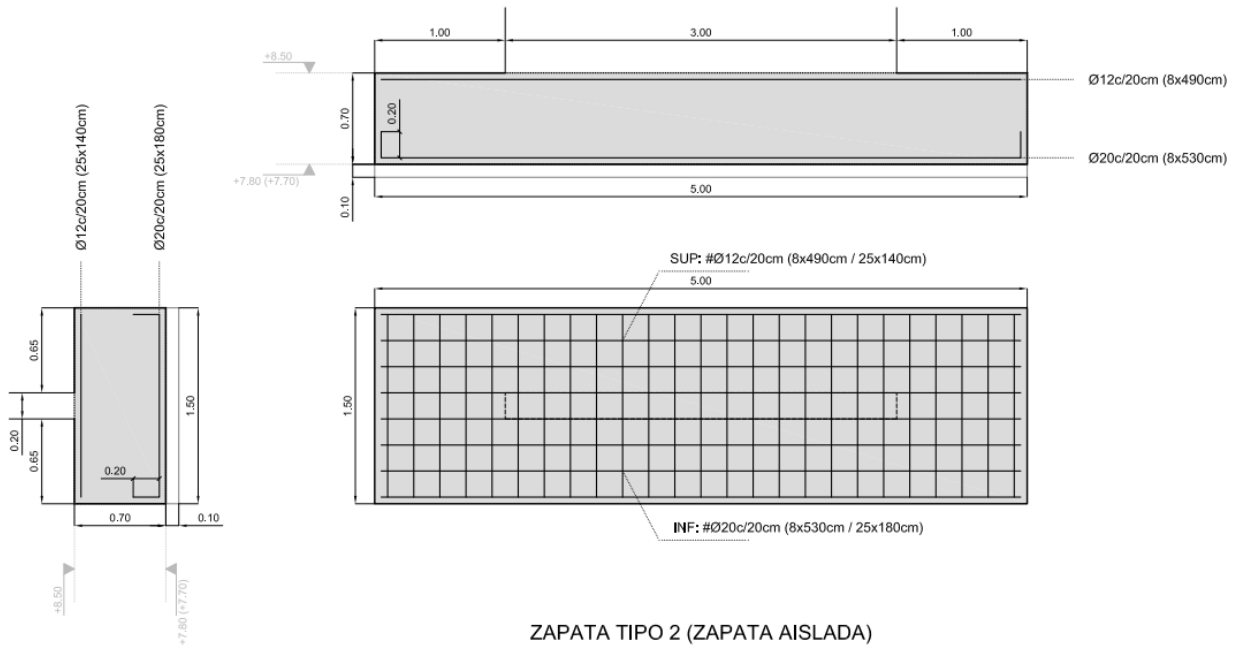


Figura 07.03.03.04-08. Armado zapata tipo 02. Fuente: David Gallardo.

Hay que observar que en este caso el armado es diferente en cada una de las caras, por lo que los límites de momentos positivos y negativos serán diferentes. Haciendo uso de la tabla, se obtienen los siguientes valores de momento último en cada una de las caras:

- Momento último base en cara superior (armadura de negativos): -146 kNm/m.a.
- Momento último base en cara inferior (armadura de positivos): 407 kNm/m.a.

Introduciendo estos valores en SAP2000 obtenemos las figuras siguientes.

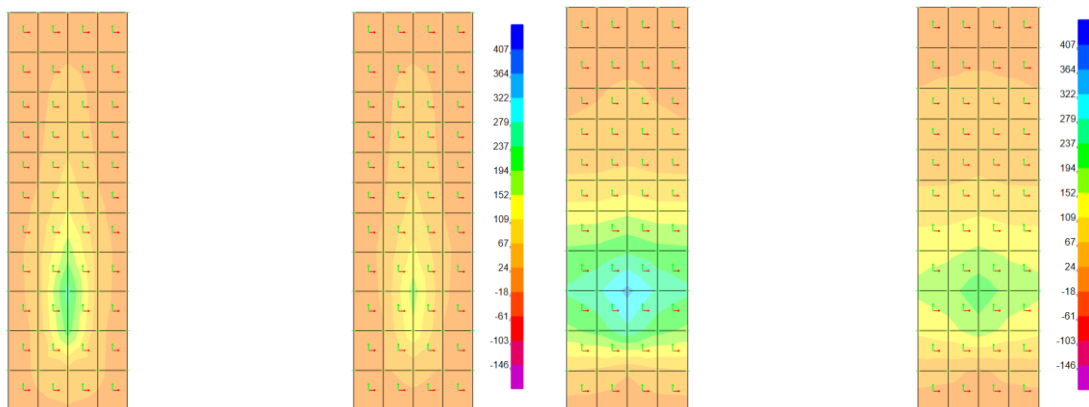


Figura 07.03.03.04-09. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.). Fuente: elaboración propia.

Al no aparecer ninguna zona que supere los valores límite de momento último, se considera el armado base como suficiente para absorber los esfuerzos.

ZAPATA TIPO 0.3

Esta zapata soporta parte del muro principal de la vivienda. Su sección y armado se muestra en la siguiente figura.

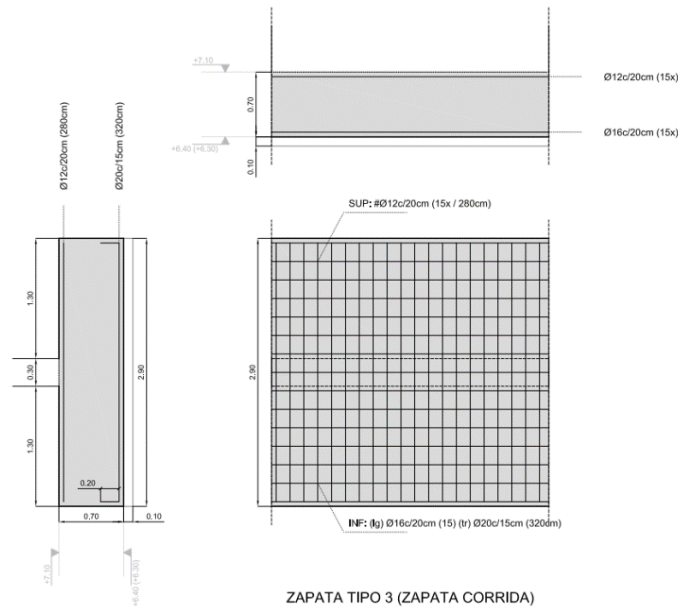


Figura 07.03.03.04-10. Armado zapata tipo 03. Fuente: David Gallardo.

En este caso, el armado además de ser diferente en cada una de las caras es diferente en una de ellas en el sentido longitudinal y transversal, por lo que los límites de momentos positivos y negativos serán diferentes en ambas caras y en una de las caras serán diferentes según qué momento se esté comprobando, si M11 o M22. Haciendo uso de la tabla, se obtienen los siguientes valores de momento último en cada una de las caras y direcciones:

- Momento último base en cara superior (armadura de negativos): -146 kNm/m.a.
- Momento último longitudinal en cara inferior (armadura de positivos): 261 kNm/m.a.
- Momento último transversal en cara inferior (armadura de positivos): 539 kNm/m.a.

Introduciendo estos valores en SAP2000 obtenemos las figuras siguientes.

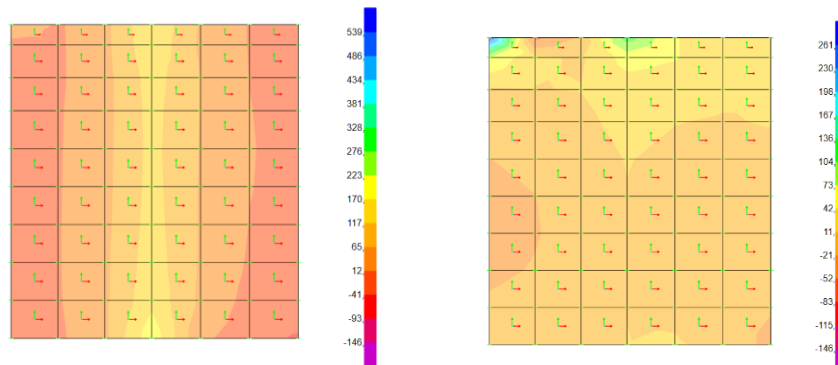


Figura 07.03.03.04-11. Ventana de esfuerzos en ELU en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.). Fuente: elaboración propia.

Al aparecer únicamente un pequeño punto de posible refuerzo positivo en una esquina, de valor 267 kNm/m.a., se considera que ninguna zona supera los valores límite de momento último, dando por válido el armado utilizado.

ZAPATA TIPO 04

Esta zapata, presenta la particularidad de disponer en un tramo el muro en una de sus caras y en otro tramo en la cara opuesta, pero presenta las mismas características de tamaño, espesor y armado empleado. Se procede a la comprobación haciendo uso de nuevo de tablas Excel.

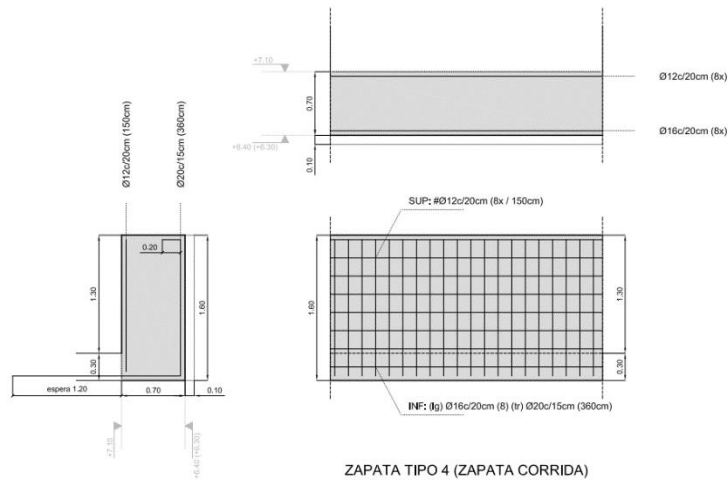


Figura 07.03.03.04-12. Armado zapata tipo 04. Fuente: David Gallardo.

Igual que en el caso anterior, el armado además de ser diferente en cada una de las caras es diferente en una de ellas en el sentido longitudinal y transversal. Haciendo uso de la tabla, se obtienen los siguientes valores de momento último en cada una de las caras y direcciones, coincidentes con los del apartado anterior:

- Momento último base en cara superior (armadura de negativos): -146 kNm/m.a.
- Momento último longitudinal en cara inferior (armadura de positivos): 261 kNm/m.a.
- Momento último transversal en cara inferior (armadura de positivos): 539 kNm/m.a.

Se introducen estos valores en SAP2000 para obtener las figuras siguientes.

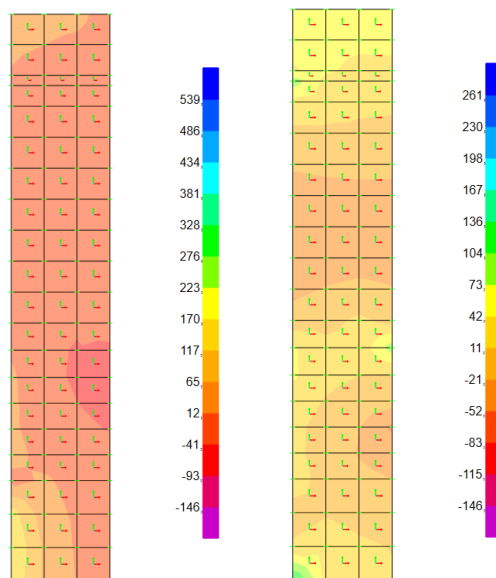
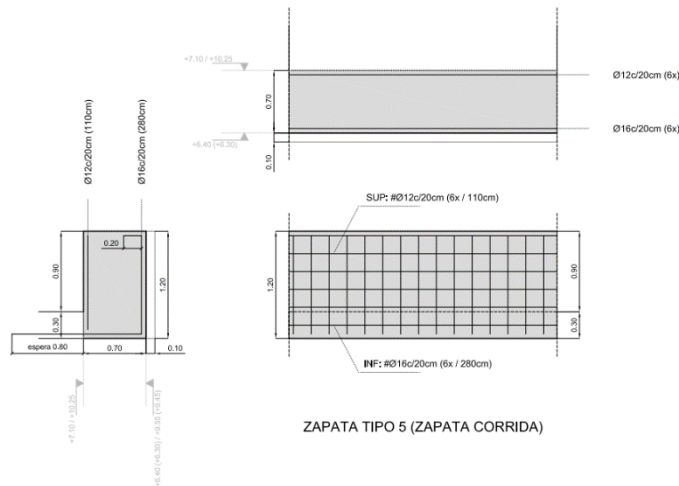


Figura 07.03.03.04-13. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.). Fuente: elaboración propia.

El armado es correcto, pues no se observa ningún punto que supere los valores límite.

ZAPATAS TIPO 05

Este tipo de zapata va soportando diferentes partes de la estructura, pero siempre con la misma composición de armado, achura y espesor. Su sección y armado se muestra en la siguiente figura.



ZAPATA TIPO 5 (ZAPATA CORRIDA)

Figura 07.03.03.04-14. Armado zapata tipo 04. Fuente: David Gallardo.

El armado es diferente en cada una de las caras, por lo que los límites de momentos positivos y negativos serán diferentes, pero no presentan diferencia entre el armado longitudinal y transversal. Esto facilita la comprobación en este caso particular, pues este grupo de zapatas presenta dos variantes dependiendo de cómo estén orientadas en el modelo; en unas las armaduras longitudinales siguen la dirección norte-sur y en otras este-oeste, pero como el armado longitudinal y transversal de cada capa es igual, se puede realizar la comprobación a la vez, en caso contrario habría que realizarlo independientemente en cada caso para colocar los límites de forma adecuada. Haciendo uso de la tabla, se obtienen los siguientes valores de momento último en cada una de las caras:

- Momento último base en cara superior (armadura de negativos): -146 kNm/m.a.
- Momento último base en cara inferior (armadura de positivos): 261 kNm/m.a.

Introduciendo estos valores en SAP2000 obtenemos las figuras siguientes.

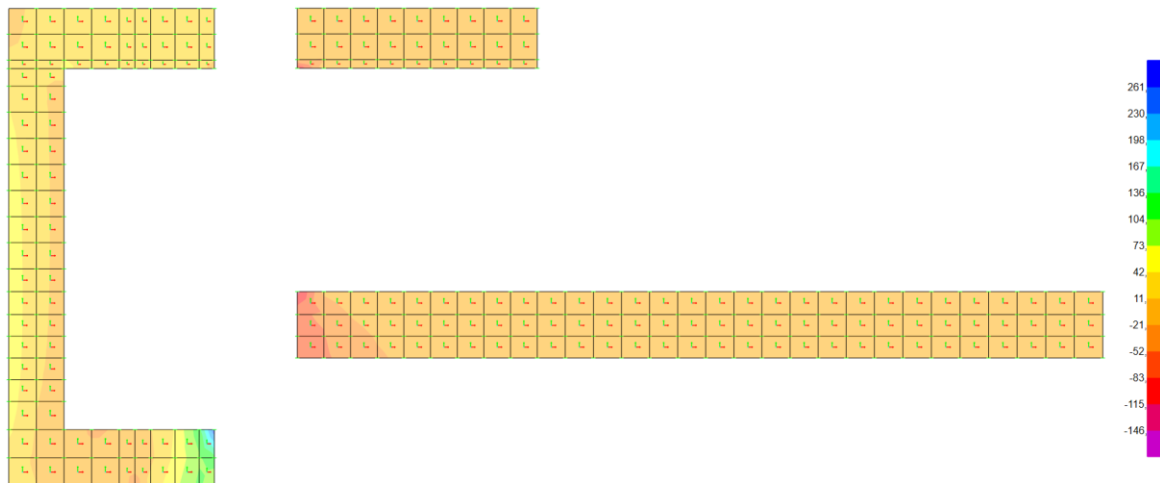


Figura 07.03.03.04-15. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.

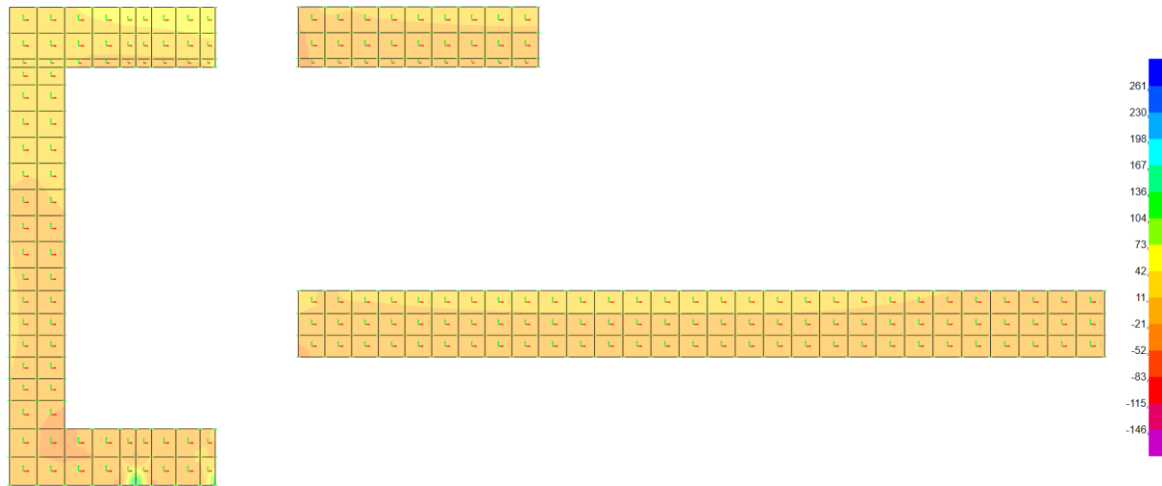


Figura 07.03.03.04-16. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.

Ambos diagramas dan resultados válidos, ya que no se superan los valores límite en ninguno de los diagramas para ningún punto, por lo que el armado base cumple a resistencia. De este modo, concluimos que el dimensionado de la cimentación es correcto en su totalidad.

07.04. ANÁLISIS DEL PROYECTO DENTRO DEL PROYECTO; LA CIMBRA

Durante el proceso de ejecución de la estructura, las diferentes cargas que generan los elementos sobre la cimbra dependen de en qué fase se encuentre, variando en función del aumento de peso que recae sobre la cimbra y la colaboración o no de los elementos estructurales ya ejecutados en la absorción de esfuerzos.

El programa SAP2000 es una herramienta muy potente para la comprobación de elementos lineales metálicos, indicando además su grado de saturación, permitiendo así en el dimensionado de una estructura metálica optimizar sus componentes. Habiendo definido en apartados anteriores las diferentes fases de ejecución a analizar, con sus cargas y elementos construidos, se procede en primer lugar en este análisis a comprobar el grado de saturación de las diferentes barras empleadas en la cimbra original en cada uno de los modelos para sacar las primeras conclusiones de su dimensionado.

07.04.01. COMPROBACIÓN BARRAS METÁLICAS ORIGINALES A ELU

Para realizar la comprobación de los elementos lineales de acero primero se sigue la ruta siguiente para definir en primer lugar las preferencias de la comprobación, en cada uno de los modelos de análisis que se disponen:

Design > Steel Frame Design... > View/Revise Preferences...

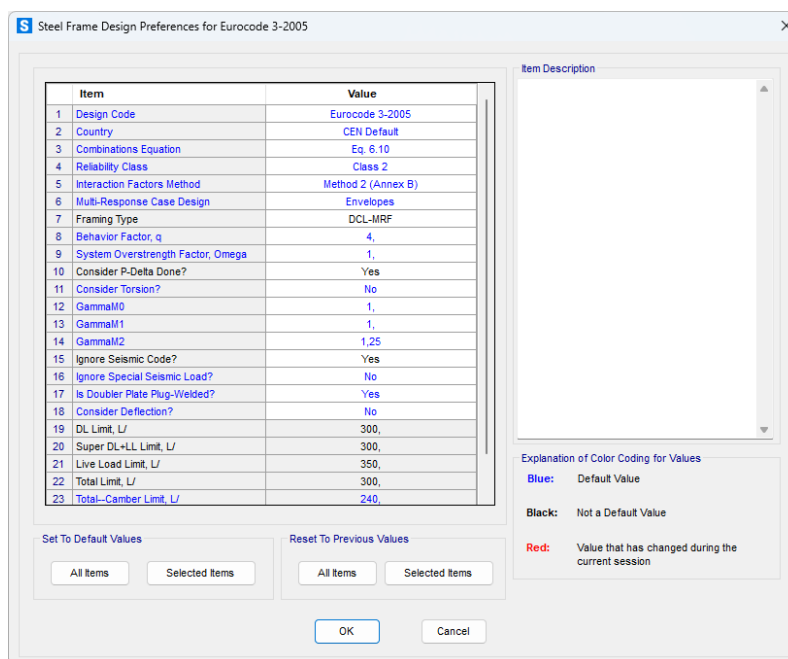


Figura 07.04.01-01. Ventana de preferencias de diseño de la estructura en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

En este caso, la estructura es intranslacional, por ello en la opción “Consider P-Delta Done” se selecciona la opción “Yes”. Una vez definidas estas características y seleccionadas las combinaciones que se van a comprobar en el apartado *Select Design Combos* (todas las referentes a estados límite últimos, excepto la combinación envolvente “ELU”) se procede a calcular el modelo. Hay que solicitar a la herramienta SAP2000 que compruebe todas las barras metálicas del modelo en varios puntos de su longitud realizando la comprobación de todas las combinaciones seleccionadas, proporcionándonos en cada una de las barras la situación más desfavorable y con que combinación se produce. Este punto nos indica su grado máximo de saturación. Para ello se sigue la ruta siguiente:

Design > Steel Frame Design... > Start Design/Check of Structure...

El proceso que se va a seguir para la comprobación es el siguiente; el programa, una vez analizada la estructura, asigna una escala de colores a las barras, dejando en color gris aquellas barras no comprobadas (por ejemplo, cuando se trata de barras de hormigón, como los tirantes de la zapata del pescante). Los otros rangos de colores representan las situaciones siguientes:

- *Azul*: Barra saturada menos del 50% (barras sobredimensionadas).
- *Verde*: Barra saturada entre el 50% y 70%.
- *Amarillo*: Barra saturada entre el 70% y 90%.
- *Naranja*: Barra saturada entre el 90% y 100% (barras más optimizadas).
- *Rojo*: Barra saturada más del 100%.

Para ver el valor del grado de saturación exacto se sigue la ruta siguiente:

Design > Steel Frame Design... > Display Design Info...

Para localizar solo aquellas barras que están saturadas al 100%, en el cuadro de diálogo de dicha ruta se activa un ratio de valores mínimos, cuyo valor será la unidad, o aislándolas mediante la siguiente ruta, que nos permite seleccionar de forma automática aquellas barras que no cumplen las comprobaciones de resistencia, ocultando el resto de la vista:

Design > Steel Frame Design... > Verify All Members Passed...

Cuando un elemento lineal no cumple, se analiza pormenorizadamente, comprobando en su sumario cual es el factor que provoca la comprobación negativa. En el caso de que esto suceda, habrá que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Si se observan las comprobaciones realizadas sobre una barra, la combinación que nos aparece en primer lugar al ejecutar el comando es aquella más desfavorable para el elemento, indicándonos en tres columnas el grado de saturación para esfuerzos axiales, flexión principal y flexión secundaria, sumándolas, dando el valor de ratio. Las dos últimas columnas son cortante principal y cortante secundario, estos dos últimos no se suman a los otros valores, sino que influyen en cómo se aplica la fórmula.

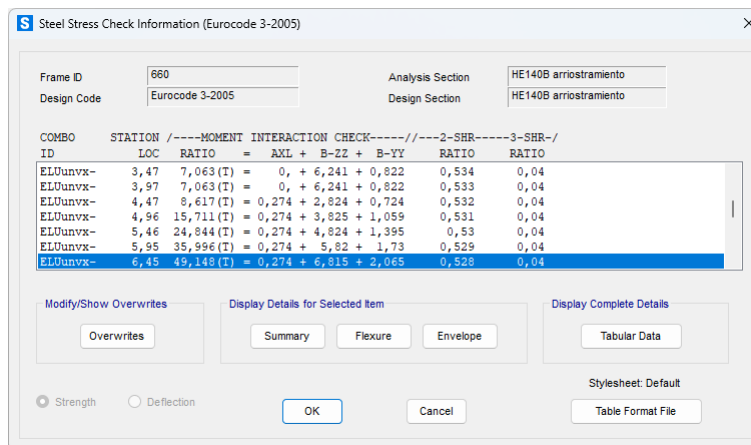


Figura 07.04.01-02. Ventana de informe de verificación de tensión del acero en barras en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

- El programa SAP2000 comprueba todas las barras a pandeo y pandeo lateral. Se ha desactivado el pandeo lateral de aquellas barras en las que no se pueda producir por la disposición constructiva del elemento. Este es el caso de los perfiles IPE240 porque el tablero sobre la cimbra metálica que se colocó estaba fijado de tal forma que impedía que estos perfiles pudiesen pandear lateralmente.

Se procede entonces, empleando esta metodología, a determinar en qué fase de ejecución sufre cada una de las barras su valor máximo de saturación, cual es este valor y si en algún momento de la ejecución alguna barra supera el coeficiente de saturación máximo posible.

ANÁLISIS EN FASE PRIMERA

En esta fase, nos encontramos en la ejecución de la losa de la planta de la vivienda en el cuerpo volado con el resto de estructura no volada ya ejecutada. Es por ello que la cimbra ya está ejecutada y empieza a trabajar en este momento. El análisis de las barras que nos proporciona SAP2000 es el siguiente. En las diferentes figuras se está ocultando el resto de elementos que no componen la cimbra para apreciar bien los resultados, pero estos siguen estando en el modelo como se había definido en el apartado 04.05.

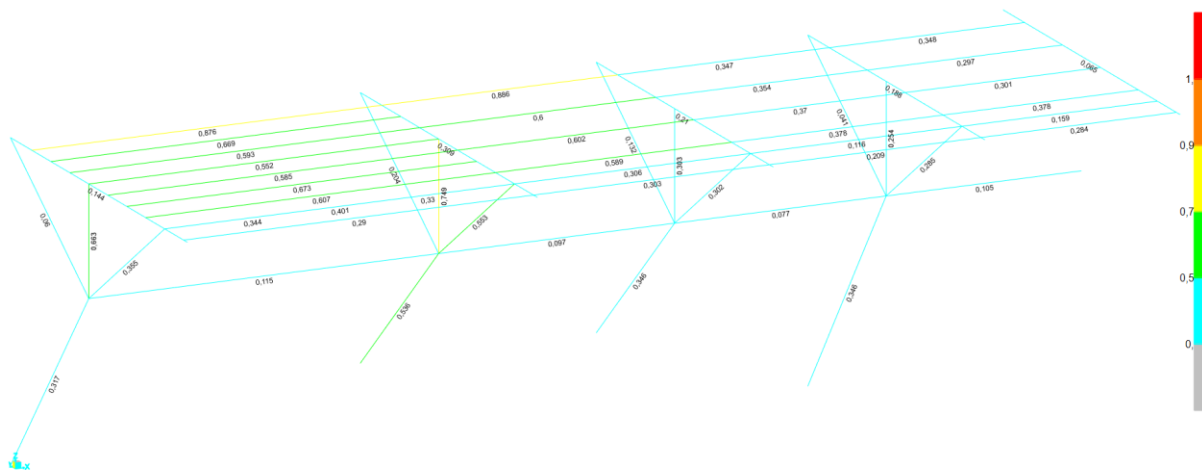


Figura 07.04.01-03. Resultados de saturación de barras de la cimbra a ELU para fase primera en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS EN FASE SEGUNDA

Ahora nos encontramos en la ejecución de los muros interiores de la vivienda con la losa de planta primera ya ejecutada (fase primera completada) y colaborando estructuralmente este elemento. Todavía se está en el proceso de construcción del cuerpo volado, por ello la estructura cuenta con la cimbra. El análisis de esta fase es el siguiente.

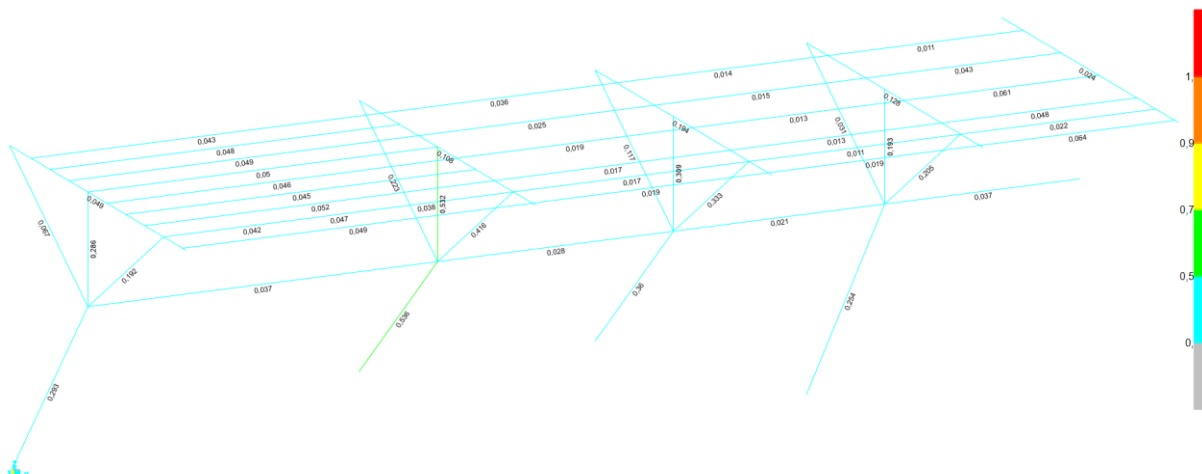


Figura 07.04.01-04. Resultados de saturación de barras de la cimbra a ELU para fase segunda en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS EN FASE TERCERA

Momento de la ejecución de la losa de la cubierta del cuerpo volado con los muros interiores ya ejecutados y colaborando estructuralmente, pero en proceso de ejecución de esta parte de la vivienda y por ello con la cimbra trabajando. SAP2000 nos proporciona los siguientes resultados.

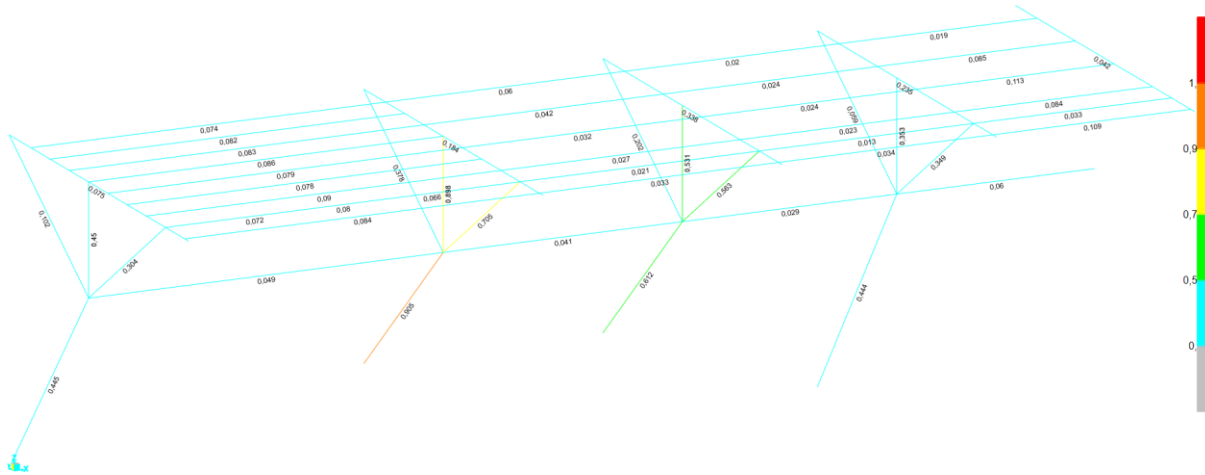


Figura 07.04.01-05. Resultados de saturación de barras de la cimbra a ELU para fase tercera en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS EN FASE CUARTA

En esta fase, la estructura está completamente ejecutada colaborando estructuralmente toda ella, por lo que se podría considerar que la cimbra ya no es necesaria si la estructura está correctamente calculada, pues los esfuerzos han de ser capaces de ser absorbidos por el conjunto estructural, pero vamos a suponer todavía no se ha desmontado la cimbra para ver que esfuerzos se transmiten a esta. Obtenemos entonces este análisis.

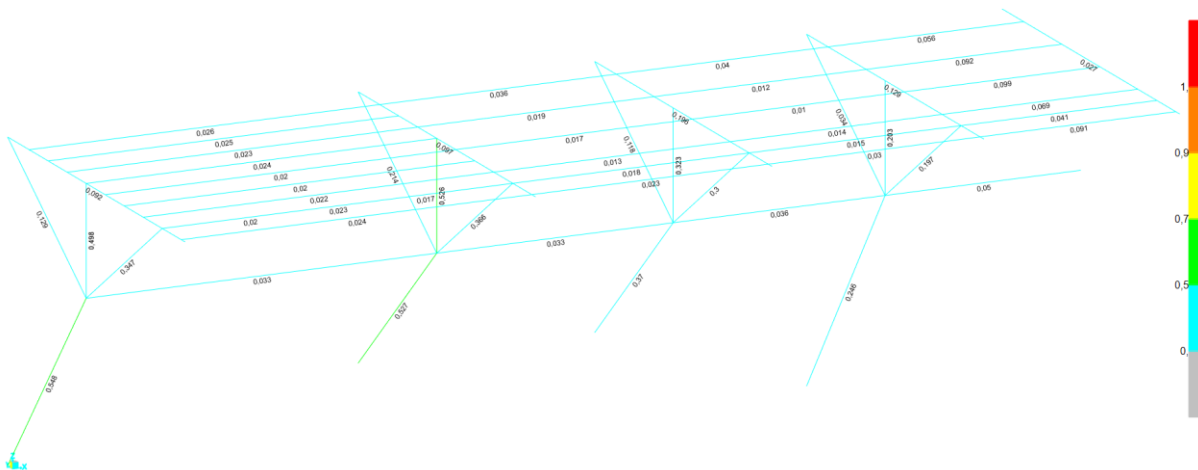


Figura 07.04.01-06. Resultados de saturación de barras de la cimbra a ELU para fase cuarta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS EN FASE QUINTA

Ahora la estructura, ya completada en la fase anterior, comienza a trabajar sin ninguna ayuda de la cimbra al haberse desmontado esta completamente. Al tratarse de la situación de la vida real en la que se encuentra la estructura, la cual ha sido objeto de análisis en apartados anteriores del trabajo, y no disponer de cimbra, no hay que considerar esta fase en este análisis.

