



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

AUTOR: ALGUACIL LOZANO, JAVIER

TÍTULO: ESTUDIO, MODELIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA
MEDIANTE SAP2000 DE LA PARROQUIA DE SAN NICOLÁS DE
EDUARDO TORROJA EN GANDÍA

TUTOR: GALLARDO LLOPIS, DAVID

ESCUELA: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS Y TEORÍA DE ESTRUCTURAS

CURSO: 2018-2019

TITULACIÓN: GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA



Agradecerte a los miembros de la Iglesia de San Nicolás que con cariño y paciencia me han explicado el edificio, en especial a "Chema" por su entusiasmo y buen trato. También agradecerte al Archivo Torroja por dejarme visitar los documentos originales, en especial a Miguel y Milagros. A mi tutor, por su dedicación y guía durante todo el proceso. Gracias.

RESUMEN

La Iglesia de San Nicolás de Bari diseñada por el arquitecto Gonzalo Echegaray Comba y el ingeniero Eduardo Torroja Miret, se ha convertido en un foco central del puerto del Grao, en Gandía, enfatizando la entrada al puerto mediante sus elegantes costillas de hormigón que abrazan el presbiterio, dando la sensación de protección e imponencia propia de santuario.

En primer lugar se estudiará a los profesionales encargados del diseño del edificio, Eduardo Torroja en particular, la importancia de su carrera profesional y los avances que desarrolló mediante su obra.

Tras esto, concretaremos en la Iglesia que nos atañe, modelando y analizando su estructura, haciendo uso de la herramienta informática SAP2000.

Por último se establecerán unas conclusiones sobre el edificio, el uso de las láminas de hormigón y su respuesta ante su gran esbeltez.

Palabras clave: Iglesia | Láminas de hormigón Armado | Modelo | Análisis | Elementos Finitos | SAP2000

ABSTRACT (PROVISIONAL)

The Church of San Nicolás de Bari designed by the architect Gonzalo Echegaray Comba and the engineer Eduardo Torroja Miret, has become a central focus in “El Grao”'s port, in Gandía, emphasizing the entrance to the port through its elegant concrete ribs that embrace the presbytery, giving the appearance of protection and majesty of the sanctuary itself.

In the first place, we will study the professionals in charge of the building's design, Eduardo Torroja in particular, the importance of his professional career and the advances he developed through his work. After this, we will specify in the Church that concerns us, modeling and analyzing its structure, using the SAP2000 computer tool.

Finally, I will make some conclusions about the building, the use of concrete slabs and their response to their great slenderness will be established.

Key words: Church | Reinforced concrete sheets | Model | Analysis | Finite Elements | SAP2000

RESUM (PROVISIONAL)

L'Església de Sant Nicolau de Bari dissenyada per l'arquitecte Gonzalo Echegaray Comba i l'enginyer Eduardo Torroja Miret, s'ha convertit en un focus central del port del Grau, a Gandia, emfatitzant l'entrada al port mitjançant els seus elegants costelles de formigó que abracen el presbiteri, donant la sensació de protecció i imponentia pròpia de santuari.

En primer lloc s'estudiarà als professionals encarregats del disseny de l'edifici, Eduardo Torroja en particular, la importància de la seua carrera professional i els avenços que va desenvolupar mitjançant la seua obra.

Després d'això, concretarem en l'Església que ens pertoca, modelant i analitzant la seua estructura, fent ús de l'eina informàtica SAP2000.

Finalment s'establiran unes conclusions sobre l'edifici, l'ús de les làmines de formigó i la seua resposta davant la seua gran esveltesa.

Paraules clau: Església | Làmines de formigó Armat | Model | Anàlisi | Elements Finites | SAP2000

ÍNDICE

- 1-Objetivos del trabajo (Página 6)
- 2-El Grao (Página 7)
- 3-El proyecto arquitectónico (Página 11)
 - 3.1-Los proyectistas (Página 12)
 - 3.2 Eduardo Torroja Miret (Página 14)
 - 3.2.1-Biografía (Página 14)
 - 3.2.2-Obra (Página 16)
 - 3.3 El edificio (Página 19)
 - 3.4 El proyecto (Página 20)
 - 3.5 El Lugar (Página 27)
 - 3.6 El Espacio (Página 28)
 - 3.7 Sistema estructural (Página 34)
- 4.Cálculo estructural (Página 35)
 - 4.1 Geometría (Página 36)
 - 4.1.1. Muros viga (Página 37)
 - 4.1.2 Costillas de hormigón (Página 39)
 - 4.1.3. Postesado (Página 41)
 - 4.1.4. Muros testeros (Página 43)
 - 4.1.5. Rótulas Freyssinet (Página 44)
 - 4.1.6. Pilares de la cubierta inferior Norte (Página 45)
 - 4.2 Materiales (Página 46)
 - 4.3 Secciones de los elementos (Página 48)
 - 4.3.1 Láminas centrales (Página 48)
 - 4.3.2 Laminas superiores (Página 49)
 - 4.3.3. Laminas inferiores (Página 49)
 - 4.3.4. Costillas de hormigón (Página 50)
 - 4.3.5.Muros testeros (Página 50)
 - 4.3.6 Líneas de postesado (Página 51)
 - 4.3.7 Pilares de la cubierta inferior claustro (Página 53)
 - 4.4. Condiciones de enlace (Página 54)
 - 4.5 Cargas, hipótesis y combinaciones (Página 55)
 - 4.5.1. Cargas verticales permanentes (Página 55)
 - 4.5.2. Sobrecarga de Uso (Página 57)
 - 4.5.3. Nieve (Página 58)
 - 4.5.4. Viento (Página 60)
 - 4.5.5. cargas accidentales: sismo (Página 65)
 - 4.5.6 Cargas accidentales: Impacto (Página 70)
 - 4.6 Coeficientes de seguridad (Página 71)
 - 4.7 Combinaciones de acciones (Página 72)
 - 4.8.Comprobación de elementos (Página 73)
 - 4.8.1. Estado Límite de Servicio (Página 73)
 - 4.8.2. Estado límite último (Página 84)
 - 4.8.3 Comprobación de Sismo (Página 127)
- 5.Conclusión (Página 137)
- 6.Anexo de imágenes (Página 138)
- 7.Bibliografía (Página 146)

1.OBJETIVOS DEL TRABAJO

La estructura es la parte resistente que aguanta todo el edificio. Normalmente, por desgracia, se intenta esconder, sin darse cuenta que, cuando se juntan estructura y espacio, se consigue un resultado mucho mejor. Cuando se complementan, una reacción en cadena favorece el crecimiento exponencial de la calidad arquitectónica.

Un caso en el que la estructura abraza al programa, proyecto e idea, es la Iglesia de San Nicolás de Bari, surgida de la colaboración de los ingenieros Eduardo Torroja y Jaime Nadal con el arquitecto Gonzalo Echegaray. Convirtieron el espacio en algo más, logrando que gracias a los avances que se implementaron en su estructura, consiguieron hacer del templo un lugar especial, casi sagrado, donde todo flota y la luz multicolor entra por las vidrieras.

En el presente trabajo, se analizará dicho edificio, enfatizando en su sistema estructural, dos láminas plegadas de hormigón que abrazan la nave central. Para comprender mejor su funcionamiento, se estudiarán los archivos originales y se realizará un modelo de cálculo para el programa informático SAP2000, mediante el cual se comprobará cada elemento de la estructura.

Con el presente trabajo además, se busca mostrar cómo el trabajo multidisciplinar da resultados impresionantes en la arquitectura.

2. EL GRAO

UBICACIÓN: Barrio de Gandía, Comunidad Valenciana, España.

CÓDIGO POSTAL: 46730

Nº DE HABITANTES: 13895 (Según Censo 2017)



(Imagen.2.1, Localización del Grao)

El pueblo del Grao se sitúa a 3 km de la ciudad de Gandía, en la Comunidad Valenciana. Está formado por los barrios del Molino de Santa Maria, Rafalcaid, Les Foies, Venecia y el Grao.

Es un barrio tradicionalmente pesquero que se sitúa entre Gandía y la playa, sirviendo originalmente como puerta al mar. Actualmente ambas se encuentran unidas por un barrio residencial.

En este enclave privilegiado, a parte de sus más de 6 km de preciosas playas arenosas, se encuentra la desembocadura del Río Serpis y la del Río de San Nicolas (cercano a nuestra Iglesia), además de desembocar también el Barranco de Beniopa.

Las fiestas del barrio se celebran el 16 de Julio, en honor a la Virgen del Carmen, además de, como es tradición en la provincia, celebrar la Cremà de dos fallas el 19 de Marzo.

Según la leyenda, Jaume I pasó una noche en el Grao tras vencer en la batalla del Castillo de Bairén (siglo XIII).

Podemos dividir el Grao y Playa en cuatro zonas:

-Puerto pesquero y comercial: se construyó entre 1886 y 1893 con el objetivo de abastecer a Alcoy de carbón para su industria y en 1960 para la exportación de naranjas, convirtiéndose en uno de los más importantes de la provincia.

-Puerto deportivo: el Real Club Náutico de Gandía fue fundado durante el auge del comercio de cítricos en los años 60 por varios propietarios de embarcaciones, se sitúa en la orilla contraria del puerto pesquero con el Río San Nicolás entre ambos.

-Pueblo del Grao: separado del mar por los dos puertos se encuentra el pueblo, donde podemos encontrar un campus de la UPV, la Escuela Politécnica Superior de Gandía.

-Playa de Gandía: es la zona de playa de arena, donde se concentra la mayoría del turismo del pueblo, con un urbanismo predominante de urbanizaciones paralelo a la línea costera, dibujándose hacia el norte desde el pueblo del Grao.



(Imagen.2.2, Localización de la Iglesia y situación del Grao)

El nombre de “Grao” significa “lavador”, que es cómo se nombraba a la casa del lavadero de lana. A un lado del río de San Nicolás se situaba uno de estos lavaderos y de ahí el nombre del pueblo, a su vez, el nombre del río procede de una pequeña estatua del santo al lado del cauce.

Oficialmente en 1889 se establece como un pueblo de pescadores además de servir como puerto para la importación de madera y carbón (y posteriormente para la exportación de frutas y verduras).

En la época de la reconquista se construye una pequeña ermita que a medida que se van aumentando el número de la población del barrio, se va ampliando para poder albergar el culto religioso, hasta que en 1936 durante los bombardeos de la Guerra Civil, quedó prácticamente destruida y en estado de ruina. Aunque podía albergar unos 150 fieles después de restaurar en la nave central hasta que en 1953 se declaró inservible, pues no cumplía con el número de personas que requerían acceder a ella.

En esta época, los años 50, el desarrollo turístico de los pueblos del litoral valenciano, fomentó que los barrios marítimo creciesen enormemente en los meses estivales, esta densificación empujó el

desarrollo de varios equipamientos en el Grao, como el puerto deportivo, el ensanche turístico de la playa de Gandía y la Iglesia que nos ocupa, ya que la mayoría de estos veraneantes eran cristianos y requerían un templo para la oración en sus vacaciones.



(Imagen.2.3, Antigua Ermita del Grao)

En 1954 se decretó necesaria la construcción de un nuevo templo y tras el viaje de tres habitantes de este pueblo a Lérida, donde vieron la iglesia de Pont de Suert de Eduardo Torroja, decidieron encargarle a éste la realización del templo. Tras una visita del ingeniero, aceptó el encargo, con dos condiciones para construirla, la primera, él elegiría el solar y la segunda, que nadie de la administración debía meterse en el proyecto.



(Imagen.2.4, Imagen de la construcción de la obra)

Eligió un solar de 2550 m del que se firmó la escritura en 1959 y el 15 de agosto el párroco en aquel momento, Don Juan Miñana, bendijo y puso la primera piedra de la construcción.

Para la nivelación del solar con la carretera cercana, varios habitantes del pueblo, sin cobrar nada, ayudaron con los rellenos, utilizando restos de obras anteriores y tierra sacada de solares cercanos.

Pese a la creencia popular, la iglesia no la construyó Don Vicente Calderón, si bien él sirvió como reclamo publicitario y ayudó enormemente al fomento de este pueblo y de su maravillosa playa, atrayendo al turismo. La parroquia fue pagada en su mayoría por el Estado, aportando este el 65 % del precio, también hubo numerosas donaciones particulares que ayudaron a subsanar el resto.

En 1962 se inaugura el templo pero desafortunadamente Eduardo Torroja fallece dos años antes.

Entre los años 2002 y 2006, se realizó una restauración del templo,, dado que es un edificio protegido arquitectónicamente, en el no se puede cambiar nada si no es por el mismo material original (incluso tuvieron que traer ladrillo de Italia para que fuese exactamente el mismo).

Se intervino en la estructura, en la salubridad, en las instalaciones y en los acabados, intentando mantener la mayoría de elementos originales.

La apariencia de la iglesia es prácticamente la misma, exceptuando el presbiterio del que se cambió la cruz y el altar. Además, de las vidrieras se cambió la marquetería de hierro por una de acero pues había problemas por la dilatación térmica, exceptuando las vidrieras superiores entre las dos cubiertas.

Nos encontramos ante un templo que desde su construcción ha tenido una gran vitalidad y afluencia de feligreses, pese a la reducción de creyentes en los últimos tiempos.



(Imagen.2.5, Fotografía del Presbiterio original)

3. EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

3.1. LOS PROYECTISTAS



(Imagen.3.1, Jaime Nadal)

JAIME NADAL AIXALÁ: técnico e ingeniero de Caminos, fue secretario General del Instituto Eduardo Torroja a partir de 1947. Colaboró en contables ocasiones con Eduardo Torroja. Es nombrado subdirector del IETcc (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja) en mayo de 1961 y director tras la muerte de Eduardo, durante su mandato, fomentó la investigación y la relación entre profesionales de distintas ramas y tal como estaña escrito en su esquila: “Con posterioridad asumió la dirección del Centro de Ensayos y Experimentación de Obras Públicas y dirigió la obra de ingeniería civil de más envergadura en toda Europa por aquel momento, el trasvase Tajo-Segura”.

(Alemán, A. 1999)

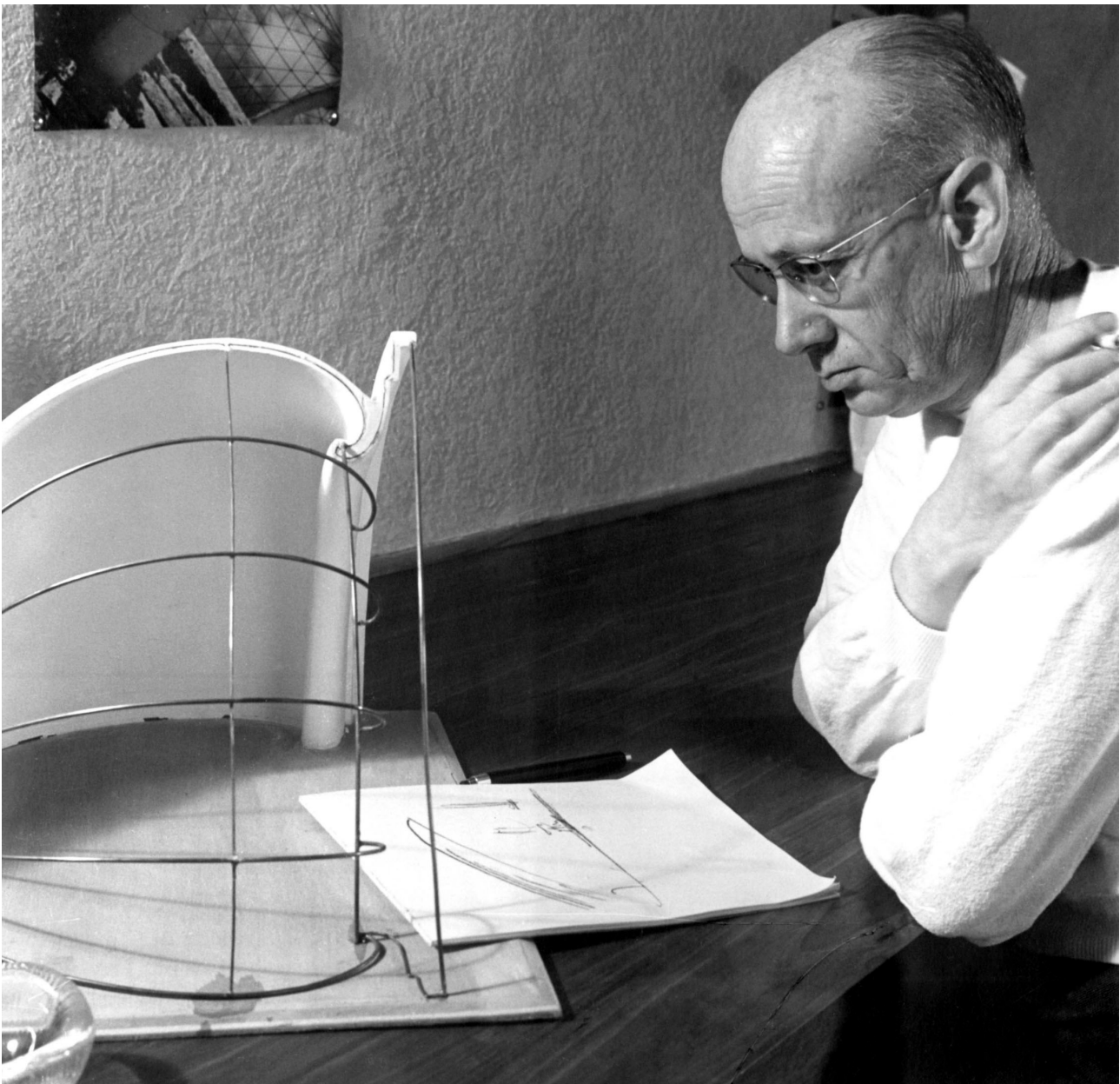


(Imagen.3.2, Gonzalo Echegaray)

GONZALO ECHEGARAY Y COMBA: arquitecto asociado al IETcc, colaboró en la sede del propio IETcc en Costillares. Destaca su arquitectura de dotaciones públicas las que proyecta con gran calidad y sensibilidad, como por ejemplo, la dotación de regadíos de Vega del Guadalquivir o los realizados en la provincia de Jaén. Esta calidad supo trasladarla a la obra que realizó junto a Eduardo Torroja, haciendo que estructura y proyecto fuesen de la mano. Fue Secretario General del Instituto Eduardo Torroja hasta que el 23 de septiembre de 1966 se le nombró Director Adjunto del IETcc.

EDUARDO TORROJA MIRET: fue uno de los ingenieros de caminos más importantes que ha habido en este país, y posiblemente el mayor experto en hormigón pretensado y armado que hubo en todo el siglo XX (junto a Tony Granier, Auguste Perret, Robert Maillart o Eugene Freyssinet). Además, fue un importante profesor, constructor e investigador, formando a algunos de los más prestigiosos ingenieros de caminos posteriores a él, como por ejemplo Felix Candela. Una de sus mayores virtudes fue la precisión de cálculo en elementos muy complejos, tales como láminas finísimas de hormigón, formas curvas y estructuras con muchos elementos distintos, todos ellos calculados a mano, estableciendo enrevesadas fórmulas, simplificaciones y suposiciones “intuitivas” sobre el comportamiento de estructuras complejas que le permitieron calcular sistemas muy complejos mediante su mano y su intelecto. De esta manera fue capaz de idear y proyectar muchas obras en las que destaca un elegante y sensible trato del hormigón armado y del acero, un uso exquisito y meticuloso que exprimió al máximo los materiales de su época, siendo aún hoy en día uno de los mayores exponentes de las estructuras.

Durante el franquismo se le dotó del título de marqués dada la importancia en la construcción de obras públicas en aquel período y obtuvo incontables premios por la calidad de su obra.



(Imagen.3.3, Eduardo Torroja Miret)

3.2. EDUARDO TORROJA MIRET



(Imagen.3.4, IETcc)

3.2.1. BIOGRAFÍA

Nace el 27 de agosto de 1899 en Madrid, en el seno de una familia regida por la ciencia y lo suficientemente acomodada como para permitir que todos sus hijos estudiaran. Su padre, Eduardo Torroja Caballé, fue catedrático en álgebra y geometría analítica en Valencia y posteriormente en Madrid, donde obtuvo la cátedra en geometría descriptiva.

En 1917 ingresa en la Escuela de Ingenieros de Caminos (ahora perteneciente a la Universidad Politécnica de Madrid) finalizó estos estudios en 1923, inmediatamente empieza a colaborar con uno de sus profesores, Eugenio Ribera, en la Compañía de Construcciones Hidráulicas Civiles.

Tras cuatro años trabajando en esta empresa, decide en 1927 abrir su propia oficina, la Oficina Técnica Eduardo Torroja y ese mismo año proyectará la Ciudad Universitaria de Madrid.

Cinco años más tarde, en 1934 funda el Instituto Técnico de la Construcción y la Edificación, tras decidir abrirlo durante una conversación con Jose María Aguirre. Además, funda la revista “*Hormigón y Acero*”, actualmente editada por la Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural. Esta oficina y revistas tuvieron una gran repercusión en la arquitectura e ingeniería de la época.

En 1939 continúa su recorrido en la enseñanza, siendo propuesto como profesor de Cálculo Estructural en la Escuela Especial de Caminos Canales y Puertos. En ese mismo año, se integra el ITCE en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

A partir de los años 40, reduce drásticamente su actividad en la Oficina Técnica para dedicarse a la investigación y al fomento de nuevas tecnologías en el campo de las estructuras.

En 1941 comienza a dirigir también en “*Laboratorio Central de Ensayos de Materiales de Construcción*” situado en esa misma escuela, proyectando un nuevo edificio para este laboratorio. A mediados de

1944 es nombrado Académico Numerario de la *“Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales”*.

En esta época ayuda a crear una gran cantidad de Normativas nacionales e internacionales sobre hormigón estructural y hormigón armado, tomándose como base para muchos de los Códigos de Construcción de la época, llegando algunas propuestas a mantenerse en códigos actuales.

Tras el final de la Segunda Guerra Mundial, con la formación de una alianza en Europa, comienzan a abrirse varios organismos internacionales sobre construcción, siendo nombrado presidente de la *“Reunión Internacional de Laboratorio de Ensayos de Materiales”* (RILEN), primer director y cofundador de la *“International Association for Shell and Spatial Structures”* (IASS).

En 1949, el ITCE se une al *“Instituto del Cemento”*, pasan a llamarse *“Instituto Técnico de la Construcción y el Cemento”*, nombrando a Torroja como director, diseñando y construyendo en 1953 la nueva sede del ITcc.

En 1954 crea la *“Asociación Española del Hormigón Pretensado”*, centrada en ese mismo estudio (ITcc).

Sustituye a Freyssinet en 1958 como director de la *“Federation internationale de la Preconcrete”*.

Fallece el 15 de junio de 1960, sin llegar a ver terminada su obra póstuma, la iglesia de San Nicolás de Bari, terminada dos años después de su muerte. Además el ITCC pasa a llamarse en su honor, *“Instituto Eduardo Torroja de la construcción y el cemento”* (IETcc).

3.2.2. OBRA

La obra del prolifero ingeniero ha sido englobada dentro del movimiento moderno español aunque ciertos autores le atribuyen un estructuralismo con toque expresionista y racionalista, que bebía a su vez del movimiento moderno brasileño y el europeo. Este movimiento racionalista que surge en esta época llegó principalmente de Alemania, de la mano de la Bauhaus y Mies van Der Rohe, y de Francia de mano de Le Corbusier.

Durante su carrera, favoreció el trabajo interdisciplinar entre ingenieros y arquitectos, con la colaboración inestimable de los aparejadores. De los arquitectos con los que colaboró, los que trabajaron en su oficina con él fueron principalmente Gonzalo Echegaray y Manuel Barbero Rebolledo.

Destaca en su obra la geometría de la estructura, la limpieza de los planos y el no ornamentalismo (siguiendo la corriente de Adolf Loos), de esta manera genera edificios con una belleza limpia, en los que se supera la frialdad con la que normalmente se muestra la estructura, consiguiendo elevarlas a una categoría de obras maestras.

En su larga trayectoria realizó numerosas obras, pero aquí destacaremos 4 de ellas por su relación con el proyecto que nos atañe, sobre todo en relación a las láminas de hormigón armado:

—MERCADO DE ABASTOS DE ALGECIRAS: empleando una gran cúpula de planta hexagonal que se apoya simplemente en ocho puntos, Torroja consigue generar un maravilloso mercado donde juega con las entradas de luz, entre los ocho agujeros que generan los apoyos de la cúpula y el gran hueco cenital. Hace de un mercado, un espacio que mezcla estética, funcionalidad y buen gusto. Remarcar que esta lámina de hormigón armado solamente tiene 8 cm de espesor y soporta unas luces de 47,76 metros. Fue uno de los máximos ejemplos de cómo Torroja mezcla arquitectura con ingeniería para conseguir edificios impresionantes. Por su elegancia, simpleza y geometría es uno de los máximos exponentes del modernismo en Andalucía.



(Imagen.3.5, Mercado de Abastos)

—HIPÓDROMO DE LA ZARZUELA: situado en un monte cercano a la localidad de Madrid (el monte de la Zarzuela) se encuentra uno de los edificios más representativos de Eduardo Torroja. En este, las cubiertas de las tribunas, con su ondulante movimiento característico, nos muestran cómo mediante un espesor muy reducido, se puede obtener voladizos de gran longitud.

En palabras del propio ingeniero: *“Nos llevó solo tres minutos decidir cómo funcionaban y la forma de las cubiertas, pero nos costó tres meses distribuir el programa funcional”*. Tal es la importancia de este edificio, que ha sido catalogado como Monumento Histórico Artístico y además es protegido por la “Sociedad Estatal de Participaciones Industriales”¹, una entidad pública que se encarga del mantenimiento del Hipódromo dada su importancia social y arquitectónica.



(Imagen.3.6, Hipódromo de la Zarzuela)

—FRONTÓN DE RECOLETOS: en esta obra, se muestra su lado más organicista. Antiguamente situado en el centro de Madrid, el proyecto establecía la necesidad de cubrir un gran rectángulo de dimensiones 55 x 32,5 m, totalmente diáfano para que en su interior se pudiese jugar al frontón. Torroja diseñó dos cilindros; uno más grande, situado sobre la zona de juego y uno más pequeño, situado sobre la zona de gradas. Estos cilindros cubrían la distancia menor, 32,5 m de luz, además en ellos se perforaban unos huecos longitudinales con orientación norte para que la luz natural no deslumbrase a los jugadores, en estos huecos se dispuso unas cerchas triangulares que permitían la estabilidad de esta entrada de luz.

La continuidad de ambos cilindros era total y sus únicos apoyos eran los cuatro muros que delimitaban el rectángulo de la planta. De esta manera los cilindros actuaban con una única viga que, dada su curvatura (como si fuesen dos bóvedas unidas), permitían salvar una gran distancia.

Este edificio fue derruido durante bombardeos de la Guerra Civil dado a varios impactos directos y a las vibraciones producidas por las explosiones cercanas, catalogándose en estado de ruina y pese a los posteriores intentos del ingeniero de rehabilitarlo, se produjo su demolición.



(Imagen.3.7, Frontón de Recoletos)

—IGLESIA DE PONT DE SUERT: localizada en Lérida y terminada en 1955, esta obra sirve en muchos aspectos como precursora directa de San Nicolás de Bari. Varios motivos relacionan ambas Iglesias: son dos de las 10 iglesias en las que interviene Torroja, tienen un sistema funcional similar, (una gran nave central diáfana), el uso del hormigón armado como sistema estructural y lo más importante, la de Pont de Suert fue la que inspiró a los clientes para encargarle el templo del Grao al ingeniero.

La iglesia de Pont de Suert posee una gran nave central, coronada por una cubierta que forma un alargado arco angular de hormigón armado. El interior, un precioso juego entre el blanco en las paredes y el dorado de la luz o del metal de las capillas resaltan la espiritualidad del espacio. En el exterior un ladrillo vibrante y oscuro recubre la fachada principal y el campanario, siendo este último similar, como dos gemelos, al de San Nicolás, exceptuando el acabado.



(Imagen.3.8, Iglesia Pont de Suert)

3.3. EL EDIFICIO

La Iglesia de San Nicolás de Bari, en el Grao, fue la última obra del fallecido ingeniero Eduardo Torroja. En ella, demuestra una sensibilidad ejemplar en el uso de la luz, de los acabados y sobre todo del sistema estructural. Sobre esta estructura es sobre la que se enfoca este trabajo.

En un primer momento pensamos que la estructura del edificio consistía únicamente en la sucesión de dos bandas de costillas de hormigón que soportaban el edificio, pero la estructura real es mucho más complicada, consiste en dos delgados muros de hormigón en forma de doble "Z" con varios tensores de acero postesado y una serie de costillas de hormigón armado que funcionan como rigidizadores de estos delgados muros-viga de 30 metros de luz que forman un espacio central diáfano para la oración.

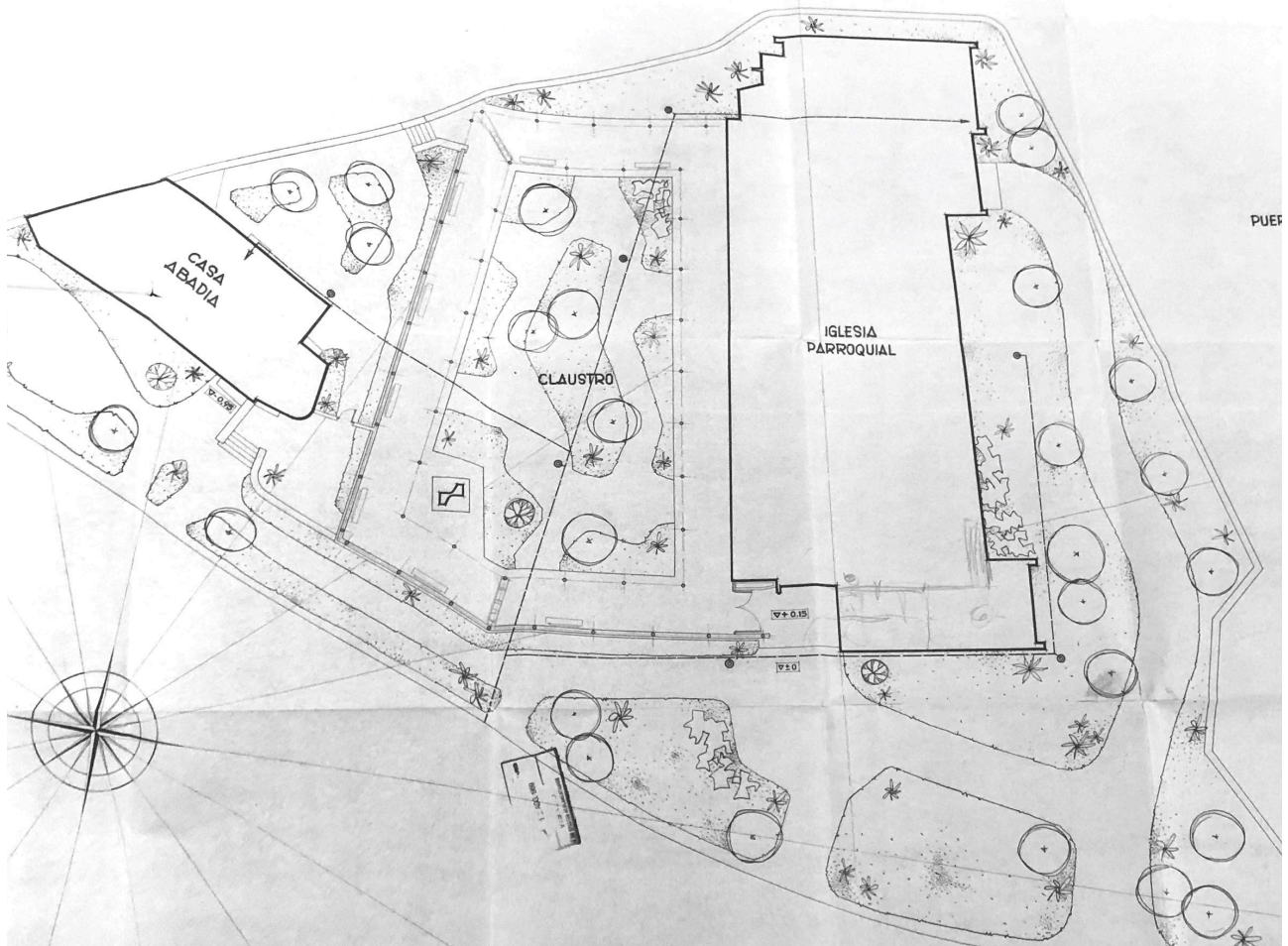
En el edificio penetra la luz de diferentes maneras, cenitalmente, aprovechando la separación entre las láminas y lateralmente, por debajo de las cubiertas inferiores. Además, forma de trapecio focaliza la dirección hacia el presbiterio, conduciendo la atención del espectador amablemente hacia la cruz, centro espiritual del culto cristiano.



(Imagen.3.9, Vista Este de la Iglesia, desde el mar)

3.4. EL PROYECTO

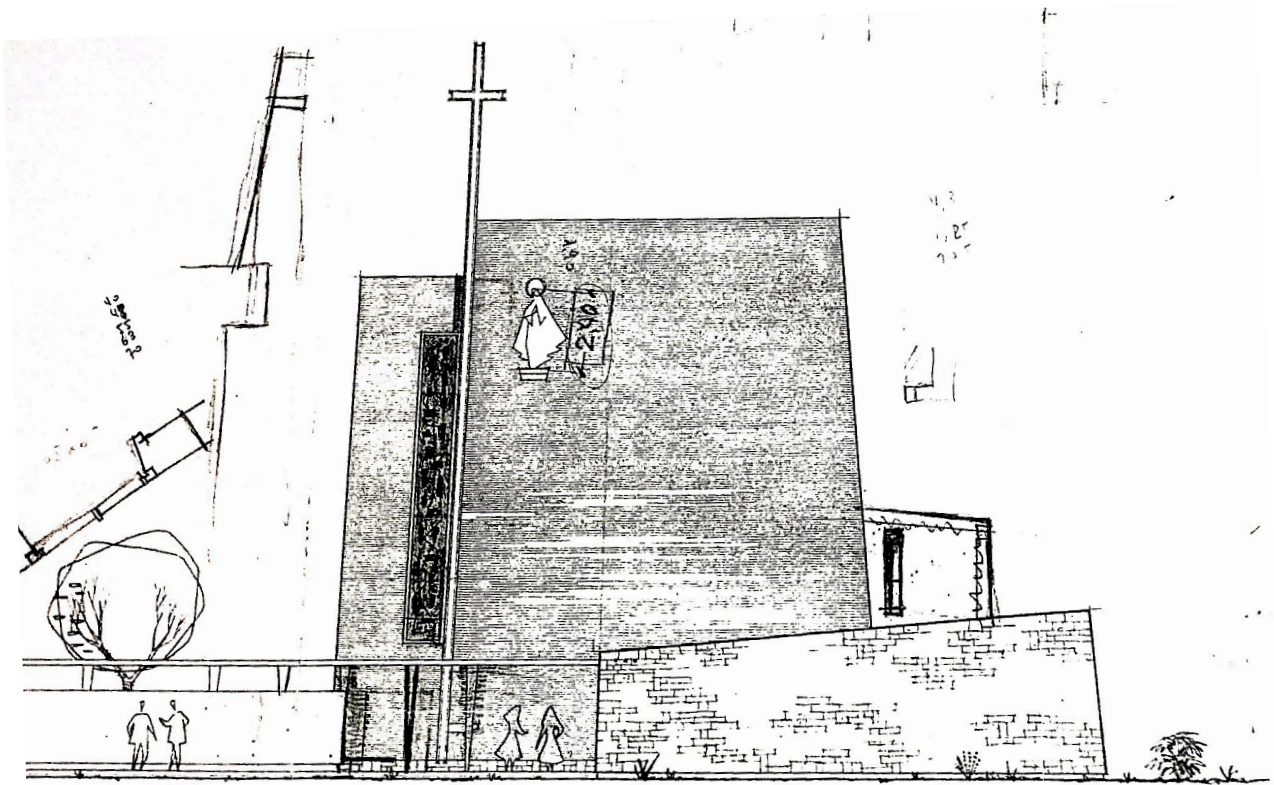
“La iglesia parroquial se proyectada con una capacidad de unas 1500 personas de las que más de 400 pueden permanecer sentada. Esta superficie útil es la comprendida dentro de la nave y sin contar la ampliación que supone la zona del claustro que como antes explicado puede incorporarse a esta superficie útil”. (Echegaray, C.)



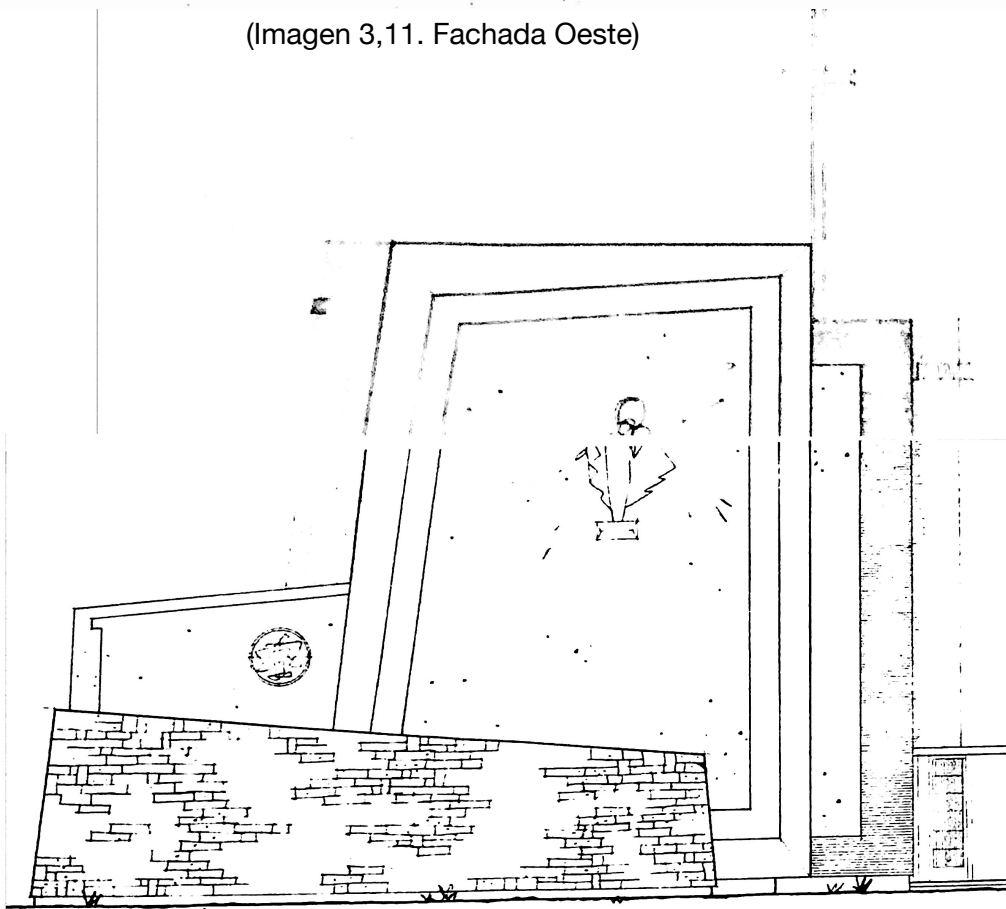
(Imagen.3.10,De izq. a drcha. ,Casa Abadía, Clausto e Iglesia)

El proyecto originalmente constaba de tres partes:

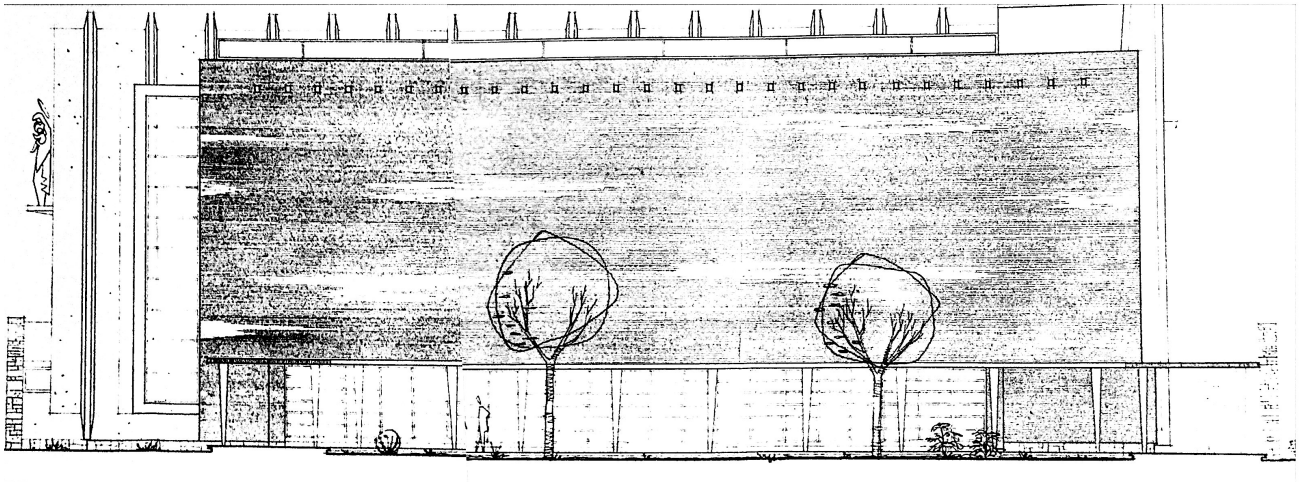
- LA IGLESIA DE SAN NICOLÁS DE BARI: edificio principal del proyecto, consiste en un edificio de planta trapezoidal revestido de ladrillo rojo sobre el que resaltan elementos de hormigón pintados en blanco. Su gran espacio central constituye un impresionante lugar de oración que junta espiritualidad y arquitectura.