07.04.02. OPTIMIZACIÓN DE BARRAS METÁLICAS A ELU

En la primera parte del análisis, ninguna de las barras ha superado su grado de saturación máximo posible, por lo que se procede a redimensionar cada una de las barras en su fase de ejecución más desfavorable para optimizar los perfiles. En primer lugar, se ha elaborado la siguiente figura a modo de resumen en la que se indica la fase en la que cada barra presenta peor comportamiento.

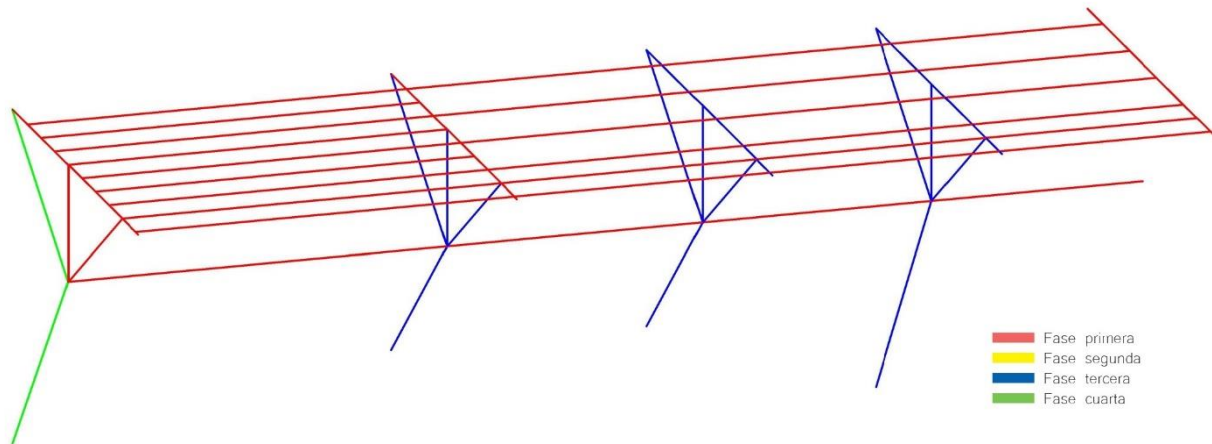


Figura 07.04.02-01. Fase de máxima saturación de barras de la cimbra a ELU. Fuente: elaboración propia.

Para realizar la optimización se va a seguir el siguiente proceso en cada una de las fases, pero atendiendo al resultado obtenido en la fase más desfavorable de cada barra ya determinado. Para ello, en SAP2000 se seleccionan todas las barras, asignándole una sección especial, la cual el programa interpretará para redimensionarlos, siguiendo la siguiente ruta:

Define > Section Properties > Frame Sections... > Add New Property... > Auto Select List

Esta opción, lo que le indica al programa es que aquella barra a la que se le ha asignado esta sección no es una sección concreta, sino una lista de secciones y ha de ser el propio programa SAP2000 el que determine cual es el primero de los perfiles que cumple de los determinados.

Para cargar el grupo de secciones de el mismo tipo de perfil en el archivo, se sigue la siguiente ruta, seleccionando todos los perfiles necesarios entre los que se quiera realizar la comprobación.

Define > Section Properties > Frame Sections... > Import New Property... > Steel > Euro

Una vez cargadas, se selecciona el grupo de barras entre los que puede elegir el programa, definiendo el cuadro de diálogo de la opción "Auto Selection Sections" como aparece a continuación, en este caso se han seleccionado los perfiles HEB a modo de ejemplo, pero cada barra tendrá su propio tipo de perfil, el cual será el original de la cimbra, únicamente se va a variar el tamaño del perfil, pero manteniendo el grupo al que pertenece.

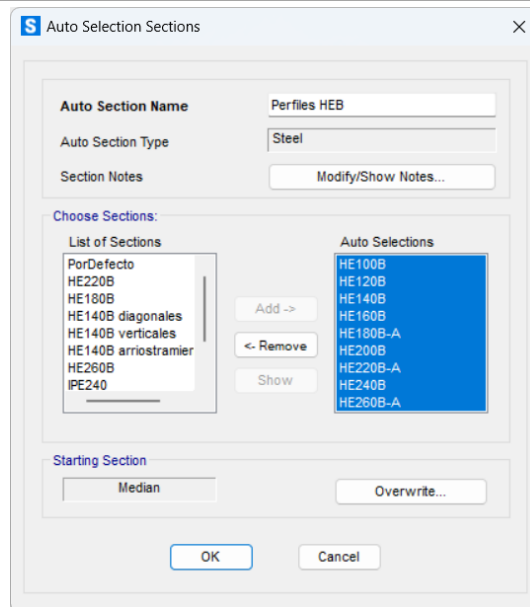


Figura 07.04.02-02. Ventana de secciones de selección automática de barras en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Esta sección indeterminada se asigna siguiendo la ruta:

Assign > Frame > Frame Sections

El programa por defecto asigna de manera automática en primer lugar el perfil que ocupaba la posición intermedia en el grupo de perfiles preseleccionados, lo cual desde el punto de vista de análisis es correcto, ya que provoca un menor número iteraciones. Se procede a calcular el modelo y se comprueba si cumple cada perfil mediante la ruta:

Design > Steel Frame Design > Start Design/Check of Structure...

Cuando la sección esta fija, solo dirá si cumple o no, pero cuando tiene asignada la función "Auto Select List" selecciona el primer perfil que cumple entre los definidos, y le asigna la sección, lo cual nos interesa para optimizar los perfiles.

Lo que hace el programa es, con los esfuerzos del dimensionado anterior, elige los perfiles que cumplen asignándole esta sección, pero al haber cambiado los perfiles, al ser una estructura hiperestática, los esfuerzos son diferentes, por lo que hay que volver a calcular. Se ha de tener en cuenta si se han variado las secciones entre la predefinida y la definitiva tras el cálculo. Esto se obtiene a través de la siguiente ruta, obteniendo el total de barras que se han modificado:

Design > Steel Frame Design... > Verify Analysis vs Design Section...

Mientras esta herramienta nos diga que se han producido cambios de perfiles, se repite el cálculo de forma iterativa, sin desbloquear el modelo para realizar el nuevo cálculo, dando el cálculo por valido cuando no se indiquen nuevas modificaciones, comprobando que cumplen estas últimas secciones a través del comando siguiente.

Design > Steel Frame Design... > Verify All Members Passed...

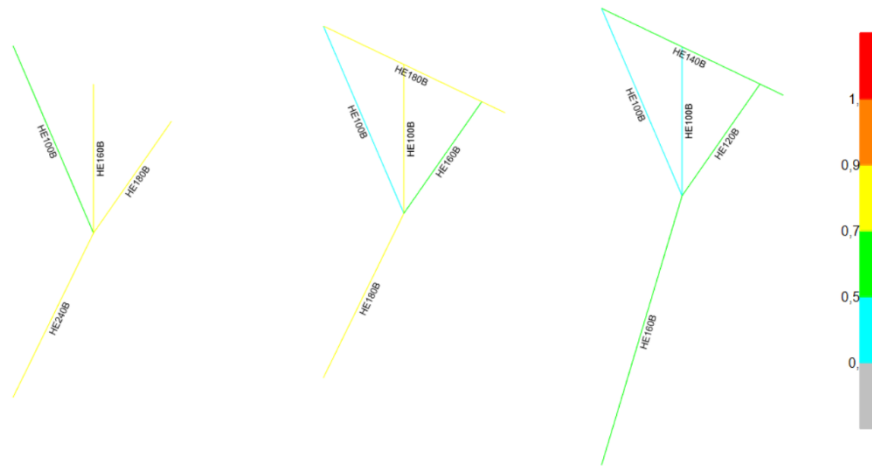


Figura 07.04.02-04. Fase tercera con perfiles optimizados y con saturación de barras de la cimbra a ELU. Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS DE PERFILES MÁS DESFAVORABLES EN FASE CUARTA

En esta fase, únicamente dos perfiles HEB presentan la situación más desfavorable, obteniendo como resultado de la optimización el mostrado a continuación.

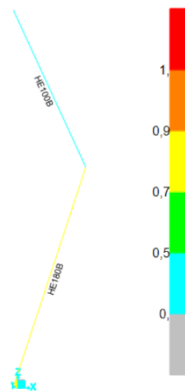


Figura 07.04.02-05. Fase cuarta con perfiles optimizados y con saturación de barras de la cimbra a ELU. Fuente: elaboración propia.

Una vez realizada la optimización en todas las fases, se concluye que la cimbra optimizada presentaría los siguientes perfiles con sus secciones correspondientes, teniendo en cuenta que en las correas se ha simplificado la sección como se ha comentado previamente, utilizando en todas ellas perfiles IPE240.

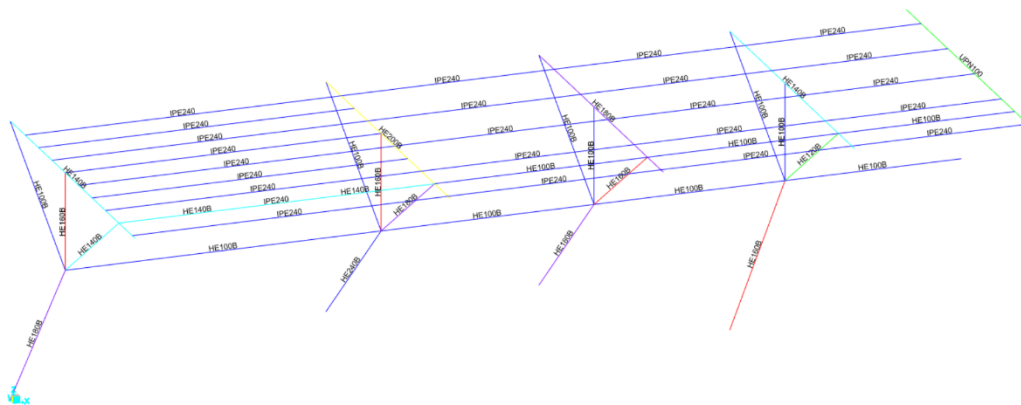


Figura 07.04.02-06. Perfiles de la cimbra completa a ELU tras la optimización. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se procede a comprobar que estos perfiles cumplen en todas las fases del proyecto, dejando como secciones fijas en las diferentes fases las de la figura anterior y analizando que ninguna de ellas pasa su grado máximo de saturación posible, aunque presenten secciones menores que en la estructura original. Si el resultado fuera satisfactorio, se podría concluir que se está utilizando una menor cantidad de material que en la cimbra original, aunque ello conlleve una mayor precisión y atención en la ejecución. Las figuras de saturación en cada una de las fases son las siguientes.

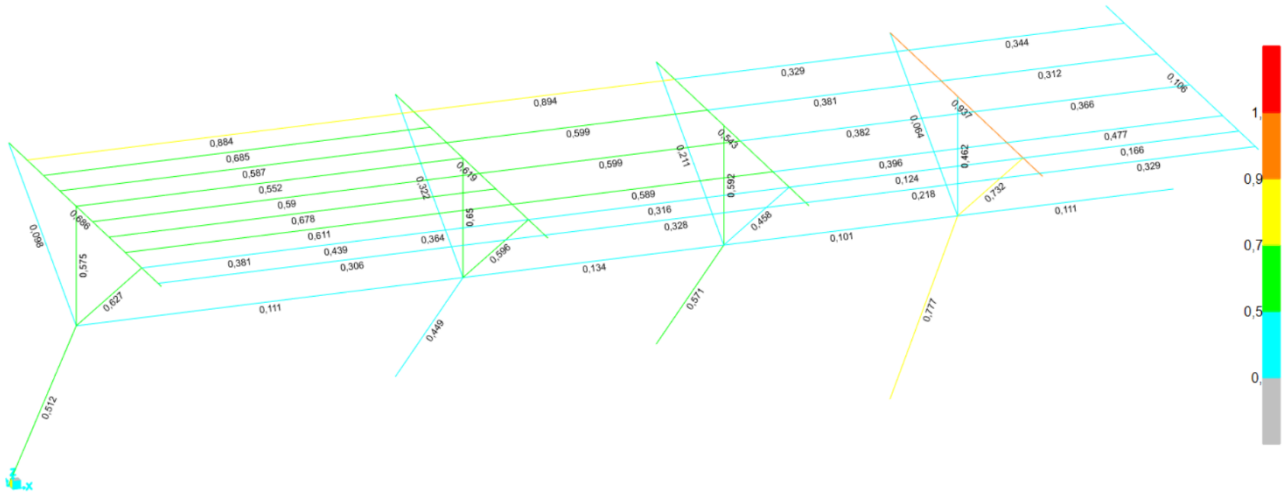


Figura 07.04.02-07. Resultados de saturación de barras de la cimbra optimizada a ELU para fase primera en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

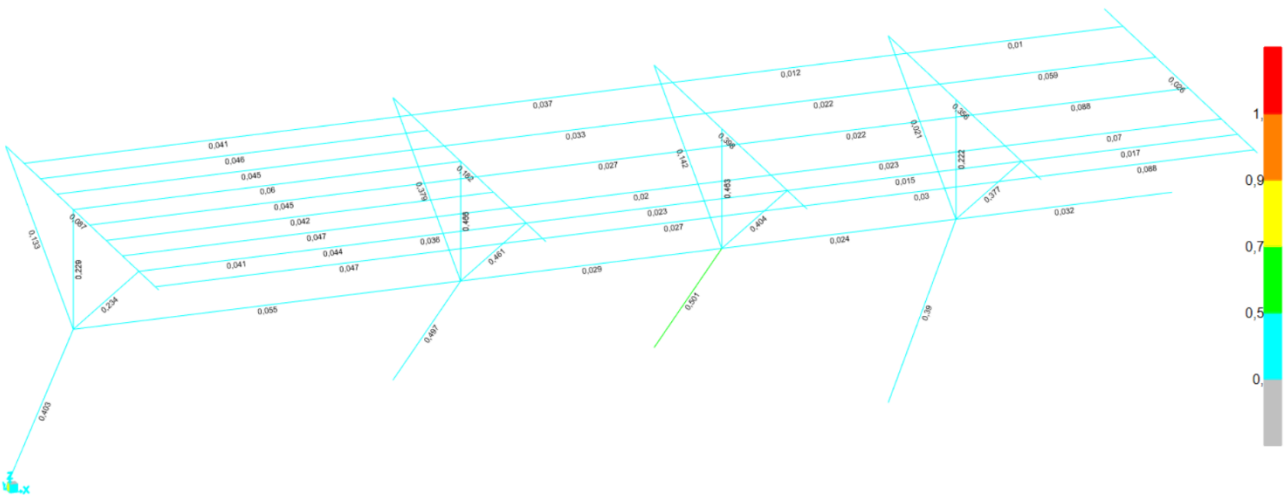


Figura 07.04.02-08. Resultados de saturación de barras de la cimbra optimizada a ELU para fase segunda en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

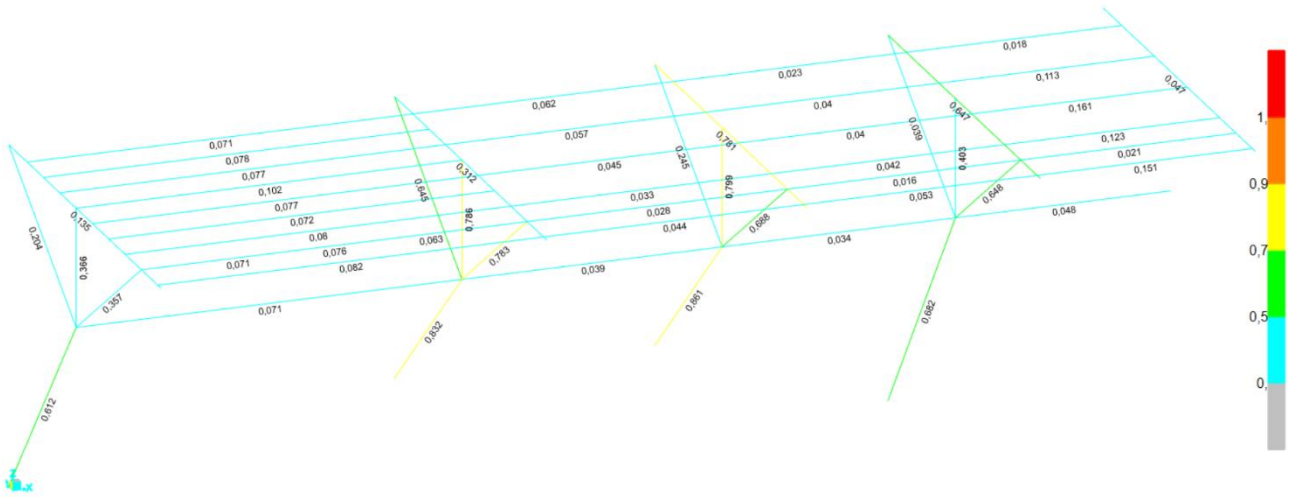


Figura 07.04.02-09. Resultados de saturación de barras de la cimbra optimizada a ELU para fase tercera en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

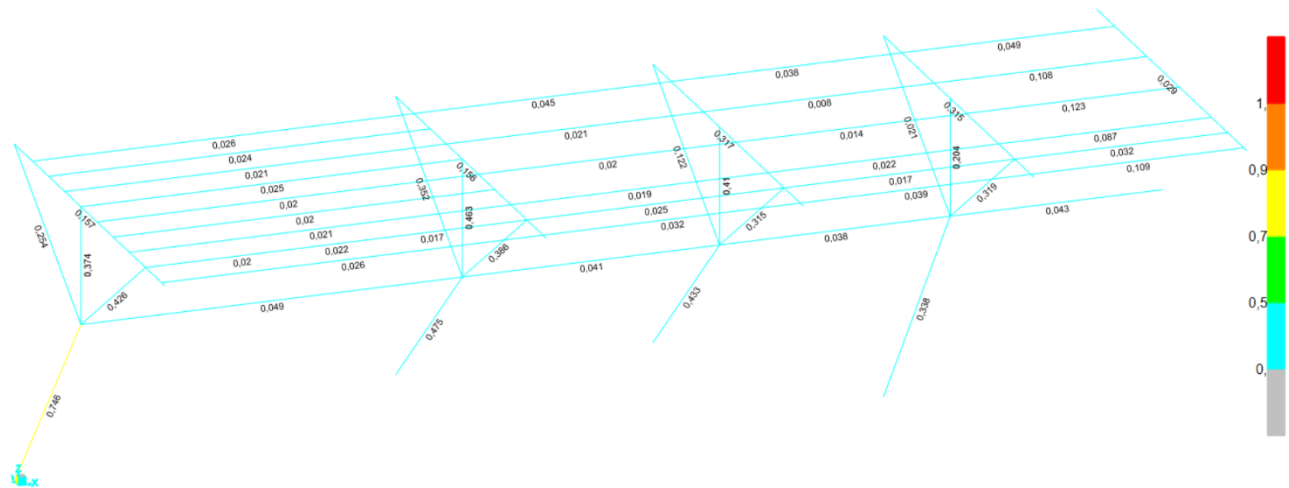


Figura 07.04.02-10. Resultados de saturación de barras de la cimbra optimizada a ELU para fase cuarta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Todas las figuras muestran resultados validos en cada fase del proceso constructivo por lo que se puede concluir que los perfiles obtenidos al optimizar la cimbra cumplen con las restricciones a resistencia, utilizando menos material al haber disminuido las secciones de los perfiles respecto a los de la cimbra original. Para poder determinar en qué proporción se ha disminuido la cantidad de masa de la cimbra optimizada con respecto a la original se hace uso de la herramienta de SAP2000 siguiendo la ruta siguiente, teniendo el modelo calculado y con los perfiles de la cimbra agrupados para obtener el valor total:

Display > Show Tables > Other Definitions > Group Data > Mases and Weights...

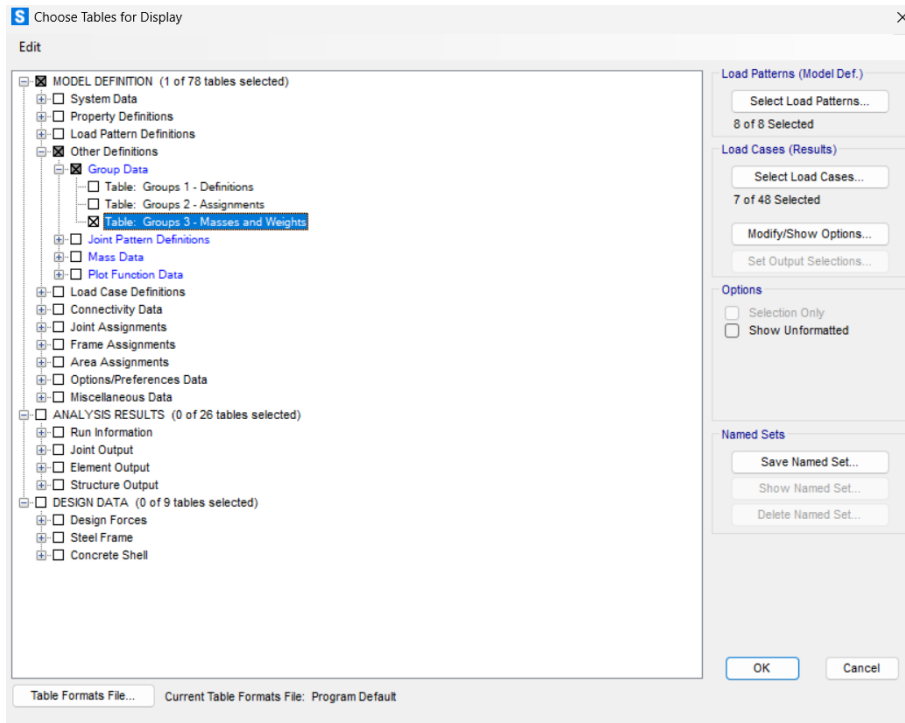


Figura 07.04.02-11. Ventana de selección de tablas en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Obtenemos de esta manera una tabla de lo que pesa cada grupo que tenemos definido en el modelo, donde la primera columna indica las toneladas de peso (masa) y la segunda indica KN (fuerza). Los valores obtenidos de peso de la cimbra original y optimizada son los que se muestran en la siguiente figura.

GroupName Text	SelfMass KN-s2/m	SelfWeight KN	TotalMassX KN-s2/m	TotalMassY KN-s2/m	TotalMassZ KN-s2/m
STZAPATA_2_00M	28,98	284,2	28,98	28,98	28,98
STLOSA_0_40MTR...	48,58	476,358	48,58	48,58	48,58
STCIMBRA_HEB140...	0,22	2,135	0,22	0,22	0,22
STCIMBRA_IPE240N...	3,6	35,303	3,6	3,6	3,6
Cimbra original	10,35	101,455	10,35	10,35	10,35

Figura 07.04.02-12. Valor de masa de cimbra original en toneladas. Fuente: elaboración propia.

GroupName Text	SelfMass KN-s2/m	SelfWeight KN	TotalMassX KN-s2/m	TotalMassY KN-s2/m	TotalMassZ KN-s2/m
STZAPATA_2_00M	28,98	284,2	28,98	28,98	28,98
STLOSA_0_40MTR...	48,58	476,358	48,58	48,58	48,58
STCIMBRA_HEB140...	0,22	2,135	0,22	0,22	0,22
STCIMBRA_IPE240N...	3,6	35,303	3,6	3,6	3,6
Cimbra optimizada	7,9	77,424	7,9	7,9	7,9

Figura 07.04.02-13. Valor de masa de cimbra optimizada en toneladas. Fuente: elaboración propia.

Es decir, en la cimbra original se están empleando 10.35 toneladas de acero para la cimbra, mientras que, en la cimbra optimizada, que cumple con la misma función que la cimbra original al tener un dimensionado también adecuado para los diferentes estados de carga que aparecen en el modelo según la fase de ejecución, se emplean 7.9 toneladas de acero. Esto equivale a una disminución de la cuantía de acero del 23.67%, o lo que es lo mismo, de 2.45 toneladas de acero.

Teniendo en cuenta que las emisiones hechas por la industria acerera a nivel mundial indican que por cada tonelada de acero producida se generan 1.8 toneladas de CO₂, esta disminución de la cantidad de acero supondría una disminución de 4.41 toneladas de CO₂, entre otras sustancias contaminantes como óxidos de azufre o de nitrógeno, por lo que es un dato importante a tener en cuenta en el supuesto de que la vivienda se construyese en la actualidad. También es importante señalar de nuevo que las barras usadas en la cimbra original fueron reutilizadas en casi su totalidad (a excepción de los fragmentos de las secciones que se tuvieron que cortar para el descimbrado), por lo que estos perfiles fueron utilizados en otras construcciones donde sí que iban a ser necesarios con carácter permanente.

08. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

La forma de abordar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a lo largo de este trabajo se ha llevado a cabo desde una triple perspectiva, en algunos aspectos como crítica al proyecto original al presentar características no compatibles con estos objetivos, anteriores a la elaboración del proyecto, y en otros casos como puntos favorables o de posible mejora.

En primer lugar, como se ha señalado a lo largo del trabajo, uno de los aspectos clave en la materialización del proyecto fue la elaboración de la cimbra evitando de esta forma tanto un gasto excesivo en el coste del encofrado como la generación de desechos al trabajar con una cimbra de perfiles reutilizables. De esta forma se puede ver cómo, aun siendo el proyecto anterior a la fijación de estos objetivos, ya tenía en cuenta aspectos que iban a ser relevantes para la sostenibilidad futura, pudiendo ligar este hecho el Objetivo 11 *“Ciudades y comunidades sostenibles”* concretamente con la meta 11.6 *“Reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo”* y con el Objetivo 12 *“Producción y consumo responsables”* al abordar la meta 12.5 *“Reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización”*.

Sin embargo, como segundo aspecto a considerar en relación con los ODS, en el apartado 07.04.02 de este trabajo se ha comprobado como la perfilería empleada en la cimbra original tenía muchos de sus perfiles sobredimensionados y se podría haber reducido las secciones de estos para generar un menor consumo de recursos, cuya disminución de cantidad de material empleado respecto a la cimbra original se ha señalado en el desarrollo del apartado, de forma que el análisis realizado para disminuir la cantidad de acero utilizado, material producido a partir de recursos naturales, está ligado con el Objetivo 12 *“Producción y consumo responsables”* concretamente con la meta 12.2 *“Lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales”*.

Como tercer y último aspecto relacionado con los ODS detectado en el análisis y estudio de la Casa del Acantilado de Fran Silvestre se puede señalar como una decisión proyectual y estructural como es el uso de la compartimentación como elemento estructural para materializar el voladizo de la vivienda genera a su vez una incompatibilidad con cualquier reforma que quiera realizar modificaciones en la distribución de la vivienda, dando como resultado una vivienda con una única distribución posible. A lo largo de la historia se ha demostrado que las tendencias y las formas de vivir cambian constantemente y esto está ligado con la forma de las viviendas y su organización. En el caso de la casa analizada, no se puede asegurar que en un futuro pueda seguir sirviendo como soporte para una vivienda habitable, pudiendo caer en desuso al no ser útil para posibles futuras funciones importantes en nuestras vidas. Por ello, esta decisión no estaría favoreciendo al Objetivo 12 en la meta señalada en el caso anterior, ya que, si la construcción quedase obsoleta, supondría un mal uso de los recursos empleados en la construcción al carecer de función útil para la sociedad. Esta última conclusión es un poco extrema, en el sentido de que se trata de una vivienda que se ha posicionado como una de las viviendas más relevantes de la arquitectura moderna y siempre resultará de cierto interés dentro del panorama arquitectónico, pero es importante señalar que el aspecto de la flexibilidad y adaptabilidad es importante y ha de ser considerado convenientemente desde el inicio en la realización de nuevos proyectos de arquitectura.

09. CONCLUSIONES

09.01. EDIFICIO Y ESTRUCTURA

Tras la realización de este trabajo he podido apreciar como una obra de arquitectura que aparentemente basa su idea original en un sentido estrictamente estético no es realmente así, ya que la Casa del Acantilado, además del componente de diseño ligado con la arquitectura de Fran Silvestre, resuelve una serie de aspectos basados en la funcionalidad, ya que a pesar de mantener como aspecto fundamental del proyecto la idea inicial de un gran cuerpo volado, se llevó a cabo con el menor coste posible para el propietario. Esto se aprecia, por ejemplo, en los elementos de anclaje de la zapata del pescante ya que en lugar de usar un elemento postesado que supondría un mayor coste se evitó esta técnica y se realizaron en forma de pequeños pilotes armados in situ. De este modo se resolvió una estructura singular con medios convencionales usando únicamente hormigón armado para la vivienda y perfiles metálicos para la cimbra, consiguiendo usar medios que cualquier constructor local pudiese ejecutar.

La comprensión de lo que se está haciendo durante la obra y el entendimiento del funcionamiento de los diferentes elementos de la estructura permitió pasar de una solución muy costosa para el encofrado inicialmente planteado con un coste de 120.000 € a una solución más ingeniosa basada en el elemento de cimbra explicado a lo largo del trabajo de 24.000 €, además de ser este último elemento desmontable en casi su totalidad, permitiendo la reutilización de los perfiles para futuras obras. Todo ello demuestra cómo no por querer realizar una obra con una fuerte componente estética o con algún tipo de alarde estructural hay que utilizar soluciones con costes excesivos, sino que hay que partir de una reflexión previa de aquello que se quiere ejecutar para realizarlo de la mejor manera posible tanto funcional como económicamente.

En lo relativo a la estructura, la forma tan peculiar en voladizo basa su funcionamiento en los elementos interiores de compartimentación, ya que permiten pasar de dos losas independientes de 40 cm de espesor con un vuelo de 8 metros y 18 metros de luz, algo que hubiese sido inviable estructuralmente hablando, a un conjunto rígido entendido como una especie de caja o libro apoyado sobre una serie de pantallas que no presenta ningún tipo de problema estructural tanto en deformaciones como en estados límite últimos. De hecho, los resultados obtenidos en el análisis cumplen todas las limitaciones marcadas por la normativa con bastante margen en la mayoría de casos, debido probablemente a que, como el propio David Gallardo señala, esta obra fue uno de sus primeros grandes retos y tomó decisiones del lado de la seguridad en el dimensionado de los elementos que a día de hoy seguramente podrían haberse ajustado más gracias al mayor conocimiento del funcionamiento de las estructuras y a la evolución de las herramientas de cálculo.

Por tanto, a modo de conclusión final personal, a pesar de tener como propósito inicial en el desarrollo de este trabajo el estudio y comprensión del funcionamiento únicamente de la estructura de la Casa del Acantilado, me ha permitido entender el funcionamiento global de las estructuras demostrándome que las estructuras no son “tan complejas” como parecen, sino que deben estar basadas en un concepto o idea de cómo puede funcionar cada elemento y su totalidad para su posterior dimensionado, consiguiendo alcanzar de esta manera soluciones a priori imposibles o muy alejadas de lo convencional. Además, me ha servido para darme cuenta de que a veces lo que no vemos a simple vista en un proyecto de arquitectura puede tener incluso más interés que el propio proyecto.

09.02. MODELIZACIÓN Y USO DE SAP2000

Respecto a las conclusiones relativas al cálculo estructural, hay que señalar que no se ha detectado a lo largo del análisis ningún valor fuera de los límites marcados por la normativa tanto para ELU como ELS. La respuesta de la estructura, al actuar como un conjunto rígido de hormigón, es satisfactoria en su totalidad, no generando ningún problema de flecha o resistente que a priori se podría imaginar al ver el gran cuerpo volado.

El modelado de la vivienda mediante AutoCad, realizado únicamente con elementos finitos y líneas manteniendo la geometría del proyecto lo más fiel posible a la realidad, con una discretización dentro de los límites recomendados para su correcta interpretación por parte del software SAP2000, puede parecer a priori un modelo muy básico o con muy poco detalle, ya que, acostumbrados en la actualidad a ver modelos BIM con todo tipo de detalle en el que se resuelven todos los aspectos que aparecen en un proyecto, se puede pensar que es solo un conjunto de “caras y líneas” que no van a aportar un resultado fiable. Sin embargo, esto no es así por un doble motivo.

En primer lugar, he podido comprobar como SAP2000 es una herramienta muy potente que permite realizar prácticamente cualquier tipo de análisis proporcionándonos datos de cualquier aspecto que queramos conocer de nuestra estructura, donde podemos definir el modelo tanto en las secciones de los elementos con las características de los materiales, los tipos de uniones, tipos de cargas, cálculos de sismo, deformaciones... Pero hay que tener en cuenta que no es más que una “calculadora”, que nos va a proporcionar datos de aquello que le solicitamos, datos de aquella operación que le estamos pidiendo con una máxima precisión en el resultado, pero teniendo en cuenta de que el fallo en la operación es nuestro, no del programa. Es decir, que para poder usar esta herramienta tan potente y precisa, tenemos que ser conscientes de lo que estamos haciendo, ya que SAP2000 siempre nos va a dar valores de resultados de aquello que le pidamos, esté bien hecho el modelo por nuestra parte o no, alejándose en este caso de la realidad estructural.