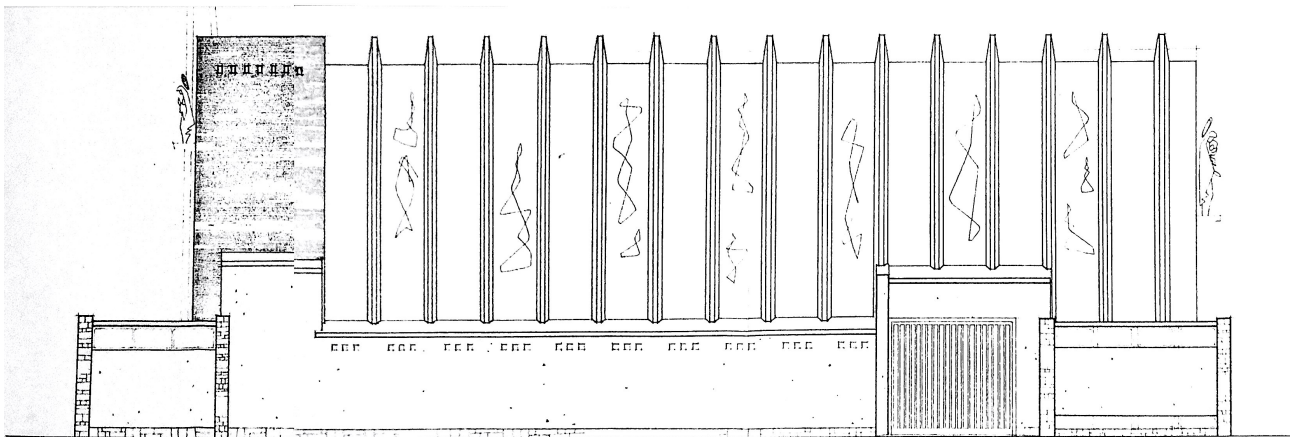
(Imagen 3,11. Fachada Oeste)



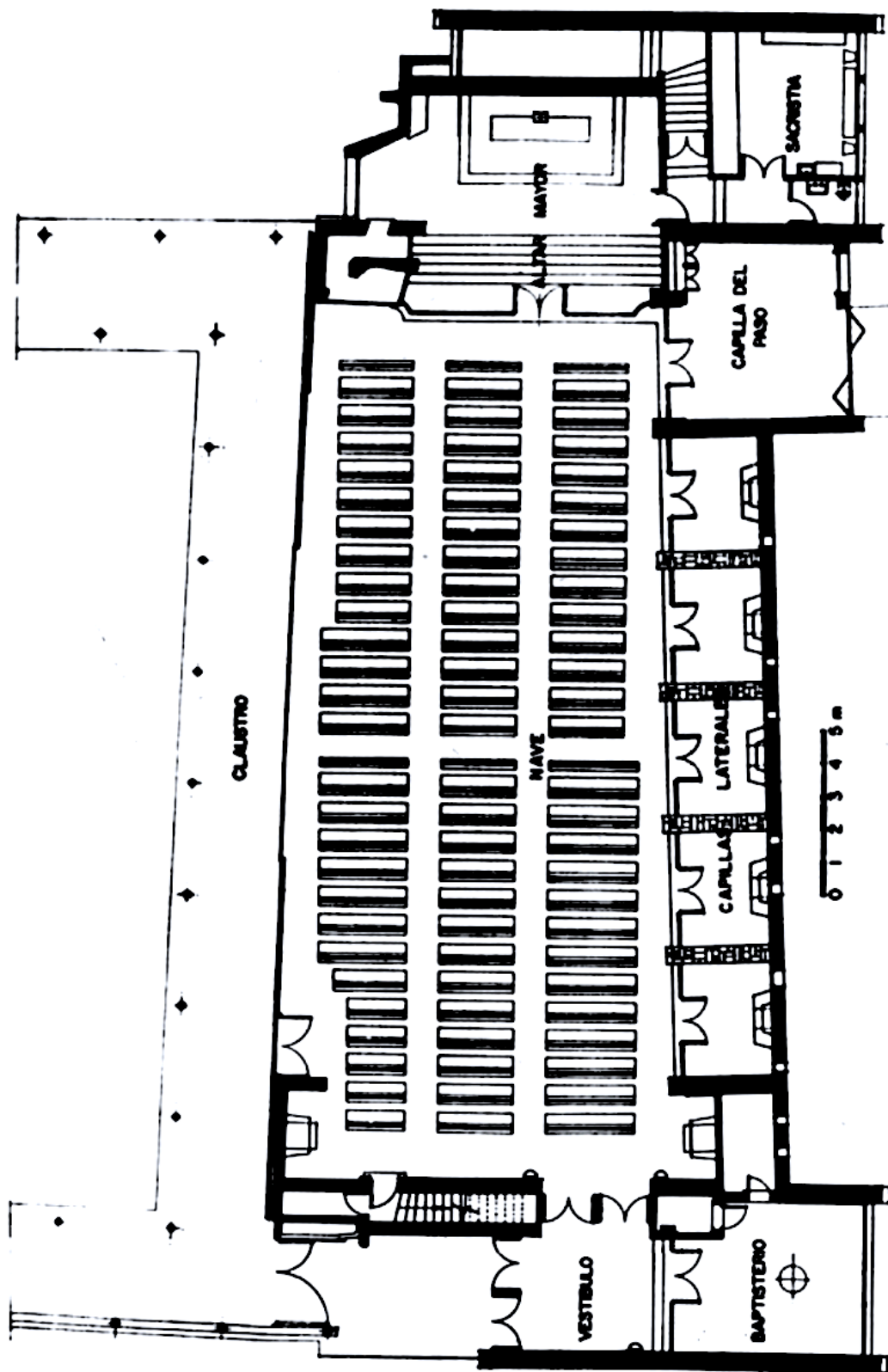
(Imagen 3,12. Fachada Este)



(Imagen 3,13. Fachada Sur)

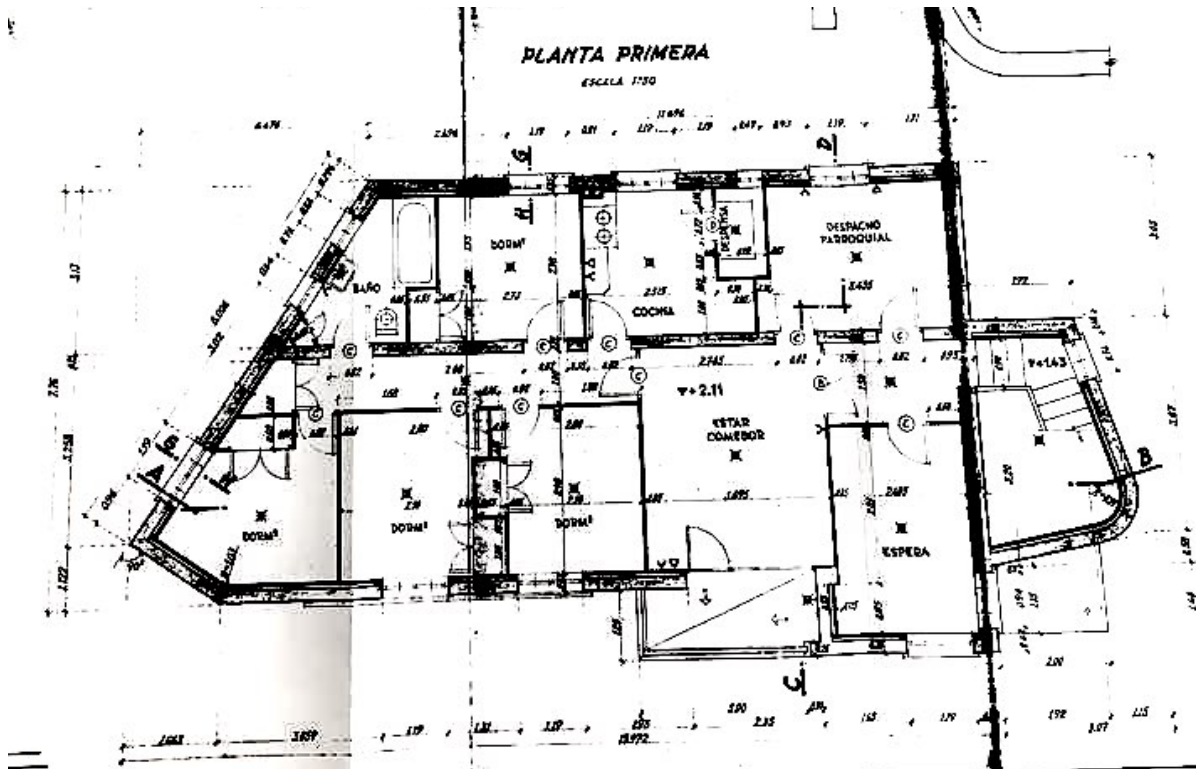


(Imagen 3,14. Fachada Norte)



(Imagen 3,15. Planta de la iglesia)

- LA CASA ABADÍA: sirve de hogar a los encargados de la Iglesia, cómo curas y sacristanes. Se proyectó al lado del templo porque ambos estuviesen conectados, pero este es un edificio mucho más modesto y común que la iglesia, pues no se usaba que ambos compitiesen por las miradas de los visitantes.

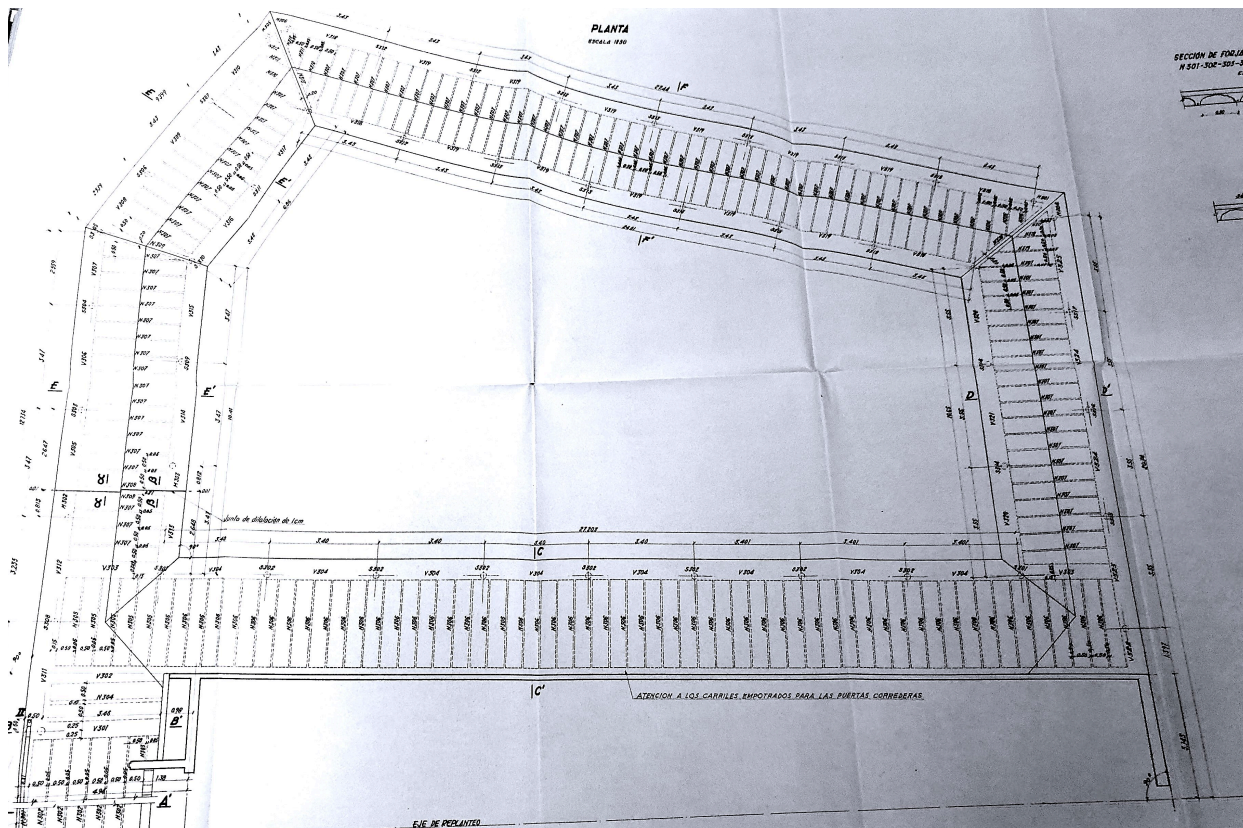


(Imagen.3.16, Planta de la estructura de la Casa Abadía)



(Imagen.3.17, Fachada principal de la Casa Abadía)

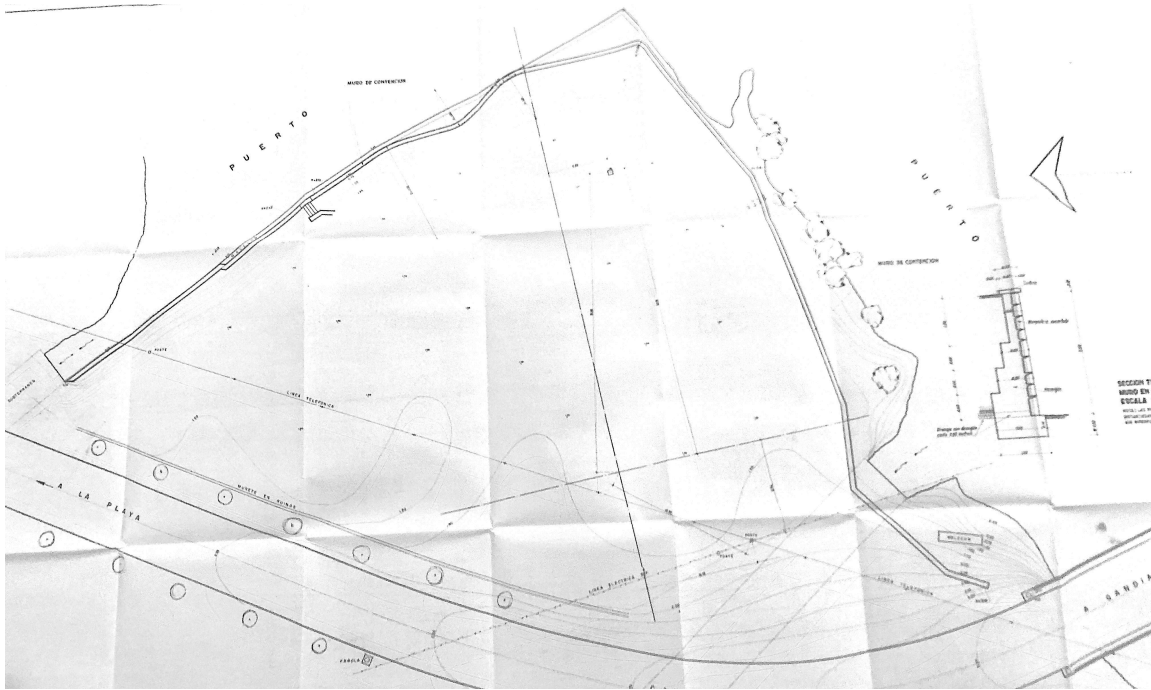
- EL CLAUSTRO: Un espacio ajardinado de forma trapezoidal separa la Iglesia y la Casa Abadía. Su forma marcadamente horizontal, dada por su fina cubierta de hormigón destaca la verticalidad del Templo. Cuando el tiempo lo permite, una ventana corredera longitudinal permite conectar directamente este jardín con la sala principal de la Iglesia. En palabras de Echegaray: *“La decoración interior se trata de forma sencilla y procurando contrastar los paños lisos y neutro con las zonas de mosaico de mayor riqueza decorativa.”*



(Imagen.3.9, Planta de la estructura del Claustro)

Las tres partes del proyecto se realizaron a la vez y fueron todas proyectadas por Torroja, Echegaray y Nadal.

En el proyecto se estableció una superficie de suelo aproximada de 2500 m² para la iglesia y 500 m² para la casa Abadía, de éstos, de la iglesia hay de techo 600 m² y de la Abadía, 100 m².



(Imagen.3.10,Plano original del solar)

Atendiendo a la ficha oficial del Catastro, a continuación podemos ver la parcela. Con una superficie de total de 3000m2 de los que 1297m2 están construidos, siendo el resto, el gran jardín del Claustro o la distancia cedida para espacio público, acera y plaza de entrada al templo.

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE
6302103YJ4260S0001RG

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN:
AV PAU 2
46730 GANDIA [VALENCIA]

USO PRINCIPAL: Religioso AÑO CONSTRUCCIÓN: 1962

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN: 100,000000 SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): 1.297

PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN:
AV PAU 2
GANDIA [VALENCIA]

SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): 1.297 SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA (m²): 3.009 TIPO DE FINCA: Parcela construida sin división horizontal

CONSTRUCCIÓN

Destino	Escalera	Planta	Puerta	Superficie m²
ALMACEN	1	-1	01	112
RELIGIOSO	1	00	01	702
RELIGIOSO	1	01	01	129
RELIGIOSO	1	00	01	118
RELIGIOSO	1	01	01	118
RELIGIOSO	1	02	01	118

CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

E: 1/1000

Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

745,900 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89 Domingo, 11 de Agosto de 2019

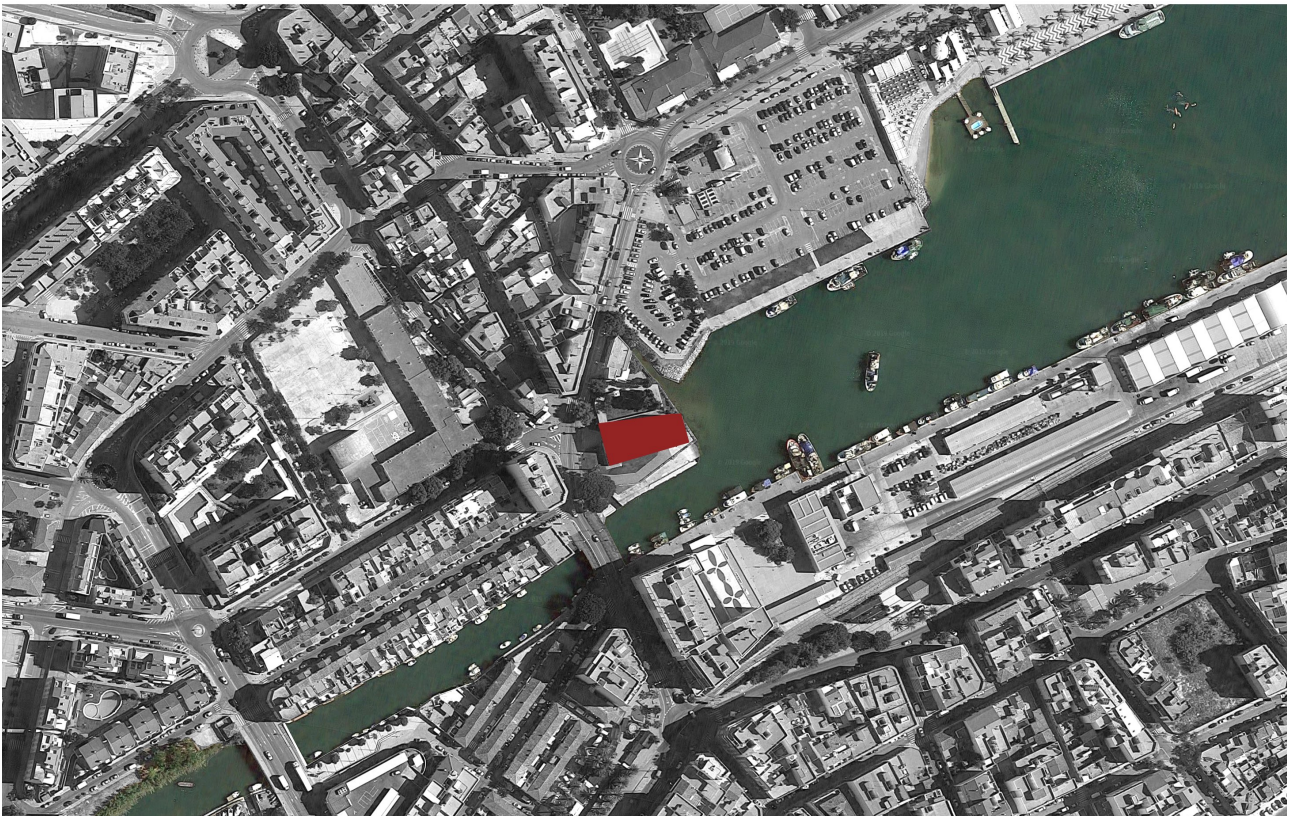
- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Construcciones
- Mobiliario y aceras
- Límite zona verde
- Hidrografía

(Imagen.3.11, Ficha de Catastro del Proyecto)

3.5. EL LUGAR

El templo se encuentra en un emplazamiento privilegiado, en el contacto entre el mar Mediterráneo y el río San Nicolás, entre el Puerto Pesquero y el Puerto deportivo de Gandía. Es un punto estratégico, pues se encuentra además la ciudad histórica con la turística. Podríamos decir, sin miedo a equivocarnos que se encuentra en el lugar central del Grao, en Avinguda de la Pau 2.

El solar, con una forma sensiblemente triangular, quedando limitado por el lado oeste con la Avinguda de la Pau quedando los lados noreste y sureste en entrando en el mar en forma de cuña. Al no tener ningún edificio cerca cuando se construyó, no tuvo ninguna servidumbre de ningún tipo.



(Imagen.3.12,Emplazamiento remarcando la Iglesia)

Desde el punto de vista artístico, el emplazamiento es impresionante, pues se encuentran penetrando en el mar, viéndose desde el jardín del Claustro, todo el puerto, por ello, la mayoría de los creyentes que se confiesa en la iglesia, piden que sea en el Claustro mirando al mar, por su hermosa vista. Gandía tiene un clima mediterráneo, caracterizada por la presencia de sol durante la mayoría del año y fuertes vientos procedentes del mar, como podemos ver en la siguiente tabla que las temperaturas medias durante el año.

3.6. EL ESPACIO

Podemos establecer un recorrido desde el exterior de la iglesia que nos va llevando hacia los espacios interiores.

Cuando llegamos al templo, vemos la fachada oeste, que podemos dividir en tres planos bien diferenciados; lo primero que nos llama la atención es una plaza de pequeñas dimensiones, 90 m², con forma de trapecio funcionando como un embudo, teniendo el lado más corto cerca de la iglesia y el más amplio en la calle, de esta manera mediante la forma y los jardines a ambos lados de la plaza, se focaliza la iglesia y se nos invita amablemente a entrar.

En segundo plano tenemos un muro de piedra que oculta el lado por el que los usuarios entran al edificio, además de impedir la visual del interior.

En el plano final tenemos la imagen de la propia iglesia, la fachada oeste, en ella, la imagen de San Nicolás y la gran cruz blanca destaca sobre ladrillo rojo que forma la fachada. Esta gran cruz traspasa el edificio llegando hasta el cielo, dando la sensación de que este símbolo religioso traspasa el edificio construido por el hombre y llega más allá.



(Imagen.3.13.Primer impresión del templo)

Una vez nos acercamos más, nos colocamos debajo de la cubierta que protege la entrada del templo, a mano izquierda tenemos una puerta de reja que nos permite ver el jardín del Claustro al que no podemos acceder desde aquí sin la llave. A mano derecha, la entrada de la iglesia. Destacar que en el frente hay varios paneles donde están escritos los horarios y alguna publicidad.



(Imagen.3.14.Entrada del templo)

Una doble circulación de entrada y salida a la derecha del porche de entrada, nos permite entrar en el edificio, donde tenemos un pequeño vestíbulo previo a la sala principal. Este vestíbulo actúa como un paso en el recorrido de entrada, siendo el primer contacto con el interior del edificio que experimentamos, donde ya estamos protegidos del exterior. Además de recorrido, esta sala alberga la pila bautismal (Baptisterio), protegida por una elegante reja de metal decorada con símbolos religiosos que junto a la vidriera que baña de luz este espacio dotan de carácter y prominencia el monolito pétreo que centraliza el espacio. Este Baptisterio se sitúa aquí, porque en la época de construcción de la iglesia, aún no se había decretado el concilio de Vaticano II y aún existía la creencia de que los no bautizados no podían entrar a la iglesia. De esta manera el baptisterio se sitúa antes de entrar a la iglesia. Sobre nuestras cabezas se sitúa el coro, la única planta intermedia de todo el edificio.



(Imagen.3.15..Baptisterio)



Según accedemos a la nave principal, a mano izquierda tenemos una puerta, al abrirla, nos encontramos un pequeño pasillo no lleva a unas aún más pequeñas escaleras que después de unos 10 escalones se ensanchan para ocupar todo el ancho del espacio y nos llevan hasta la cubierta, a la que accedemos por una diminuta puerta.