En segundo lugar, he podido ver como no por definir al milímetro el modelo en AutoCad, los resultados que obtenemos en SAP2000 van a ser mejores ni peores. De hecho, un exceso de detalle en el modelo nos puede proporcionar resultados fuera de los límites esperados no porque esté mal dimensionada la estructura, sino por restricciones o limitaciones propias del programa, por lo que, de nuevo, hay que ser conscientes al usar esta herramienta de cómo es el modelo que estamos calculando y que información le estamos pidiendo en el cálculo. En este sentido, la forma de conocer resultados precisos en puntos determinados que SAP2000 señala fuera de los límites es el “Section Cut”, usado a lo largo del trabajo, resolviendo así puntos concretos de la estructura, donde la sollicitación era mayor a la capacidad resistente del elemento, pero realmente no sucedía esto en el comportamiento real. Por ello, muchas veces resulta muy útil el uso de herramientas complementarias como Excel para la comprobación de resultados u obtención de información concreta dentro del gran abanico de datos de proporciona SAP2000, haciendo de la combinación de estas tres herramientas (Excel, SAP2000 y Auto-Cad) un conjunto muy útil para el dimensionando de estructuras.

En resumen, creo que el haber decidido realizar este trabajo con estos programas que desconocía hasta el momento me ha permitido ampliar mi conocimiento del funcionamiento de las estructuras y me ha despertado todavía más su interés, además de ser herramientas clave que me pueden ser de gran utilidad en mi vida profesional.

10. BIBLIOGRAFÍA

10.01. LISTADO DE REFERENCIAS TEXTUALES Y RECURSOS DE RED

- Alfaro, A., & Silvestre, F. (2013, mayo). *Andreu Alfaro y Fran Silvestre. Conferencia EASD*.
- ArcelorMittal Europe. (s. f.). *ArcelorMittal Europe - Long Products Sections and Merchant Bars Guía de Diseño para el análisis de las vibraciones en forjados*.
- ArchDaily. (s. f.). *ArchDaily Casa en un Acantilado Fran Silvestre Arquitectos*. Recuperado 30 de junio de 2024, de <https://www.archdaily.cl/cl/02-209400/casa-en-un-acantilado-fran-silvestre-arquitectos>
- Can Ziyal. (2019, enero 7). «*Architecture Will Change Completely in the Next Ten Years*»: *Fran Silvestre of Fran Silvestre Arquitectos*. Entrevistas en ArchDaily. <https://www.archdaily.com/908999/architecture-will-change-completely-in-the-next-ten-years-fran-silvestre-of-fran-silvestre-arquitectos>
- Conferencias de Arquitectura. (2023, junio 1). *La Belleza Eficaz, Fran Silvestre Arquitectura como Narrativa, creando historias a través del diseño*.
- Estructuras Singulares. (s. f.). *Casa del Acantilado Estructuras Singulares*. Recuperado 18 de febrero de 2024, de <https://www.estructurassingulares.com/proyectos/casa-del-acantilado/>
- Forbes España. (2024, enero 23). *Fran Silvestre: «La relación entre arquitectura y salud es lo que está por venir»*. <https://forbes.es/empresas/398672/fran-silvestre-la-relacion-entre-arquitectura-y-salud-es-lo-que-esta-por-venir/>
- Fran Silvestre Arquitectos. (s. f.-a). *Casa del acantilado*. Recuperado 23 de mayo de 2024, de <https://fransilvestrearquitectos.com/portfolio/casa-del-acantilado/>
- Fran Silvestre Arquitectos. (s. f.-b). *Fran Silvestre Arquitectos Estudio*. Recuperado 6 de mayo de 2024, de <https://fransilvestrearquitectos.com/estudio/>
- Gallardo Llopis, D. (2005a). *Extracto planos estructurales vivienda unifamiliar aislada en Calpe*.
- Gallardo Llopis, D. (2005b). *Memoria vivienda unifamiliar aislada en Toix Mascarat - Calpe (Alicante)*.
- Gallardo Llopis, D. (2015). *Introducción a SAP2000 para arquitectura*.
- Mateo García, L. (2019). *Evolución de la forma a través de la estructura en la obra de Fran Silvestre* [ETSA. UPV.]. <http://hdl.handle.net/10251/135217>
- Robles Barrero, L. (2021). *Estudio, modelización y análisis de la estructura de la Casa Balint de Fran Silvestre, mediante SAP2000*. [ETSA. UPV.]. <http://hdl.handle.net/10251/174848>
- Silvestre Navarro, F. (2010). *Arquitectura de la casa* (Alfaro Hofmann).
- Silvestre Navarro, F., Rubio Boronat, G., Camarasa Balaguer, P., & Juanes, R. (2017). *Fran Silvestre Arquitectos. Escenarios para la vida. 2005- 2017*. (TC Cuadernos).

10.02. LISTADO DE NORMATIVA CONSULTADA

Ministerio de Fomento. Gobierno de España. (2002). Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02). *Normas sismorresistentes*. https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/0820200.pdf

Ministerio de Fomento. Gobierno de España. (2009). Documento Básico SE-AE. Seguridad Estructural. Acciones en la edificación. *Código Técnico de la Edificación*. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>

Ministerio de Fomento. Gobierno de España. (2019). Documento Básico SE. Seguridad estructural. *Código Técnico de la Edificación*. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE.pdf>

10.03. LISTADO DE FIGURAS

- Figura 02.01-01. Fotografía de Fran Silvestre. Fuente: Forbes España.*
- Figura 02.01-02. Infografía Torre Eólica. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 02.02-01. Fotografía Casa en Benhavis. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 02.02-02. Fotografía Casa Hofmann. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 02.03-01. Fotografía Casa del Acantilado. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 02.03-02. Fotografía de la escalera de la Casa del Acantilado. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 02.03-03. Fotografía de la piscina de la Casa del Acantilado. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.01-01. Plano planta piscina (Cota +7.52m). Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.01-02. Plano planta acceso garaje (Cota +10.60m). Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.01-03. Plano planta vivienda (Cota +13.52m). Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.01-04. Alzado noreste. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.01-05. Alzado noroeste. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.01-06. Alzado sureste. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.01-07. Alzado suroeste. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.01-08. Boceto inicial del proyecto. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.02-01. Sección constructiva 01. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.02-02. Sección constructiva 02. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.02-03. Detalle escalera 01. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.02-04. Detalle escalera 02. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.02-05. Fotografía fase de ejecución: Perfiles cimbra. Fuente: Estructuras Singulares.*
- Figura 03.02-06. Fotografía fase de ejecución: Construcción cimbra. Fuente: Estructuras Singulares.*
- Figura 03.02-07. Fotografía fase de ejecución: Cimbra completa. Fuente: Estructuras Singulares.*
- Figura 03.02-08. Fotografía fase de ejecución: Construcción vivienda. Fuente: Estructuras Singulares.*
- Figura 03.02-09. Fotografía fase de ejecución: Descimbrado 01. Fuente: Estructuras Singulares.*
- Figura 03.02-10. Fotografía fase de ejecución: Descimbrado 02. Fuente: Estructuras Singulares.*
- Figura 03.02-11. Fotografía fase de ejecución: Descimbrado 03. Fuente: Estructuras Singulares.*
- Figura 03.02-12. Fotografía fase de ejecución: Estructura completada 01. Fuente: Estructuras Singulares.*
- Figura 03.02-13. Fotografía fase de ejecución: Estructura completada 02. Fuente: Estructuras Singulares.*
- Figura 03.03-01. Fotografía Casa del Acantilado: Muro piscina. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.03-02. Fotografía Casa del Acantilado: Fachada sureste. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.03-03. Fotografía Casa del Acantilado: Vista escalera. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.03-04. Fotografía Casa del Acantilado: Cuerpo volado. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.03-05. Fotografía Casa del Acantilado: Vista vivienda en el paisaje. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.03-06. Fotografía Casa del Acantilado: Muro escalera. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.03-07. Fotografía Casa del Acantilado: Plataforma piscina. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.03-08. Fotografía Casa del Acantilado: Vista nocturna. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.03-09. Fotografía Casa del Acantilado: Vista interior salón. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.03-10. Fotografía Casa del Acantilado: Terraza vivienda. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.03-11. Fotografía Casa del Acantilado: Vivienda completa en el paisaje 01. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 03.03-12. Fotografía Casa del Acantilado: Vivienda completa en el paisaje 02. Fuente: Fran Silvestre Arquitectos.*
- Figura 04.01-01. Geometría inicial del modelo en AutoCAD. Fuente: elaboración propia.*

Figura 04.01-02. Geometría del modelo en AutoCAD. Cimentación y planta de acceso a garaje. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.01-03. Geometría del modelo en AutoCAD. Planta principal. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.01-04. Geometría del modelo en AutoCAD. Vivienda completa. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.01-05. Geometría del modelo en AutoCAD. Cimbra. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.01-06. Geometría del modelo en AutoCAD. Cimbra unida a la geometría de la vivienda. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.01-07. Geometría del modelo en AutoCAD. Cimbra unida a la geometría de la vivienda. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.01-08. Geometría del modelo en AutoCAD. Modelo completo. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.01-09. Geometría del modelo en SAP2000. Modelo completo. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.03.01-01. Ventanas de propiedades de secciones en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.03.01-02. Ventanas de propiedades de secciones en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.03.01-03. Ventanas de propiedades de secciones tipo bielas en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.03.01-04. Ventanas de propiedades de secciones de anclajes en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.03.02-01. Ventanas de propiedades de secciones en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.03.02-02. Ventanas de propiedades de secciones en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.04-01. Ventana de desconexiones de extremo de barra de bielas en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.04-02. Ventana de restricciones de movimiento exteriores en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.04-03. Simplificación geométrica de cimentación. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.04-04. Tabla Excel "Modulo Basalto.xlsx". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 04.04-05. Ventana de asignación de muelles en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.04-06. Ventana de restricciones de movimiento exteriores en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.04-07. Ventana de presiones en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.04-08. Resultados de "Soil Pressure" en ELSu en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.04-09. Muelles activos en el modelo en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.04-10. Resultados de "Deformed Shape" en ELSu en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.04-11. Resultados de "Soil Pressure" en ELSu en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.05.01-01. Geometría del modelo en fase primera en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.05.02-01. Geometría del modelo en fase segunda en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.05.04-01. Geometría del modelo en fase cuarta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 04.05.05-01. Geometría del modelo en fase quinta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.01-01. Tabla de acciones de la Casa del Acantilado. Fuente: David Gallardo.

Figura 05.01.01-02. Ventana de asignación de cargas de área en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.01-03. Ventana de asignación de cargas lineales distribuidas en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.01-04. Ventana de definición de Joint Patterns en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.01-05. Ventana de asignación de Joint Patterns en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.01-06. Tabla Excel "Empujes Terreno.xlsx". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 05.01.01-07. Tabla Excel "Empujes Terreno.xlsx". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 05.01.01-08. Ventana de asignación de Joint Patterns en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.01-09. Ventana de asignación de cargas de presión superficial en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.01-10. Muros con flechas de dirección de empuje del terreno en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.02.01-01. Ventana de asignación de cargas de área en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.02.03-01. Figura D.1 del anejo D del DB-SE-AE del CTE. Valor básico de la velocidad del viento. Fuente: Ministerio de Fomento, 2009.

Figura 05.01.02.03-02. Tabla 3.4 del apartado 3.3.3 Coeficientes de exposición del DB-SE-AE del CTE. Fuente: Ministerio de Fomento, 2009.

Figura 05.01.02.03-03. Tabla 3.5 del apartado 3.3.4 Coeficientes eólicos del DB-SE-AE del CTE. Fuente: Ministerio de Fomento, 2009.

Figura 05.01.02.03-04. Ventana de asignación de cargas de área en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.02.03-05. Ventana de asignación de cargas lineales distribuidas en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-01. Ventanas de fuente de masa en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-02. Anejo 1. NCSE-02. Valores de aceleración sísmica básica y coeficiente de contribución. Fuente: Ministerio de Fomento, 2002.

Figura 05.01.03-03. Tabla 3.1. NCSE-02. Valores de coeficiente de respuesta. Fuente: Ministerio de Fomento, 2002.

Figura 05.01.03-04. Apartado 2.2. NCSE-02. Valores de coeficiente adimensional de riesgo. Fuente: Ministerio de Fomento, 2002.

Figura 05.01.03-05. Tabla Excel "DatosSismoDinamicoSAP.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 05.01.03-06. Ventana de creación del espectro de respuesta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-07. Ventana de definición del espectro de respuesta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-08. Ventana de definición de casos de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-09. Ventana de definición de casos de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-10. Ventana de datos de combinación de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-11. Ventana de ejecución de casos de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-12. Ventana de "Deformed Shape" en MODAL en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-13. Resultados de "Deformed Shape" en MODAL en SAP2000. Modo 1. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-14. Resultados de "Deformed Shape" en MODAL en SAP2000. Modo 2. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-15. Resultados de "Deformed Shape" en MODAL en SAP2000. Modo 3. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-16. Ventana de selección de tablas en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-17. Ventana de ratios de participación en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-18. Ventana de ratios de participación de masa en cada modo en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-19. Ventana de datos de caso de carga MODAL en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-20. Ventana de ratios de participación en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-21. Ventana de ratios de participación de masa en cada modo en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-22. Ventana de "Deformed Shape" en sismo en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-23. Resultados de "Deformed Shape" en sismo en dirección x en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-24. Resultados de "Deformed Shape" en sismo en dirección y en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.03-25. Resultados de "Deformed Shape" en sismo en dirección z en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.04.01-01. Planos de ejecución de la cimbra. Fuente: David Gallardo.

Figura 05.01.04.01-02. Ámbitos de carga por peso propio. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.04.01-03. Ámbitos de carga por sobrecarga de ejecución. Fuente: elaboración propia.

Figura 05.01.04.02-01. Ventana de asignación de cargas de área en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 06.01-01. Tabla 4.2 del apartado 4.2.4 Coeficientes de simultaneidad del DB-SE del CTE. Fuente: Ministerio de Fomento.

Figura 06.01-02. Tabla 4.1 del apartado 4.2.4 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones del DB-SE del CTE. Fuente: Ministerio de Fomento.

Figura 06.03-01. Ventana de asignación de definición de patrones de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 06.03-02. Ventana de asignación de definición de combinaciones de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 06.03-03. Ventana de carga de datos de combinaciones de carga en ELUunvx+ en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.01-01. Ventana de datos de combinación de carga en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.01-02. Resultados de deformación vertical en ELSu en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.01-03. Resultados de deformación vertical en ELSu en losa de vivienda en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.01-04. Ventana "Display Shell Stresses" en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.01-05. Momentos en ELSu en losa de vivienda en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.01-06. Section Cut de punto más solicitado en muro ELSu. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.02.01-07. Tabla Excel "FlechasHormigón.xlsx" para forjado de vivienda. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.02.01-08. Resultados tabla Excel "FlechasHormigón.xlsx" para forjado de vivienda. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.02.01-09. Resultados de deformación vertical en ELSu en losa de cubierta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.01-10. Momentos en ELSu en losa de cubierta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.01-11. Tabla Excel "FlechasHormigón.xlsx" para forjado de cubierta. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.02.01-12. Resultados tabla Excel "FlechasHormigón.xlsx" para forjado de cubierta. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.02.02-01. Ventana de "Deformed Shape" en viento en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.02-02. Resultados de deformación horizontal en viento ELSvx+ en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.02-03. Resultados de deformación horizontal en viento ELSvx- en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.02-04. Resultados de deformación horizontal en viento ELSvy+ en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.02-05. Resultados de deformación horizontal en viento ELSvy- en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.02.03-01. Clasificación de la respuesta del forjado y recomendaciones para la aplicación de clases. Fuente: ArcelorMittal.

Figura 07.02.03-02. Aplicación de los diagramas de vibraciones. Fuente: ArcelorMittal.

Figura 07.03.01-01. Ejes de elementos finitos y nomenclatura de esfuerzos en SAP2000. Fuente: David Gallardo.

Figura 07.03.01-02. Selección de elementos para realizar el "Section Cut" en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.01-03. Tabla Excel "SectionCut.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02-01. Ventana "Display Shell Stresses" en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02-02. Nomenclatura de muros analizados. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.01-01. Tabla Excel "ES Muros y Vigas Pared.xlsm" para muro M.01 tramo inferior. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.01-02. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 (izda.) y F22 (dcha.) en muro M.01 tramo inferior. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.01-03. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.) en muro M.01 tramo inferior. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.01-04. Sección de muro M.01 en tramo inferior con armado. Fuente: David Gallardo.

Figura 07.03.02.01-05. Tabla Excel "ES Muros y Vigas Pared.xlsm" para muro M.01 tramo superior. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.01-06. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 (izda.) y F22 (dcha.) en muro M.01 tramo superior. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.01-07. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.) en muro M.01 tramo superior. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.01-08. Sección de muro M.01 en tramo superior con armado. Fuente: David Gallardo.

Figura 07.03.02.02-01. Tabla Excel "ES Muros y Vigas Pared.xlsm" para muro M.02. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.02-02. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 (izda.) y F22 (dcha.) en muro M.02. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.02-03. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.) en muro M.02. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.02-04. Sección de muro M.02 y M.03 con armado, en tramo superior e inferior. Fuente: David Gallardo.

Figura 07.03.02.02-05. Section Cut de punto comprimido en muro M.02. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.02-06. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 (izda.) y F22 (dcha.) en muro M.03. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.02-07. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.) en muro M.03. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.03-01. Tabla Excel "ES Muros y Vigas Pared.xlsm" para muro M.04-M.08. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.03-02. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 y F22 (sup.) y momentos M11 y M22 (inf.) en muro M.04. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.03-03. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 y F22 y momentos M11 y M22 (de izda. a dcha.) en muro M.05. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.03-04. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 y F22 y momentos M11 y M22 (de izda. a dcha.) en muro M.06. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.03-05. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 y F22 y momentos M11 y M22 (de izda. a dcha.) en muro M.07. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.03-06. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 y F22 (sup.) y momentos M11 y M22 (inf.) en muro M.08. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.03-07. Sección de muros M.04-M.08 con armado. Fuente: David Gallardo.

Figura 07.03.02.04-01. Tabla Excel "ES Muros y Vigas Pared.xlsm" para muro M.09. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.04-02. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Fuerzas F11 (izda.) y F22 (dcha.) en muro M.09. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.04-03. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.) en muro M.09. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.02.04-04. Section Cut de punto traccionado en F11 en muro M.09. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.04-05. Sección de muro M.09 con armado. Fuente: David Gallardo.

Figura 07.03.02.05-01. Tabla Excel "ES Muros y Vigas Pared.xlsm" para viga V.01. Fuente: David Gallardo.

Figura 07.03.02.05-02. Tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para viga V.01. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.05-03. Section Cut de viga V.01 en punto más solicitado. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.05-04. Resultado comprobación tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para viga V.01. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.06-01. Tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.02. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.06-02. Section Cut de muro M.02 en punto más solicitado. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.06-03. Resultado comprobación tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.02. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.06-04. Tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.02 sin refuerzos. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.06-05. Resultado comprobación tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.02 sin refuerzos. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.07-01. Tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.06. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.07-02. Section Cut de muro M.06 en punto más solicitado. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.07-03. Resultado comprobación tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.06. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.02.07-04. Resultado comprobación tabla Excel "ELU Hormigon.xlsm" para muro M.06 sin refuerzos. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.03.01-01. Sección de losa maciza de 40 cm de canto. Fuente: David Gallardo.

Figura 07.03.03.01-02. Tabla Excel "ES Forjados.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.

Figura 07.03.03.01-03. Ventana "Display Shell Stresses" en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.03.01-04. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.03.01-05. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.03.03.01-06. Ventana de esfuerzos en ELUu con refuerzos en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.

- Figura 07.03.03.01-07. Ventana de esfuerzos en ELUu con refuerzos en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.01-08. Section Cut de losa de planta de vivienda. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.02-01. Sección de losa maciza de 40 cm de canto. Fuente: David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.02-02. Tabla Excel "ES Forjados.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.02-03. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.02-04. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.02-05. Ventana de esfuerzos en ELUu con refuerzos en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.02-06. Ventana de esfuerzos en ELUu con refuerzos en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.02-07. Tabla Excel "ES Forjados.xlsm" con armado de refuerzo. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.03-01. Sección de losa maciza de 25 cm de canto. Fuente: David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.03-02. Tabla Excel "ES Forjados.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.03-03. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.03-04. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.03-05. Ventana de esfuerzos en ELUu con refuerzos en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.03-06. Ventana de esfuerzos en ELUu con refuerzos en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.03-07. Section Cut de losa de planta de garaje. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.04-01. Agrupación de tipos de zapatas. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.04-02. Armado zapata tipo 01. Fuente: David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.04-03. Tabla Excel "ES Forjados.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.04-04. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.). Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.04-05. Section Cut de zapata tipo 01 en tramo de un metro de espesor. Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.04-06. Tabla Excel "ES Forjados.xlsm". Fuente: elaboración propia mediante tabla Excel proporcionada por David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.04-07. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.). Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.04-08. Armado zapata tipo 02. Fuente: David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.04-09. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.). Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.04-10. Armado zapata tipo 03. Fuente: David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.04-11. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.). Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.04-12. Armado zapata tipo 04. Fuente: David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.04-13. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11 (izda.) y M22 (dcha.). Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.04-14. Armado zapata tipo 04. Fuente: David Gallardo.*
- Figura 07.03.03.04-15. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M11. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.03.03.04-16. Ventana de esfuerzos en ELUu en SAP2000. Momentos M22. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.04.01-01. Ventana de preferencias de diseño de la estructura en SAP2000. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.04.01-02. Ventana de informe de verificación de tensión del acero en barras en SAP2000. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.04.01-03. Resultados de saturación de barras de la cimbra a ELU para fase primera en SAP2000. Fuente: elaboración propia.*
- Figura 07.04.01-04. Resultados de saturación de barras de la cimbra a ELU para fase segunda en SAP2000. Fuente: elaboración propia.*

Figura 07.04.01-05. Resultados de saturación de barras de la cimbra a ELU para fase tercera en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.01-06. Resultados de saturación de barras de la cimbra a ELU para fase cuarta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.02-01. Fase de máxima saturación de barras de la cimbra a ELU. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.02-02. Ventana de secciones de selección automática de barras en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.02-03. Fase primera con perfiles optimizados y con saturación de barras de la cimbra a ELU. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.02-04. Fase tercera con perfiles optimizados y con saturación de barras de la cimbra a ELU. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.02-05. Fase cuarta con perfiles optimizados y con saturación de barras de la cimbra a ELU. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.02-06. Perfiles de la cimbra completa a ELU tras la optimización. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.02-07. Resultados de saturación de barras de la cimbra optimizada a ELU para fase primera en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.02-08. Resultados de saturación de barras de la cimbra optimizada a ELU para fase segunda en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.02-09. Resultados de saturación de barras de la cimbra optimizada a ELU para fase tercera en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.02-10. Resultados de saturación de barras de la cimbra optimizada a ELU para fase cuarta en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.02-11. Ventana de selección de tablas en SAP2000. Fuente: elaboración propia.

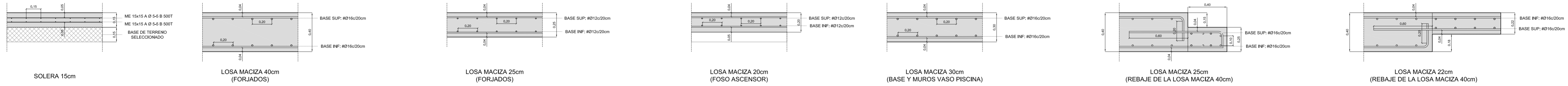
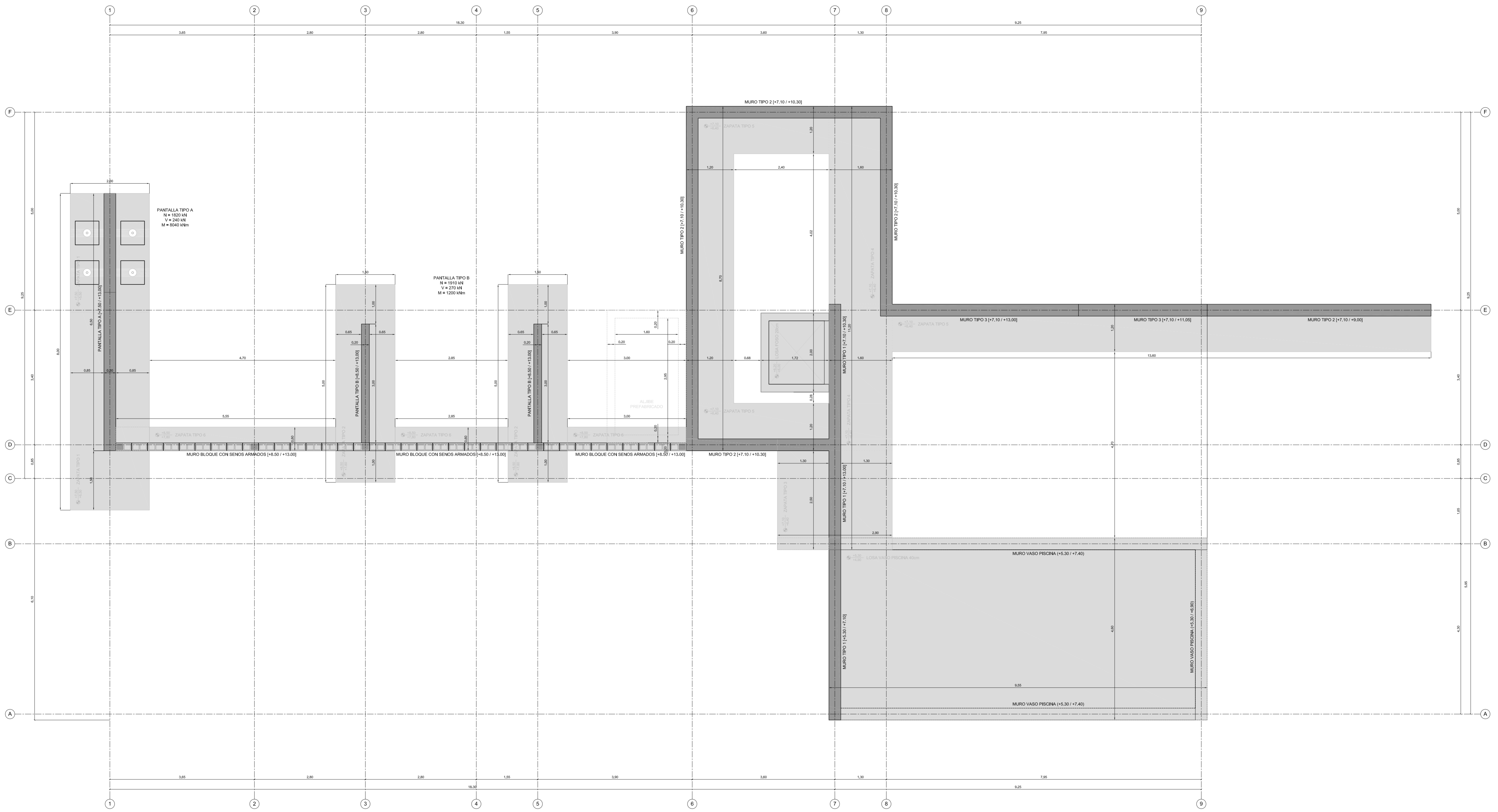
Figura 07.04.02-12. Valor de masa de cimbra original en toneladas. Fuente: elaboración propia.

Figura 07.04.02-13. Valor de masa de cimbra optimizada en toneladas. Fuente: elaboración propia.

ANEXO I

Extracto planos estructurales vivienda unifamiliar asilada en Calpe

Fuente: David Gallardo



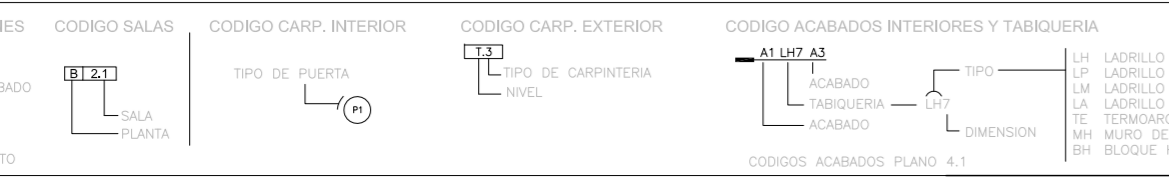
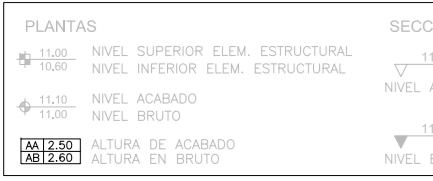
EJECUCION	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal
Accidental	Normal
ACERO	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal

ACCIONES (kN/m ²)				
PISCINA	GARAJE	VIVIENDA	CUBIERTA GARAJE	CUBIERTA
SOLETA 15cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm
Peso propio 3,75	Peso propio 4,25	Peso propio 10,00	Peso propio 6,25	Peso propio 10,00
Sobrecarga 1,50	Sobrecarga 1,25	Sobrecarga (H ₀) 1,00	Sobrecarga 1,25	Sobrecarga 1,00
Tabiquería 1,50	F. techos+inst. 0,50	Sobrecarga (H ₀) 1,00	F. techos+inst. 0,50	F. techos+inst. 0,50
S. uso 4,00	S. uso 4,00	S. uso 2,00	S. uso 2,00	S. uso 2,00
		Tabiquería (H ₀) 1,00	S. nieve 0,40	S. nieve 0,40
		S. uso (H ₀) 2,00		
		S. uso (H ₀) 2,00		
TOTAL 10,25	TOTAL 12,00	TOTAL (H ₀) 14,5	TOTAL 12,00	TOTAL 13,5

TIPIFICACION DEL HORMIGON			
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipos de hormigón	Modulos de elasticidad	Resistencia a compresión
Columnas	H40B040V	1,5 (acc. 1,5)	23,3 N/cm ²
Muros	H40B020V	1,5 (acc. 1,5)	23,3 N/cm ²
Paredes	H40B020V	1,5 (acc. 1,5)	23,3 N/cm ²
Plata + Zunchos	H40B020V	1,5 (acc. 1,5)	23,3 N/cm ²

CARACTERISTICAS RESISTENTES DEL ACERO			
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipos de acero	Modulos de elasticidad	Resistencia a tracción
Columnas	B500SD	Normal	1,16 (acc. 1,0)
Muros	B500SD	Normal	1,16 (acc. 1,0)
Forjados	B500SD	Normal	1,16 (acc. 1,0)
Plata + Zunchos	B500SD	Normal	1,16 (acc. 1,0)

DATOS NORMA SIRMCA NCSE-02	
ACELERACION BASICA a _b	0,08g
COEF. CONTRIBUCION κ	1,00
COEF. TERRENO C	1,00
COEF. PESO β	1,00
COEF. AMPLIFICACION S	0,50
ACELERACION CALCULO a _c	0,05g
COEF. AMORTIGUAMIENTO δ	4%
COEF. DUCTILIDAD μ	2
COEF. RESERVA β	0,85



NOTAS:
 1. LAS COTAS INTERIORES SON DE REPLANTEO Y ESTAN REFERIDAS A TABIQUERIA EN BRUTO MENOS MENOS LOS ESPESORES QUEDANDO SIEMPRE EN LA INTERSECCION DE ESTE PLANO DEBERA SER CONSIDERADA A LA DIRECCION FACULTATIVA.
 2. LA COTA 0,000 SE CORRESPONDE CON LA COTA (+100,00) DEL TOPOGRAFICO.
 3. LOS EJE X-Y-Y' DE LA PROYECTA ESTAN GRADOS 16 GRADOS RESPECTO AL EJE NORIENTE DEL TOPOGRAFICO.