Detrás de esta puerta, se encuentra la cubierta superior de la lámina Norte, una cubierta plana sin barandilla que simplemente se utiliza para instalaciones y mantenimiento o para abrir las ventanas abatibles que permite la ventilación natural de la nave principal. En el proyecto se estudió minuciosamente la circulación de aire para generar una corriente que expulsase el aire caliente por la ventana superior mientras entra aire frío por la ventana del Claustro.



(Imagen.3.17..Cubierta Superior Norte)

De vuelta a la nave principal, ahora nos encontramos en el mayor espacio del edificio, siendo este el principal. En él se realiza toda la vida que los feligreses hacen en el templo. Al entrar, unificado por la misma madera de la puerta por la que entramos, a mano derecha tenemos el confesionario y a mano izquierda, más alejada, una puerta corredera de vidrio que, cuando el clima lo permite, conecta la sala principal con el Claustro y permite asistir a misa desde el exterior. Al igual que en la entrada, nos encontramos con dos planos visuales, que se leen desde el fondo hasta él más cercano. El más lejano, es el primero que nos llama la atención, gracias a la geometría del espacio que se cierra hacia la Cruz, es el Presbiterio, hogar del altar y de los sermones, donde la gran cruz corona el espacio y nos marca el centro visual.

El espacio central forma el plano más cercano, dada la asimetría de ambos lados, se produce un choque que enfatiza sus diferencias, a nuestra izquierda apreciamos las visibles costillas del muro norte que creciendo hacia el techo, nos guían hasta una lámina de vidrio que marca la separación

entre las dos “Z” estructurales, debajo de las costillas se encuentra la principal fuente de luz exterior del espacio, un alargado ventanal continuo que permite la entrada de la sutil, y difusa luz de norte. En el centro, dos filas de bancos establecen el plano pisable donde, o bien sentados o bien de pie, se sitúan los visitantes en busca de oración. Por contraparte al lado izquierdo, tenemos el lado derecho, donde el muro Sur se alza liso, recubierto por una piedra gris oscura que contrasta con el blanco del muro enfrentado, destacando las singulares lámparas metálicas que se enfrentan a las costillas y por contraparte al otro muro, sirven como la principal fuente de iluminación artificial. Los usuarios del Templo resaltan sobre todo su estudiada acústica del espacio.

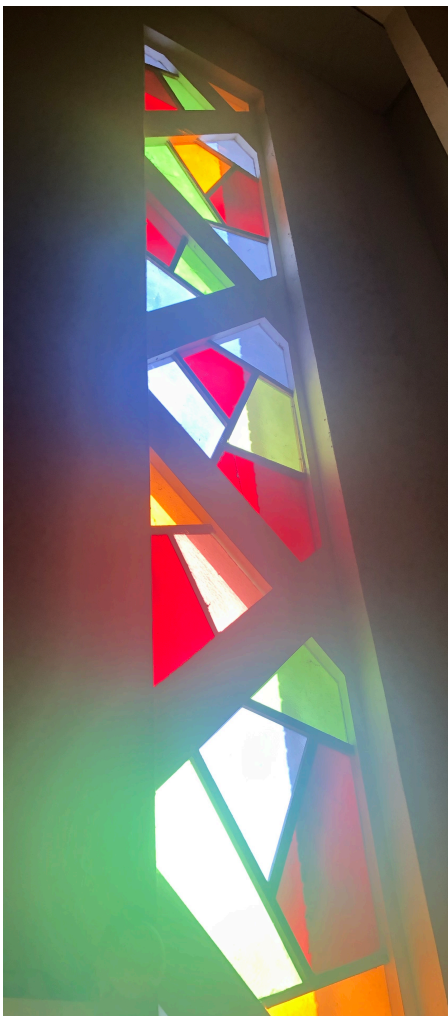


(Imagen.3.18..Nave principal)

Debajo del muro Sur, tenemos las capillas laterales que enfrentan a la longitudinal ventada del Claustro. Protegidas por la parte inferior de la “Z” de este muro, tenemos diferentes imágenes de la Virgen y varios Santos (destacando las de la Virgen del Carmen y la de la *Mare de Déu Blanqueta*, destacada por ser la patrona del barrio), separadas entre sí por muretes de piedra natural y decoraciones metálicas pero abiertas todas a la sala central. Esta zona está llena de detalles, como los vidrios de colores colocados caóticamente que colorean el elegante muro con tonos de amarillo, verde, rojo y azul, pero sin restan importancia a las imágenes talladas en madera. Entre las capillas y el presbiterio se encuentra la salida de la Procesión del Descendimiento, por donde sacan a la estatua durante dicho paso procesional, remarcando la importancia de esta puerta por la diferencia de altura respecta a las capillas, viéndose desde fuera como un volumen cúbico con unas elegantes puertas de madera.



(Imagen.3.19..Capillas laterales)



(Imagen.3.20..Vidriera Presbiterio)

Encuadrado por una embocadura asimétrica que lo protege en el lado norte de la iglesia, aparece el Presbiterio, donde se encuentra el altar exento, coronado por la gran cruz de madera con el Cristo Rey tallado.

Se buscó la sencillez compositiva, la luz incide en el altar y en la cruz mediante una vidriera lateral por donde la luz de norte penetra en el espacio, oculta para los feligreses. Un gran altar de granito con forma de anillo rectangular, que parece flotar en el centro del presbiterio y a su espalda, un gran crucifijo de madera oscura que funciona como centro visual de la nave, son los únicos elementos del Presbiterio. La pared que nos marca el final de esta gran sala principal presenta un mosaico vidriado con una paleta de colores exquisita, mezcla de unos tonos cobrizos, marrones y grisáceos y a la izquierda De la Cruz, una gran vidriera con tonos cálidos que enfatizan el lado Norte como entrada de luz natural. Todos estos elementos nos marcan en todo momento a donde debemos mirar y sirven de un arquitectónicamente rico fondo para este espacio.

A la derecha del presbiterio, se encuentra la Sacristía, tras una puerta se puede acceder tanto a las escaleras que bajan al sótano como a esta Sacristía, una pequeña sala pintada de blanco donde al frente hay una ventana corrida que llena de luz el espacio. Las cuatro paredes blancas sirven como lugar donde colgarlos hábitos y túnicas que se ponen los distintos sacerdotes desde antes de realizar los oficios.



(Imagen.3.21..Sacristía)



(Imagen.3.22..Escaleras)

A mano izquierda desde la puerta del Presbiterio tenemos unas escaleras de triple tramo, con el central mucho más largo que los otros dos, que nos llevan al sótano.

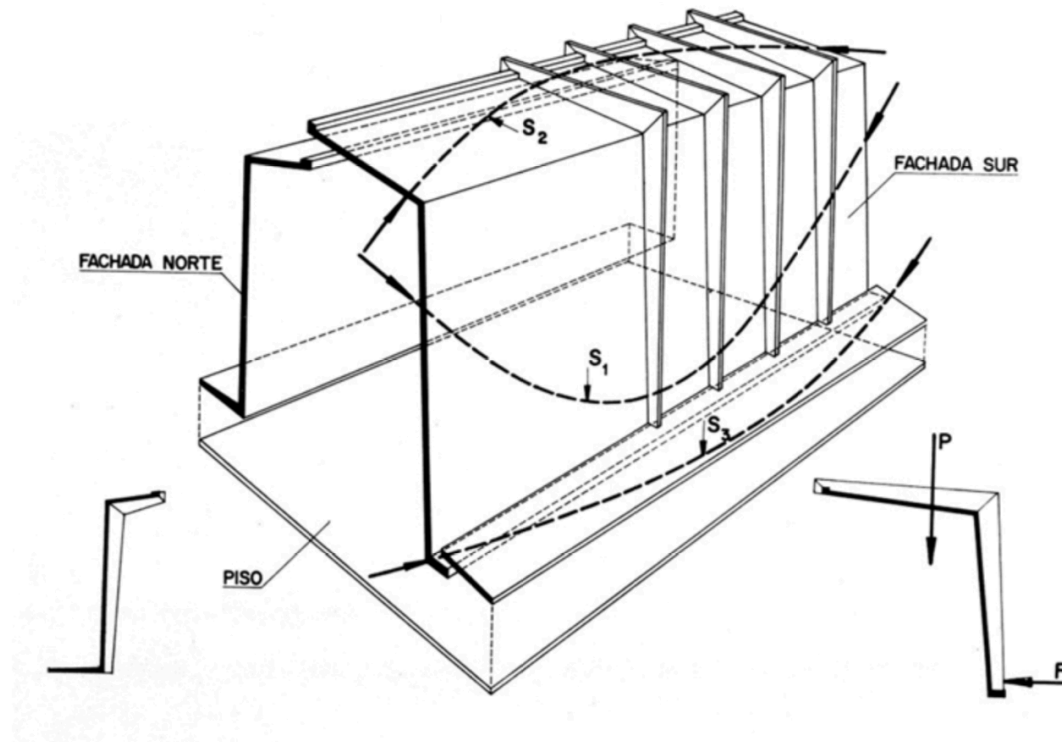
Debajo del Presbiterio, con el mismo dibujo en planta, se encuentra el sótano, lugar de almacenaje, hallándose aquí la antigua cruz del templo, además de los utensilios religiosos que no caben en la sacristía. Este espacio está bañado por la luz natural que entra por una ventana longitudinal.



(Imagen.3.23..Sótano)

3.7. SISTEMA ESTRUCTURAL

La estructura del edificio busca dar la sensación de estar “flotando”, generando un gran espacio diáfano y separado del suelo. Esto se consigue gracias a separar los dos muros y establecer sus apoyos en los muros testeros. Para ello, se convierte a los muros que vuelan en dos finas láminas de hormigón en forma de “Z”, ayudadas por unas costillas de hormigón que actúan de rigidizadores y unos cables de postesado en las láminas.



(Imagen.3.24..Esquema estructural)

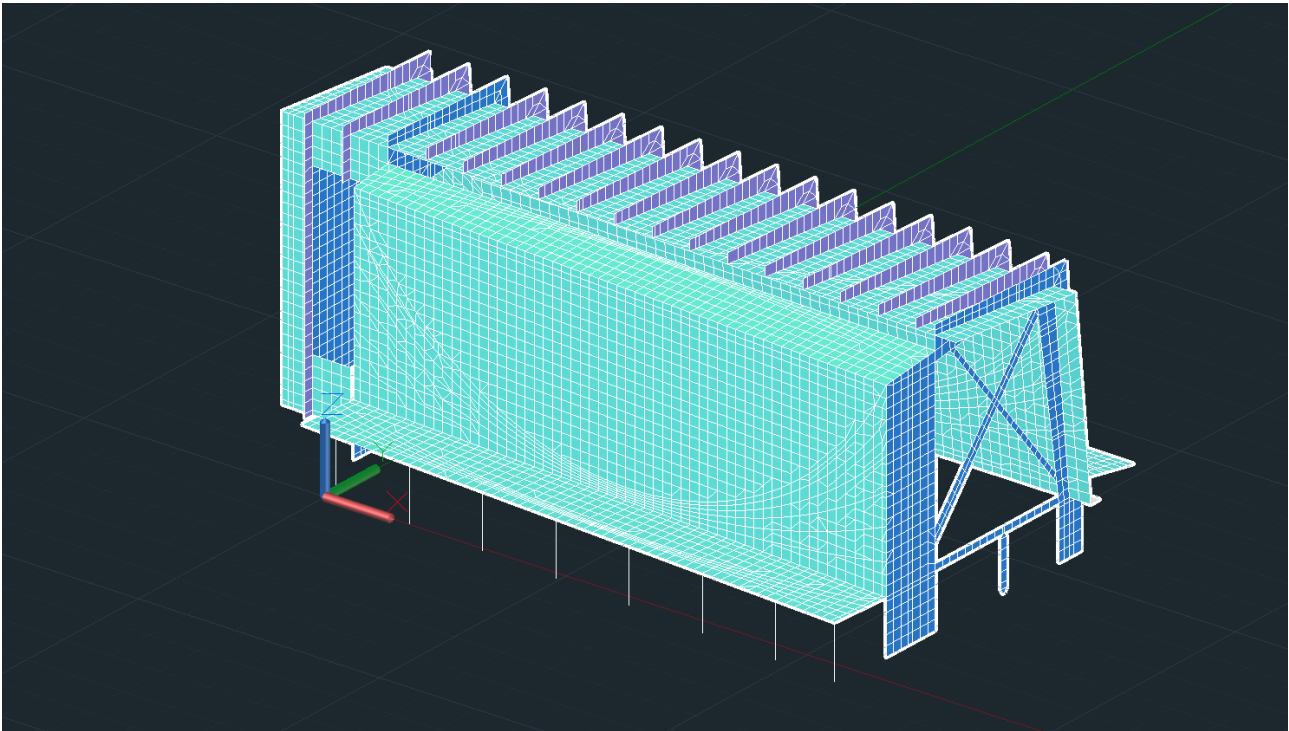
La lámina norte tiene las costillas de hormigón por dentro, ocultándose del exterior, y tanto la cubierta superior como la inferior están conectadas a la central, formando una “Z” completa. Este muro va desde el pórtico 0 al pórtico 15, estando desconectado de los siguientes.

La lámina sur presenta las costillas de hormigón por fuera, mostrándolas al exterior, mientras la lámina superior y la inferior están conectadas directamente, la inferior solo se conecta mediante las costillas (éstas sí, en forma de “Z”, por lo que podemos afirmar que esta lamina tiene forma de “L” invertida, aunque en realidad posee una pequeña lámina de gran espesor en su parte inferior para dotarla de rigidez. Esta lámina tiene esta geometría entre los pórticos 0 y 15, al pasar el muro estero que se sitúa en este último pórtico, esta lámina se cierra sobre la otra cara en forma de “U” invertida pero apoyando directamente sobre la cimentación, dejando de actuar como una viga y pasando a ser un muro de hormigón.

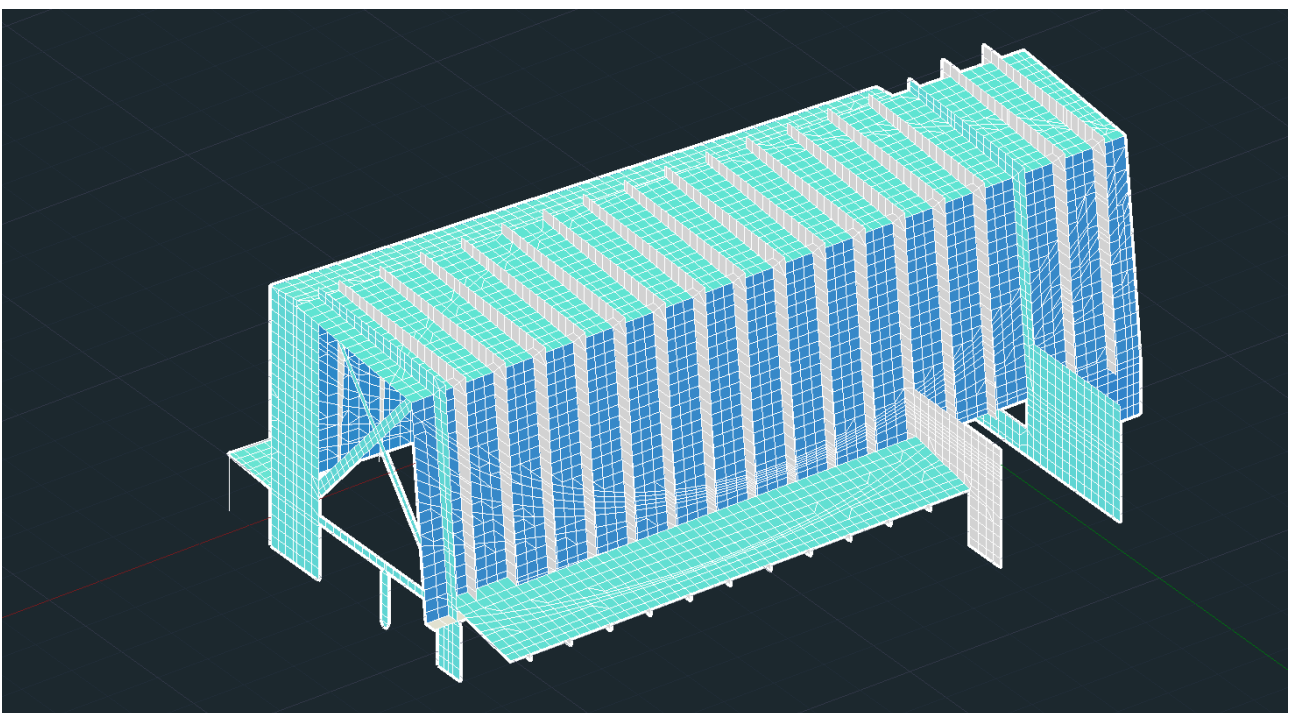
4.CÁLCULO ESTRUCTURAL

4.1.GEOMETRÍA

Para la realización del modelo se ha empleado el *software* AutoCAD perteneciente a la empresa Autodesk, en él, hemos modelizado los distintos elementos en barras o superficies, dividiendo estas últimas en elementos finitos de aproximadamente 50 x 50 cm para su posterior exportación al programa SAP 2000 de la empresa *Computers and Structures Inc.* para su cálculo estructural.



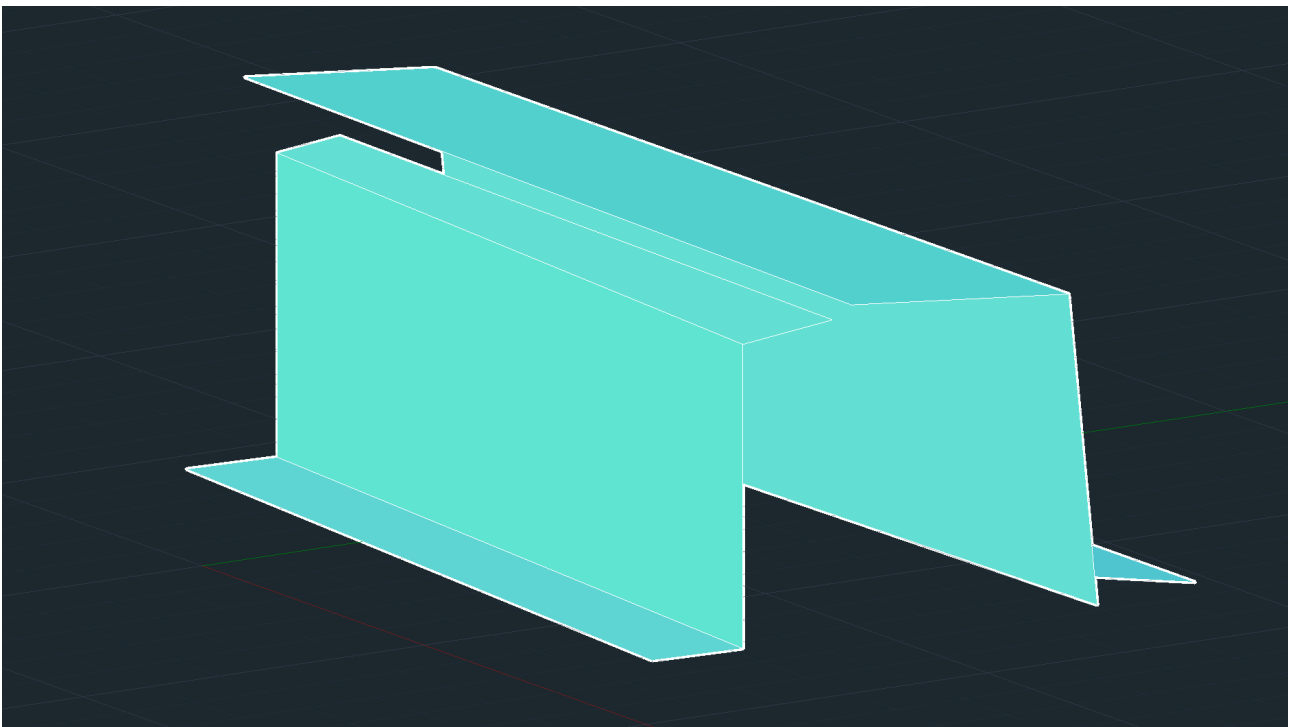
(Imagen 4.1. Modelo completo en Cad (Vista Norte))



(Imagen 4.2. Modelo completo en Cad (Vista Sur))

Después de su dibujo en CAD, se ha ejecutado una aplicación llamada "sapdxf" facilitada por el tutor para reorientar los elementos finitos, resolviendo el problema de la diferencia de ejes locales según el orden de dibujo de las esquinas de las "3dcaras".

4.1.1.MUROS VIGA



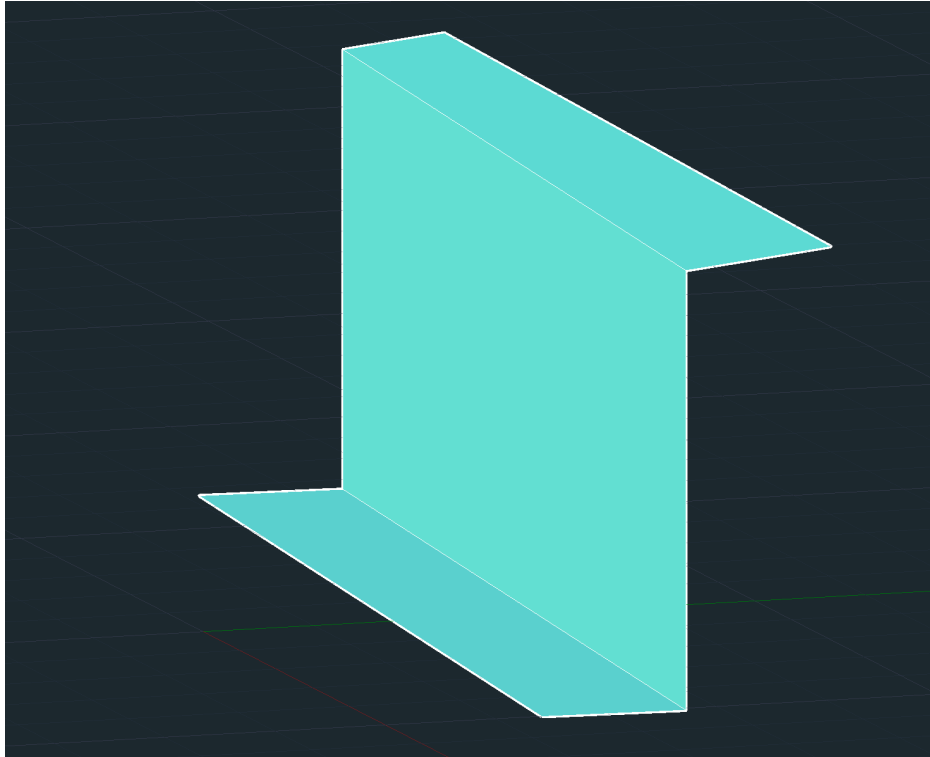
(Imagen 4.3. Láminas hormigón (Vista Norte))

Los muros en forma de Z se han dibujado mediante 3D caras (nos referiremos a ellas como superficies) posteriormente divididas siguiendo la rejilla de 50 x 50 y las líneas de postesado, de las que se hablará más adelante.