LEYENDA DE CPI	
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	BOCA DE INCENDIO EQUIPADA
ALUMBRADO DE EMERGENCIA SALIDA	DETECTOR DE CO
ALUMBRADO DE EMERGENCIA SIN SALIDA	VENTILACION FORZADA
EXTINTOR 21A-113B	

LEYENDA INSTALACION DE DETECCION Y ALARMA	
DETECTOR TERMOVOLUMETRICO	DISPOSITIVO ACUSTICO
PULSADOR DE ALARMA	CENTRAL DE ALARMA

LA UBICACION DEFINITIVA DE ESTOS ELEMENTOS SE REALIZARA SEGUN LOS CRITERIOS DEFINIDOS POR LA EMPRESA INSTALADORA EN BASE A LA NORMA UNE 23.007

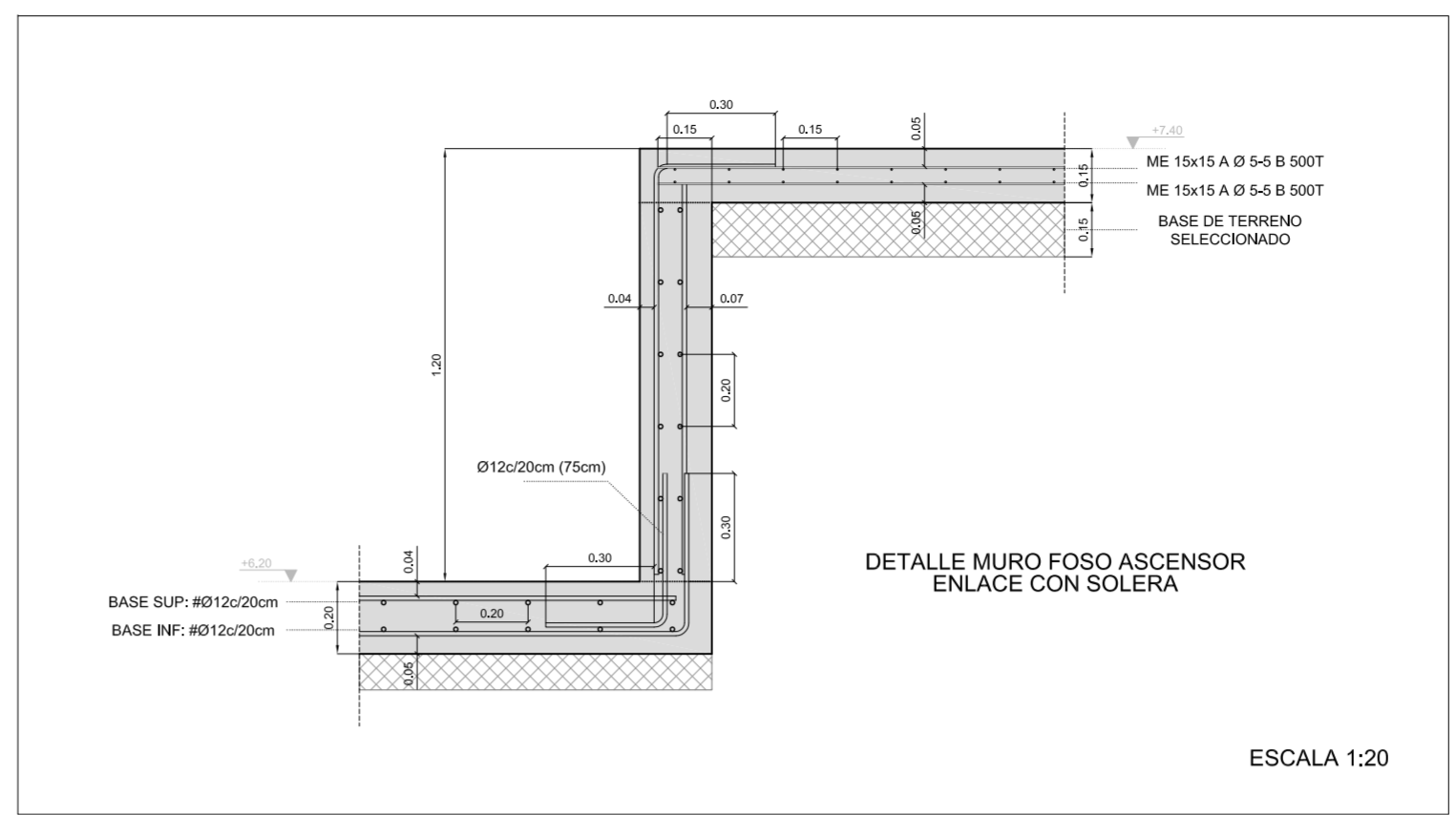
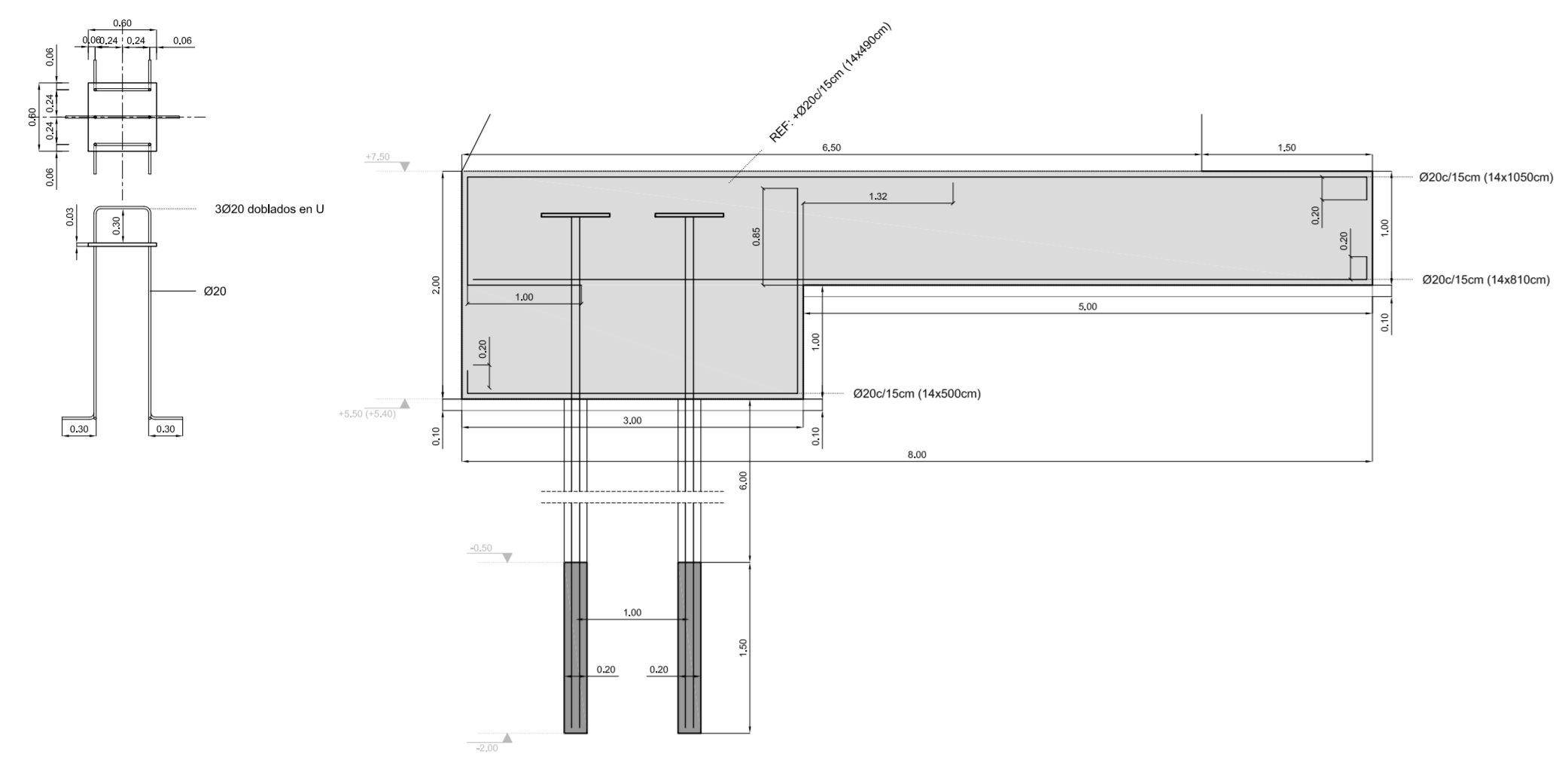
SILVESTRE NAVARRO ARQUITECTO S.L.
 GRAN VIA MARINA Y CALLE 18, 11 46007 VALENCIA
 TEL: 064 96 36 87 08 FAX: 064 96 36 87 08

PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA. PROYECTO DE EJECUCION
 SITUACION: CALPE (Alicante)
 PROMOTOR: Sector 29 Tox_Mascarat, parcela 8
 FERNANDO SEMPERE MONTES

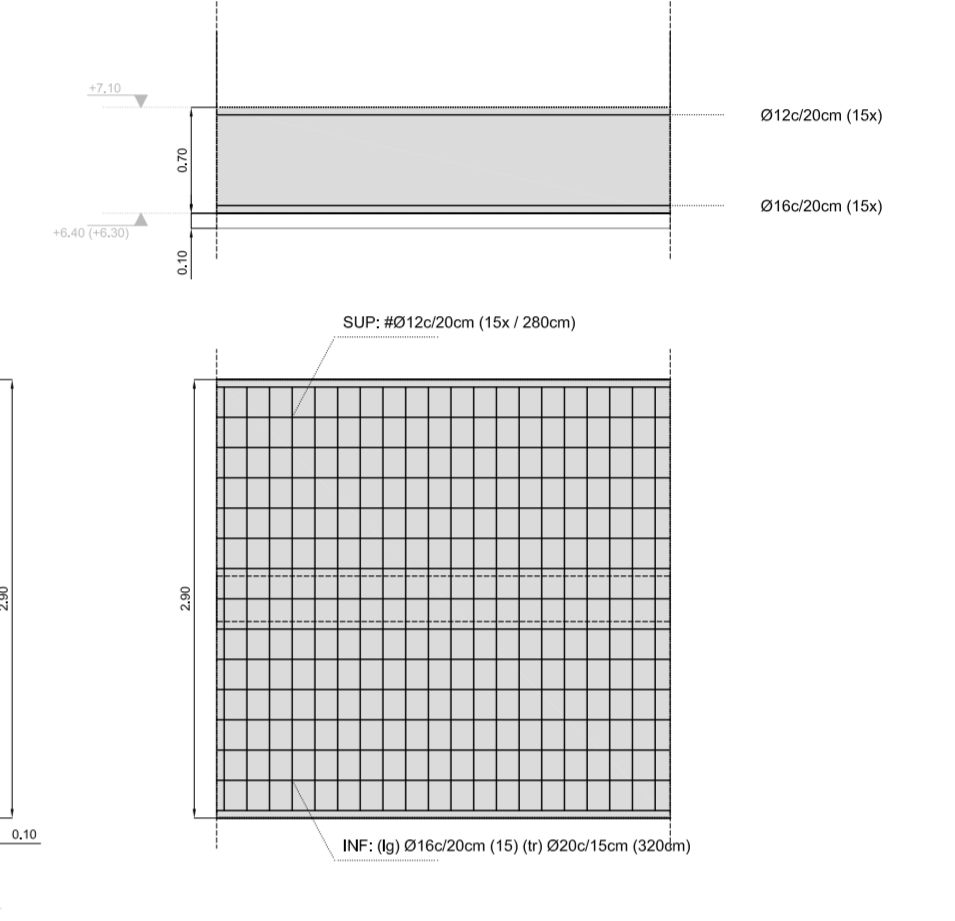
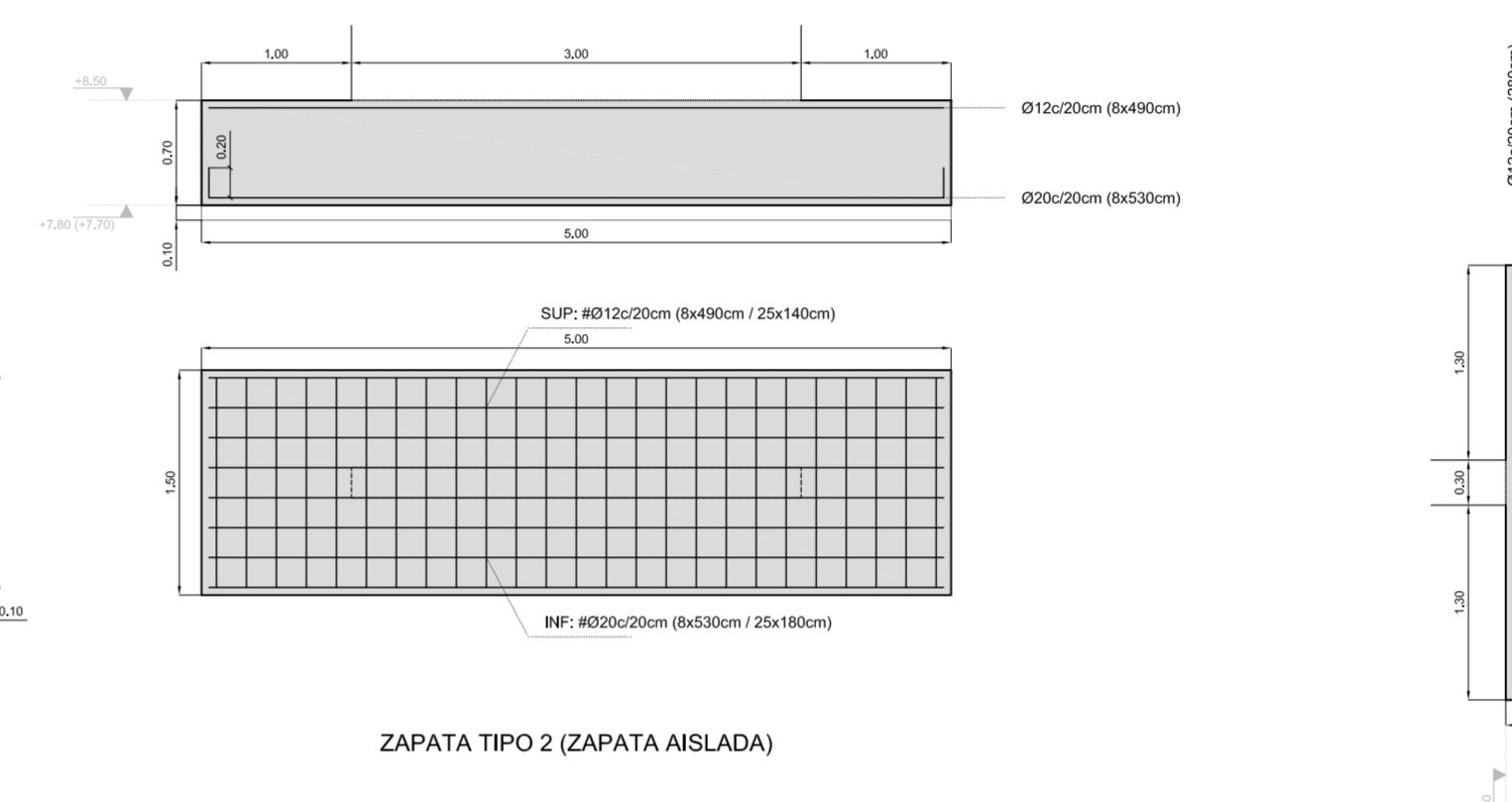
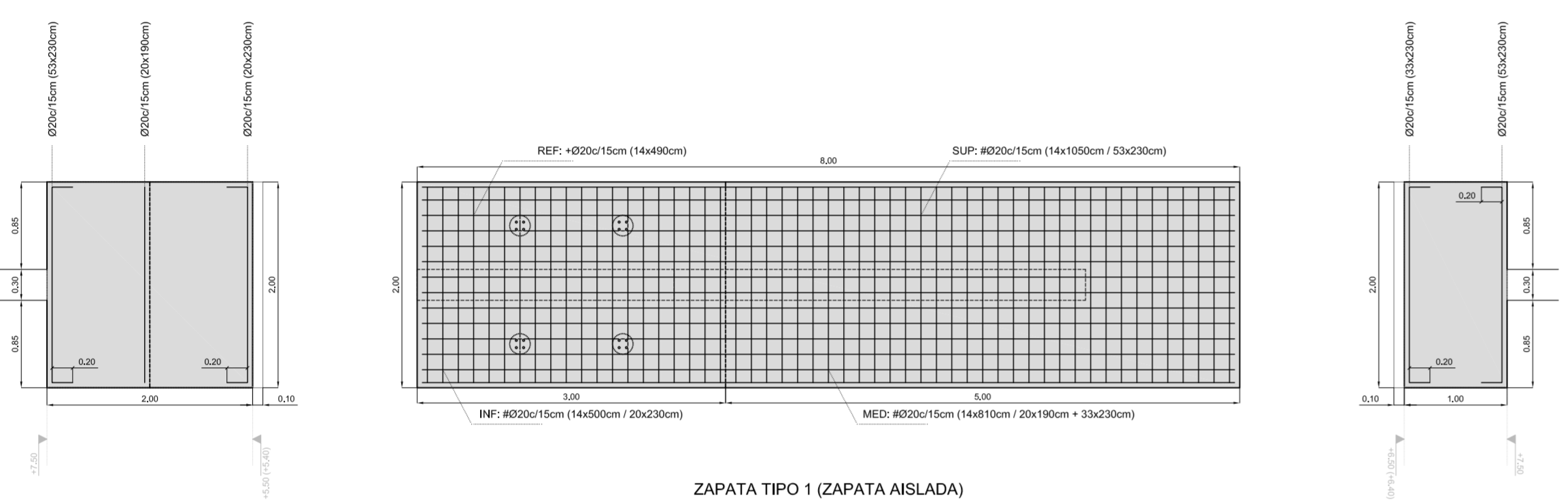
8.1.1
 CIMENTACION
 REPLANTEO

APRIL 2005
 F. NAVARRO
 M. GARCIA

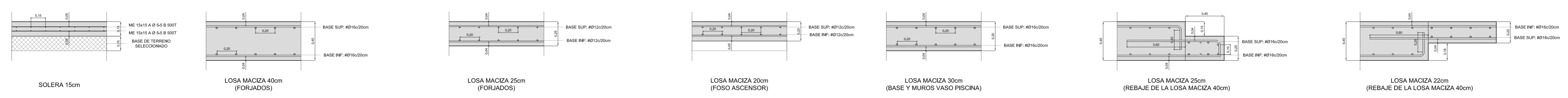
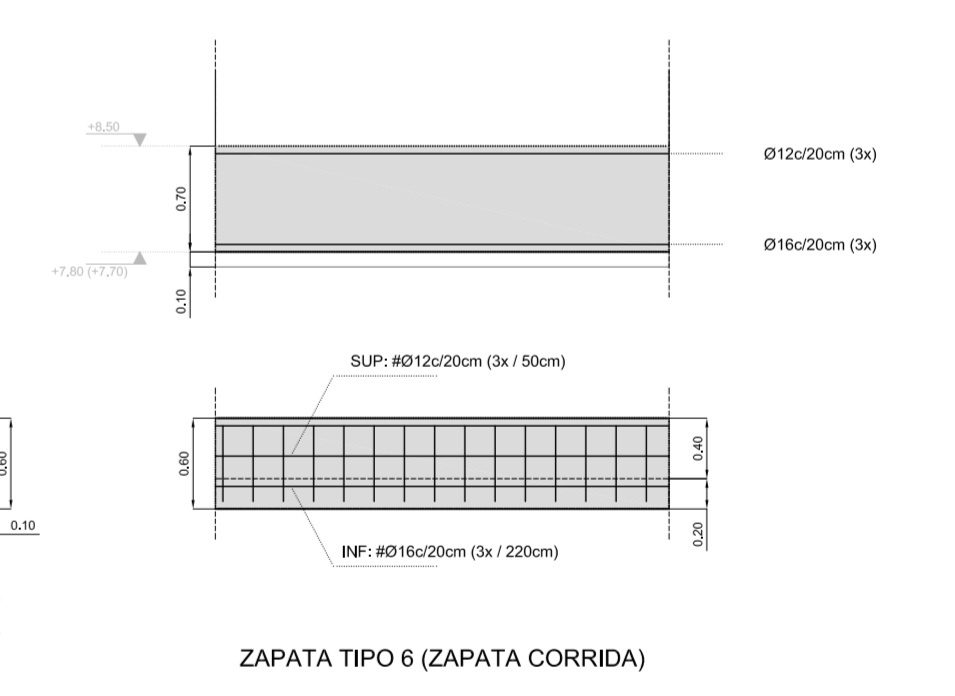
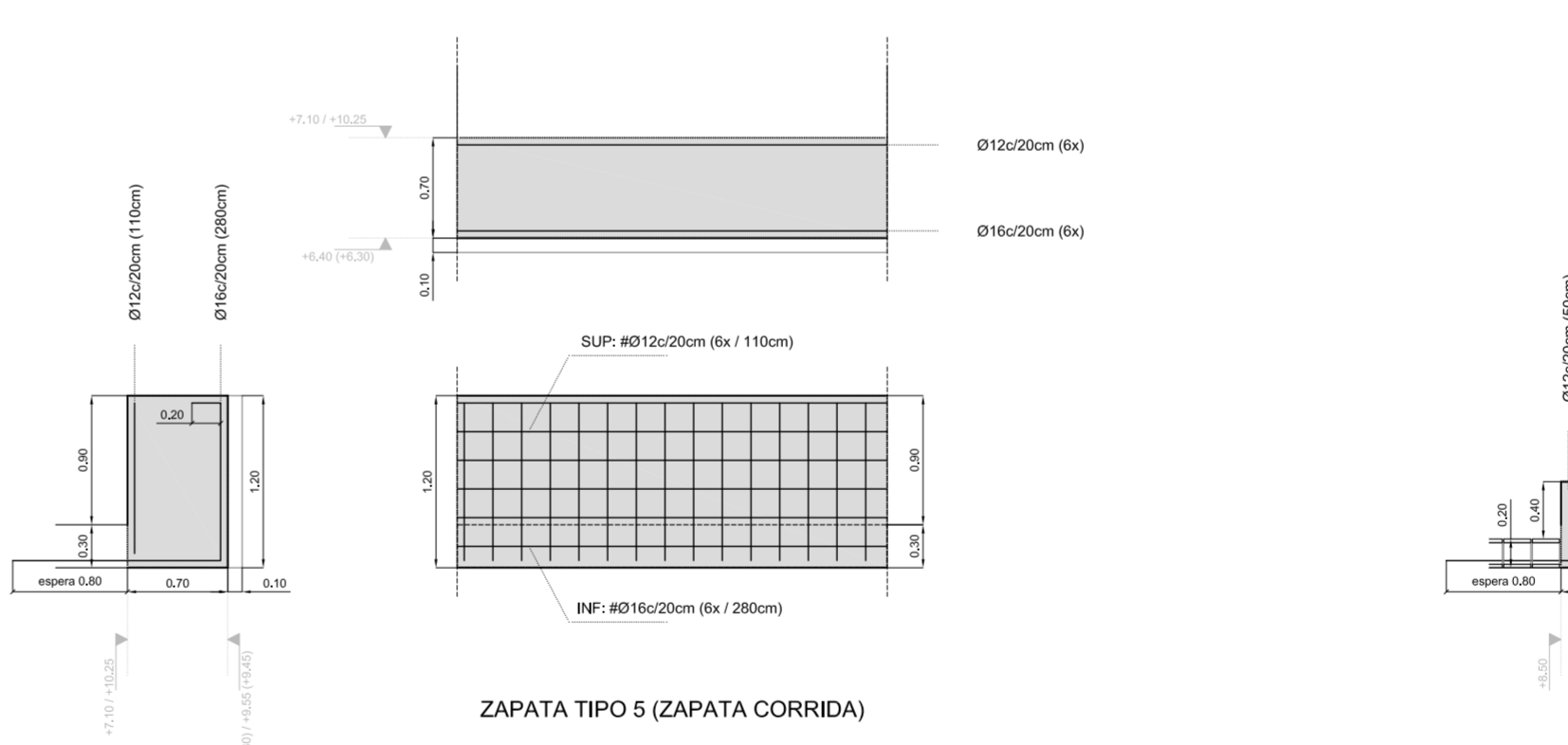
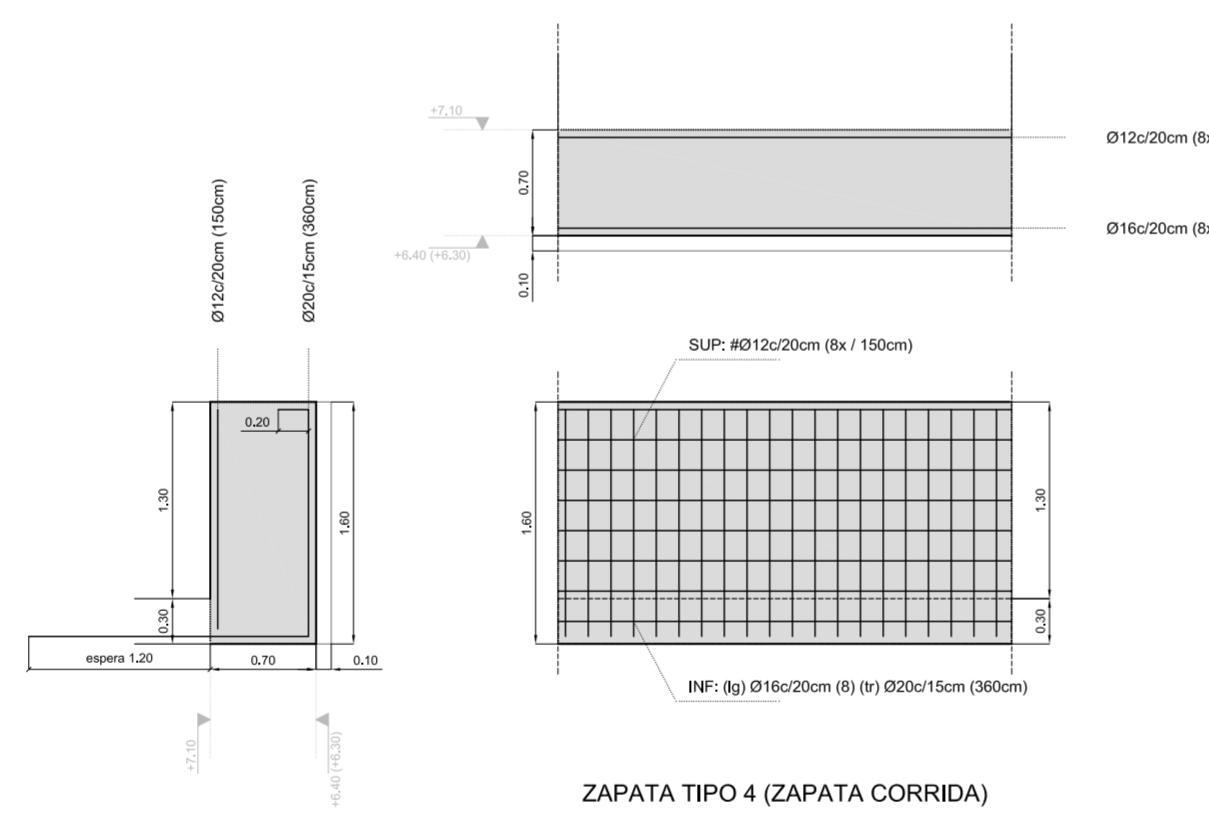
DIC 2005 1/50



NOTA
LA LONGITUD DE LAS ESPERAS DESDE LA CIMENTACION SERAN:
Ø12 - 50cm
Ø16 - 80cm
Ø20 - 120cm



NOTA
LA ZAPATA TIPO 1 QUEDA ANCLADA A LA ROCA MEDIANTE CUATRO ANCLAJES DE 200mm DE DIAMETRO, CON CUATRO REDONDOS Ø20 (B500) CADA UNO, LLEGANDO A 750cm POR DEBAJO DE LA CARA DE APOYO DE LA ZAPATA, CON UNA RAIZ DE 150cm DE PROFUNDO.
SE REQUIERE LA REDACCION DE UN PROYECTO TECNICO DE EJECUCION ESPECIFICO PARA LA SOLUCION DEFINITIVA DE LOS ANCLAJES SEGUN EL PROCEDIMIENTO Y MEDIOS A EMPLEAR POR LA EMPRESA CONSTRUCTORA.
SE APROVECHARA LA EJECUCION DE LOS ANCLAJES PARA REALIZAR UN SONDEO EN PROFUNDIDAD DE LA ROCA, YA QUE EL ESTUDIO GEOTECNICO EXISTENTE NO LO INCLUYE, CON LA INTENCION DE DETECTAR POSIBLES DISCONTINUIDADES O SUPERFICIES DE FALLA POR DESLIZAMIENTO.



EJECUCION		
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)	Coef. seguridad (E.L.U.)
Permanente	Normal	1.00
Accidental	Normal	1.00
Accidental	Normal	1.00
Accidental	Normal	1.00

ACCIONES (kN/m2)			
PISCINA	GARAJE	VIVIENDA	CUBIERTA GARAJE
LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm
Peso propio	Peso propio	Peso propio	Peso propio
Sobrecarga	Sobrecarga	Sobrecarga	Sobrecarga
F. techos+inst.	F. techos+inst.	F. techos+inst.	F. techos+inst.
S. uso	S. uso	S. uso	S. uso
TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL

TIPIFICACION DEL HORMIGON			
Elemento	Tipo de hormigon	Clasificacion	Resistencia a compresion
Elemento	Tipo de hormigon	Clasificacion	Resistencia a compresion
Elemento	Tipo de hormigon	Clasificacion	Resistencia a compresion

CARACTERISTICAS RESISTENTES DEL ACERO			
Elemento	Tipo de acero	Clasificacion	Resistencia a traccion
Elemento	Tipo de acero	Clasificacion	Resistencia a traccion
Elemento	Tipo de acero	Clasificacion	Resistencia a traccion

DATOS NORMA SIRMICA NCSE-02	
Coef. contribucion	1.00
Coef. terreno	1.00
Coef. viento	1.00
Coef. multiplicacion	1.00
Coef. amortiguamiento	4%
Coef. ductilidad	2
Coef. resiliencia	0.50

PLANTAS	
Nivel superior elem. estructural	Nivel inferior elem. estructural
Nivel acabado	Nivel bruto
Nivel acabado	Nivel bruto

SECCIONES	
Nivel superior elem. estructural	Nivel inferior elem. estructural
Nivel acabado	Nivel bruto
Nivel acabado	Nivel bruto

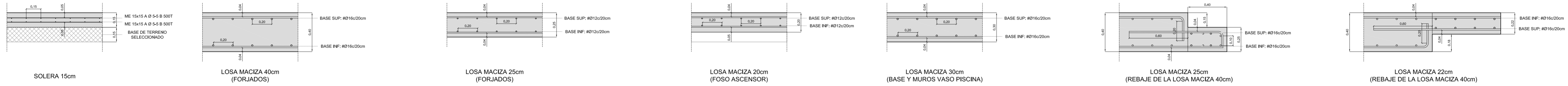
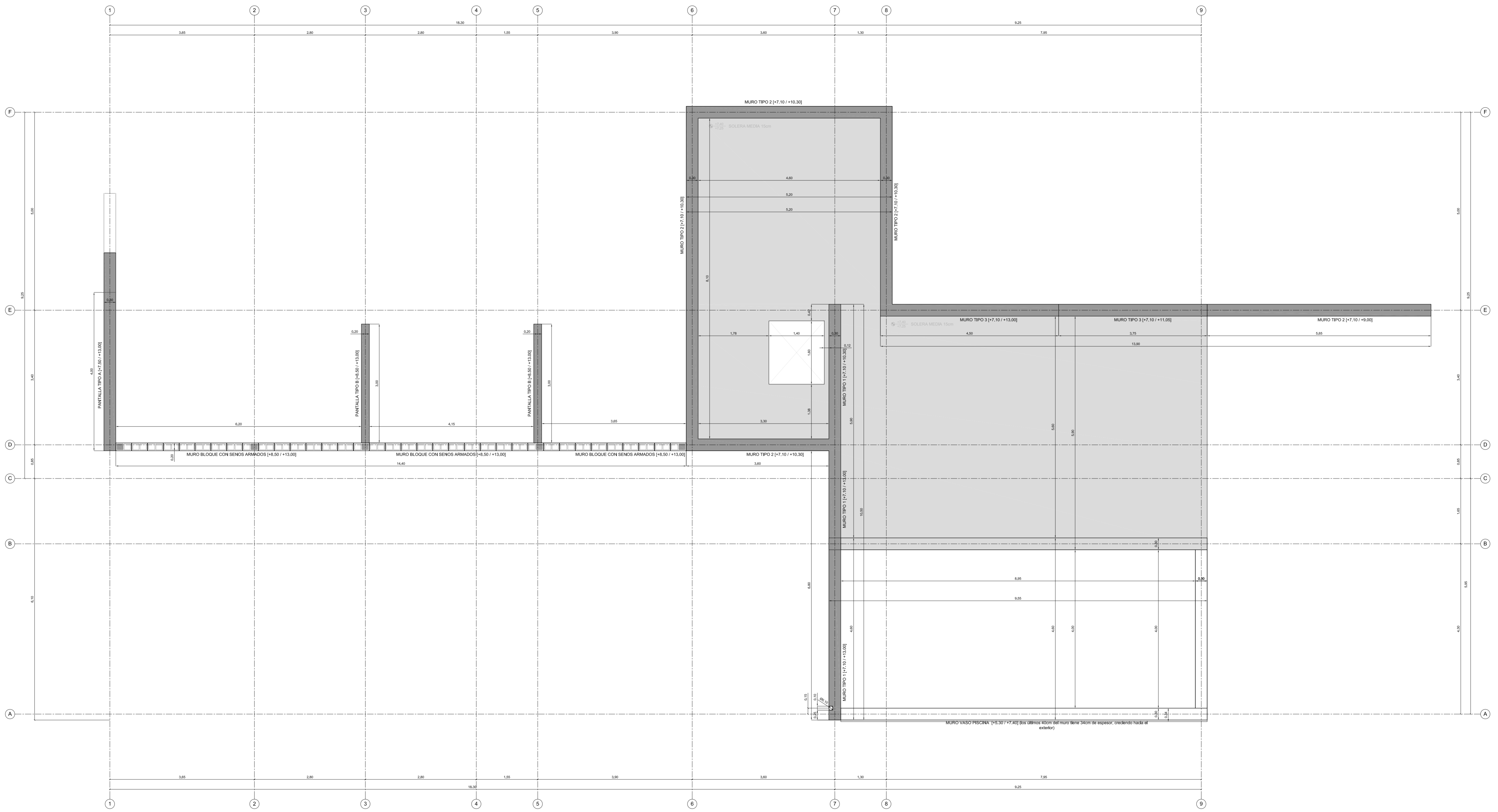
MATERIALES	
Hormigon	Acero
Alumino	Alumino
Madera	Acero inox

NOTAS	
LAS COTAS INTERIORES SON DE REPLANTEO Y ESTAN REFERIDAS A TABIQUERIA EN BRUTO MENOS MENOS LOS DESPLAZAMIENTOS EN LA INTERPRETACION DE ESTE PLANO DEBERA SER CONSULTADA A LA DIRECCION FACULTATIVA.	
LA UBICACION DEFINITIVA DE ESTOS ELEMENTOS SE REALIZARA SEGUN LOS CRITERIOS DEFINIDOS POR LA EMPRESA INSTALADORA EN BASE A LA NORMA UNE 23.007	

LEYENDA DE CPI	
Alumbrado de emergencia	Alumbrado de emergencia salida
Alumbrado de emergencia sin salida	Extintor 21A-113B

LEYENDA INSTALACION DE DETECCION Y ALARMA	
Detector termolocalmetrico	Dispositivo acustico
Control de alarma	Alumbrado de emergencia
Alumbrado de emergencia salida	Detector de CO
Alumbrado de emergencia sin salida	Ventilacion forzada

SILVESTRE NAVARRO ARQUITECTO S.L.	
CALLE DE MADRID Y CALLE 18, 11 46002 VALENCIA	
TEL: 0034 96 384 87 08 FAX: 0034 96 384 87 08	
PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA. PROYECTO DE EJECUCION	
SITUACION: CALPE (Alicante)	
Sector 29 Tox_Mascarat, parcela 8	
PROMOTOR: FERNANDO SEMPERE MONTES	



EJECUCION	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Perm. no cota	Normal 1,00 1,50
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00
ACERO	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Perm. no cota	Normal 1,00 1,50
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00

ACCIONES (kN/m2)				
PISCINA	GARAJE	VIVIENDA	CUBIERTA GARAJE	CUBIERTA
(17,40)	(11,40)	(11,40)	(11,40)	(11,40)
LOSA MACIZA 15cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm
Peso propio 3,75	Peso propio 4,25	Peso propio 10,00	Peso propio 4,25	Peso propio 10,00
Sobrecarga 1,50	Sobrecarga 1,25	Sobrecarga (Hx)	Sobrecarga 1,25	Sobrecarga 1,00
Tabiquería 1,00	F. techos+inst. 0,50	Sobrecarga (Hx)	F. techos+inst. 0,50	F. techos+inst. 0,50
S. uso 4,00	S. uso 4,00	S. uso 2,00	S. uso 2,00	S. uso 2,00
		Tabiquería (Hx)	S. nieve 0,40	S. nieve 0,40
		S. uso (Hx)		
		S. uso (Hx)		
TOTAL 10,25	TOTAL 12,0	TOTAL (sin nieve) 14,5	TOTAL 12,00	TOTAL 13,5
		TOTAL (con nieve) 14,0		

TIPIFICACION DEL HORMIGON			
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipo de hormigón	Modulo de elasticidad (GPa)	Resistencia característica (MPa)
Columnas	H40B040N	25.000	25,3 N/mm²
Muros	H40B020N	25.000	25,3 N/mm²
Pantallas	H40B020N	25.000	25,3 N/mm²
Vigas + Zunchos	H40B020N	25.000	25,3 N/mm²

CARACTERISTICAS RESISTENTES DEL ACERO			
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipo de acero	Modulo de elasticidad (GPa)	Resistencia característica (MPa)
Columnas	B500SD	210.000	510 N/mm²
Muros	B500SD	210.000	510 N/mm²
Pantallas	B500SD	210.000	510 N/mm²
Vigas + Zunchos	B500SD	210.000	510 N/mm²

DATOS NORMA SIRMCA NCSE-02	
ACELERACION BASICA (a _b)	0,08g
COEF. CONTRIBUCION (γ)	1,00
COEF. TERRENO (C)	1,00
COEF. PESO (W)	1,00
COEF. AMPLIFICACION (S)	0,50
ACELERACION CALCULO (a _c)	0,04g
COEF. AMORTIGUAMIENTO (α)	4%
COEF. DUCTILIDAD (α)	2
COEF. RESERVA (β)	0,50

PLANTAS	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Perm. no cota	Normal 1,00 1,50
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00

SECCIONES	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Perm. no cota	Normal 1,00 1,50
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00

MATERIALES	
HORMIGON	H40B040N
ACERO	B500SD
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Perm. no cota	Normal 1,00 1,50
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00

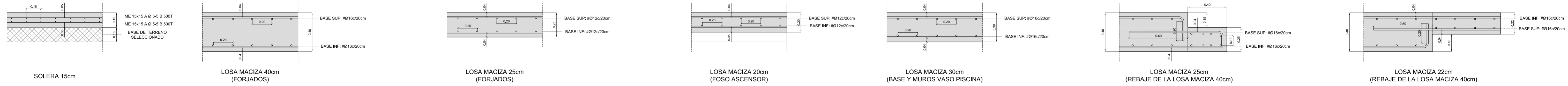
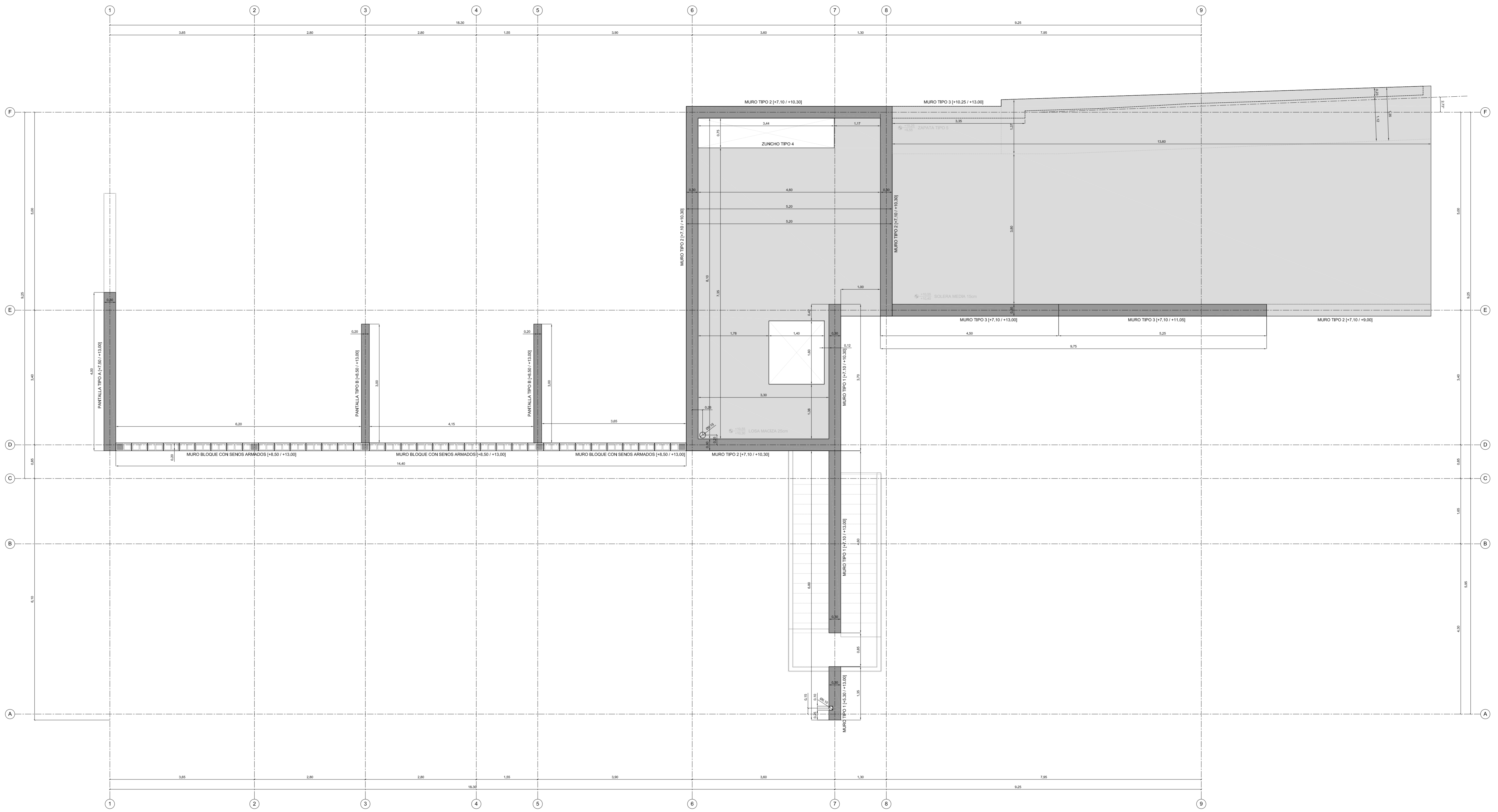
NOTAS	
LAS COTAS INTERIORES SON DE REPLANTEO Y ESTAN REFERIDAS A TABIQUERIA EN BRUTO MENOS MENOS LOS DEDOS. QUEDAR EN LA INTERPRETACION DE ESTE PLANO DEBERA SER CONSULTADA A LA DIRECCION FACULTATIVA. LA COTA (0,00) SE CORRESPONDE CON LA COTA (+100,00) DEL TOPOGRAFICO. LOS EJE X-Y DE LA PROPIEDAD ESTAN GRADOS 16 GRADOS RESPECTO AL EJE NOROCCIDENTAL DEL TOPOGRAFICO.	

LEYENDA DE CFI	
[Icono]	ALUMBRADO DE EMERGENCIA
[Icono]	ALUMBRADO DE EMERGENCIA SIN SALIDA
[Icono]	EXTINTOR 21A-113B

LEYENDA INSTALACION DE DETECCION Y ALARMA	
[Icono]	DETECTOR TERMOLOCOMETRICO
[Icono]	ALARMADOR DE ALARMA
[Icono]	CONTROL DE ALARMA
[Icono]	DISPOSITIVO ACUSTICO
[Icono]	BOCA DE INCENDIO EQUIPADA
[Icono]	DETECTOR DE CO
[Icono]	VENTILACION FORZADA

SILVESTRE NAVARRO ARQUITECTO S.L.
 GRAN VIA MARINA Y CAJAS, 18, 11 46003 VALENCIA
 TEL: 0634 96 384 87 08 FAX: 0634 96 384 87 08

PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA. PROYECTO DE EJECUCION
 SITUACION: CALPE (Alicante)
 PROMOTOR: Sector 29 Toix_Mascarat, parcela B
 FERNANDO SEMPERE MONTES



EJECUCION	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal
Accidental	Normal
ACERO	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal

ACCIONES (kN/m2)				
PISCINA	GARAJE	VIVIENDA	CUBIERTA GARAJE	CUBIERTA
(+10.00)	(+13.00)	(+13.00)	(+13.00)	(+13.00)
SOLETA 15cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm
Peso propio 3.75	Peso propio 4.25	Peso propio 10.00	Peso propio 4.25	Peso propio 10.00
Sobito 1.50	Sobito 1.25	Sobito (m2) 1.00	Sobito 1.85	Sobito 1.80
Tabiqueria 1.00	F. techos+inst. 0.50	Sobito (m2) 1.00	F. techos+inst. 0.50	F. techos+inst. 0.50
S. uso 4.00	S. uso 4.00	S. uso 2.00	S. uso 2.00	S. uso 2.00
TOTAL 10.25	TOTAL 12.00	TOTAL (m2/m2) 14.5	TOTAL 12.00	TOTAL 13.5

TIPIFICACION DEL HORMIGON				
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tip. de hormigon	Modulo de elasticidad (GPa)	Coef. de poisson	Resistencia a compresion (MPa)
Columnas	HA-20B400V	21.0	0.2	23.3
Muros	HA-20B200V	19.0	0.2	23.3
Forjados	HA-20B200V	19.0	0.2	23.3
Tipos = Zunchos	HA-20B200V	19.0	0.2	23.3

CARACTERISTICAS RESISTENTES DEL ACERO				
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tip. de acero	Modulo de elasticidad (GPa)	Coef. de poisson	Resistencia a traccion (MPa)
Columnas	B500SD	210	0.3	500
Muros	B500SD	210	0.3	500
Forjados	B500SD	210	0.3	500
Tipos = Zunchos	B500SD	210	0.3	500

DATOS NORMA SISMICA NCSE-02	
ACELERACION BASICA (a _b)	0.09g
COEF. CONTRIBUCION (k)	1.00
COEF. TERRENO (c)	1.00
COEF. PESO (p)	1.00
COEF. AMPLIFICACION (s)	0.50
ACELERACION CALCULO (a _c)	0.045g
COEF. AMORTIGUAMIENTO (α)	4%
COEF. DUCTILIDAD (δ)	2
COEF. RESERVA (β)	0.50

PLANTAS	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal

SECCIONES	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal

MATERIALES	
HORMIGON	TIPO
ACERO	TIPO
ALUMINIO	TIPO
VIDRIO	TIPO
ISOLACION	TIPO
TEJADO	TIPO
PAVIMENTO	TIPO
ACABADO	TIPO

NOTAS	
LAS COTAS INTERIORES SON DE REPLANTEO Y ESTAN REFERIDAS A TABIQUERIA EN BRUTO MENOS MENOS LOS DEDOS. QUEDAR EN LA INTERPRETACION DE ESTE PLANO DEBERA SER CONSULTADA A LA DIRECCION FACULTATIVA. LA COTA (0.00) SE CORRESPONDE CON LA COTA (+100.00) DEL TOPOGRAFICO. LOS EJE X-Y DE LA PROYECTA ESTAN GRADOS 16 GRADOS RESPECTO AL EJE NOROCCIDENTAL DEL TOPOGRAFICO.	

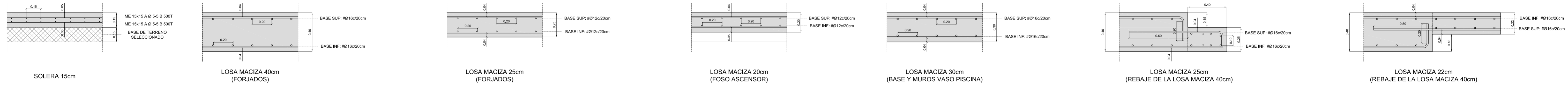
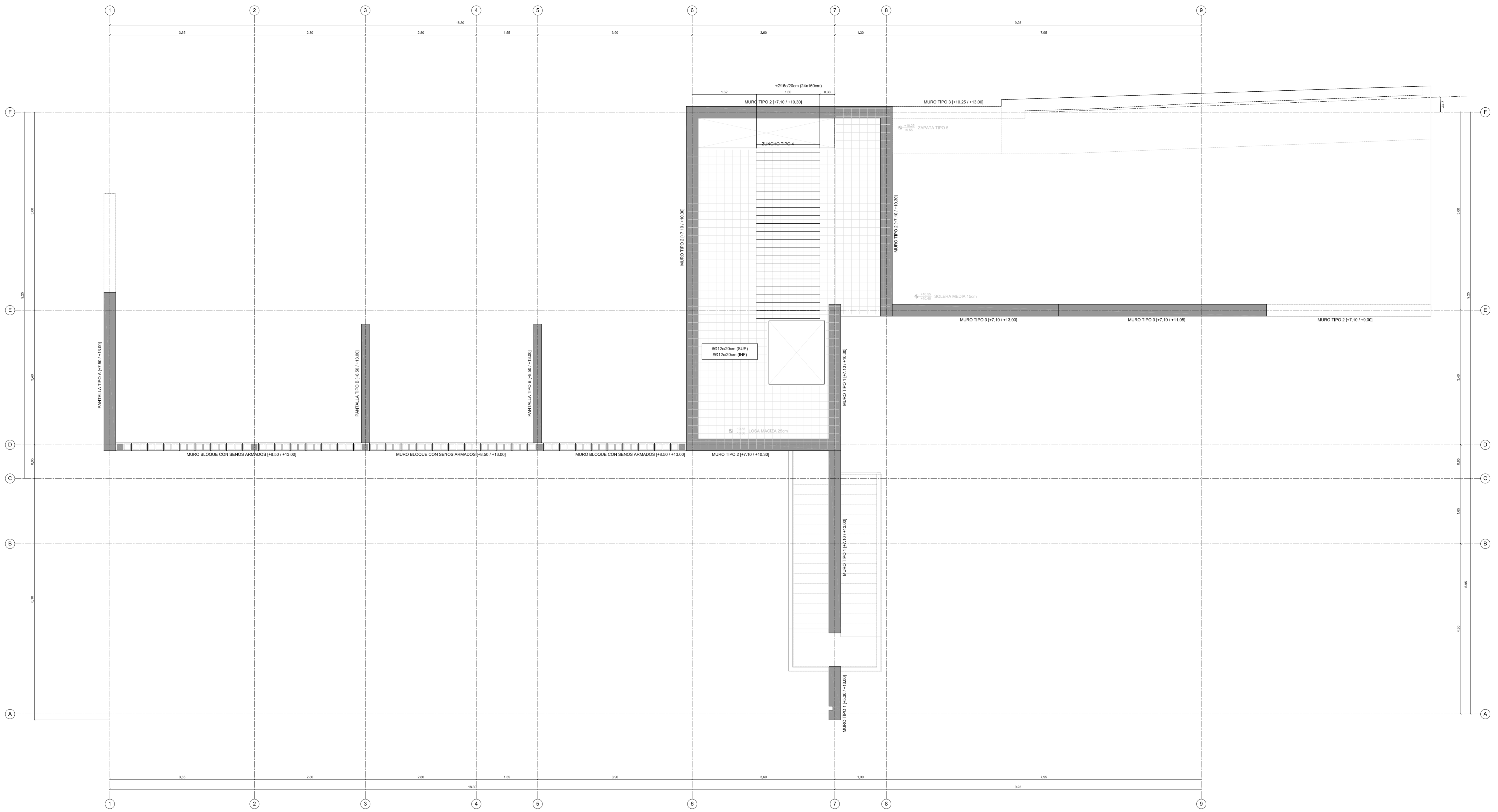
LEYENDA DE CFI	
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	BOCA DE INCENDIO EQUIPADA
ALUMBRADO DE EMERGENCIA SALIDA	DETECTOR DE CO
ALUMBRADO DE EMERGENCIA SIN SALIDA	VENTILACION FORZADA
EXTINTOR 21A-113B	

LEYENDA INSTALACION DE DETECCION Y ALARMA	
DETECTOR TERMOCROMETRICO	DISPOSITIVO ACUSTICO
PRISOR DE ALARMA	CONTROL DE ALARMA
ALARMADO DE EMERGENCIA	

SILVESTRE NAVARRO ARQUITECTO S.L.
 GRAN VIA MARINA 1 CALA, 18.11 46003 VALENCIA
 TEL: 0034 96 384 87 08 FAX: 0034 96 384 87 08

PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA. PROYECTO DE EJECUCION
 SITUACION: CALPE (Alicante)
 PROMOTOR: Sector 29 Tox_Mascarat, parcela B
 FERNANDO SEMPERE MONTES

8.3.1
 PLANTA COTA +10.60
 REPLANTEO
 DIC 2005 1/50



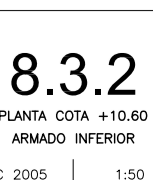
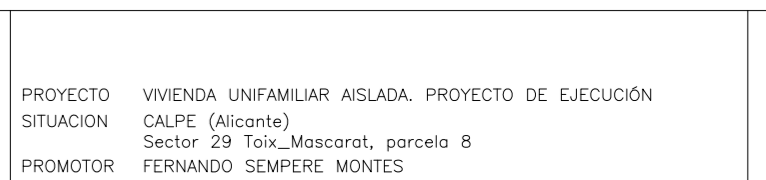
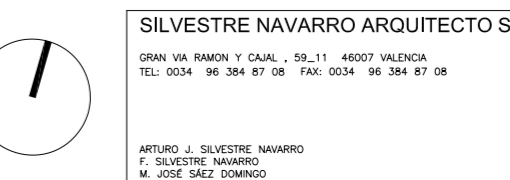
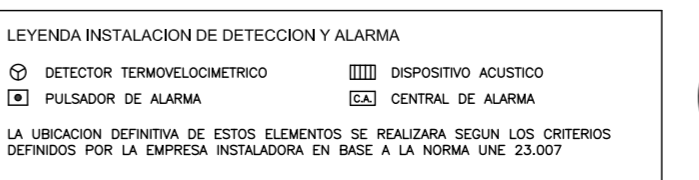
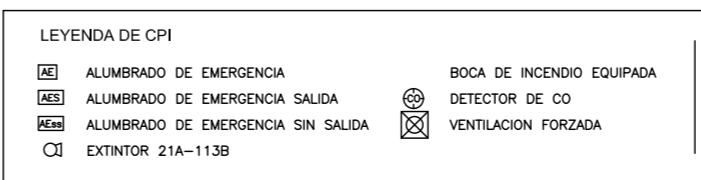
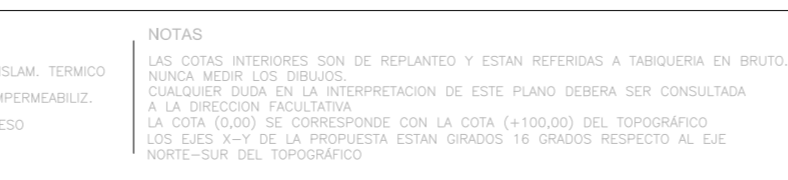
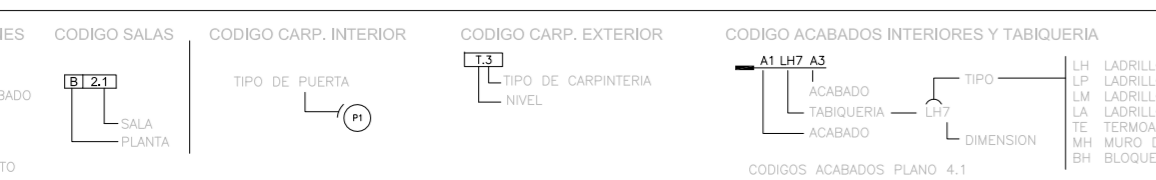
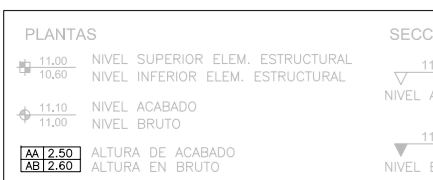
EJECUCION	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00
ACERO	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00

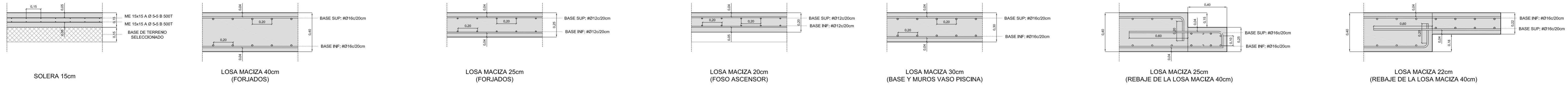
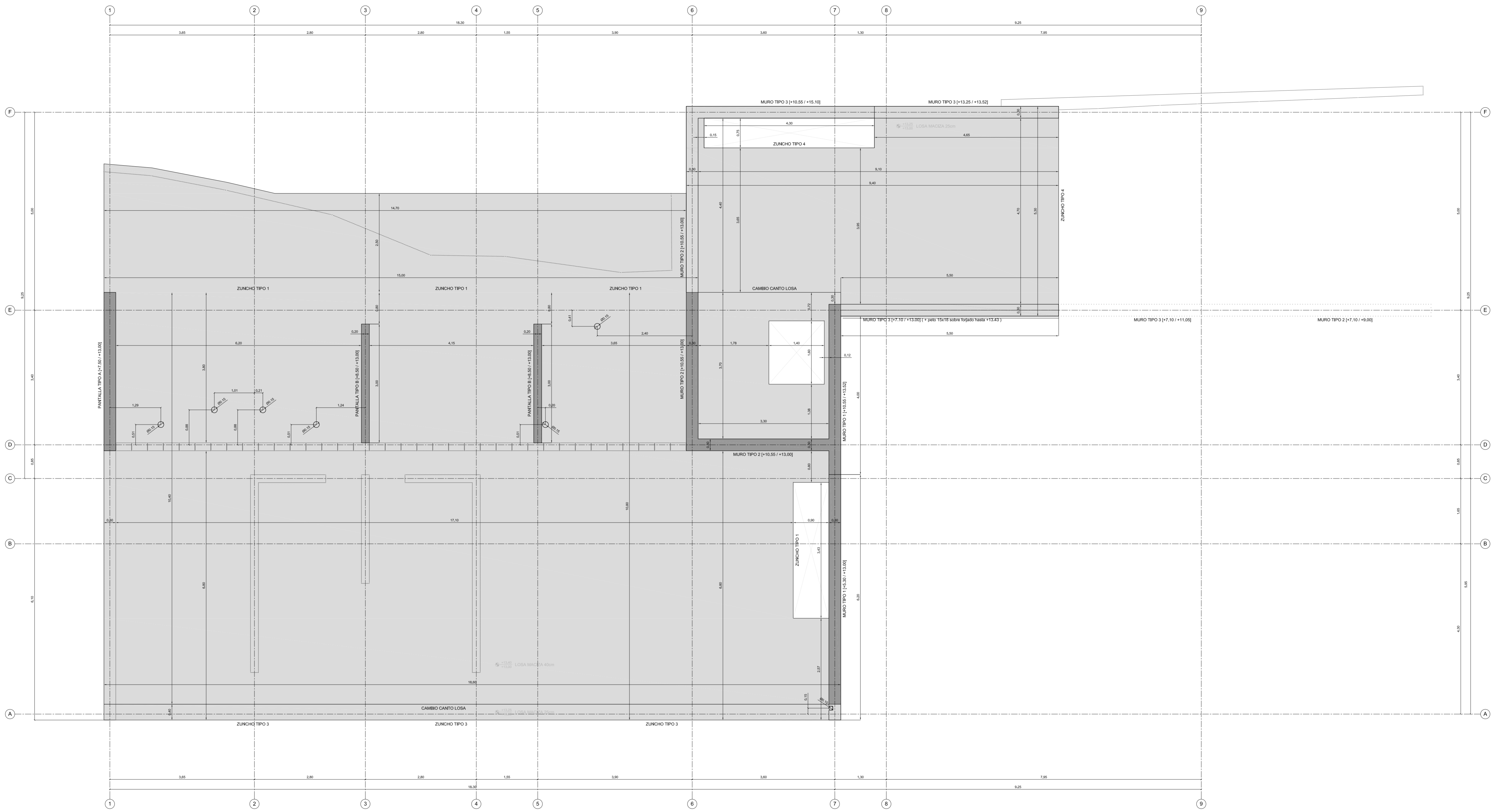
ACCIONES (kN/m2)				
PISCINA	GARAJE	VIVIENDA	CUBIERTA GARAJE	CUBIERTA
SOLEIRA 15cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm
Peso propio 3,75	Peso propio 4,25	Peso propio 10,00	Peso propio 6,25	Peso propio 10,00
Sobrecarga 1,50	Sobrecarga 1,25	Sobrecarga (Hx)	Sobrecarga 1,85	Sobrecarga 1,85
Tabiquería 1,50	F. techos+inst. 0,50	Sobrecarga (Hx)	F. techos+inst. 0,50	F. techos+inst. 0,50
S. uso 4,00	S. uso 4,00	S. uso 2,00	S. uso 2,00	S. uso 2,00
		Tabiquería (Hx)	S. nieve 0,40	S. nieve 0,40
		S. uso (Hx)		
		S. uso (Hx)		
TOTAL 10,25	TOTAL 12,00	TOTAL (kN/m2) 14,5	TOTAL 12,00	TOTAL 13,5

TIPIFICACION DEL HORMIGON				
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tip. de hormigon	Modulo de elasticidad	Coef. de poisson	Resistencia a compresion
Columnas	H40B040V	21.000	0,20	25,3 N/cm²
Muros	H40B020V	19.000	0,20	23,3 N/cm²
Panallas	H40B020V	19.000	0,20	23,3 N/cm²
Plata = Zunchos	H40B020V	19.000	0,20	23,3 N/cm²

CARACTERISTICAS RESISTENTES DEL ACERO				
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tip. de acero	Modulo de elasticidad	Coef. de poisson	Resistencia a traccion
Columnas	B500SD	210.000	0,30	500 N/mm²
Muros	B500SD	210.000	0,30	500 N/mm²
Panallas	B500SD	210.000	0,30	500 N/mm²
Plata = Zunchos	B500SD	210.000	0,30	500 N/mm²

DATOS NORMA SISMICA NCSE-02	
ACELERACION BASICA	0,09g
COEF. CONTRIBUCION	1,00
COEF. TERRENO	1,00
COEF. PESO	1,00
COEF. AMPLIFICACION	0,50
ACELERACION CALCULO	0,05g
COEF. AMORTIGUAMIENTO	4%
COEF. DUCTILIDAD	2
COEF. RESERVA	0,50





EJECUCION	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal
Accidental	Normal
Variable	Normal
Accidental	Normal

ACCIONES (kN/m ²)				
PISCINA	GAARAJE	VIVIENDA	CUBIERTA GARAJE	CUBIERTA
(17.40)	(11.40)	(11.40)	(11.40)	(11.40)
Preso propio 3.75	Preso propio 4.25	Preso propio 4.00	Preso propio 4.25	Preso propio 4.00
Sobrado 1.50	Sobrado 1.25	Sobrado (m ²) 1.00	Sobrado 1.85	Sobrado 1.80
Tabiquería 1.00	F. techos+inst. 0.50	S. uso 2.00	F. techos+inst. 0.50	F. techos+inst. 0.50
S. uso 4.00	S. uso 4.00	Tabiquería (m ²) 1.00	S. nieve 0.40	S. nieve 0.40
TOTAL 10.25	TOTAL 12.00	TOTAL (m ² /m ²) 14.5	TOTAL 12.00	TOTAL 13.5

TIPIFICACION DEL HORMIGON			
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipos de hormigón	Coef. parcial de seguridad	Resistencia característica
Columnas	H40B0400V	1.5 (acc. 1.3)	23.3 N/cm ²
Muros	H40B0200V	1.5 (acc. 1.3)	23.3 N/cm ²
Paredes	H40B0200V	1.5 (acc. 1.3)	23.3 N/cm ²
Vigas + Zunchos	H40B0200V	1.5 (acc. 1.3)	23.3 N/cm ²

CARACTERISTICAS RESISTENTES DEL ACERO			
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipos de acero	Modulo de elasticidad	Resistencia característica
Columnas	B500SD	210 N/mm ²	435 N/mm ²
Muros	B500SD	210 N/mm ²	435 N/mm ²
Paredes	B500SD	210 N/mm ²	435 N/mm ²
Vigas + Zunchos	B500SD	210 N/mm ²	435 N/mm ²

DATOS NORMA SIRMICA NCSE-02	
ACELERACION BASICA	0.09g
COEF. CONTRIBUCION	1.00
COEF. TERRENO	1.00
COEF. REDUCCION	1.00
COEF. AMPLIFICACION	0.80
ACELERACION CALCULO	0.072g
COEF. AMORTIGUAMIENTO	4%
COEF. DUCTILIDAD	2
COEF. RESERVA	0.80

PLANTAS	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal
Accidental	Normal
Variable	Normal
Accidental	Normal

SECCIONES	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal
Accidental	Normal
Variable	Normal
Accidental	Normal

MATERIALES	
HORMIGON	H40B0400V
ACERO	B500SD
ALUMINIO	ALUMINIO
VIDRIO	VIDRIO
TIERRA	TIERRA
ACERO INOX.	ACERO INOX.