Ambos muros no son paralelos entre si, dada la forma trapezoidal del espacio, pero si comparten la línea en planta formada por las cubiertas superiores, existiendo una distancia entre éstas cubiertas de 60 cm en vertical (Eje Z), desconectando ambas láminas la una de la otra y permitiendo la entrada de luz, las láminas no se tocan en ningún punto directamente.

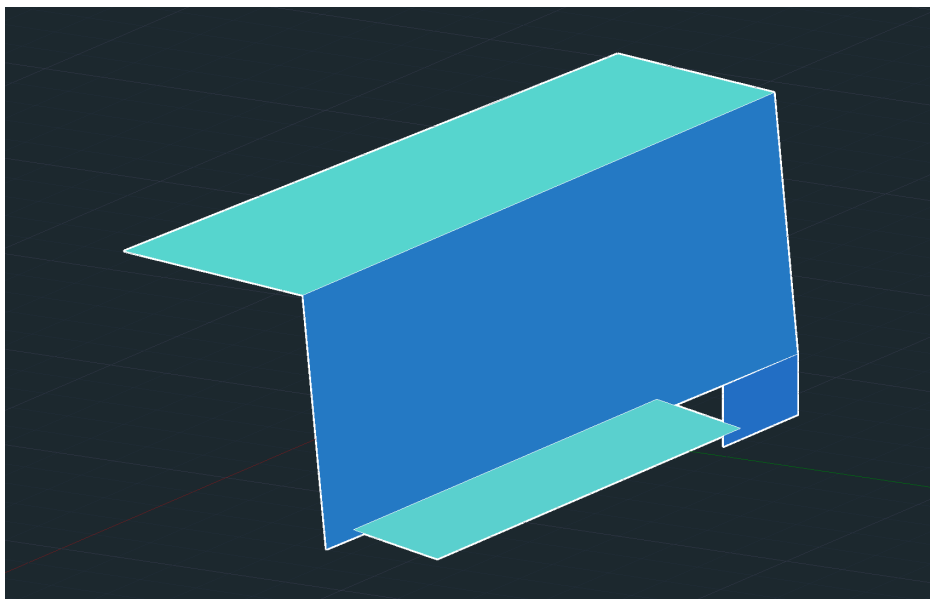
El muro norte va del pórtico 0 al pórtico 15, comenzando por su parte central, presenta unas medidas de 27 x 9,6 m y un ángulo de 90° con la horizontal. La cubierta superior varía su dimensión en 1 metro a lo largo de la lámina, teniendo un lado en diagonal, en el pórtico 0 tiene una medida de 3,3 m y en el pórtico 15 de 2,3 m, además de presentar un ángulo de 6°. Por contraparte, la cubierta inferior tiene una geometría rectangular de 27 x 3,7 m y un ángulo con la horizontal de 0°, siendo perpendicular a la lámina central.

Después del pórtico 15, el muro Norte presenta una discontinuidad producida por la vidriera del presbiterio, en este punto, la cubierta superior de la lámina Sur se cierra y pliega continuando en forma de "U" invertida hasta el pórtico 17, el último del edificio.



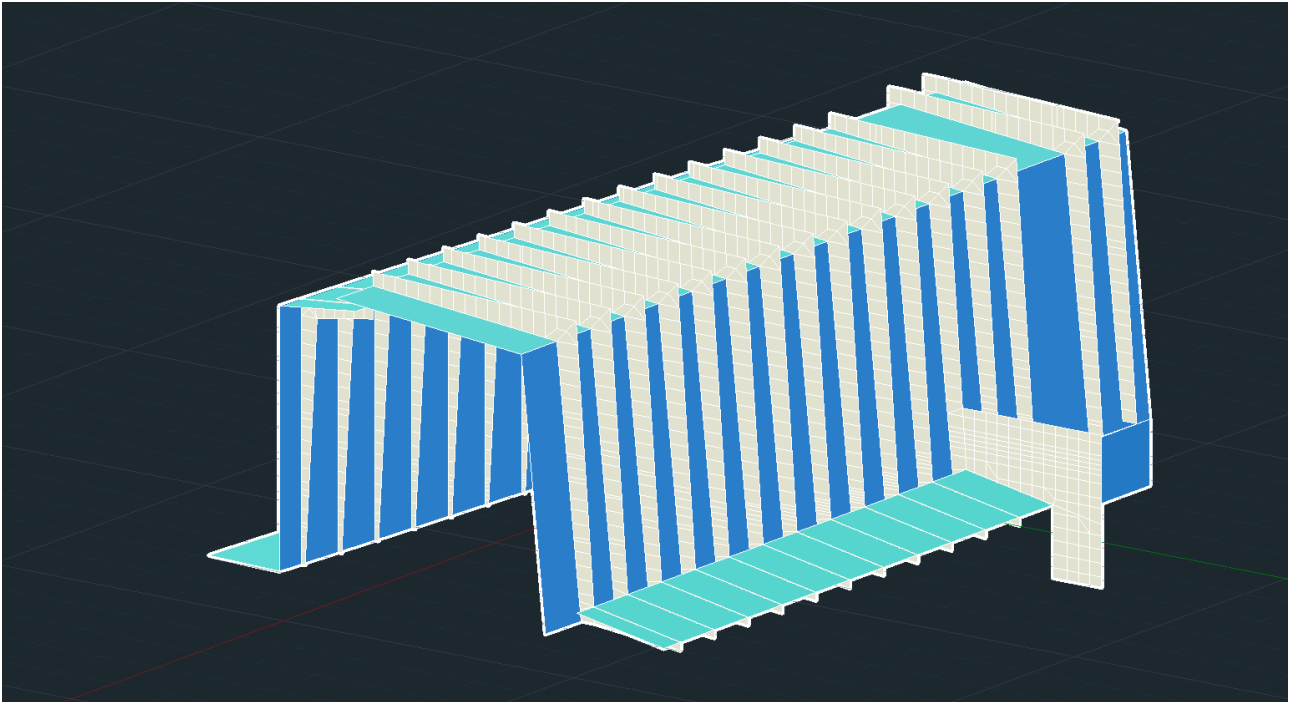
(Imagen 4.4. Lámina Norte(Vista Norte))

El muro Sur va del pórtico 0 al pórtico 17, comenzando por su parte central, presenta unas medidas de 29,2 x 10 m y un ángulo con la horizontal de 96°. La cubierta superior varía su dimensión 1 metro a lo largo de la lámina, teniendo en el pórtico 0 una medida de 8 m y en el pórtico 20 una medida de 7 m, además de presentar un ángulo de 5° respecto a la horizontal. La cubierta inferior es más corta que la lámina central, llegando del pórtico 0 al pórtico 12, además, no está directamente conectada con la lámina central excepto entre el pórtico 0 y el pórtico 2 donde sí lo está (estando desconectada entre el 2 y el 12), la conexión real de ambas láminas es mediante las costillas de hormigón, estableciendo realmente una lámina en forma de "Z". Esta cubierta inferior tiene unas medidas de 29,2 x 3,2 m, con un ángulo de -10° con la horizontal.



(Imagen 4.5. Lámina Sur (Vista Sur))

4.1.2.COSTILLAS DE HORMIGÓN.



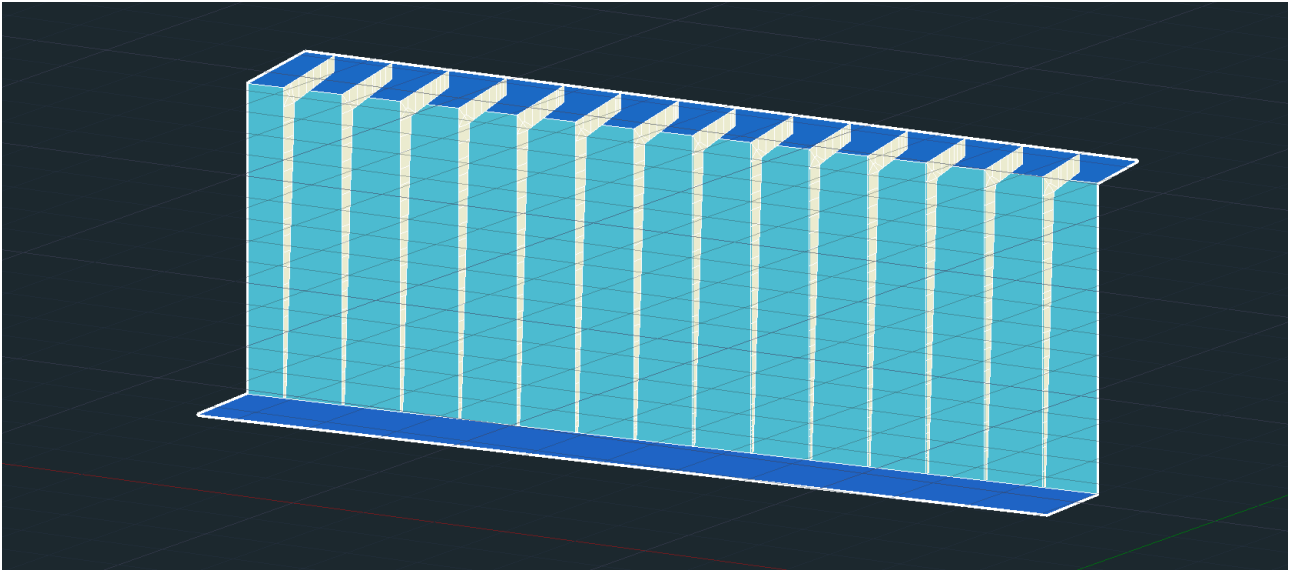
(Imagen 4.6. Costillas estructurales (Vista Sur))

Sirven de rigidizadores para las finas láminas de hormigón, además de ayudar a resistir la torsión por su geometría asimétrica. Cada línea de costillas es perpendicular a la lámina que las sujeta y al igual que estas láminas, no existe una conexión directa entre ambas líneas de costillas (Norte y Sur).

Las costillas poseen una forma en “L” invertida en ambos la lámina norte y de “Z” en la lámina sur, teniendo una sección mayor en el encuentro entre cubierta superior y lámina, reduciéndose a medida que se aleja de este encuentro. En ninguna de las agrupaciones de costillas hay ninguna igual a las demás ya que, pese a que el lado correspondiente a la lámina central es igual en todas las de la misma lámina, el lado que corresponde a la cubierta superior va variando su longitud de una a otra dada la forma de trapecio de la cubiertas superiores.

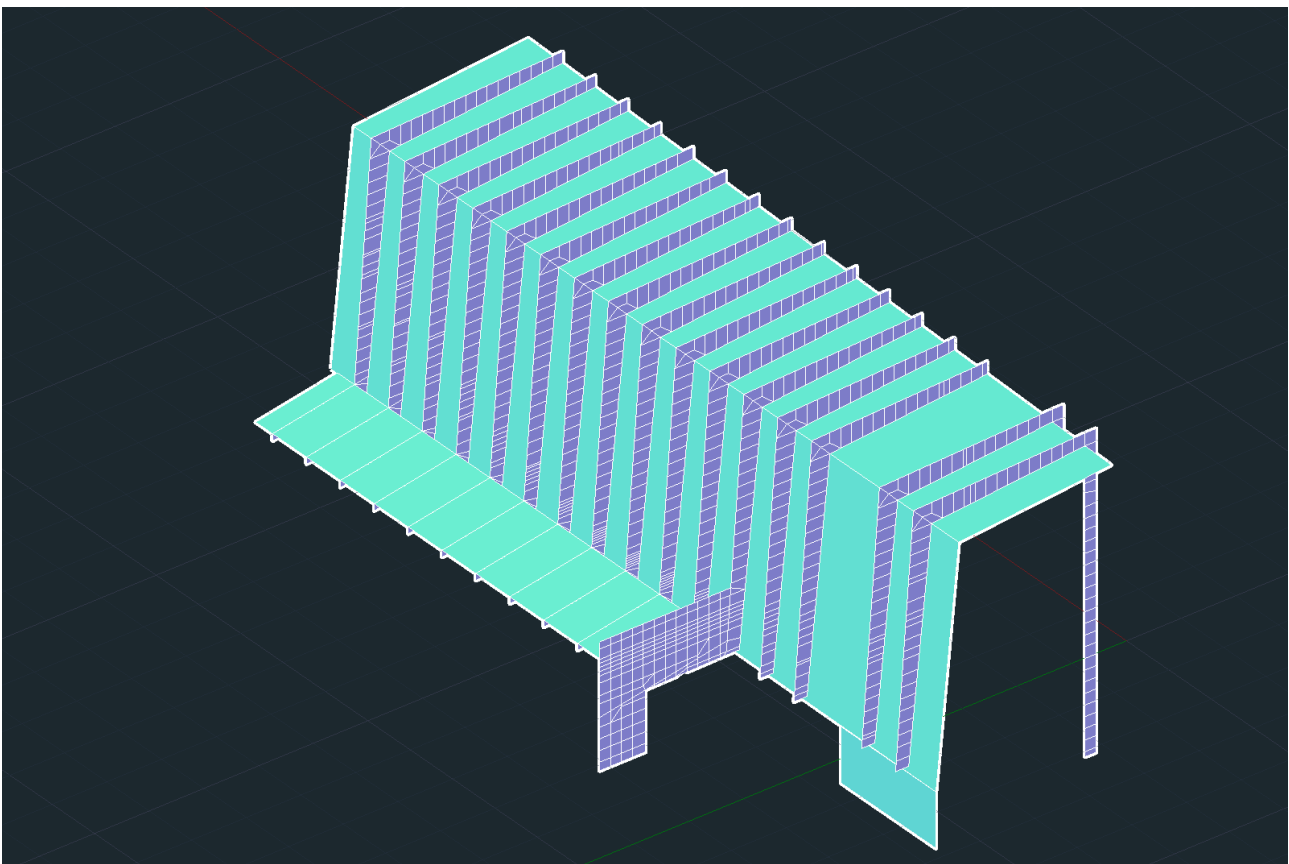
Entre costilla y costilla hay una separación de 2 metros, excepto en los encuentros entre las láminas y los muros testeros, donde esta distancia es menor.

Se han modelizado como superficies, porque dada su geometría y su gran tamaño, se ha decidido que está es la mejor manera de representar su funcionalidad en el modelo, dada su dimensión variable y su gran canto.



(Imagen 4.7. Costillas Norte (Vista Interior))

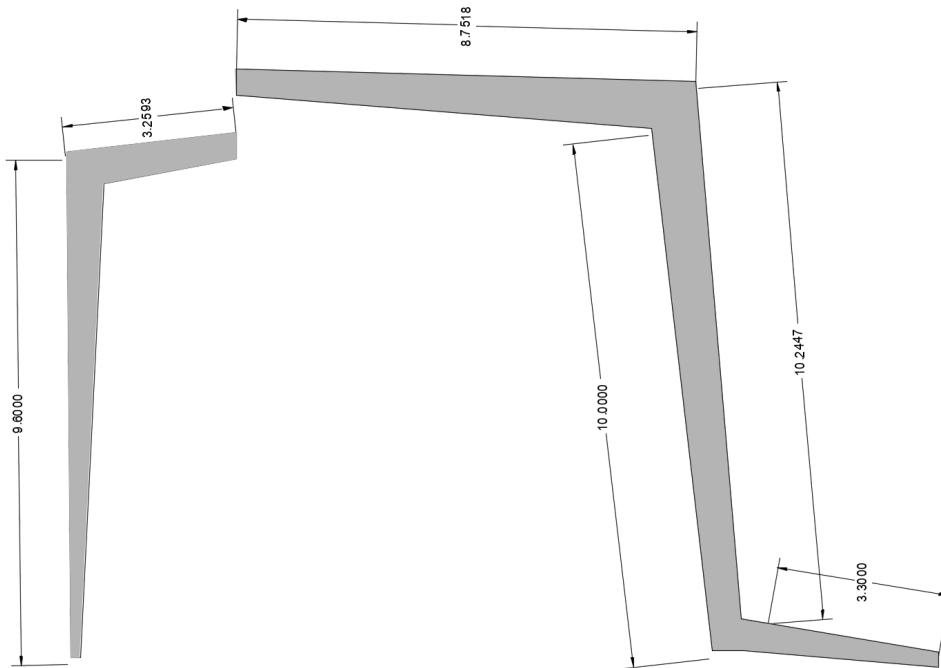
Las costillas de la lámina Norte se sitúan en el interior de ésta y poseen unas medidas que dependen del lado corto. Sirven de rigidizadores para las láminas.



(Imagen 4.8. Costillas Sur (Vista Exterior))

Las costillas de la lámina Sur se sitúan en el exterior de ésta y poseen unas dimensiones dependiendo de su lado superior. Sirven de rigidizadores para las láminas.

Se adjunta una imagen con las diferentes medidas del lado superior de las láminas, dependiendo del pórtico en el que nos encontremos, de las diferentes costillas:

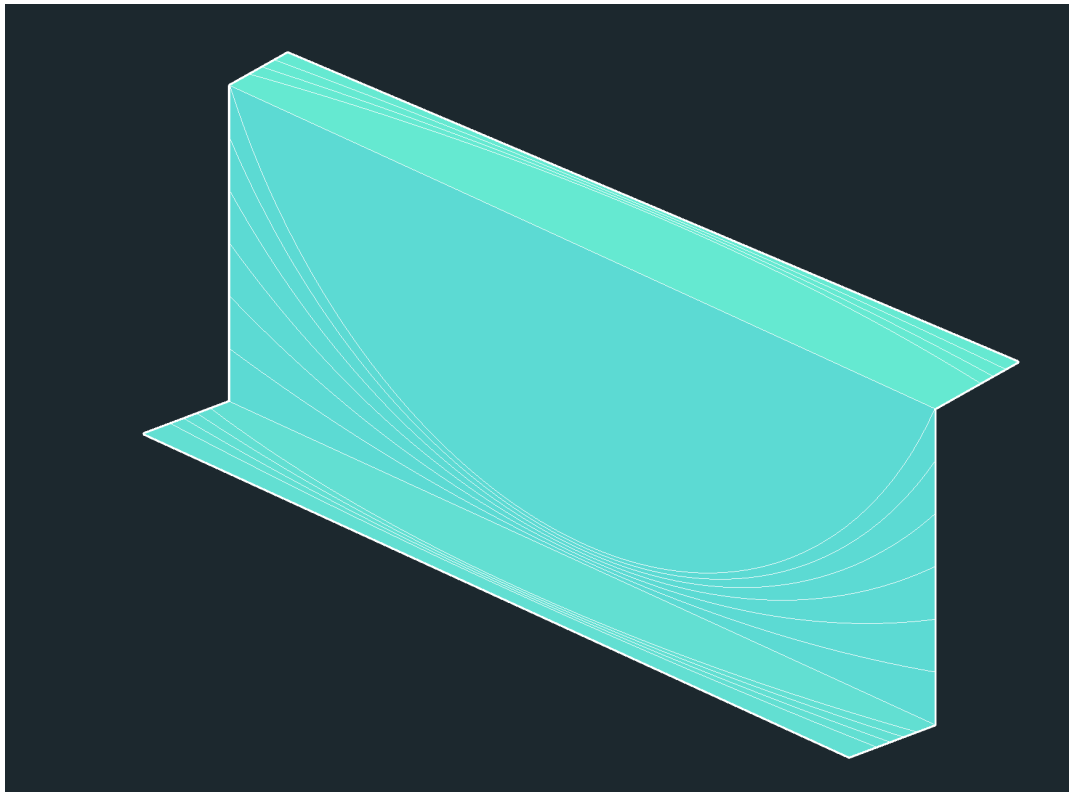


(Imagen 4.9. Costillas de hormigón, medidas)

4.1.3.POSTESADO.

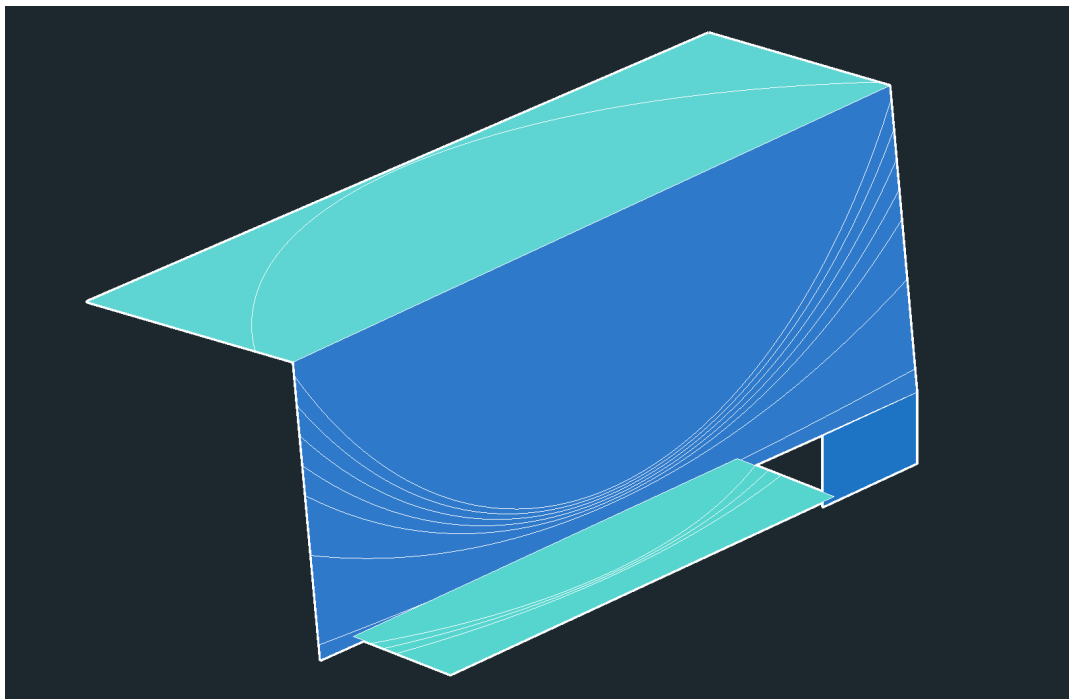
Como refuerzo estructural, las laminas de hormigón poseen unos cables de acero que, mediante el método de postesado, comprimen las laminas para dotarles de mayor resistencia. Estos cables, van en agrupaciones de 3 cables por vaina, en las láminas verticales y en la cubierta inferior Sur van 3 vainas por línea de postesado, el número de líneas varía en cada lámina.