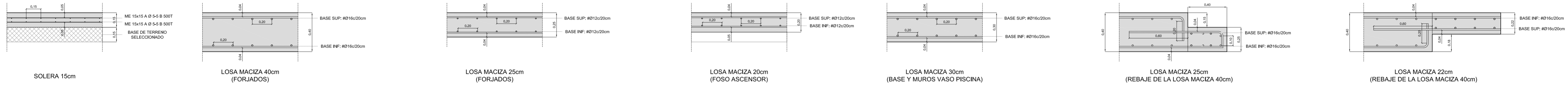
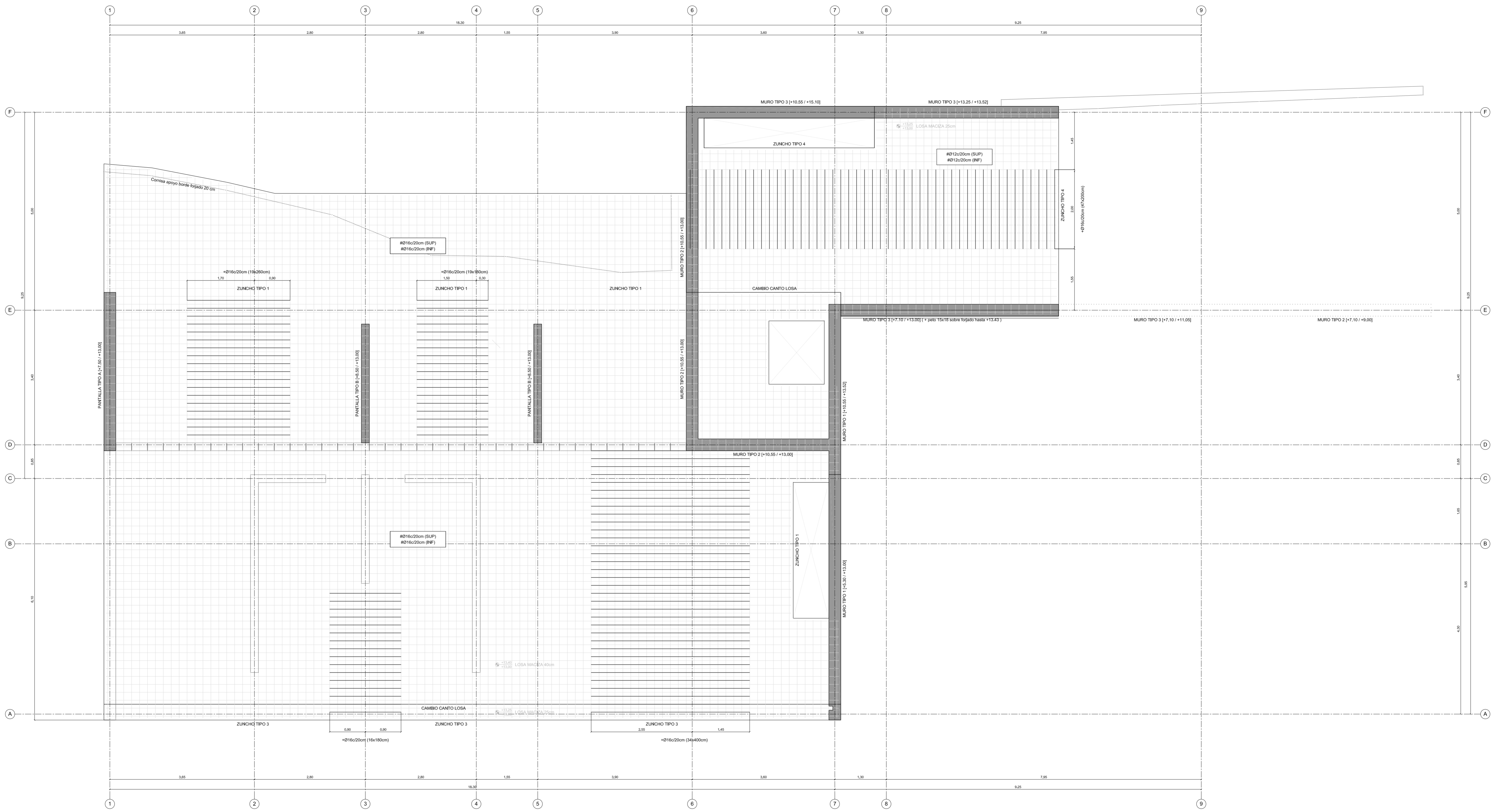
NOTAS	
LAS COTAS INTERIORES SON DE REPLANTEO Y ESTAN REFERIDAS A TABIQUERIA EN BRUTO MENOS MENOS LOS DIBUJOS QUE PUEDAN SER EN LA INTERPRETACION DE ESTE PLANO DEBERA SER CONSULTADA A LA DIRECCION FACULTATIVA.	
LA COTA (0.00) SE CORRESPONDE CON LA COTA (+100.00) DEL TOPOGRAFICO. LOS EJE X-Y DE LA PROYECTA ESTAN GRADOS 16 GRADOS RESPECTO AL EJE NOROCCIDENTAL DEL TOPOGRAFICO.	

LEYENDA DE CBI	
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	ALUMBRADO DE EMERGENCIA SALIDA
ALUMBRADO DE EMERGENCIA SIN SALIDA	EXTINTOR 21A-113B

LEYENDA INSTALACION DE DETECCION Y ALARMA	
DETECTOR TERMOCROMETRICO	DISPOSITIVO ACUSTICO
DETECTOR DE CO	CONTROL DE ALARMA
BOCA DE INCENDIO EQUIPADA	VENTILACION FORZADA

SILVESTRE NAVARRO ARQUITECTO S.L.
 GRAN VIA MARINA Y CAJAS, 18-11 46003 VALENCIA
 TEL: 0034 96 384 87 08 FAX: 0034 96 384 87 08
 PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA. PROYECTO DE EJECUCION
 SITUACION: CALPE (Alicante)
 PROMOTOR: Sector 29 Tox_Mascardat, parcela B
 FERNANDO SEMPERE MONTES

8.4.1
 PLANTA COTA +13.52
 REPLANTEO
 DICIEMBRE 2005 1/50



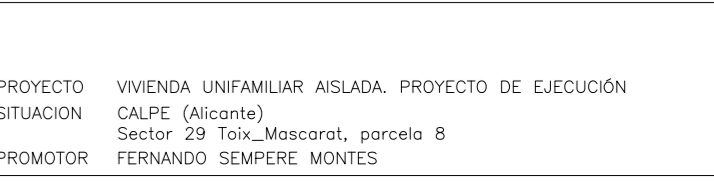
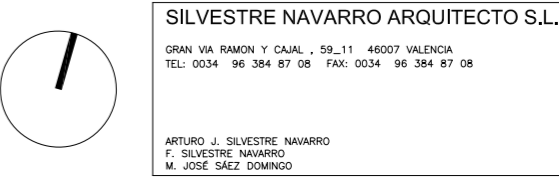
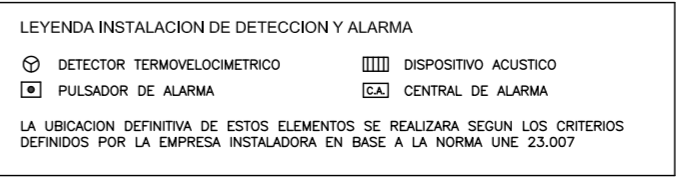
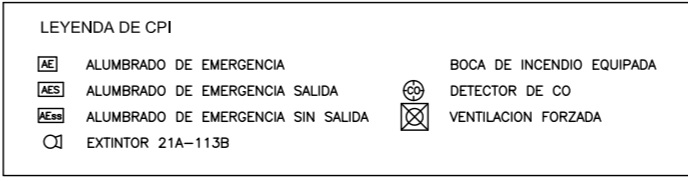
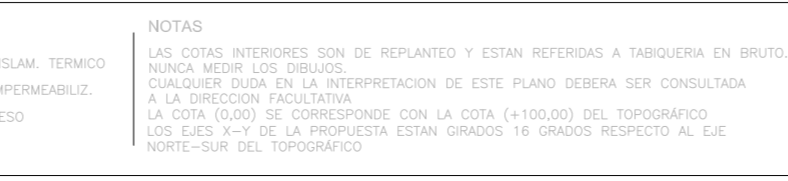
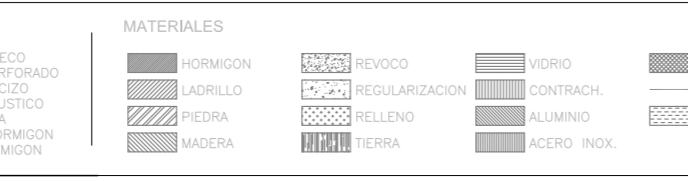
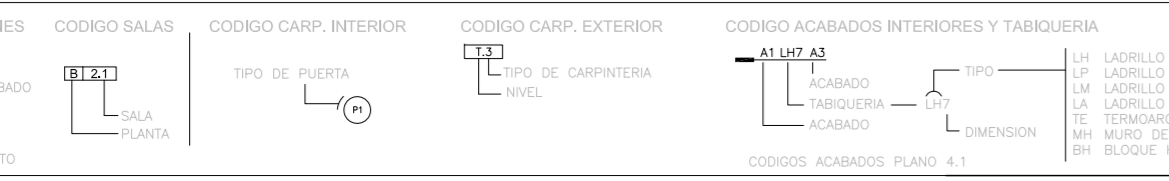
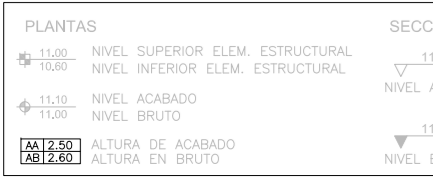
EJECUCION	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Perm. no cota	Normal 1,00 1,50
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00
ACERO	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Perm. no cota	Normal 1,00 1,50
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00

ACCIONES (kN/m2)				
PISCINA	GARAJE	VIVIENDA	CUBIERTA GARAJE	CUBIERTA
(17x40)	(11x40)	(11x20)	(11x20)	(11x20)
SOLETA 15cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm
Peso propio 3,75	Peso propio 4,25	Peso propio 10,00	Peso propio 6,25	Peso propio 10,00
Sobrado 1,50	Sobrado 1,25	Sobrado (Hx)	Sobrado 1,85	Sobrado 1,80
Tabiqueria 1,50	F. techos+inst. 0,50	Sobrado (Hx) 1,50	F. techos+inst. 0,50	F. techos+inst. 0,50
S. uso 4,00	S. uso 4,00	F. techos+inst. 0,50	S. uso 2,00	S. uso 2,00
TOTAL 10,25	TOTAL 12,00	TOTAL (Hx/Hx) 14,5	TOTAL 12,00	TOTAL 13,5

TIPIFICACION DEL HORMIGON			
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipo de hormigon	Modulos de elasticidad	Resistencia a compresion
Compuertas	HA-20B400V	21.000	20,0 N/cm²
Muros	HA-20B200V	19.000	15,0 N/cm²
Pantallas	HA-20B200V	19.000	15,0 N/cm²
Vigas + Zunchos	HA-20B200V	19.000	15,0 N/cm²

CARACTERISTICAS RESISTENTES DEL ACERO			
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipo de acero	Modulos de elasticidad	Resistencia a traccion
Compuertas	B500SD	210.000	435 N/cm²
Muros	B500SD	210.000	435 N/cm²
Forjados	B500SD	210.000	435 N/cm²
Vigas + Zunchos	B500SD	210.000	435 N/cm²

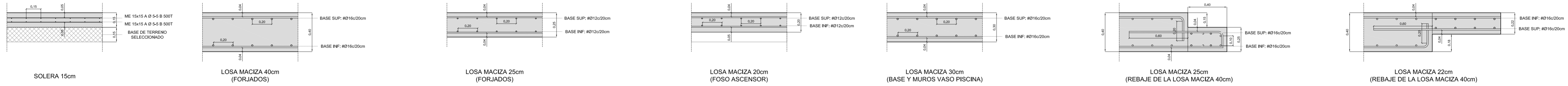
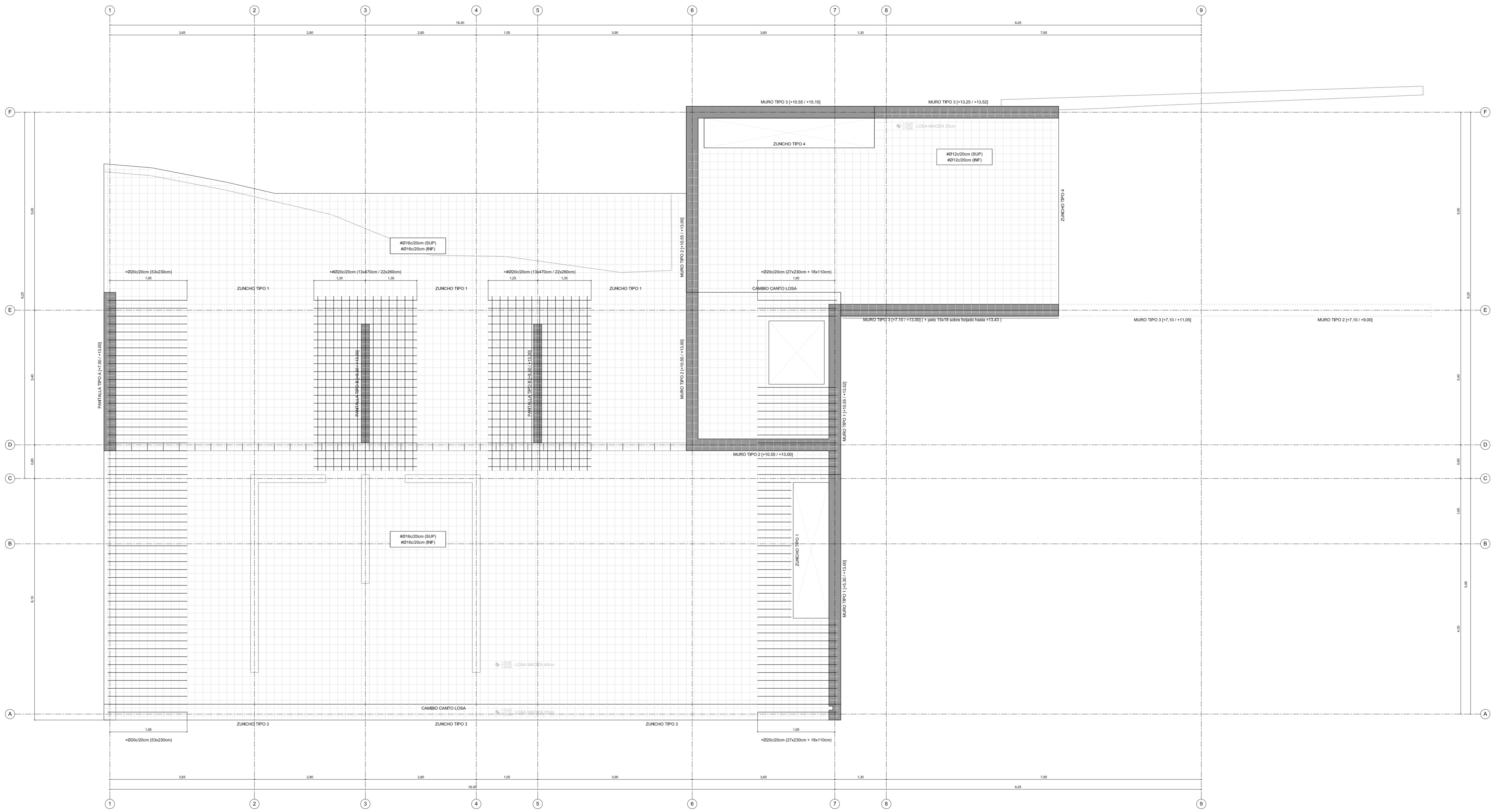
DATOS NORMA SIBOMCA NCSE-02	
ACELERACION BASICA ab	0,08g
COEF. CONTRIBUCION kc	1,00
COEF. TERRENO ct	1,00
COEF. REDUCCION cd	0,50
COEF. AMORTIGUAMIENTO ca	4%
COEF. REDUCCION cc	2
COEF. RESERVA cs	0,50



SILVESTRE NAVARRO ARQUITECTO S.L.
 GRAN VIA MARINA 1 CALA, 18.11 46003 VALENCIA
 TEL: 0034 96 384 87 08 FAX: 0034 96 384 87 08

PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA. PROYECTO DE EJECUCION
 SITUACION: CALPE (Alicante)
 PROMOTOR: Sector 29 Tox_Mascarat, parcela B
 FERNANDO SEMPERE MONTES

8.4.2
 PLANTA COTA +13.52
 ARMADO INFERIOR
 DIC 2005 1:50



EJECUCION	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal
Perm. no cota	Normal
Variable	Normal
Accidental	Normal
ACERO	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal
Perm. no cota	Normal
Variable	Normal
Accidental	Normal

ACCIONES (kN/m2)				
PISCINA	GARAJE	VIVIENDA	CUBIERTA GARAJE	CUBIERTA
(17,40)	(11,40)	(11,40)	(11,40)	(11,40)
SOLETA 15cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm
Peso propio 3,75	Peso propio 4,25	Peso propio 10,00	Peso propio 6,25	Peso propio 10,00
Sobito 1,50	Sobito 1,25	Sobito (H)	Sobito 1,85	Sobito 1,85
Tabiqueria 1,50	F. techos+inst. 0,50	Sobito (H)	F. techos+inst. 0,50	F. techos+inst. 0,50
S. uso 4,00	S. uso 4,00	S. uso 2,00	S. uso 2,00	S. uso 2,00
		Tabiqueria (H)	S. nieve 0,40	S. nieve 0,40
		S. uso (H)		
		S. uso (H)		
TOTAL 10,25	TOTAL 12,0	TOTAL (kN/m2) 14,5	TOTAL 12,00	TOTAL 13,5

TIPIFICACION DEL HORMIGON			
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipo de hormigon	Modulos de deformacion	Resistencia a compresion
Columnas	H40B040V	1,5 (acc. 1,5)	23,3 N/cm ²
Muros	H40B020V	1,5 (acc. 1,5)	23,3 N/cm ²
Pantallas	H40B020V	1,5 (acc. 1,5)	23,3 N/cm ²
Vigas + Zunchos	H40B020V	1,5 (acc. 1,5)	23,3 N/cm ²

CARACTERISTICAS RESISTENTES DEL ACERO			
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipo de acero	Modulos de deformacion	Resistencia a traccion
Columnas	B500SD	1,16 (acc. 1,0)	435 N/cm ²
Muros	B500SD	1,16 (acc. 1,0)	435 N/cm ²
Pantallas	B500SD	1,16 (acc. 1,0)	435 N/cm ²
Vigas + Zunchos	B500SD	1,16 (acc. 1,0)	435 N/cm ²

DATOS NORMA SIBOMCA NCSE-02	
ACELERACION BASICA	0,09g
COEF. CONTRIBUCION	1,00
COEF. TERRENO	1,00
COEF. PESO	1,00
COEF. AMPLIFICACION	0,50
ACELERACION CALCULO	0,045g
COEF. AMORTIGUAMIENTO	4%
COEF. EXCENTRADO	2
COEF. RESERVA	0,50

PLANTAS	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal
Perm. no cota	Normal
Variable	Normal
Accidental	Normal

SECCIONES	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal
Accidental	Normal
Perm. no cota	Normal
Variable	Normal
Accidental	Normal

MATERIALES	
HORMIGON	H40B040V
ACERO	B500SD
ALUMINIO	ALUMINIO
VIDRIO	VIDRIO
TIERRA	TIERRA

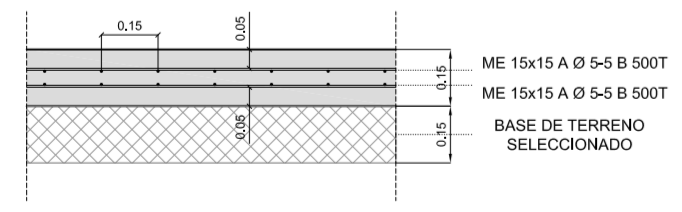
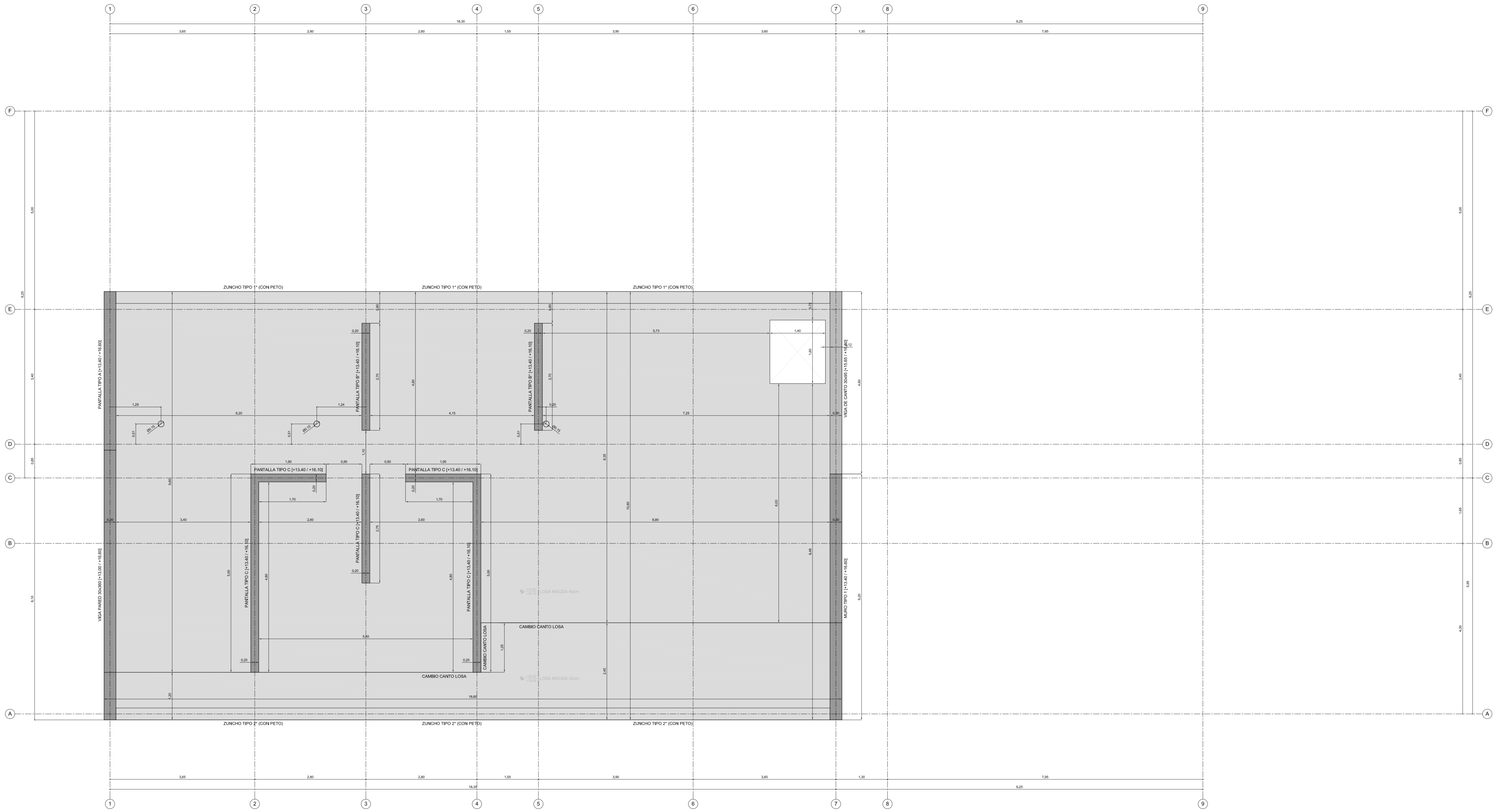
NOTAS	
LAS COTAS INTERIORES SON DE REPLANTEO Y ESTAN REFERIDAS A TABQUERIA EN BRUTO.	
MURAS Y MUROS DE CANTO SON DE REPLANTEO Y ESTAN REFERIDAS A TABQUERIA EN BRUTO.	
QUEDAR EN LA INTERPRETACION DE ESTE PLANO DEBERA SER CONSULTADA A LA DIRECCION FACULTATIVA.	
LA COTA 0,00 SE CORRESPONDE CON LA COTA (+100,00) DEL TOPOGRAFICO.	
LOS ANGULOS DE LA PROYECTA ESTAN GRADOS 16 GRADOS RESPECTO AL EJE NOROCCIDENTAL DEL TOPOGRAFICO.	

LEYENDA DE CFI	
[Icono]	ALUMBRADO DE EMERGENCIA
[Icono]	ALUMBRADO DE EMERGENCIA SALIDA
[Icono]	ALUMBRADO DE EMERGENCIA SIN SALIDA
[Icono]	EXTINTOR 21A-113B

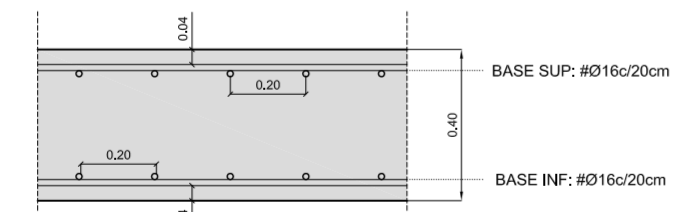
LEYENDA INSTALACION DE DETECCION Y ALARMA	
[Icono]	DETECTOR TERMOCROMETRICO
[Icono]	DISPOSITIVO ACUSTICO
[Icono]	CONTROL DE ALARMA
[Icono]	BOCA DE INCENDIO EQUIPADA
[Icono]	DETECTOR DE CO
[Icono]	VENTILACION FORZADA

SILVESTRE NAVARRO ARQUITECTO S.L.	
CALLE DE MADRID 1 CALLE 18, 11 46002 VALENCIA	
TEL: 0034 96 384 87 08 FAX: 0034 96 384 87 08	
PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA. PROYECTO DE EJECUCION	
SITUACION: CALPE (Alicante)	
PROMOTOR: Sector 29 Tox_Mascarat, parcela B	
FERNANDO SEMPERE MONTES	

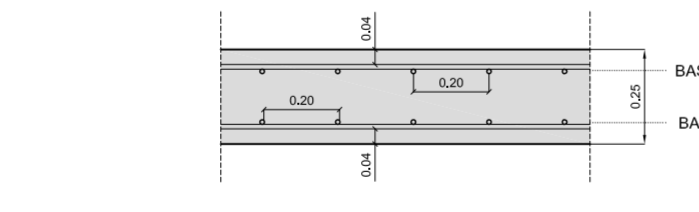
8.4.3	
PLANTA COTA +13,52	
ARMADO SUPERIOR	
DIC: 2005 1:50	



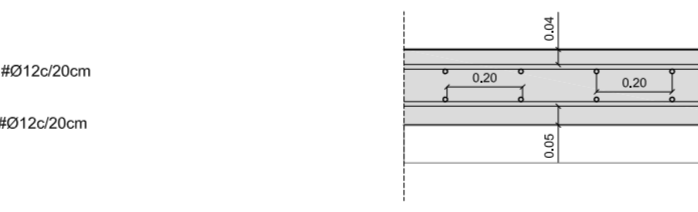
SOLERA 15cm



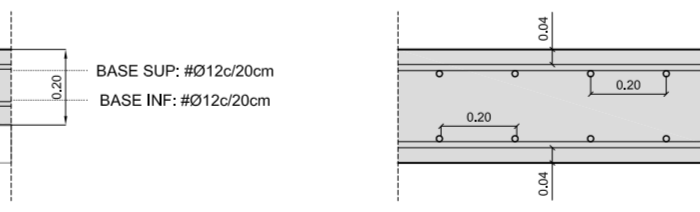
LOSA MACIZA 40cm (FORJADOS)



LOSA MACIZA 25cm (FORJADOS)



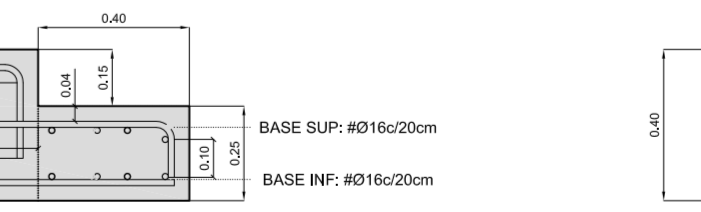
LOSA MACIZA 20cm (FOSO ASCENSOR)



LOSA MACIZA 30cm (BASE Y MUROS VASO PISCINA)



LOSA MACIZA 25cm (REBAJE DE LA LOSA MACIZA 40cm)



LOSA MACIZA 22cm (REBAJE DE LA LOSA MACIZA 40cm)

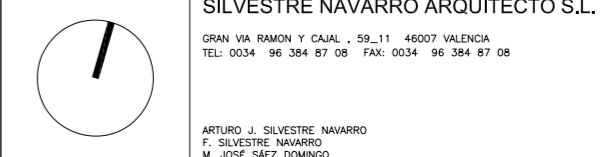
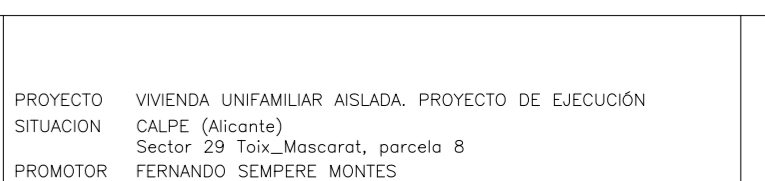
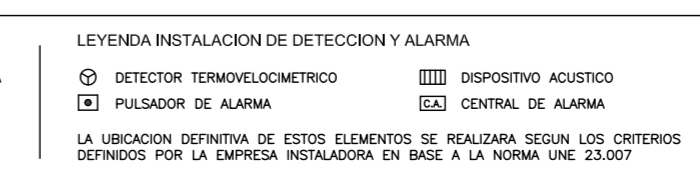
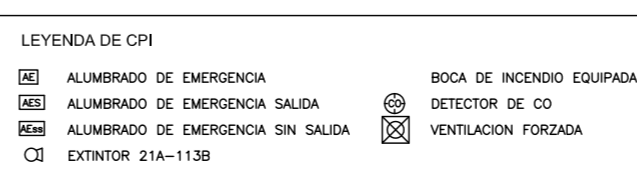
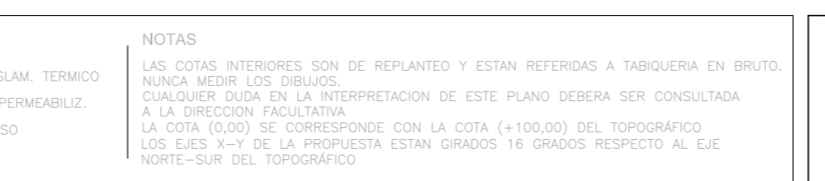
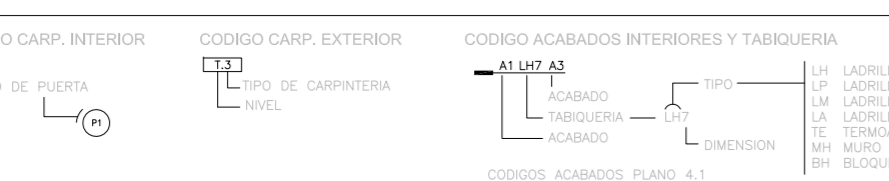
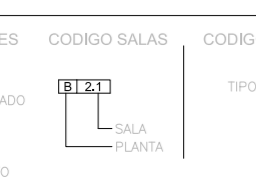
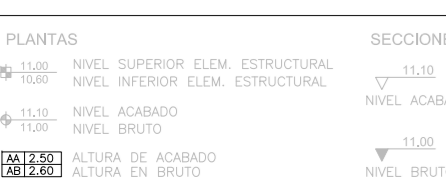
EJECUCION		
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)	Favorable Desfavorable
Permanente	Normal	1,00 1,50
Accidental	Normal	0,80 1,00
Accidental	Normal	0,80 1,00
ACERO		
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)	Favorable Desfavorable
Permanente	Normal	1,00 1,50
Accidental	Normal	0,80 1,00
Accidental	Normal	0,80 1,00

ACCIONES (kN/m2)				
PISCINA	GARAJE (17,40)	VIVIENDA (17,40)	CUBIERTA GARAJE (17,40)	CUBIERTA LOSA MACIZA 40cm
SOLETA 15cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm
Peso propio 3,75	Peso propio 6,25	Peso propio 10,00	Peso propio 6,25	Peso propio 10,00
Sobrecarga 1,50	Sobrecarga 1,25	Sobrecarga (H+)	Sobrecarga 1,25	Sobrecarga 1,00
Tabiqueria 1,50	F. techos+inst. 0,50	Sobrecarga (H+)	F. techos+inst. 0,50	F. techos+inst. 0,50
Variable Normal 0,80 1,00	S. vao 4,00	S. vao 2,00	S. vao 2,00	S. vao 2,00
Accidental Normal 0,80 1,00	S. vao 4,00	Tabiqueria (H+)	S. nieve 0,40	S. nieve 0,40
		S. vao (H+)		
TOTAL 10,25	TOTAL 12,0	TOTAL (kN/m2)	TOTAL 12,00	TOTAL 13,5
		TOTAL (kN/m2)		

TIPIFICACION DEL HORMIGON				
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipos de hormigon	Modulos de elasticidad (N/mm2)	Coeff. de poisson	Resistencia a compresion (N/mm2)
Comentarios	HA-08B400V	1,16 (acc. 1,0)	0,20	23,3 N/mm2
Muros	HA-08B200V	1,16 (acc. 1,0)	0,20	23,3 N/mm2
Vigas + Zunchos	HA-08B200V	1,16 (acc. 1,0)	0,20	23,3 N/mm2

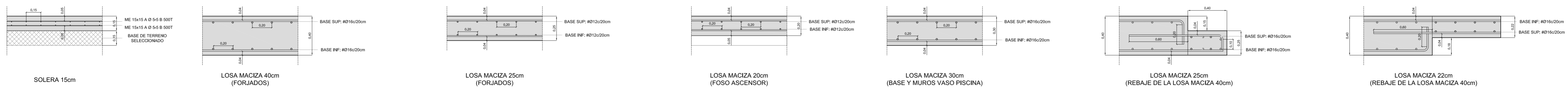
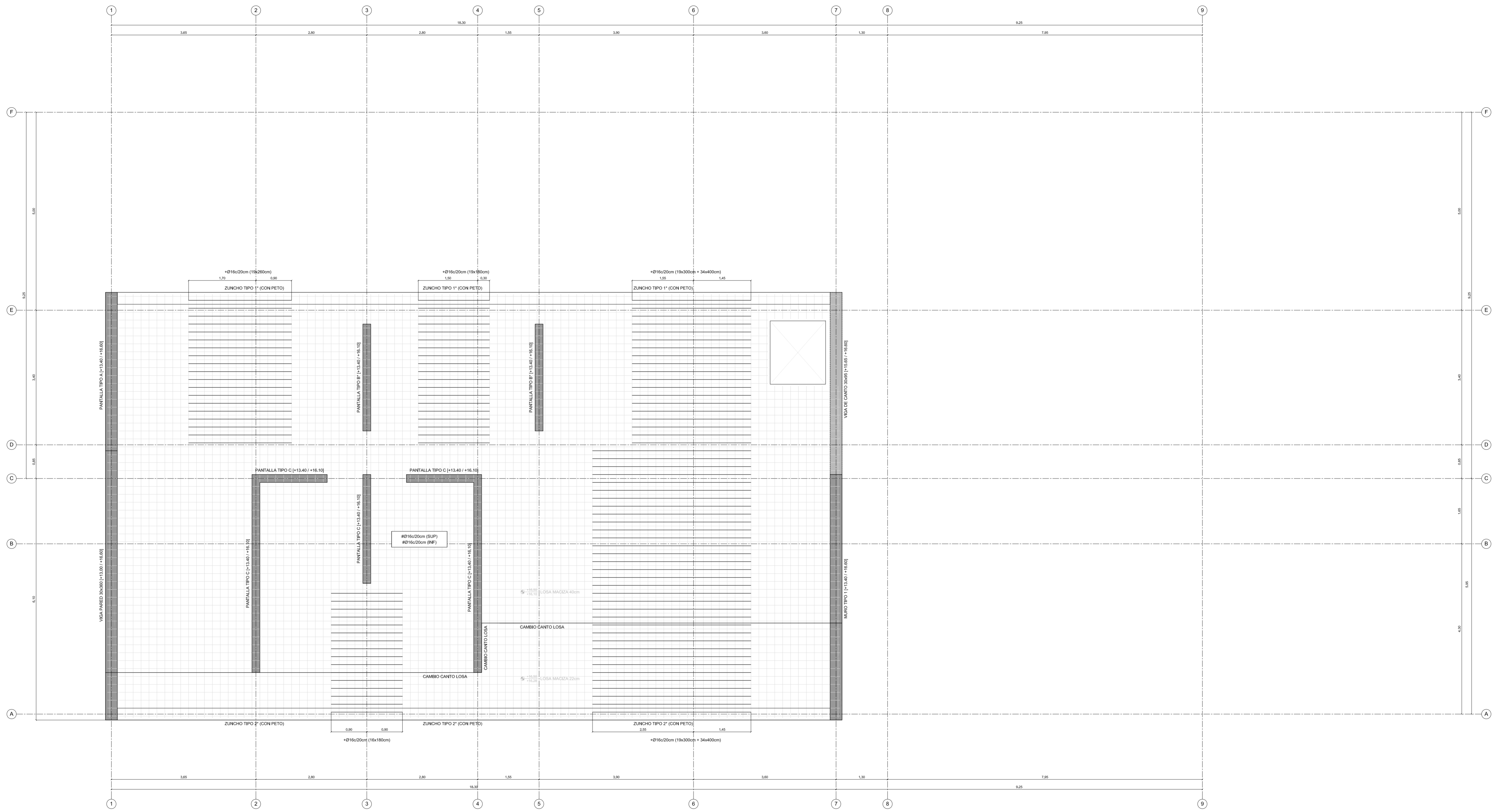
CARACTERISTICAS RESISTENTES DEL ACERO				
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipos de acero	Modulos de elasticidad (N/mm2)	Coeff. de poisson	Resistencia a traccion (N/mm2)
Comentarios	B500SD	2,10 (acc. 1,0)	0,33	500 N/mm2
Muros	B500SD	2,10 (acc. 1,0)	0,33	500 N/mm2
Forjadas	B500SD	2,10 (acc. 1,0)	0,33	500 N/mm2
Vigas + Zunchos	B500SD	2,10 (acc. 1,0)	0,33	500 N/mm2

DATOS NORMA SIBOMCA NCSE-02	
ACELERACION BASICA a _b	0,08
COEF. CONTRIBUCION k	1,00
COEF. TERRENO c	1,00
COEF. REDUCCION r	1,00
COEF. AMPLIFICACION s	0,50
ACELERACION CALCULO a _c	0,05
COEF. AMORTIGUAMIENTO d	4%
COEF. DUCTILIDAD u	2
COEF. RESERVA s	0,80



SILVESTRE NAVARRO ARQUITECTO S.L.
 OFICINA: AV. MARINA 1 CALA, 18.11 46003 VALENCIA
 TEL: 0034 96 384 87 08 FAX: 0034 96 384 87 08
 PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA. PROYECTO DE EJECUCION
 SITUACION: CALPE (Alicante)
 PROMOTOR: Sector 29 Tox_Mascarat, parcela B
 FERNANDO SEMPERE MONTES

8.5.1
 PLANTA COTA +16.70
 REPLANTEO
 DICIEMBRE 2005 1/50



EJECUCION	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00
ACERO	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00

ACCIONES (kN/m2)				
PISCINA	GARAJE	VIVIENDA	CUBIERTA GARAJE	CUBIERTA
SOLEIRA 15cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm
Peso propio 3,75	Peso propio 4,25	Peso propio 10,00	Peso propio 6,25	Peso propio 10,00
Sobrecarga 1,50	Sobrecarga 1,25	Sobrecarga 1,50	Sobrecarga 1,50	Sobrecarga 1,50
Tabiqueria 1,50	F. techos+inst. 0,50	Sobrecarga 1,50	F. techos+inst. 0,50	F. techos+inst. 0,50
S. vao 4,00	S. vao 4,00	S. vao 2,00	S. vao 2,00	S. vao 2,00
		Tabiqueria (H) 1,00	S. nieve 0,40	S. nieve 0,40
		S. uso (H) 2,00		
		S. uso (H) 2,00		
TOTAL 10,25	TOTAL 12,00	TOTAL (sin nieve) 14,5	TOTAL 12,00	TOTAL 13,5
		TOTAL (con nieve) 14,0		

TIPIFICACION DEL HORMIGON				
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipos de hormigon	Modulos de elasticidad	Coef. de poisson	Resistencia a compresion
Comentarios	H40D20B40V	Es=11000	0,2	23,3 N/cm²
Muros	H40D20B20V	Es=11000	0,2	23,3 N/cm²
Pantallas	H40D20B20V	Es=11000	0,2	23,3 N/cm²
Vigas + Zunchos	H40D20B20V	Es=11000	0,2	23,3 N/cm²

CARACTERISTICAS RESISTENTES DEL ACERO				
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipos de acero	Modulos de elasticidad	Coef. de poisson	Resistencia a traccion
Comentarios	B500SD	Es=210000	0,3	500 N/mm²
Muros	B500SD	Es=210000	0,3	500 N/mm²
Forjados	B500SD	Es=210000	0,3	500 N/mm²
Vigas + Zunchos	B500SD	Es=210000	0,3	500 N/mm²

DATOS NORMA SIRMICA NCSE-02	
CALIFICACIONES:	
ACELERACION BASICA (a _b)	0,05
COEF. DE CONTRIBUCION (k)	1,00
COEF. TERRENO (k _t)	1,00
COEF. REDUCCION (k _r)	0,50
COEF. AMPLIFICACION (k _a)	0,50
ACELERACION CALCULADA (a _c)	0,05
COEF. DUCTILIDAD (k _d)	2
COEF. RESPUESTA (k _s)	0,50

NOTAS	
LAS COTAS INTERIORES SON DE REPLANTEO Y ESTAN REFERIDAS A TABIQUERIA EN BRUTO MENOS MENOS LOS DIBUJOS QUE PUEDEN SER EN LA INTERPRETACION DE ESTE PLANO DEBERA SER CONSULTADA A LA DIRECCION FACULTATIVA.	
LA COTA (0,00) SE CORRESPONDE CON LA COTA (+100,00) DEL TOPOGRAFICO LOS EJE X-Y-Y' DE LA PROUESTA ESTAN GRADOS 16 GRADOS RESPECTO AL EJE NORIENTADO DEL TOPOGRAFICO.	

LEYENDA DE CPI	
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	BOCA DE INCENDIO EQUIPADA
ALUMBRADO DE EMERGENCIA SALIDA	DETECTOR DE CO2
ALUMBRADO DE EMERGENCIA SIN SALIDA	VENTILACION FORZADA
EXTINTOR 21A-113B	

LEYENDA INSTALACION DE DETECCION Y ALARMA	
DETECTOR TERMOVOLUMETRICO	DISPOSITIVO ACUSTICO
PSISOR DE ALARMA	CONTROL DE ALARMA

NOTAS	
LA UBICACION DEFINITIVA DE ESTOS ELEMENTOS SE REALIZARA SEGUN LOS CRITERIOS DEFINIDOS POR LA EMPRESA INSTALADORA EN BASE A LA NORMA UNE 23.007	

PLANTAS	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00

SECCIONES	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00

MATERIALES	
HORMIGON	ACERO
ALUMBRADO	VENTILACION
TABIQUERIA	ACABADOS
ACABADOS	ACABADOS

NOTAS	
LAS COTAS INTERIORES SON DE REPLANTEO Y ESTAN REFERIDAS A TABIQUERIA EN BRUTO MENOS MENOS LOS DIBUJOS QUE PUEDEN SER EN LA INTERPRETACION DE ESTE PLANO DEBERA SER CONSULTADA A LA DIRECCION FACULTATIVA.	
LA COTA (0,00) SE CORRESPONDE CON LA COTA (+100,00) DEL TOPOGRAFICO LOS EJE X-Y-Y' DE LA PROUESTA ESTAN GRADOS 16 GRADOS RESPECTO AL EJE NORIENTADO DEL TOPOGRAFICO.	

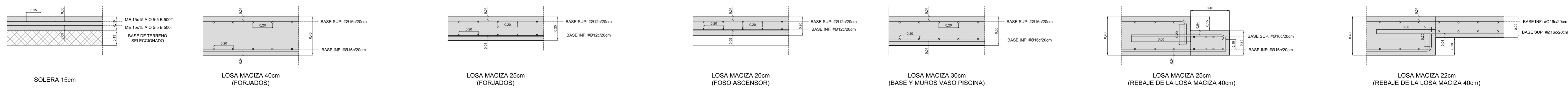
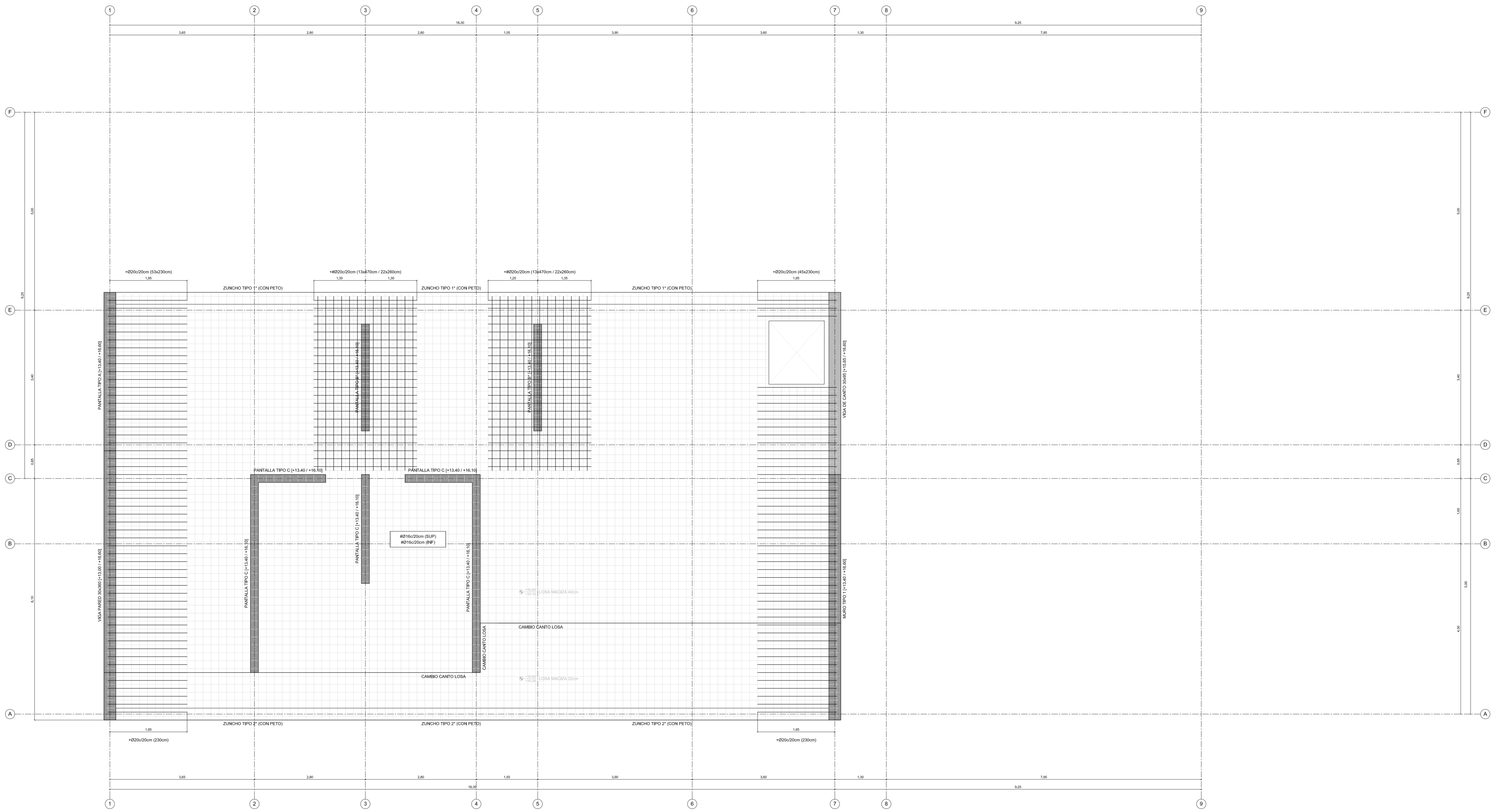
LEYENDA DE CPI	
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	BOCA DE INCENDIO EQUIPADA
ALUMBRADO DE EMERGENCIA SALIDA	DETECTOR DE CO2
ALUMBRADO DE EMERGENCIA SIN SALIDA	VENTILACION FORZADA
EXTINTOR 21A-113B	

LEYENDA INSTALACION DE DETECCION Y ALARMA	
DETECTOR TERMOVOLUMETRICO	DISPOSITIVO ACUSTICO
PSISOR DE ALARMA	CONTROL DE ALARMA

NOTAS	
LA UBICACION DEFINITIVA DE ESTOS ELEMENTOS SE REALIZARA SEGUN LOS CRITERIOS DEFINIDOS POR LA EMPRESA INSTALADORA EN BASE A LA NORMA UNE 23.007	

SILVESTRE NAVARRO ARQUITECTO S.L.	
CALLE DE MADRID Y CALLE 18, 11 46003 VALENCIA	
TEL: 0034 96 364 87 08 FAX: 0034 96 364 87 08	
PROYECTO	VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA. PROYECTO DE EJECUCION
SITUACION	CALPE (Alicante)
PROMOTOR	Sector 29 Tox_Mascarat, parcela 8
	FERNANDO SEMPERE MONTES

8.5.2	
PLANTA COTA +16.70	
ARMADO INFERIOR	
DICIEMBRE 2005 1:50	



EJECUCION	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Perm. no cota	Normal 1,00 1,50
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00
ACERO	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Perm. no cota	Normal 1,00 1,50
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00

ACCIONES (kN/m ²)				
PISCINA	GARAJE	VIVIENDA	CUBIERTA GARAJE	CUBIERTA
SOLETA 15cm	LOSA MACIZA 15cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm	LOSA MACIZA 40cm
Peso propio 3,75	Peso propio 0,25	Peso propio 0,25	Peso propio 0,25	Peso propio 0,25
Tabiqueria 1,50	Sobido 1,25	Sobido (m ²) 1,00	Sobido 1,25	Sobido 1,25
S. uso 4,00	F. techos+inst. 0,50	S. uso 2,00	F. techos+inst. 0,50	F. techos+inst. 0,50
	S. uso 4,00	S. nieve 0,40	S. uso 2,00	S. nieve 0,40
		Tabiqueria (m ²) 2,00		S. nieve 0,40
		S. uso (m ²) 2,00		
		S. uso (m ²) 2,00		
TOTAL 10,25	TOTAL 12,0	TOTAL (kN/m ²) 14,5	TOTAL 12,00	TOTAL 13,5

TIPIFICACION DEL HORMIGON			
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipos de hormigon	Modulos de elasticidad	Resistencia a compresion
Comentarios	80000	1,16 (m ² /100)	435 N/cm ²
Muros	80000	1,16 (m ² /100)	435 N/cm ²
Forjadas	80000	1,16 (m ² /100)	435 N/cm ²
Vigas + Zunchos	80000	1,16 (m ² /100)	435 N/cm ²

CARACTERISTICAS RESISTENTES DEL ACERO			
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipos de acero	Modulos de elasticidad	Resistencia a traccion
Comentarios	80000	1,16 (m ² /100)	435 N/cm ²
Muros	80000	1,16 (m ² /100)	435 N/cm ²
Forjadas	80000	1,16 (m ² /100)	435 N/cm ²
Vigas + Zunchos	80000	1,16 (m ² /100)	435 N/cm ²

DATOS NORMA SIRMCA NCSE-02	
ACELERACION BASICA a _b	0,09g
COEF. CONTRIBUCION κ	1,00
COEF. TERRENO C	1,00
COEF. PESO γ	0,80
COEF. AMPLIFICACION S	0,50
ACELERACION CALCULO a _c	0,05g
COEF. AMORTIGUAMIENTO β	4%
COEF. DUCTILIDAD δ	2
COEF. RESUESTA β	0,50

PLANTAS	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Perm. no cota	Normal 1,00 1,50
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00

SECCIONES	
TIPO DE ACCION	Nivel de seguridad (E.L.U.)
Permanente	Favorable Desfavorable
Perm. no cota	Normal 1,00 1,50
Variable	Normal 0,50 1,00
Accidental	Normal 0,50 1,00

MATERIALES	
HORMIGON	80000
ACERO	80000
ALUMINIO	80000
VIDRIO	80000
ISOLACION	80000
TEJADO	80000
ACABADO	80000

NOTAS	
1.	Las cotas interiores son de replanteo y estan referidas a TABIQUERIA EN BRUTO.
2.	Las cotas exteriores son de replanteo y estan referidas a TABIQUERIA EN BRUTO.
3.	Las cotas de replanteo en la interpretacion de este plano debera ser congruente a la direccion facultativa.
4.	La cota 0,000 se corresponde con la cota (+100,00) del topografico.
5.	Las cotas de replanteo en la propuesta estan dadas en grados respecto al eje Norte-Sur del topografico.

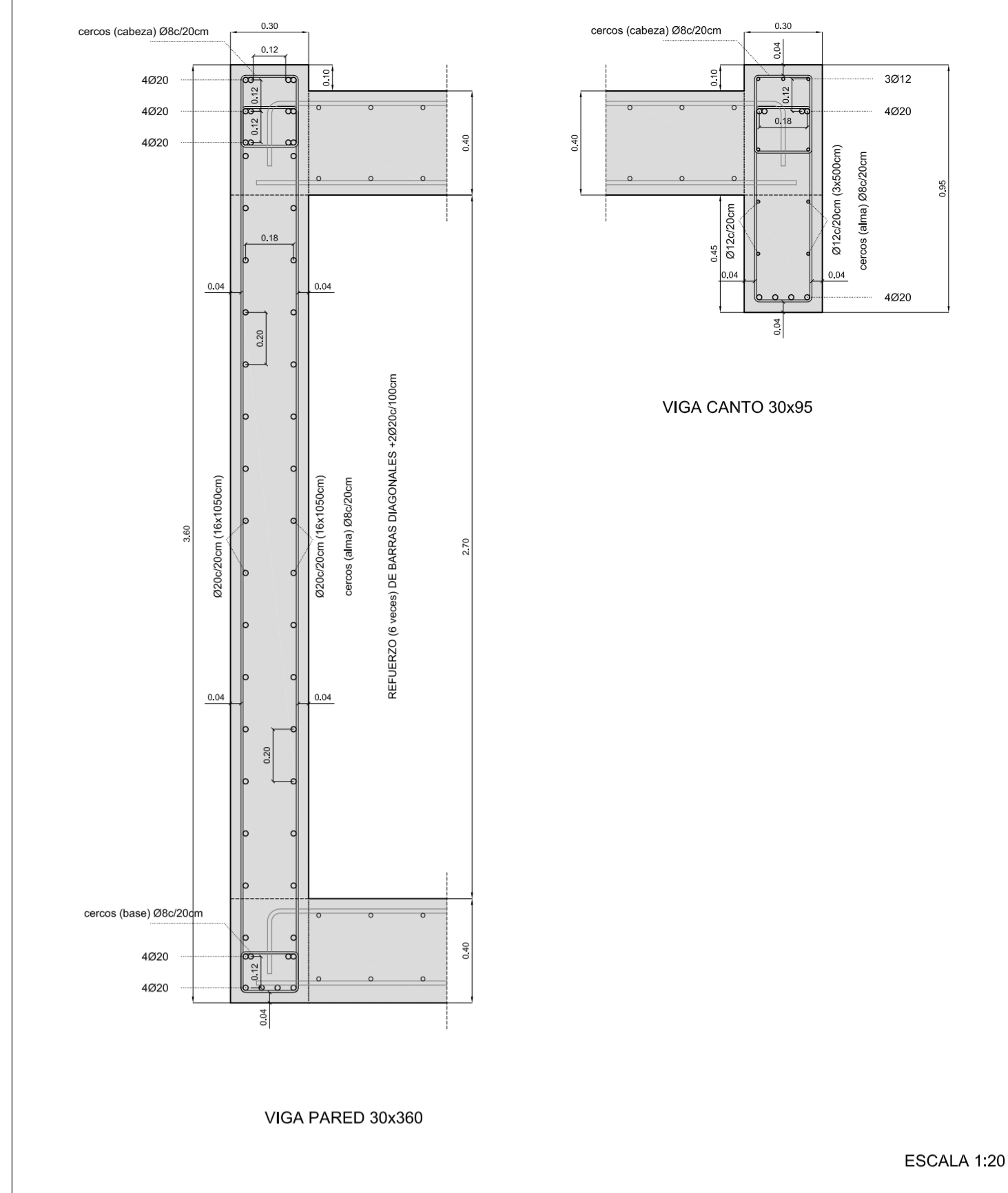
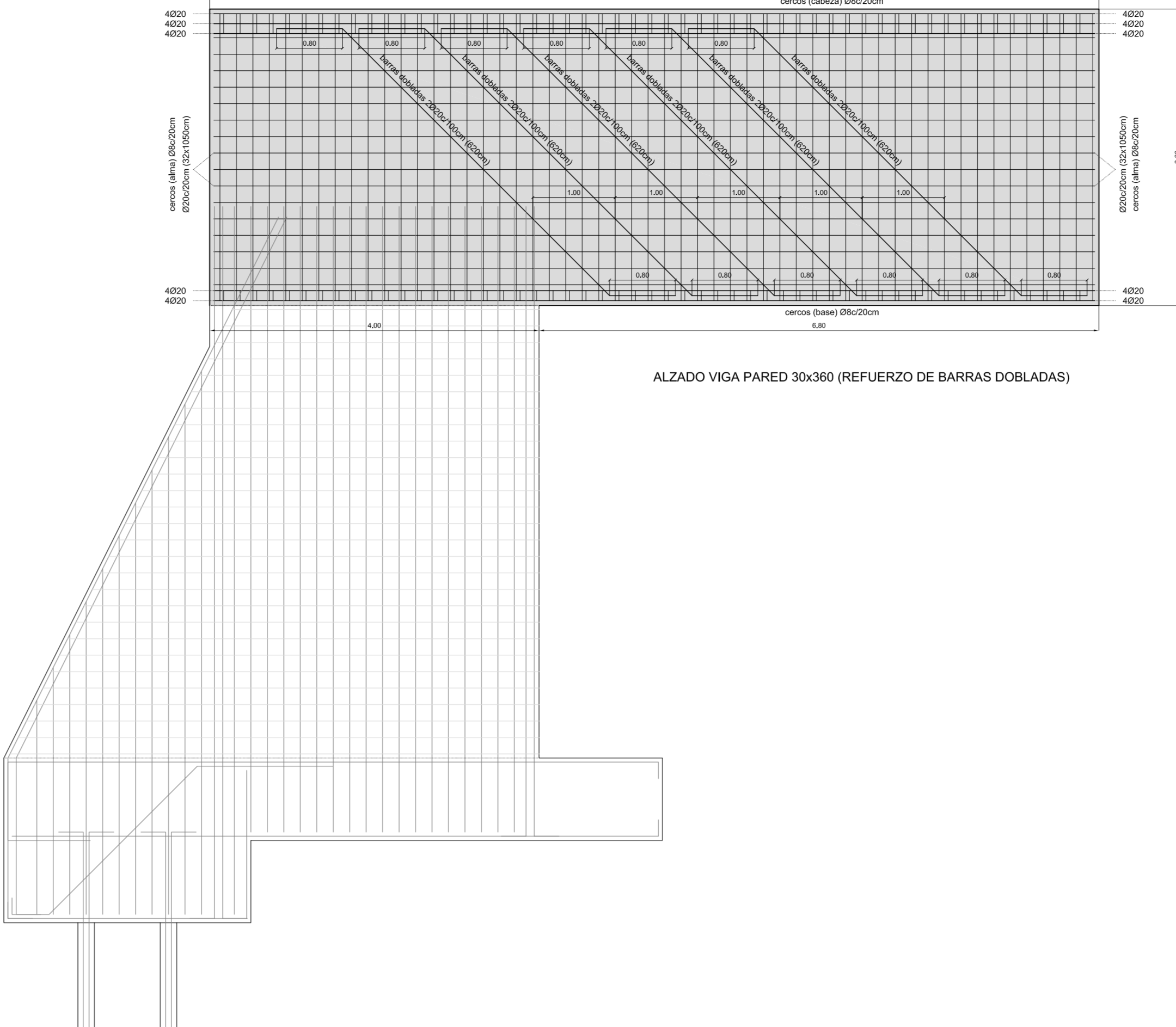
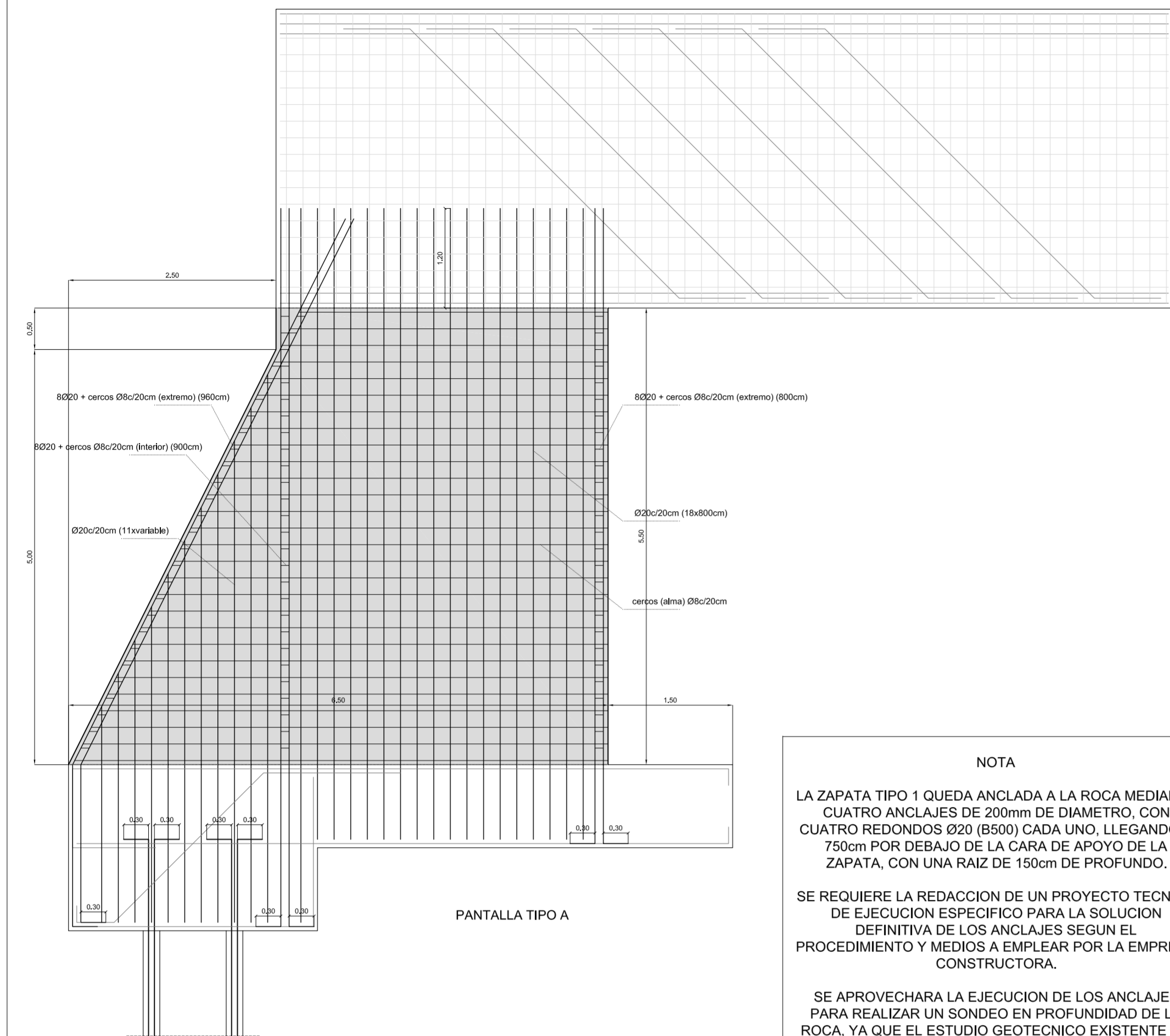
LEYENDA DE CPI	
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	BOCA DE INCENDIO EQUIPADA
ALUMBRADO DE EMERGENCIA SALIDA	DETECTOR DE CO
ALUMBRADO DE EMERGENCIA SIN SALIDA	VENTILACION FORZADA
EXTINTOR 21A-113B	

LEYENDA INSTALACION DE DETECCION Y ALARMA	
DETECTOR TERMOVOLUMETRIC	DISPOSITIVO ACUSTICO
PRISOR DE ALARMA	CENTRAL DE ALARMA
LA UBICACION DEFINITA DE ESTOS ELEMENTOS SE REALIZARA SEGUN LOS CRITERIOS DEFINIDOS POR LA EMPRESA INSTALADORA EN BASE A LA NORMA UNE 23.007	

SILVESTRE NAVARRO ARQUITECTO S.L.
 GRAN VIA MARINA Y CALLE 18, 11 46003 VALENCIA
 TEL: 063 96 36 87 08 FAX: 063 96 36 87 08

PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA. PROYECTO DE EJECUCION
 SITUACION: CALPE (Alicante)
 PROMOTOR: Sector 29 Tox_Mascarat, parcela B
 FERNANDO SEMPERE MONTES

8.5.3
 PLANTA COTA +16.70
 ARMADO SUPERIOR
 DIC 2005 1:50

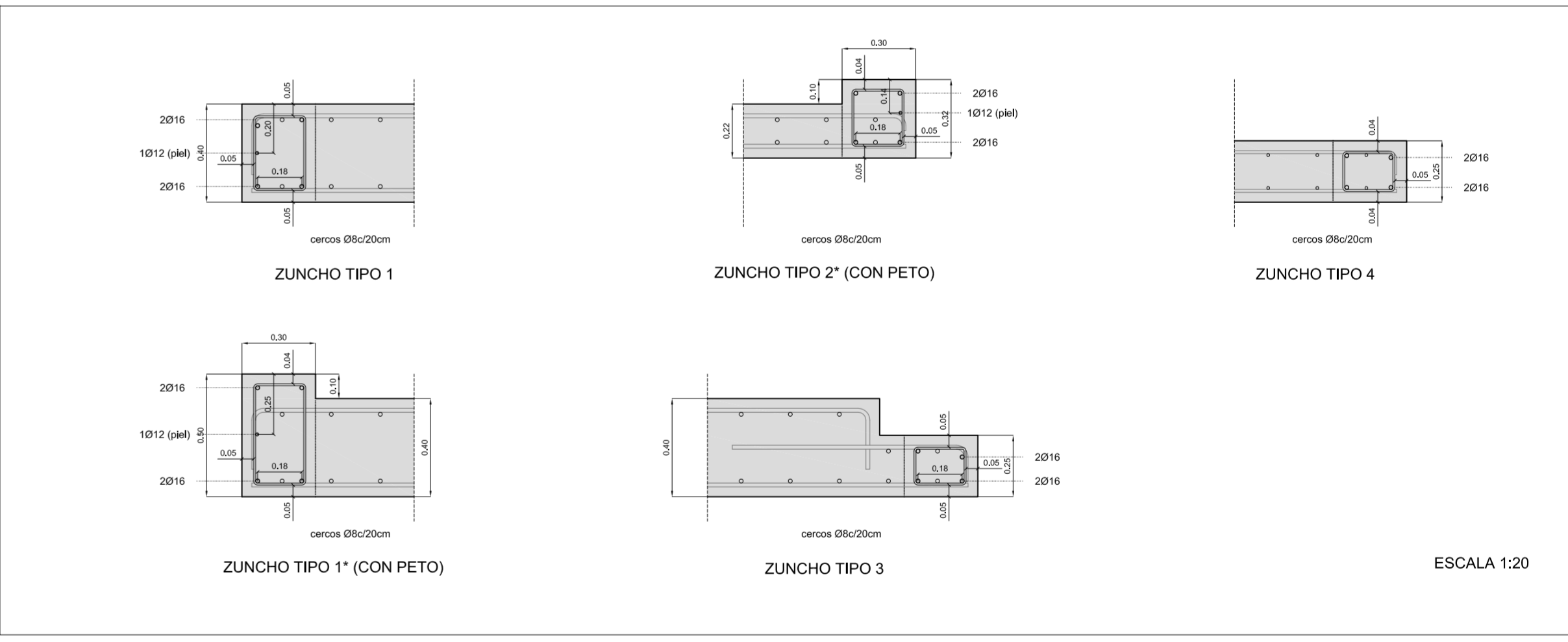
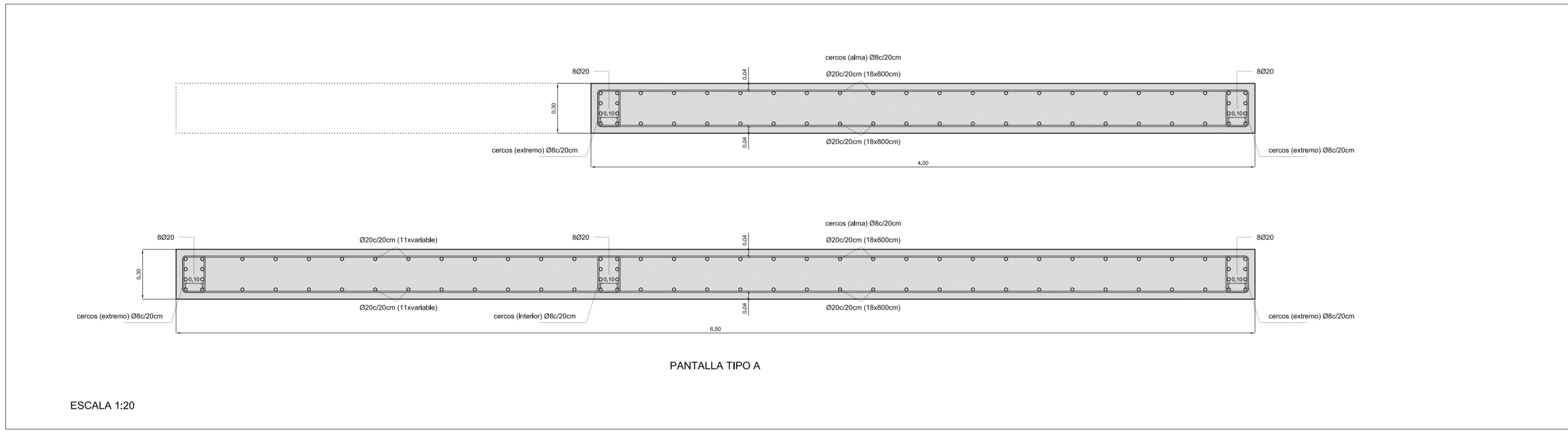


NOTA

LA ZAPATA TIPO 1 QUEDA ANCLADA A LA ROCA MEDIANTE CUATRO ANCLAJES DE 200mm DE DIAMETRO, CON CUATRO REDONDOS Ø20 (B500) CADA UNO, LLEGANDO A 750cm POR DEBAJO DE LA CARA DE APOYO DE LA ZAPATA, CON UNA RAIZ DE 150cm DE PROFUNDO.