Estas líneas se han modelizado como curvas, posteriormente divididas en líneas rectas que siguen su geometría para poder dividir la superficie en elementos finitos, además, estas curvas han condicionado la geometría de los elementos finitos en sus proximidades, no permitiendo seguir estrictamente la rejilla de 50 x 50. En todos los casos, la separación menor entre dos directrices de postesado ha sido de 10 cm para permitir el correcto recubrimiento del hormigón.



(Imagen 4.10. Directrices de Postesado Norte (Vista Norte))

En la lámina norte, tenemos 6 líneas de postesado en la lámina central, 3 en la cubierta superior y 4 en la cubierta inferior.



(Imagen 4.11. Directrices de Postesado Sur (Vista Sur))

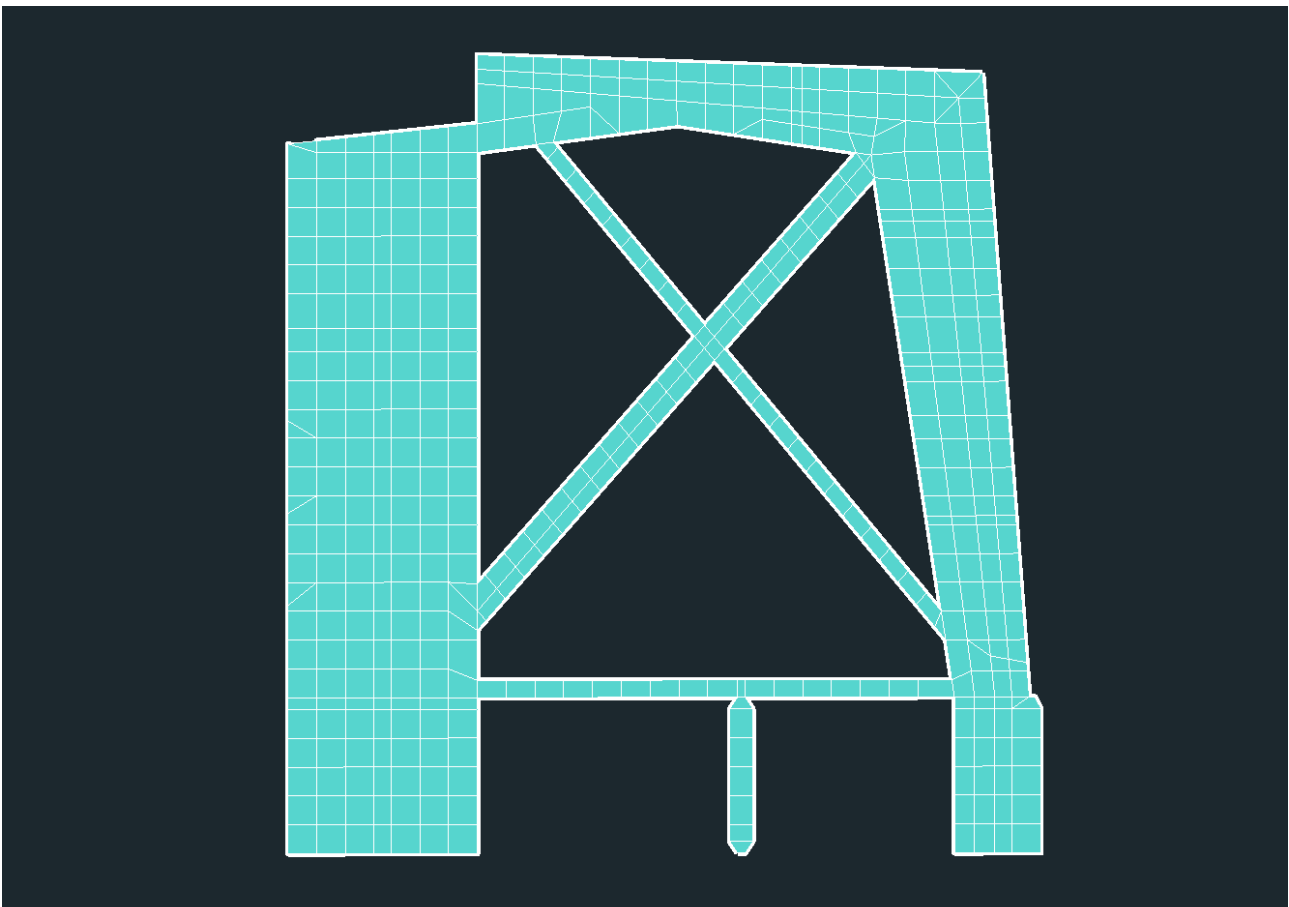
En la lámina Sur, tenemos 7 líneas de postesado en la lámina central, 1 en la cubierta superior y 4 en la cubierta inferior.

4.1.4.MUROS TESTEROS.

Sirven de apoyo estructural y conexión para los muros-viga, permitiendo la ausencia de apoyos intermedios en ellos. Los dos muros presentan geometrías diferentes, si bien su forma perimetral es similar, pareciendo desde el exterior, dos costillas iguales que las demás.

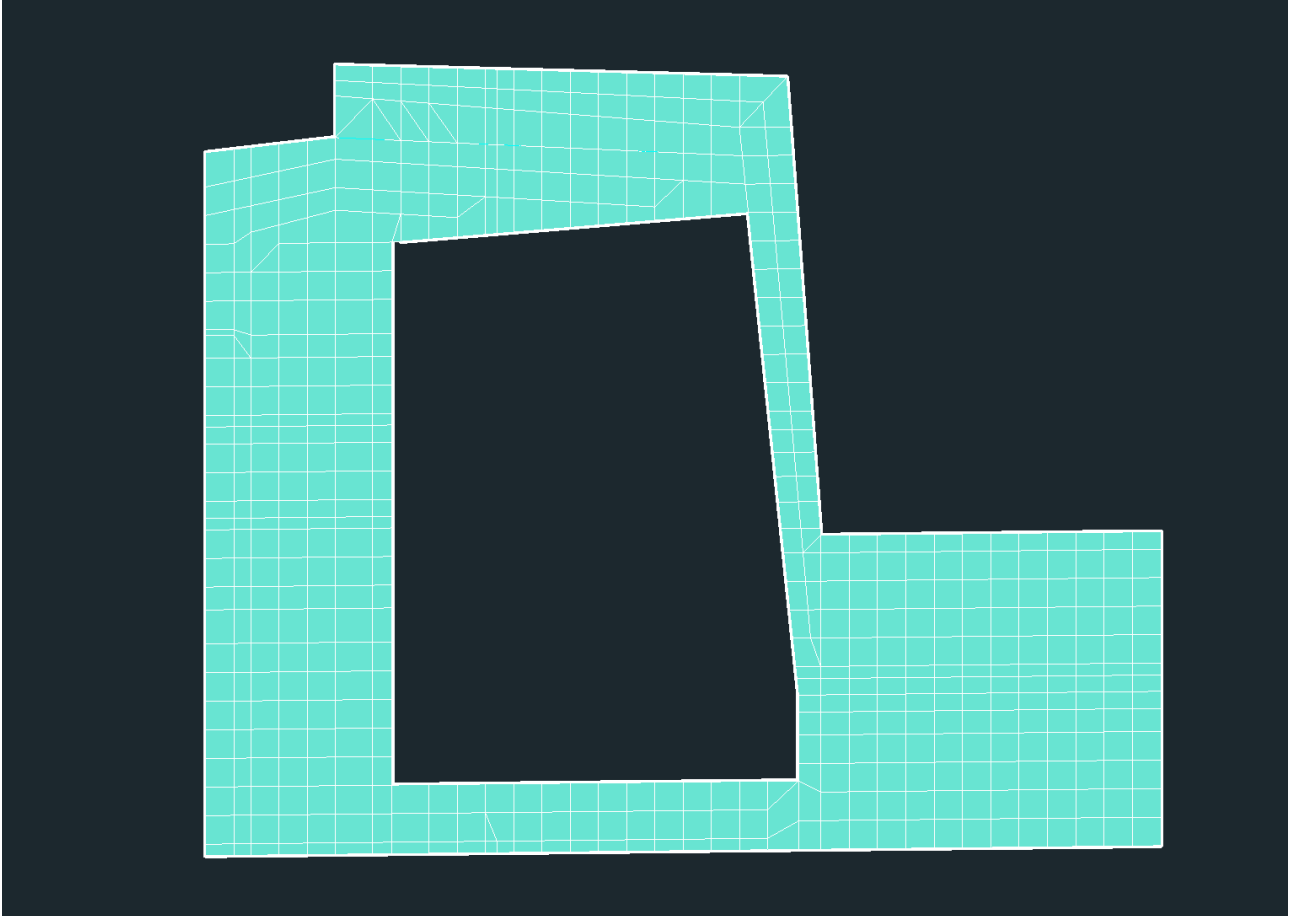
Ambos se han modelizado como superficies en su totalidad dado que el material es uniforme en toda su superficie estos muros han presentado uno de los puntos mas complejos de modelizar pues al no ser paralelas las láminas entre sí, el muro era perpendicular a la lámina Sur pero no a la Norte. Esto ha complicado el dibujo de esta unión, por lo que la conexión entre muro testero y lámina Norte se ha resuelto mediante la simetría de las líneas del perímetro de la lámina Norte, usando como plano de simetría el propio muro, obteniendo los puntos exactos donde se cortan muro y lámina.

El muro Oeste corresponde al pórtico 0 y a la entrada del templo, desde el exterior Sur se muestra la primera costilla del conjunto, el muro presenta una forma trapezoidal con dos grandes huecos cortados por vigas de hormigón que son continuas al muro. A la izquierda, el hueco de la vidriera cortado por unas cruces de San Andrés parciales (Amablemente los usuarios del templo llaman a esta vidriera la Vidriera de San Andrés por estas cruces). A la derecha, un hueco mayor cruzado por dos vigas desiguales, este vaciado sirve para reducir el peso y el coste del muro manteniendo la inercia. En su parte baja, presenta tres apoyos con la cimentación, dos laterales que continúan la línea exterior del muro y uno central, entre estos tres puntos hay dos huecos, el de la izquierda sirve como conexión entre la nave principal y la escalera del coro y la cubierta, mientras el hueco derecho sirve para conectar el vestíbulo con esta nave.



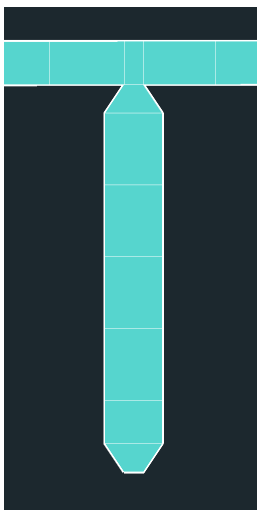
(Imagen 4.12. Muro Testero (Pórtico 0))

El muro Este corresponde al pórtico 15 y a la subida al Presbiterio (consistente en cinco escalones), presenta una forma en Anillo trapezoidal de lados de diferente tamaño pese a ser una superficie continua, con un gran hueco central que permite la visual sin estorbos del presbiterio desde el interior de la nave. El lado correspondiente a la lámina Sur esta oculto desde el interior, pareciendo una costilla más desde el exterior, también oculto esta el lado inferior que pasa por debajo de los escalones que conectan ambos espacios. Por contraposición, los lados restantes se muestran al interior del templo mediante un mosaico que los cubre.



(Imagen 4.13. Muro Testero (Pórtico 15))

4.1.5. RÓTULAS FREYSSINET.



El apoyo intermedio del Pórtico 0, que conecta éste con la cimentación, presenta una rótula Freixenet que permite la liberación de giro para la cimentación inferior. Esto se consigue con un cambio brusco de la sección de hormigón, igual a $1/3$ tanto en el encuentro superior como en el inferior, lo que permite que el elemento gire libremente en esos puntos. Se ha modelizado dividiendo el elemento en 3 partes y cogiendo únicamente la central para las uniones.

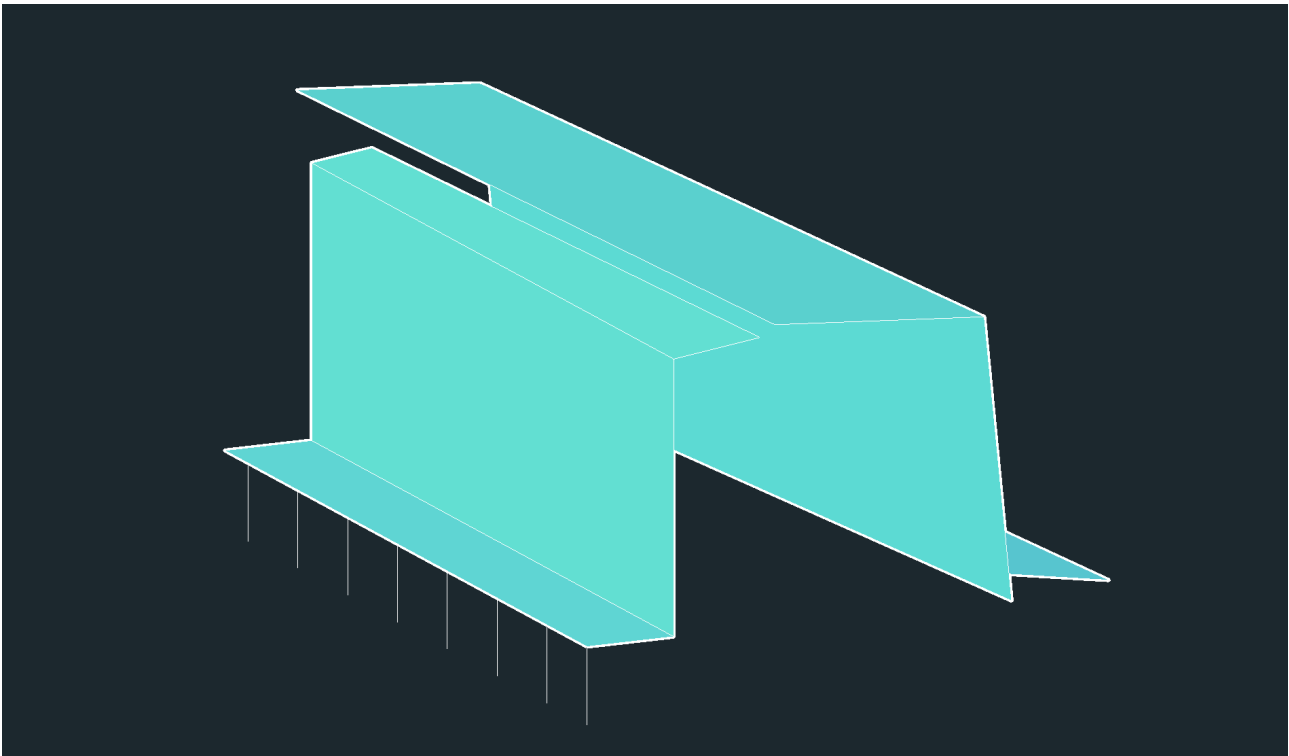
(Imagen 4.14. Rótula Freyssinet)

4.1.6. PILARES DE LA CUBIERTA INFERIOR NORTE.

Para soportar la cubierta inferior Norte, protegiendo el Claustro, presenta 9 pilares que siguen el mismo ritmo de las costillas pero separándose 4 metros entre si, el doble de distancia que entre costillas.

Estos pilares se han modelizado como líneas.

En el programa SAP2000 no ha hecho falta cambiar los ejes locales pues la sección es circular y no sería necesario.



(Imagen 4.15. Pilares Cubierta inferior Norte (Vista Norte))

4.2.MATERIALES

Según las memorias de cálculo originales, los materiales principales de la estructura son 3 y son distintos a los que usamos hoy en día en la construcción, teniendo resistencias significativamente menores, además, los datos originales están en kg/cm², nosotros por comodidad, los hemos pasado a N/mm². Los materiales empleados se han creado a partir de los siguientes datos:

- Hormigón HA-8, se ha empleado un hormigón en toda la obra con una resistencia bastante más baja que la que suelen tener los hormigones hoy en día, por ello, se ha creado un nuevo material. Según la memoria de cálculo, originalmente el hormigón tiene una resistencia básica de 13,5 MPa que tras aplicar los factores de reducción, se consideró como 8 MPa, de ahí el nombre en la memoria de cálculo. Pese a no serlo, se considera el comportamiento del hormigón como un elástico y lineal para simplificar el cálculo.

Section	Property	Value
General Data	Material Name and Display Color	HA-8
	Material Type	Concrete
	Material Grade	
	Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	24,5
	Mass per Unit Volume	2,4983
Units	Units	KN, m, C
Isotropic Property Data	Modulus Of Elasticity, E	21418658,
	Poisson, U	0,2
	Coefficient Of Thermal Expansion, A	1,000E-05
	Shear Modulus, G	8924441,
Other Properties For Concrete Materials	Specified Concrete Compressive Strength, Fc	8000,
	Expected Concrete Compressive Strength	8000,
	<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
	Shear Strength Reduction Factor	

(Imagen 4.16. Material HA-8)

- Acero de pretensado: para los cables de las láminas se ha empleado unos cables de acero con una resistencia básica de 1098 N/mm² que tras aplicar los factores de reducción, se considera como 863 N/mm². Para la creación de este material, se ha cogido un valor de E y a procedentes de un cable de acero actual, dada la dificultad de encontrar estos valores para el acero original. E=195000 N/mm²; a=1,17x10E-5; fy=733,55 N/mm² (85% de f_{máx}). Se considera un material elástico y lineal.
- Acero normal de la estructura: según la memoria de cálculo, el resto del acero tiene una resistencia básica de 240 MPa aproximadamente como el 235 MPa actual. Se han cogido este acero para los elementos. Se considera un material elástico y lineal.

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: Y 1470

Material Type: Tendon

Material Grade:

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 78,5

Mass per Unit Volume: 8,0048

Units: KN, m, C

Uniaxial Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 1,965E+08

Poisson, U: 0,

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G:

Other Properties For Tendon Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 1250350,

Minimum Tensile Stress, Fu: 1471000,

(Imagen 4.17. Material Acero Postesado)

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: S235

Material Type: Steel

Material Grade:

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76,9729

Mass per Unit Volume: 7,849

Units: KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2,100E+08

Poisson, U: 0,3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 80769231,

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 235000,

Minimum Tensile Stress, Fu: 360000,

Expected Yield Stress, Fye: 258500,

Expected Tensile Stress, Fue: 396000,

(Imagen 4.18. Material S235)

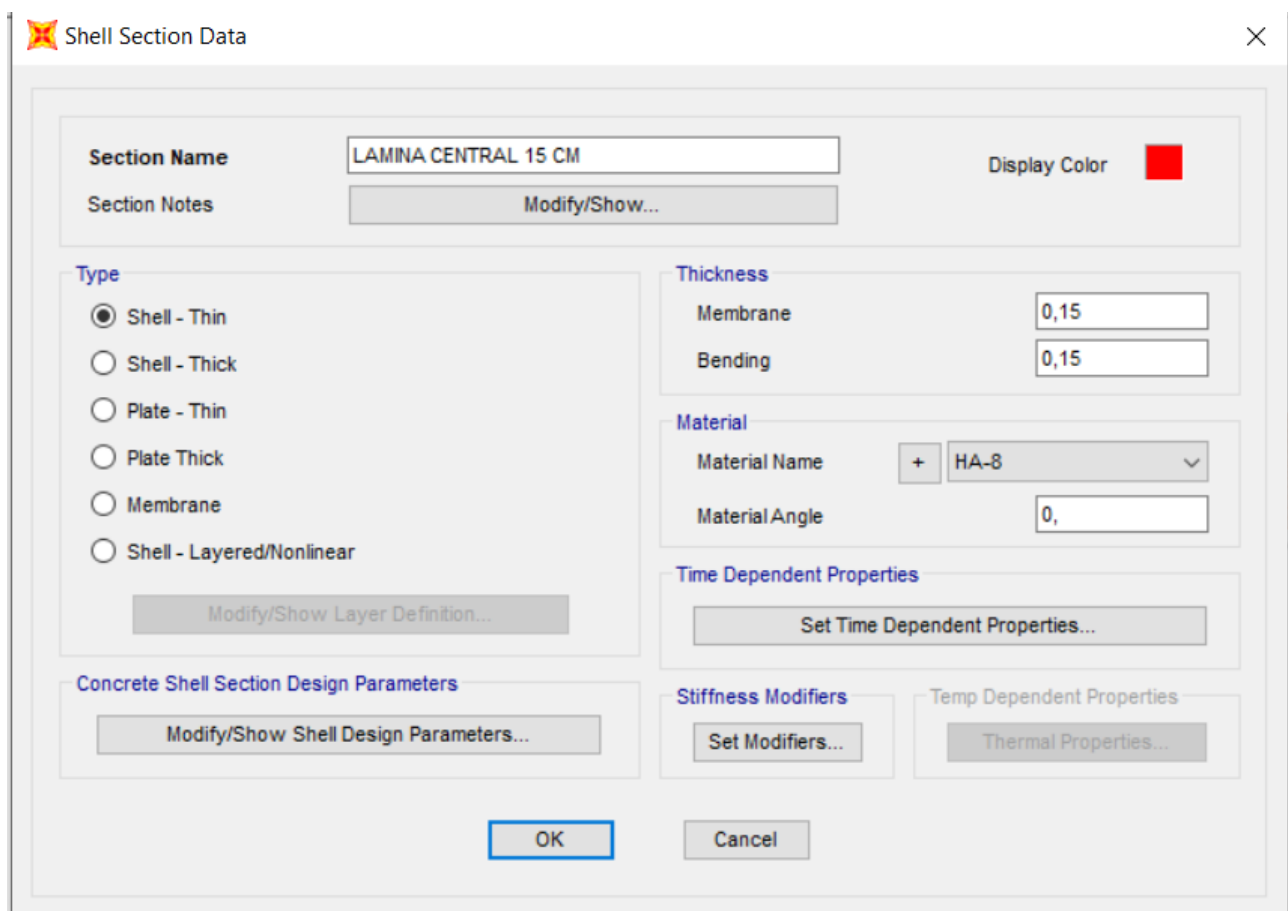
4.3. SECCIONES DE LOS ELEMENTOS

Una vez se han establecido los materiales que emplearemos en la estructura, se procede a establecer las secciones de los distintos elementos. Las medidas se han sacado de los planos originales consultados en el Archivo de Eduardo Torroja.

Todas las superficies se han modernizado como Shell-Thin (Cáscara-Fina) dado que ningún elemento posee un espesor mayor o igual que 1 m.

4.3.1. LÁMINAS CENTRALES

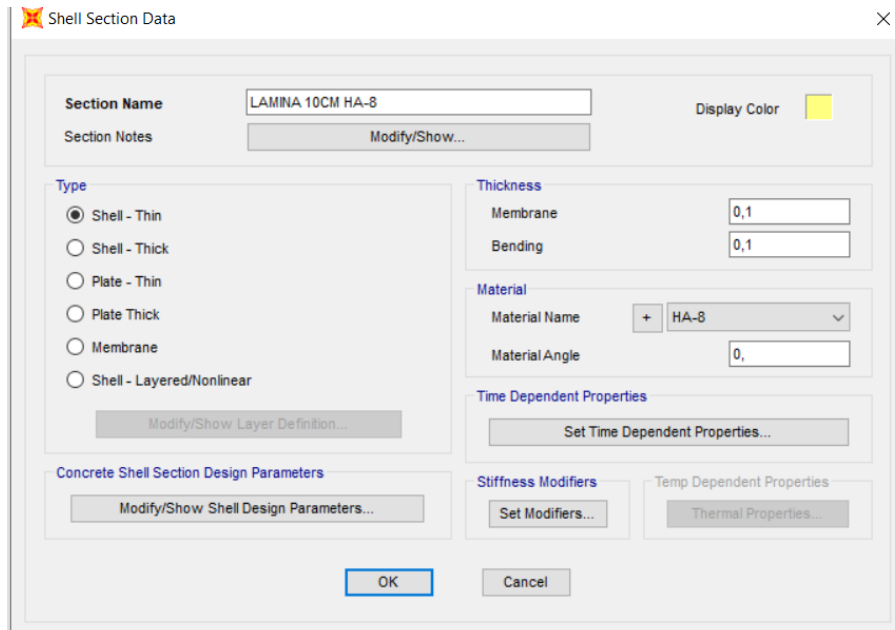
Ambas láminas centrales tienen la misma sección, un espesor de 15 cm en toda su superficie. Para ello se ha creado una nueva sección de hormigón con un espesor de 0,15 m, realizada del material HA-8.



(Imagen 4.19. Sección Lámina Central)

4.3.2.LÁMINAS SUPERIORES

Las láminas que forman las cubiertas superiores tienen ambas la misma sección, 10 cm de espesor en toda su superficie. Para ello se ha creado una nueva sección, usando como base la de las láminas centrales pero cambiando su espesor a 0,1m, también realizadas en un HA-8.

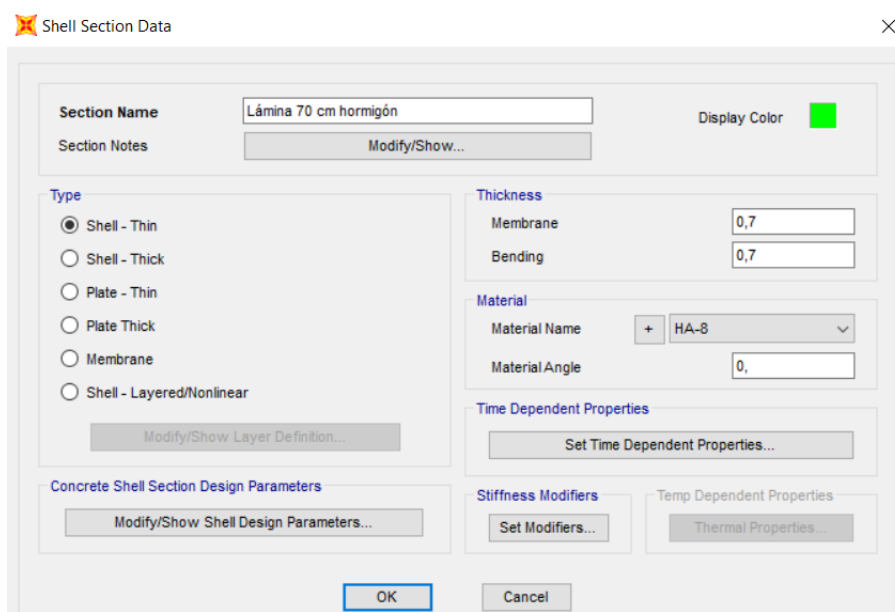


(Imagen 4.20. Sección Láminas inferiores y superiores)

4.3.3.LÁMINAS INFERIORES

Al igual que las láminas superiores, las inferiores tienen una sección de 10 cm es toda su longitud, por lo que se emplea la misma sección que en el apartado anterior.

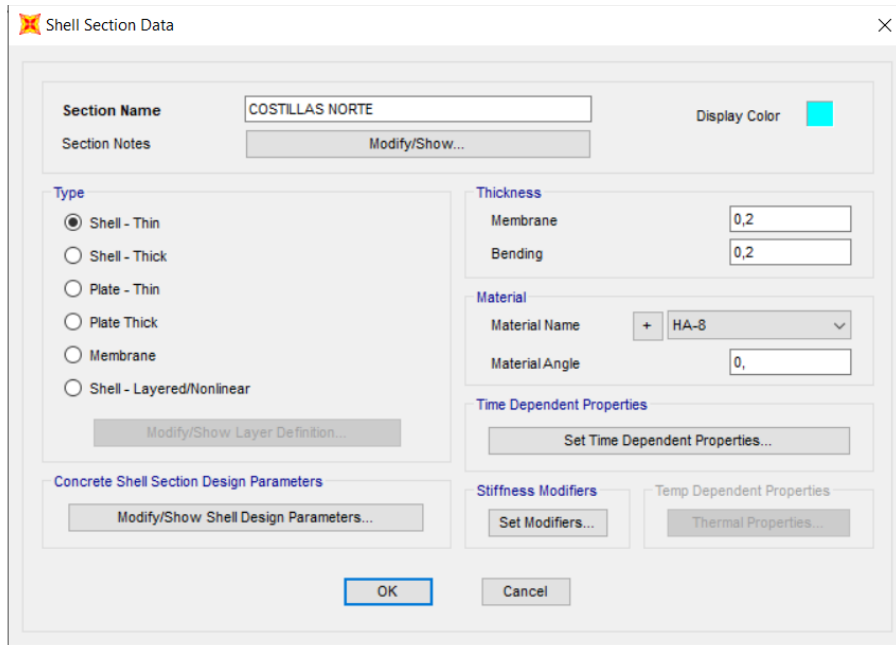
La diferencia está en el pliego inferior de la lámina central, que tiene un espesor de 70 cm. Para ella, se ha creado una nueva sección de 0,7 m realizada con el HA-8.



(Imagen 4.21. Sección Lámina inferior 70cm)

4.3.4.COSTILLAS DE HORMIGÓN

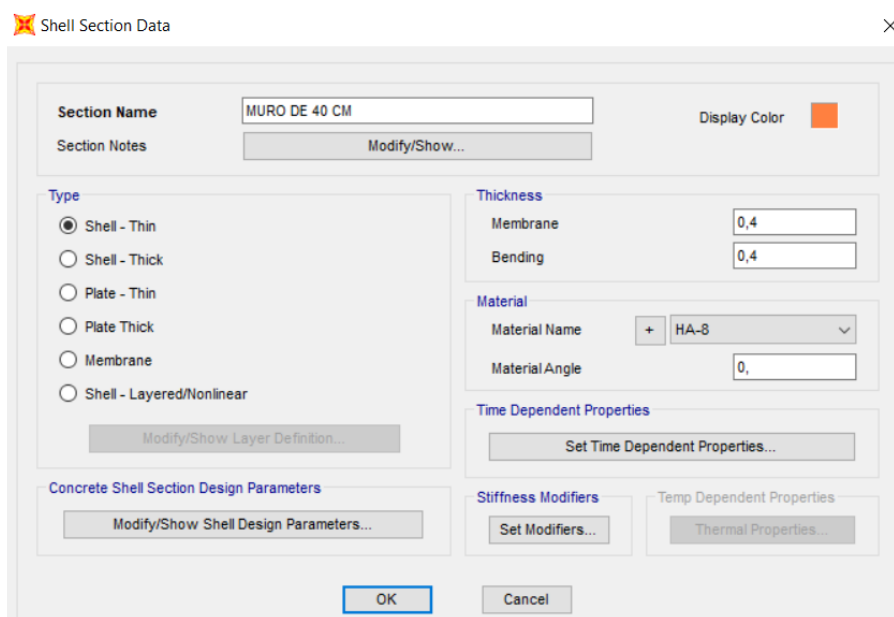
El espesor de las costillas, en ambas láminas, es de 20 cm en toda su superficie, se ha creado una nueva sección que represente estos elementos de 0,2m, empleando el mismo material que en el resto de la estructura, el HA-8.



(Imagen 4.22. Sección Costillas)

4.3.5.MUROS TESTEROS

Los muros testeros poseen ambos la misma sección, 40 cm. Para ellos se ha creado una nueva sección de 0,4m realizada en HA-8.



(Imagen 4.23. Sección Muros Testeros)

4.3.6.LÍNEAS DE POSTESADO

Según la memoria de cálculo, la tensión inicial de pretensado fue; $t_i=11000 \text{ kg/cm}^2$, pero se ha asumido una reducción a lo largo del tiempo de un 20%, como ya han pasado mas de 50 años, consideramos la tensión final, 8800 kg/cm^2 que es igual a $862,9852 \text{ n/mm}^2$ y cada cable de 5mm de radio, por tanto, el área es $\pi \times (0,5)^2 / 4 = 0,196 \text{ cm}^2$, lo que nos da por cada cable, $16,91 \text{ Kn}$ por cada cable.

(Tabla 4.1.Cables por elemento)

ELEMENTO	Nº	TOTAL CABLES	Área (cm ²) (Grupo)	ACERO (Resistencia)	Fuerza aplicada en cada directriz
MURO NORTE	(12 grupos de 9 cables cada grupo) dividido en 6 directrices de 18 cables cada una.	108	3,534	1471 N/MM2	304,46 kN
CUBIERTA N. SUP	(3 grupos de 6 cables cada grupo) en 3 directrices de 6 cables.	18	1,18	1471 N/MM2	101,49 kN
CUBIERTA N. INF	(4 grupos de 6 cables cada grupo) en 4 directrices de 6 cables.	24	1,18	1471 N/MM2	101,49 kN
MURO SUR	(14 grupos de 9 cables) dividido en 7 directrices de 18 cables cada una.	126	3,534	1471 N/MM2	304,46 kN
CUBIERTA S. SUP	(6 grupos de 6 cables) en 1 directriz de 36 cables.	36	7,068	1471 N/MM2	608,92 kN
CUBIERTA S. INF	(3 grupos de 9 cables cada una) En 3 directrices de 9 cables.	24	1,767	1471 N/MM2	152,23 kN

Para introducir la carga de postesado, se modernizará como una carga térmica que acorte los tensores, introduciendo la correspondiente compresión en la lámina de hormigón. Para obtener el valor de la temperatura que se aplicará a cada tensor, dado que los grupos de cada lámina no llevan el mismo número de cables, la temperatura será diferente para cada tipo de grupo.

La fórmula de la que se saca el incremento de temperatura es:

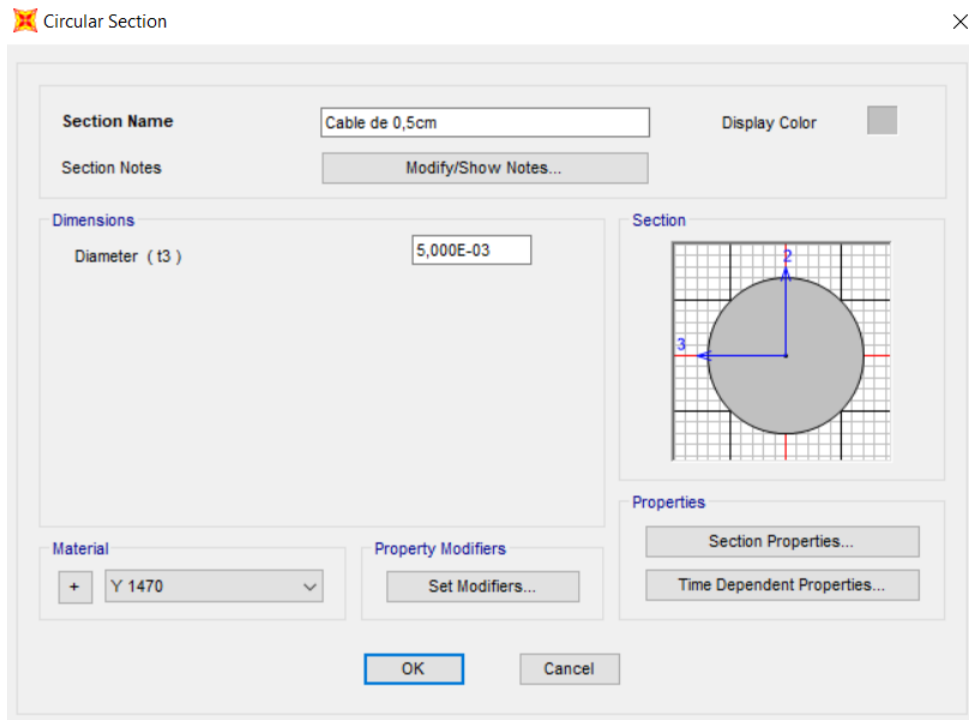
$$N_p = \alpha \cdot E \cdot A_p \cdot \Delta T$$

Donde, E=195000 N/mm² y $\alpha = 1,17 \times 10^{-5}$

(Tabla 4.2.Temperatura por elemento)

ELEMENTO	Nº	Fuerza aplicada en cada directriz	Área (mm ²) (Grupo)	Inc. T ^a (Directriz)
MURO NORTE	(12 grupos de 9 cables cada grupo) dividido en 6 directrices de 18 cables cada una.	304,46	353,4	-377,60977206364
CUBIERTA N. SUP	(3 grupos de 6 cables cada grupo) en 3 directrices de 6 cables.	101,49	118	-376,98213708644
CUBIERTA N. INF	(4 grupos de 6 cables cada grupo) en 4 directrices de 6 cables.	101,49	118	-376,98213708644
MURO SUR	(14 grupos de 9 cables) dividido en 7 directrices de 18 cables cada una.	304,46	353,4	-377,60977206364
CUBIERTA S. SUP	(6 grupos de 6 cables) en 1 directriz de 36 cables.	608,92	706,8	-377,60977206364
CUBIERTA S. INF	(3 grupos de 9 cables cada una) En 3 directrices de 9 cables.	152,23	176,7	-377,60977206364

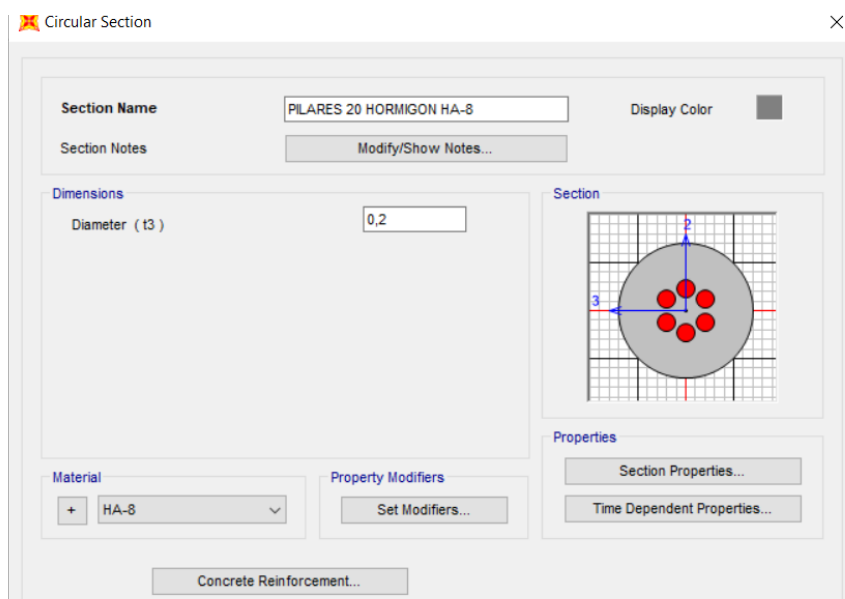
A la hora de introducirlos en SAP, se ha creado el material del acero, Y1451, se ha creado el perfil de 1 cable y después se ha asignado a todos los tensores. Por cada directriz, en "Modify Properties", se ha puesto el número de cables por directriz, se muestra a continuación.



(Imagen 4.24. Sección tensores acero)

4.3.7. PILARES CUBIERTA INFERIOR CLAUSTRO

Los pilares que sustentan el lado norte de la Cubierta Inferior Norte, modernizados como barras, poseen una sección de pilar de 20cm de HA-8 con una armadura interior de 6 redondos del 10 de acero normal de la estructura, con una resistencia de 240MPa.



(Imagen 4.25. Sección pilares)

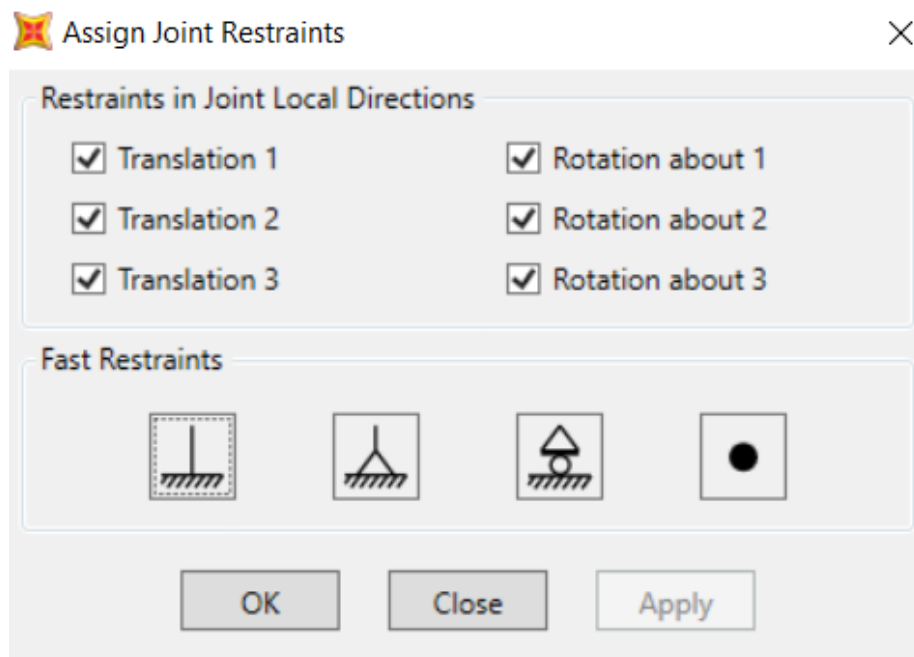
4.4.CONDICIONES DE ENLACE

Todos los elementos de la estructura se conectan median uniones rígidas, pues están, a excepción de los tensores de acero, construidos en hormigón armado. Por tanto, se modelizan todos los elementos unidos mediante la conexión de las esquinas de los elementos finitos de los diferentes elementos.

Los conexiones principales con el suelo, los apoyos del edificio se dan en los muros testeros, que apoyan directamente en la cimentación, pero en cada una de las láminas hay apoyos secundarios. La lámina Sur se apoya en el pórtico12, en el muro de separación entre la capilla del paso y las demás, en la cimentación. La lámina norte, entre el pórtico 15 y el 17, apoya directamente en cimentación.

Para los muros testeros se ha modelado los apoyos con la cimentación como apoyos rígidos que coartan todos los movimientos de los nudos de apoyo a excepción de la rótula *Freyssinet* del muro Oeste, que presenta un apoyo articulado en su base para permitir el giro en la dirección paralela al muro.

Para los puntos donde las láminas y costillas enlazan directamente con la cimentación, también se consideran y modelizan como apoyos rígidos, pues la cimentación ahí son los muros de hormigón que forman el sótano.



(Imagen 4.26. Restricciones de movimiento)

4.5.CARGAS, HIPÓTESIS Y COMBINACIONES

Para la modelización que nos atañe, se ha decidido emplear las cargas permanentes, la acción de viento y la de sismo actuales, sacadas del "Documento Básico SE-AE: Seguridad estructural y Acciones en la edificación". Pese a tener las cargas con las que se calculó originalmente, creemos que al ya existir otros trabajos que calculan con estos datos, es más interesante suponer que el edificio debe cumplir la normativa vigente actual.

4.5.1.CARGAS VERTICALES PERMANENTES.

Para los elementos no estructurales, se han sacado los valores del apartado C del DB SE-AE.