SE REQUIERE LA REDACCION DE UN PROYECTO TECNICO DE EJECUCION ESPECIFICO PARA LA SOLUCION DEFINITIVA DE LOS ANCLAJES SEGUN EL PROCEDIMIENTO Y MEDIOS A EMPLEAR POR LA EMPRESA CONSTRUCTORA.

SE APROVECHARA LA EJECUCION DE LOS ANCLAJES PARA REALIZAR UN SONDEO EN PROFUNDIDAD DE LA ROCA, YA QUE EL ESTUDIO GEOTECNICO EXISTENTE NO LO INCLUYE, CON LA INTENCION DE DETECTAR POSIBLES DISCONTINUIDADES O SUPERFICIES DE FALLA POR DESLIZAMIENTO.



EJECUCION		ACCIONES (kN/m ²)				
TIPO DE Nivel de Def. seguridad (E.L.U.)	Favorable Desfavorable	PSICINA (P7.40)	GARAJE (P16.40)	VIVIENDA (P13.40)	CUBIERTA GARAJE (P16.20)	CUBIERTA (P16.20)
ACCION Normal	1.50 1.50	SOLETA 15cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm	LOSA MACIZA 25cm	LOSA MACIZA 40cm
Perm. no cota. Normal	1.00 1.50	Peso propio 3.75	Peso propio 4.20	Peso propio 10.00	Peso propio 6.20	Peso propio 10.00
Variable Normal	0.50 1.00	Sobrado 1.50	Sobrado 1.25	Sobrado 1.85	Sobrado 1.85	Sobrado 1.85
Accidental Normal	0.50 1.00	Tabiqueria 1.50	F. techos+inst. 0.50	Sabido (m ²) 1.50	F. techos+inst. 0.50	F. techos+inst. 0.50
		S. uso 4.00	S. uso 4.00	S. uso 2.00	S. uso 2.00	S. uso 2.00
				Tabiqueria (m ²) 1.50	S. nieve 0.40	S. nieve 0.40
				S. uso (m ²) 2.00		
				S. uso (m ²) 2.00		
				TOTAL (kN/m ²) 14.5	TOTAL 12.00	TOTAL 13.5
				TOTAL (kN/m ²) 14.0		

NOTA

EL MURO DE BLOQUE SE RIGIDIZA MEDIANTE EL RELLENO Y ARMADO DE DETERMINADOS SENOS, Y LA EJECUCION DE DOS ZUNCHOS DE ATADO HORIZONTAL, UNO A MEDIA ALTURA Y OTRO EN CORONACION.

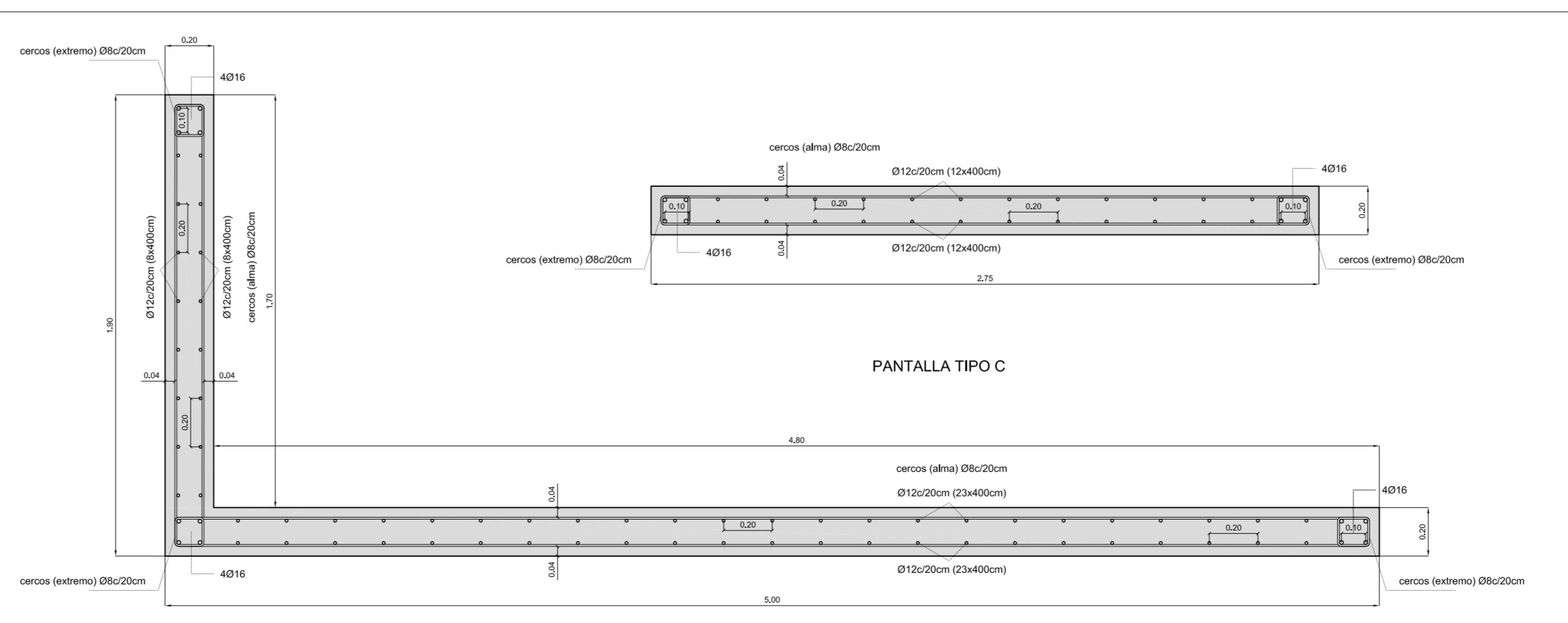
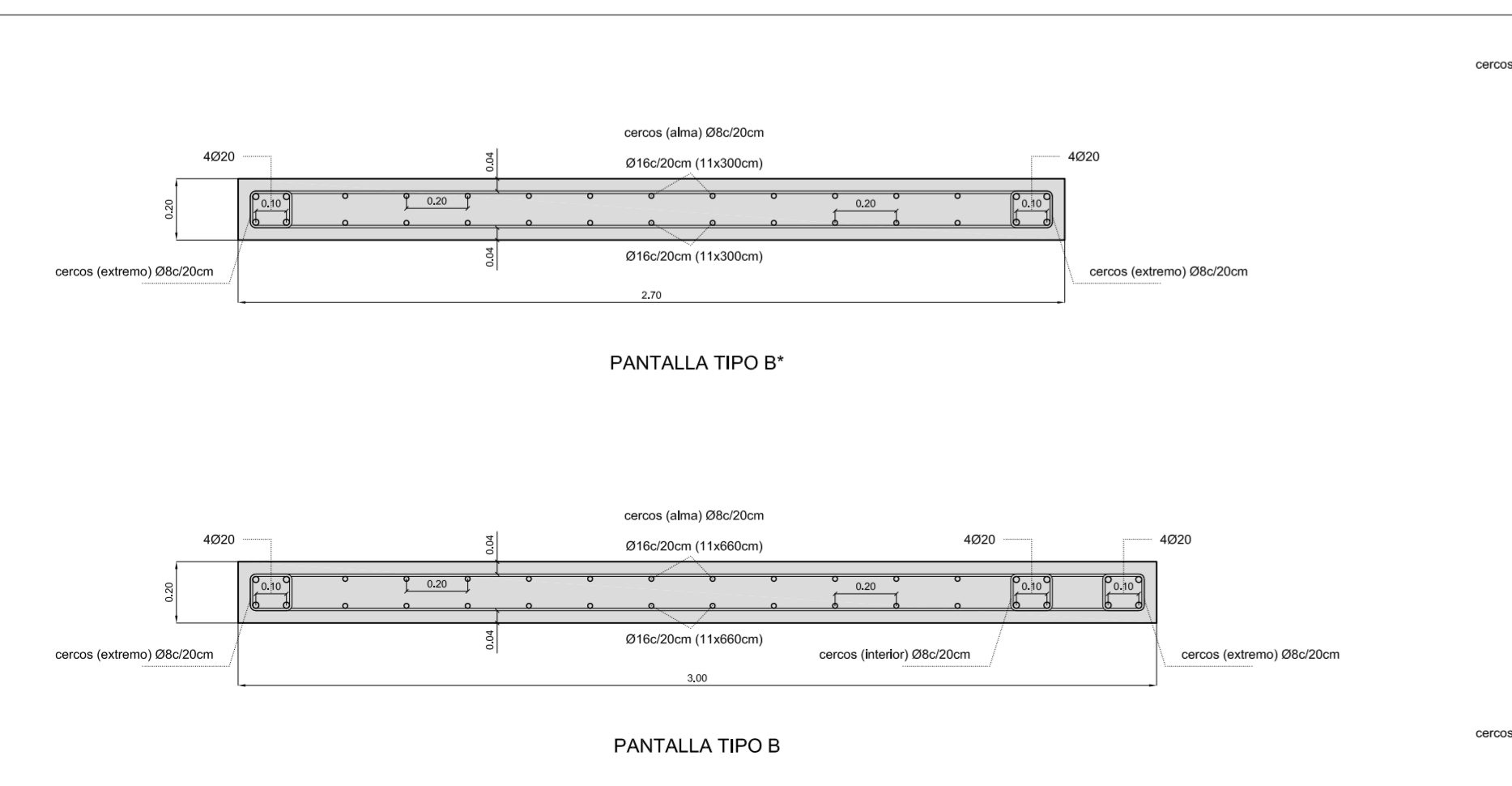
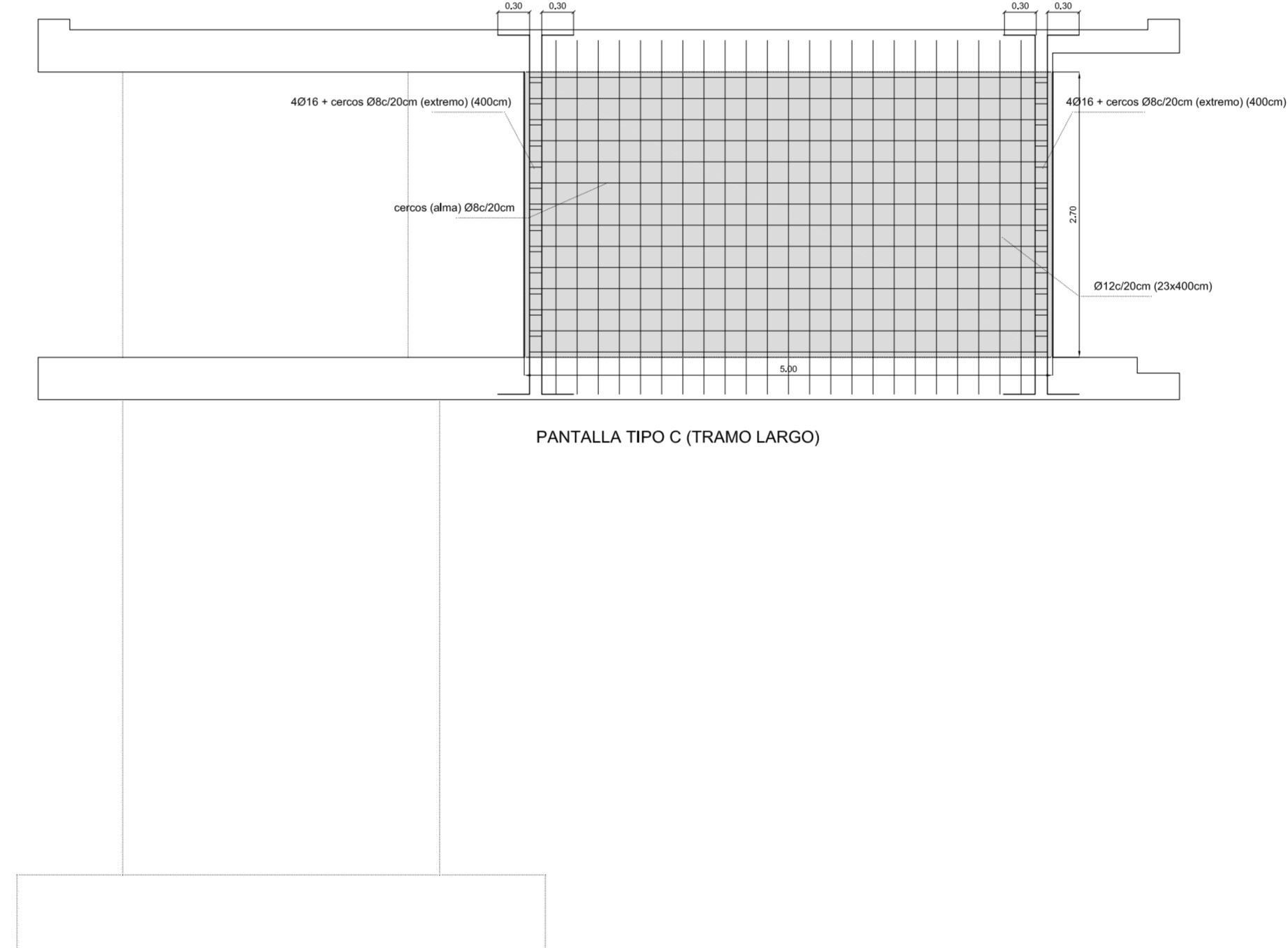
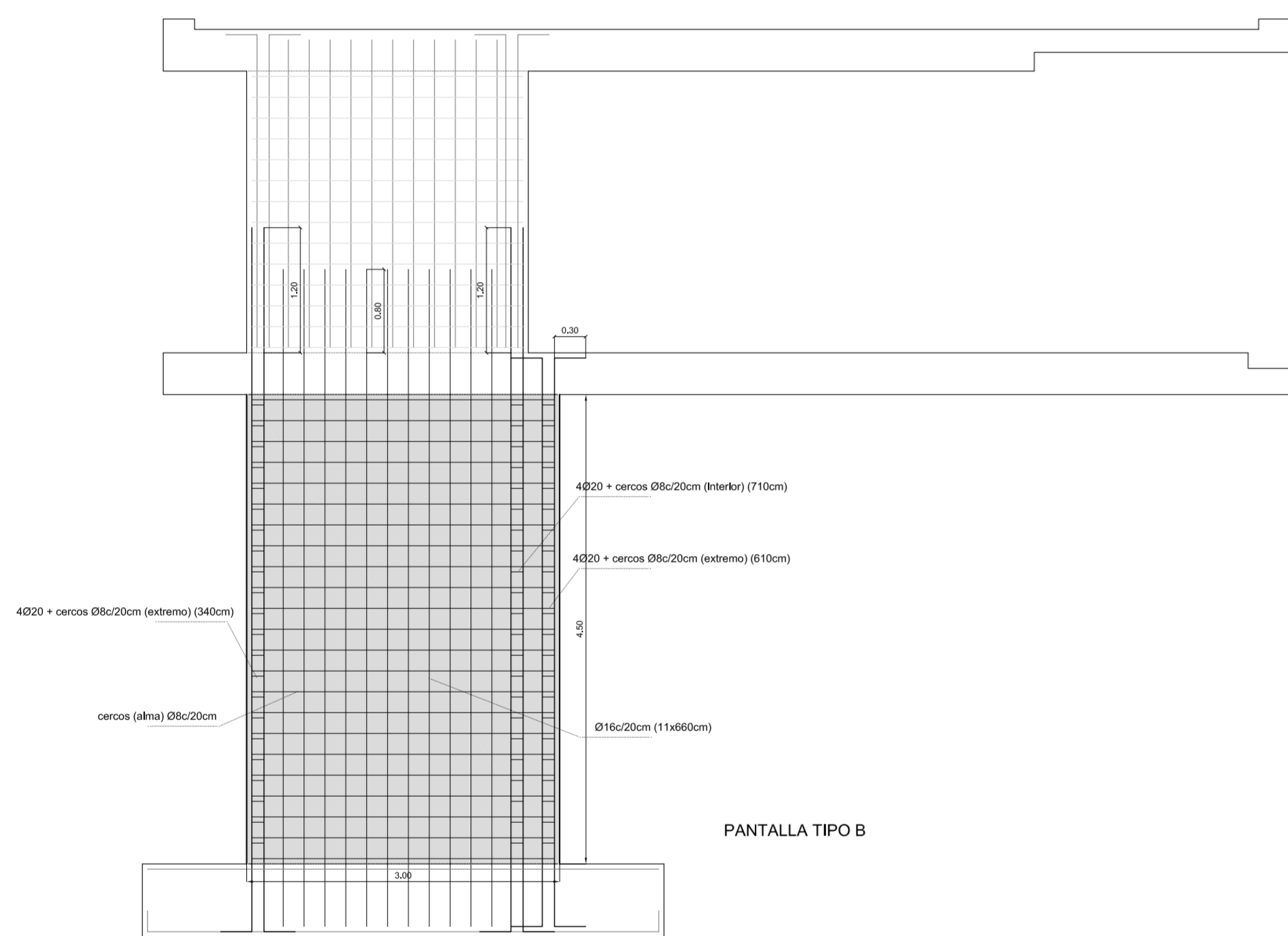
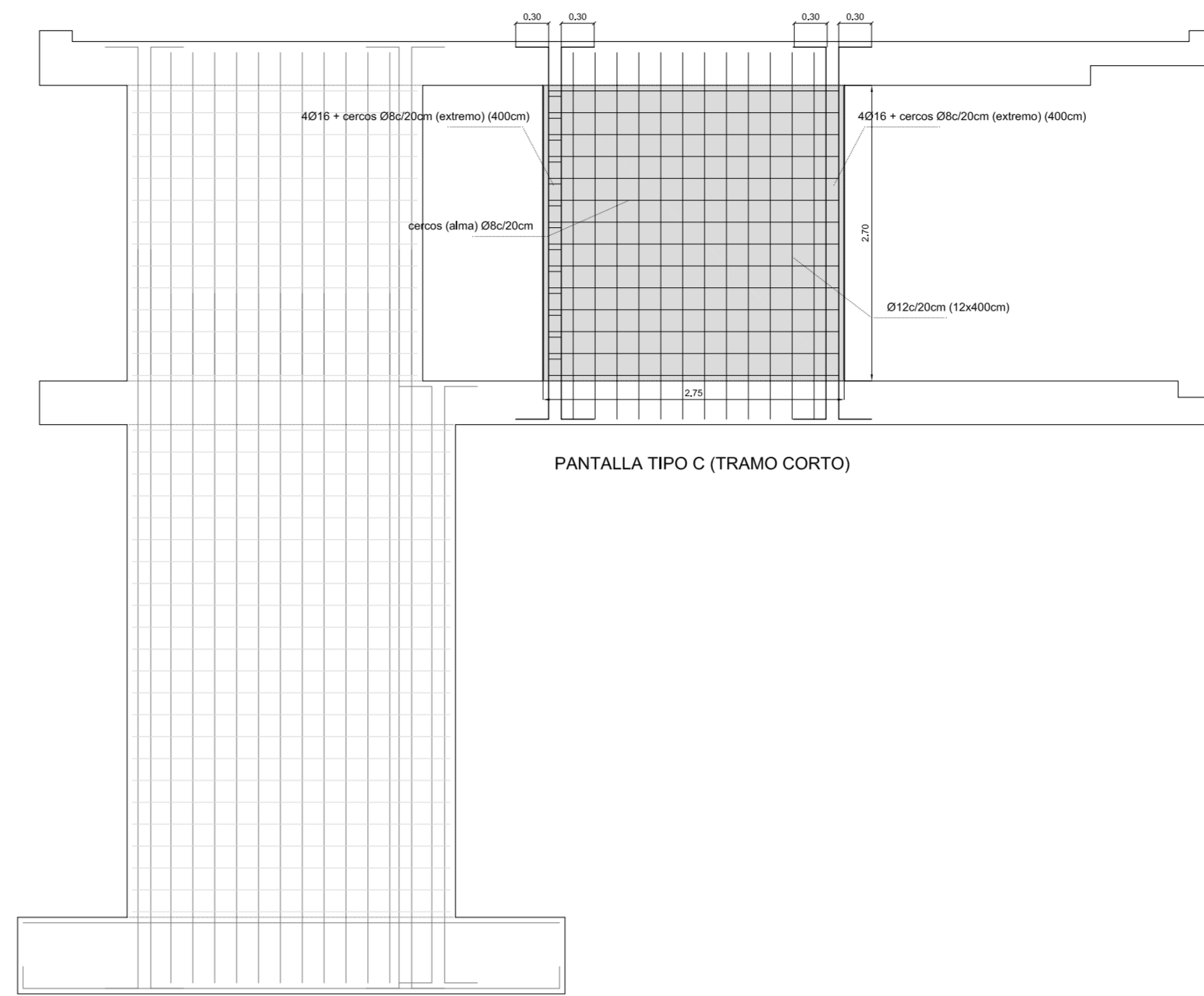
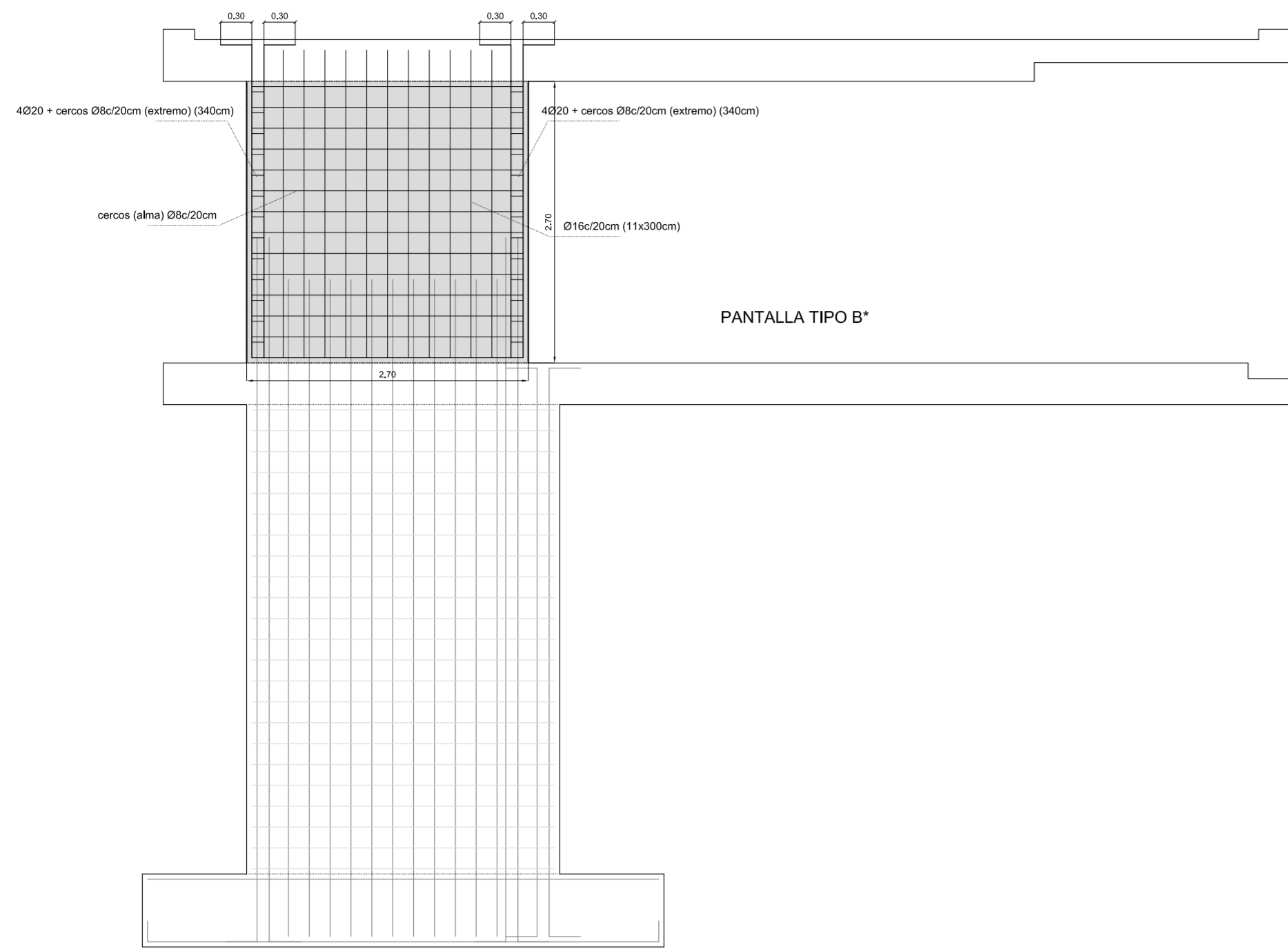
RELLENO DE SENOS VERTICALES CON 2Ø16 POR SENO (5 SENOS, DE ACUERDO A INDICACIONES EN PLANTA)

ATADO MEDIANTE 2 ZUNCHOS HORIZONTALES (2Ø12+2Ø12+cercos Ø8c/20cm), UNO A MITAD ALTURA Y OTRO EN CORONACION.

EL MURO DE BLOQUE SE EJECUTARA DESPUES DE HABER DESENCOFRADO LOS FORJADOS DE LOSA DEL CUERPO PRINCIPAL.

DESDE EL APOYO EN LA ZAPATA TIPO 6, HASTA LA CARA INFERIOR DEL FORJADO DE VIVIENDA (+13.00) DEJANDO UNA HOLGURA DE 5-10mm, RELLENA CON MATERIAL COMPRESIBLE (POREXPA) PARA PERMITIR EL MOVIMIENTO VERTICAL DE LA LOSA.

PLANTAS Nivel Superior Elem. Estructural Nivel Inferior Elem. Estructural Nivel Acabado Nivel Bruto Altura de Acabado Altura de Bruto	SECCIONES Nivel Acabado Nivel Bruto	CODIGO SALAS Sala Planta	CODIGO CARP. INTERIOR Tipo de Puerta Tipo de Barrera	CODIGO CARP. EXTERIOR Tipo de Puerta Tipo de Barrera	CODIGO ACABADOS INTERIORES Y TABIQUERIA Tipo de Acabado Tipo de Taqueo	MATERIALES Hormigon Acero Bloques Ladrillos Madera Ceramica Pinturas Vidrio Aluminio Acero Inox.	NOTAS Las notas interiores son de replanteo y estan referidas a TABIQUERIA EN BRUTO. Las notas exteriores son de replanteo y estan referidas a TABIQUERIA EN BRUTO. Las notas de este plano debera ser consultada a la direccion facultativa. La cota 0.00 se corresponde con la cota (+100.00) del topografico. Los datos de los planos estan referidos a los datos de los planos.	LEYENDA DE CPI Aluminado de Emergencia Aluminado de Emergencia Salida Aluminado de Emergencia Sin Salida Extintor	LEYENDA INSTALACION DE DETECCION Y ALARMA Detector Termolocalizador Pulsador de Alarma Control de Alarma Dispositivo Acustico Detector de CO	SILVESTRE NAVARRO ARQUITECTO S.L. C/Alfonso X el Grande, 10, 1.º, 46100 Valencia Tlf: 96 384 87 08 Fax: 96 384 87 08	PROYECTO SITUACION PROMOTOR	VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA. PROYECTO DE EJECUCION CALPE (Alicante) Sector 29 Tox_Masarat, parcela B FERNANDO SEMPERE MONTES	8.9.1 DETALLES 1 VARIOS
--	--	---------------------------------------	---	---	---	---	---	--	--	---	--	---	--------------------------------------



PLANTAS	SECCIONES	CODIGO SALAS	CODIGO CARP. INTERIOR	CODIGO CARP. EXTERIOR	CODIGO ACABADOS INTERIORES Y TABIQUERIA
<ul style="list-style-type: none"> 1.000: NIVEL SUPERIOR ELEM. ESTRUCTURAL 1.001: NIVEL INFERIOR ELEM. ESTRUCTURAL 1.002: NIVEL ACABADO 1.003: NIVEL BRUTO 1.004: PLANTA DE ACABADO 1.005: PLANTA EN BRUTO 	<ul style="list-style-type: none"> 1.01: SALA 1.02: PLANTA 	<ul style="list-style-type: none"> 1.01: TIPO DE PUERTA 	<ul style="list-style-type: none"> 1.01: TIPO DE GARRINERA 1.02: NIVEL 	<ul style="list-style-type: none"> 1.01: ALICATADO 1.02: TABIQUERIA 1.03: ACABADO 1.04: DIMENSION 1.05: BLOQUE HORMIGON 	<ul style="list-style-type: none"> 1.01: LADRILLO MUECO 1.02: LADRILLO PERFORADO 1.03: LADRILLO MUECO 1.04: LADRILLO ACUSTICO 1.05: TERNOCHELA 1.06: MUÑO DE INSCRIPCION 1.07: BLOQUE HORMIGON

MATERIALES	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"> 1.01: HORMIGON 1.02: ALICATADO 1.03: PIEDRA 1.04: MADERA 1.05: REVOCO 1.06: REGULACION 1.07: ALUMINO 1.08: TIERRA 1.09: VORNO 1.10: CONTRACK 1.11: YESO 1.12: ACERO INOX. 	<p>1. LOS DATOS INTERIORES SON DE REPLANTEO Y ESTAN REFERIDOS A TABIQUERIA EN BRUTO. MUECA MENOS LOS DIBUJOS. CONSIDERAR SIEMPRE EN LA INTERPRETACION DE ESTE PLANO DEBERA SER CONSULTADA A LA DIRECCION FACULTATIVA.</p> <p>2. LA COTA 0.000 SE CORRESPONDE CON LA COTA (+100.00) DEL TOPOGRAFICO. LOS EJE X-Y-Y DE LA PROYECTA ESTAN GRADOS 16 GRADOS RESPECTO AL EJE NOROCCIDENTAL DEL TOPOGRAFICO.</p>

LEYENDA DE CPI	LEYENDA INSTALACION DE DETECCION Y ALARMA
<ul style="list-style-type: none"> 1. ALUMBRADO DE EMERGENCIA 2. ALUMBRADO DE EMERGENCIA SALIDA 3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA SIN SALIDA 4. EXTINTOR 21A-113B 	<ul style="list-style-type: none"> 1. DETECTOR TERMOCROMOMETRICO 2. PULSADOR DE ALARMA 3. CONTROL DE ALARMA 4. DISPOSITIVO ACUSTICO

NOTAS

1. LOS DATOS INTERIORES SON DE REPLANTEO Y ESTAN REFERIDOS A TABIQUERIA EN BRUTO. MUECA MENOS LOS DIBUJOS. CONSIDERAR SIEMPRE EN LA INTERPRETACION DE ESTE PLANO DEBERA SER CONSULTADA A LA DIRECCION FACULTATIVA.

2. LA COTA 0.000 SE CORRESPONDE CON LA COTA (+100.00) DEL TOPOGRAFICO. LOS EJE X-Y-Y DE LA PROYECTA ESTAN GRADOS 16 GRADOS RESPECTO AL EJE NOROCCIDENTAL DEL TOPOGRAFICO.

BOCA DE INCENDIO EQUIPADA	DETECTOR DE CO	VENTILACION FORZADA
----------------------------------	-----------------------	----------------------------

LA UBICACION DEFINITIVA DE ESTOS ELEMENTOS SE REALIZARA SEGUN LOS CRITERIOS DEFINIDOS POR LA EMPRESA INSTALADORA EN BASE A LA NORMA UNE 23.007



SILVESTRE NAVARRO ARQUITECTO S.L.
 GRAN VIA MARINA Y CALA, 18, 1. 46100 VALENCIA
 TEL: 0034 96 384 87 08 FAX: 0034 96 384 87 08

PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA. PROYECTO DE EJECUCION
 SITUACION: CALPE (Alicante)
 PROMOTOR: Sector 29 Toix_Mascarat, parcela B
 FERNANDO SEMPERE MONTES