(Tabla 4.3.Pesos específicos)

Anejo C. Prontuario de pesos y coeficientes de rozamiento interno

Tabla C.1 Peso específico aparente de materiales de construcción

Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m ³	Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m ³
Materiales de albañilería		Madera	
Arenisca	21,0 a 27,0	Aserrada, tipos C14 a C40	3,5 a 5,0
Basalto	27,0 a 31,0	Laminada encolada	3,7 a 4,4
Calizas compactas, mármoles	28,0	Tablero contrachapado	5,0
Diorita, gneis	30,0	Tablero cartón gris	8,0
Granito	27,0 a 30,0	Aglomerado con cemento	12,0
Sienita, diorita, pórfido	28,0	Tablero de fibras	8,0 a 10,0
Terracota compacta	21,0 a 27,0	Tablero ligero	4,0
Fábricas		Metales	
Bloque hueco de cemento	13,0 a 16,0	Acero	77,0 a 78,5
Bloque hueco de yeso	10,0	Aluminio	27,0
Ladrillo cerámico macizo	18,0	Bronce	83,0 a 85,0
Ladrillo cerámico perforado	15,0	Cobre	87,0 a 89,0
Ladrillo cerámico hueco	12,0	Estaño	74,0
Ladrillo silicocalcáreo	20,0	Hierro colado	71,0 a 72,5
Mampostería con mortero		Hierro forjado	76,0
de arenisca	24,0	Latón	83,0 a 85,0
de basalto	27,0	Plomo	112,0 a 114,0
de caliza compacta	26,0	Zinc	71,0 a 72,0
de granito	26,0	Plásticos y orgánicos	
Sillería		Caucho en plancha	17,0
de arenisca	26,0	Lámina acrílica	12,0
de arenisca o caliza porosas	24,0	Linóleo en plancha	12,0
de basalto	30,0	Mástico en plancha	21,0
de caliza compacta o mármol	28,0	Poliestireno expandido	0,3
de granito	28,0	Otros	
Hormigones y morteros		Adobe	16,0
Hormigón ligero ⁽¹⁾	9,0 a 20,0	Asfalto	24,0
Hormigón normal ⁽¹⁾	24,0	Baldosa cerámica	18,0
Hormigón pesado	> 28,0	Baldosa de gres	19,0
Mortero de cemento	19,0 a 23,0	Papel	11,0
Mortero de yeso	12,0 a 28,0	Pizarra	29,0
Mortero de cemento y cal	18,0 a 20,0	Vidrio	25,0
Mortero de cal	12,0 a 18,0		

⁽¹⁾ En hormigón armado con armados usuales o fresco aumenta 1 kN/m³

En este apartado se tiene en cuenta el peso propio de los elementos que forman la estructura, junto con el peso de los elementos no estructurales.

El peso propio de los materiales de la estructura lo tiene en cuenta automáticamente el programa de cálculo SAP2000, dentro de la hipótesis de carga "DEAD", los materiales que forman la estructura son dos, el hormigón tiene un peso específico de 25 kN/m³ y el acero estructural 78,5 kN/m³.

Tabla C.5 Peso propio de elementos constructivos

Elemento	Peso
Forjados	kN / m ²
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4
Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5
Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5
Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	kN / m
Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m	7
Solados (incluyendo material de agarre)	kN / m ²
Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m	0,5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m	1,0
Placas de piedra, o peldañado; grueso total < 0,15 m	1,5
Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m ²
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5
Rellenos	kN / m ³
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardineras, incluyendo material de drenaje ⁽¹⁾	20

⁽¹⁾ El peso total debe tener en cuenta la posible desviación de grueso respecto a lo indicado en planos.

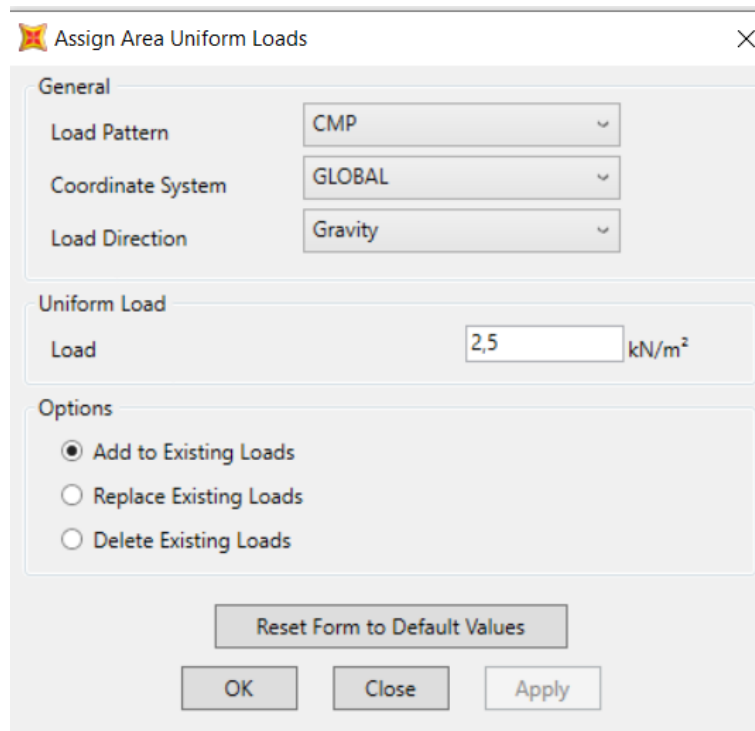
Los materiales no estructurales que están presentes en el edificio son:

(Tabla 4.4.Cargas permanentes)

Material	Carga correspondiente (kN/m ²)
Ladrillo pesado, hoja simple de albañilería, grueso total menos de 14 cm	1,67
Enlucido, revoco de cal	0,15
Mosaico de piedra	
Cubierta sobre forjado, cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta a la catalana	2,5

Para la cubierta superior Sur, dado que de por sí posee una pendiente de 3,5° y que el postesado aumenta la impermeabilización frente al agua, en origen no se puso ni siquiera lámina impermeabilizante. Como no ha sido posible acceder a la cubierta Sur para ver como es su acabado, se opta por poner el valor de 0,5 kN/m², cercano a los 70 kg/m² que se estipuló en el cálculo original de Torroja.

Las cargas permanentes se introducen en SAP2000 como se ve en el siguiente ejemplo:



(Imagen 4.27. Cargas Permanentes)

4.5.2.SOBRECARGA DE USO.

(Tabla 4.5. Peso Propio 2)

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

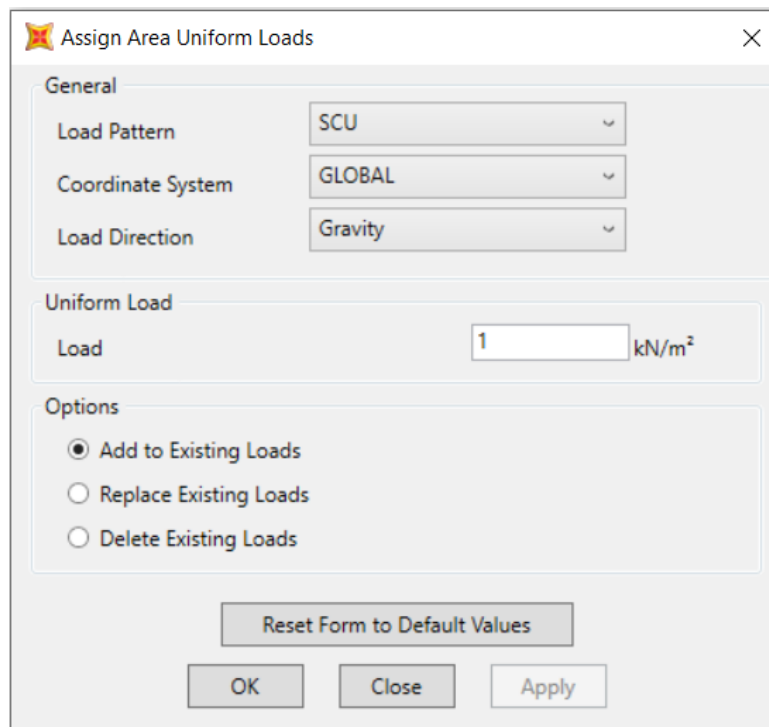
Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Al no existir forjados intermedios en nuestra estructura, además de que el forjado inferior descansa directamente sobre la solera, el único elemento que posee sobrecarga de uso es la Cubierta Superior Norte, la única susceptible de ser pisable, aunque solo por mantenimiento, según la tabla xxx de D SE-AE, la carga correspondiente es:

(Tabla 4.6. Sobrecarga de uso)

Sobrecarga de uso	Carga correspondiente (kN/m ²)
G: Cubiertas accesibles solo para conservación: G1 Cubiertas con inclinación menor de 20°	1

Estas cargas se introducen de la siguiente manera:



(Imagen 4.28. Sobrecarga de Uso)

4.5.3. NIEVE

3.5.1 Determinación de la carga de nieve

- 1 En cubiertas planas de edificios de pisos situados en localidades de altitud inferior a 1.000 m, es suficiente considerar una carga de nieve de 1,0 kN/m². En otros casos o en estructuras ligeras, sensibles a carga vertical, los valores pueden obtenerse como se indica a continuación.

(Imagen 4.29. Carga de Nieve)

Al encontrarnos en una altitud inferior a 1000m, el edificio esta a orilla del mar, según el código, consideramos 1 kN/m2, pero de todas maneras lo calculamos por si acaso.

$$q_n = 1,2 \times "u" \times S_k$$

1,2 = al estar fuertemente expuesto al viento, el valor se aumenta en un 20%

"u" =Al no haber cornisas o limatesas que impidan el deslizamiento de la nieve y estar ante cubiertas inferiores a 30°, el valor= 1

S_k= (Tabla 3.5.2) --Valencia, Altitud=0 -- -0,2Kn/m²

(Tabla 4.7. Carga de Nieve por localidad)

3.5.2 Carga de nieve sobre un terreno horizontal

- El valor de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal, s_k, en las capitales de provincia y ciudades autónomas se puede tomar de la tabla 3.8

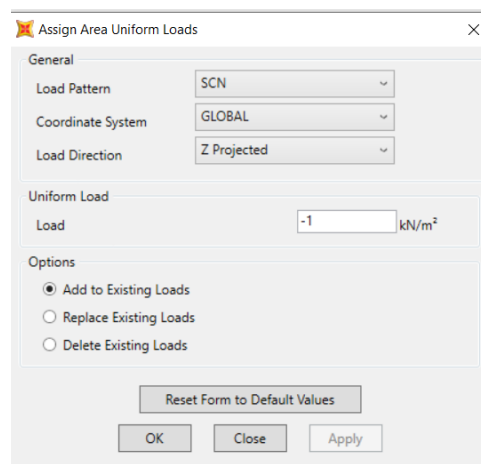
Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

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

$$q_n = 1,2 \times 1 \times 0,4 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

Consideramos que por geometría y por la baja probabilidad de nieve, no habrá acumulación de nieve en ninguna de las cubiertas.

Como el valor es menor que el marcado de manera general, cogemos el más restrictivo, 1kN/m2 en todas las cubiertas.



(Imagen 4.30. Carga de Nieve)

4.5.4. VIENTO.

No se calculará en los lados este y oeste dado que las láminas dotan de extremada rigidez en esta dirección, considerándose despreciables las acciones del viento en dirección X.

Dada la ausencia de forjados intermedios y la forma de la espacio principal, se considerará el edificio como una nave diáfana a efectos de cálculo de viento (DBSE-AE-3.3.5.)

3.3.2 Acción del viento

- 1 La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p \quad (3.1)$$

(Imagen 4.31. Acción del Viento)

- 2 A efectos del cálculo de la estructura, del lado de la seguridad se podrá utilizar la resultante en cada plano de fachada o cubierta de los valores del Anejo D.3, que recogen el pésimo en cada punto debido a varias direcciones de viento. A los efectos locales, tales como correas, paneles de cerramiento, o anclajes, deben utilizarse los valores correspondientes a la zona o zonas en que se encuentra ubicado dicho elemento.

(Imagen 4.32. Acción del Viento 2)

Se considerará por separado cada uno de los elementos que forman la estructura, calculándolos todos tanto a barlovento como a sotavento, tal como aparece en el punto 2 de dicha norma.

Al disponer de una esbeltez mayor a 6 metros, se debe tener en cuenta la acción dinámica del viento:

—Presión estática:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_q$$

— q_b = presión dinámica

$$q_b = 0,5 \times "g" \times (V_b)^2$$

ZONA A — —-Velocidad básica del viento=26
Presión dinámica= 0,45 kN/m²



(Imagen 4.33. Mapa de Viento)

— c_e = coeficiente de exposición, al tratarse de un edificio menor de 8 plantas, se podría tomar como valor constante 2, pero lo calculamos al estar a borde de mar (I)

Fachada de 10m — -Punto=10=12—-3,1
 Fachada de 9,6m — -Punto=9,6=12—-3,1

Para las cubiertas se considerará dada su altura:

Las dos superiores: Punto=11=12—-3,1
 Las dos inferiores: Punto=1,35=3—-2,4

(Tabla 4.8. Coeficiente de exposición C_e)

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

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

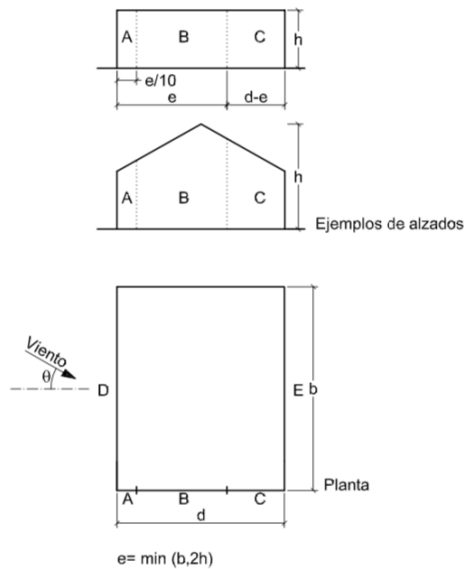
— c_p = coeficiente eólico; por la geometría del edificio y no tener forjados que conecten las fachadas, se tomará como una nave, según el apartado 3.3.5 del código:

(Tabla 4.9. Coeficiente eólico de paredes)

3.3.5 Coeficiente eólico de naves y construcciones diáfanos

- 1 En naves y construcciones diáfanos, sin forjados que conecten las fachadas, la acción de viento debe individualizarse en cada elemento de superficie exterior. Cuando en al menos dos de los lados del edificio (fachadas o cubiertas) el área total de los huecos exceda el 30% del área total del lado considerado, la acción del viento se determina considerando la estructura como una marquesina o una pared libre.

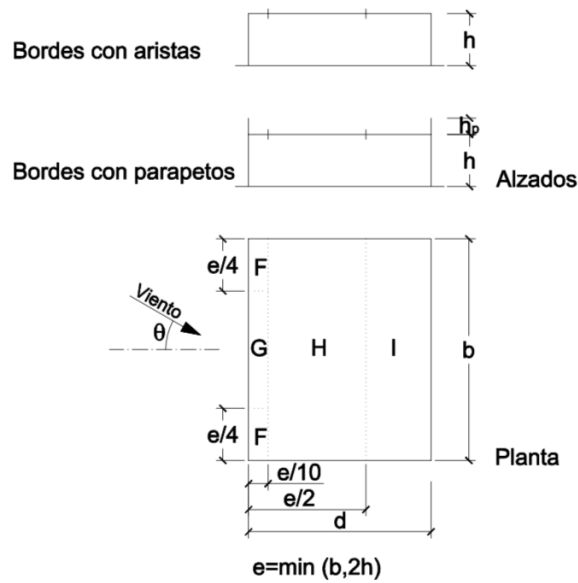
Tabla D.3 Paramentos verticales



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

(Tabla 4.10. Coeficiente eólico de cubiertas)

Tabla D.4 Cubiertas planas



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

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

Interpolar;

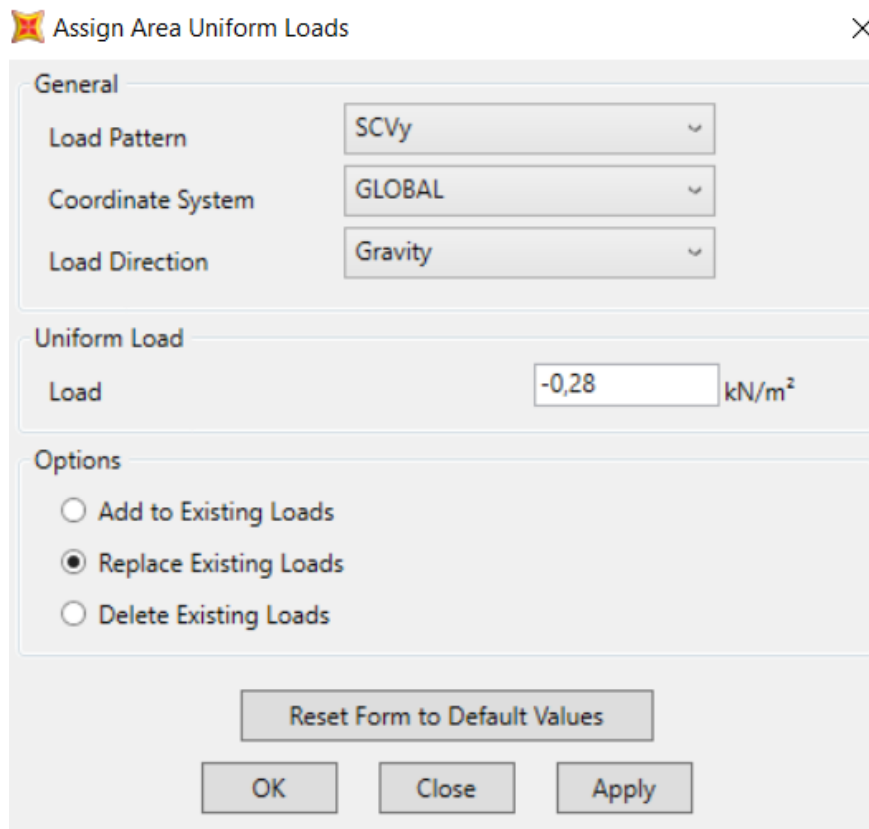
$$y_x = y_o + ((x - x_o)/(x1 - x_o)) \times (y1 - y_o)$$

(Tabla 4.11. Resultados Cálculos Viento)

Elemento	Area (m2)	Ángulo (°)	h/d	Presión	Succión	qe +	qe -
Lámina Sur	303	-	0,33	0,7106666666666666	-0,3213333	0,99138	-0,44826
Lámina Norte	288	-	0,32	0,7093333333333333	-0,3186666	0,98952	-0,44454
Cubierta superior	117	3,5	-	0,2	-1,2	0,279	-1,674
Cubierta superior	50	5,5	-	0,01	-0,805	0,01395	-1,122975
Cubierta inferior	80	9	-	0,08	-0,84	0,0864	-0,9072
Cubierta inferior	53	2	-	0,2	-1,2	0,216	-1,296
*Lámina Sur	61	5,5	0,33	0,7106666666666666	-0,3213333	0,99138	-0,44826
*Cubierta Sur	16	9	-	0,08	-0,84	0,0864	-0,9072

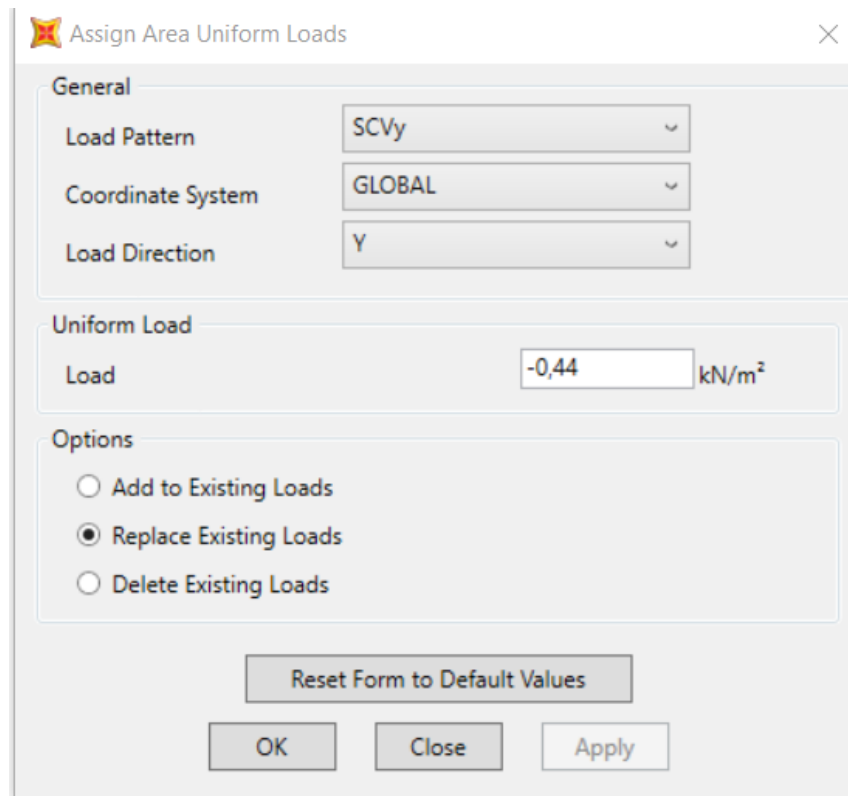
Con los datos de la tabla anterior, se ha dividido en dos posibles cargas de viento, según la dirección de la que sopla, se ha optado por la dirección desde el Sur, generando menos valores de succión en las cubiertas y mas presión, siendo mas desfavorable, la hemos marcado en la tabla anterior con un color más oscuro.

Las cargas de las cubiertas se han introducido en la dirección de la gravedad, como se muestra en el ejemplo de la cubierta superior Sur., negativas por ser de succión.



(Imagen 4.34. Carga Viento en Z)

Las cargas de las láminas centrales se ha introducido en la dirección Y, siendo las elegidas negativas por ir hacia el cuadrante negativo.



(Imagen 4.35. Carga de Viento en Y)

4.5.5.CARGAS ACCIDENTALES: SISMO

Según la **NCSE-02**, estamos en una zona con una aceleración básica entre 0,04 y 0,08, además elegimos tratarla como un edificio de **importancia especial** al ser una Iglesia.

Aunque según la normativa, al tener una aceleración básica/g menor que 0,08 (0,07 en Gandía) hemos decidido hacerlo dada la singular geometría del edificio. El cálculo se ha realizado mediante el método modal que realiza el programa **SAP2000**. Para ello, debemos introducir los siguientes datos que hemos extraído de la norma **NCSE-02**:

$K = 1$, según la tabla de municipios, Gandia.

$a_b/g = 0,07$, según la tabla de municipios, Gandia.

$\rho = 1,3$, al tratarse de un edificio de importancia normal.

$u=2$, la ductilidad del edificio nos da un valor de 2, al no cumplirse los requisitos de 3 y 4

$\omega=0,04$, dado que es un espacio diáfano.

C= coeficiente del terreno, se contará que las gravas con presencia de arenas son suelo II, C=1,3

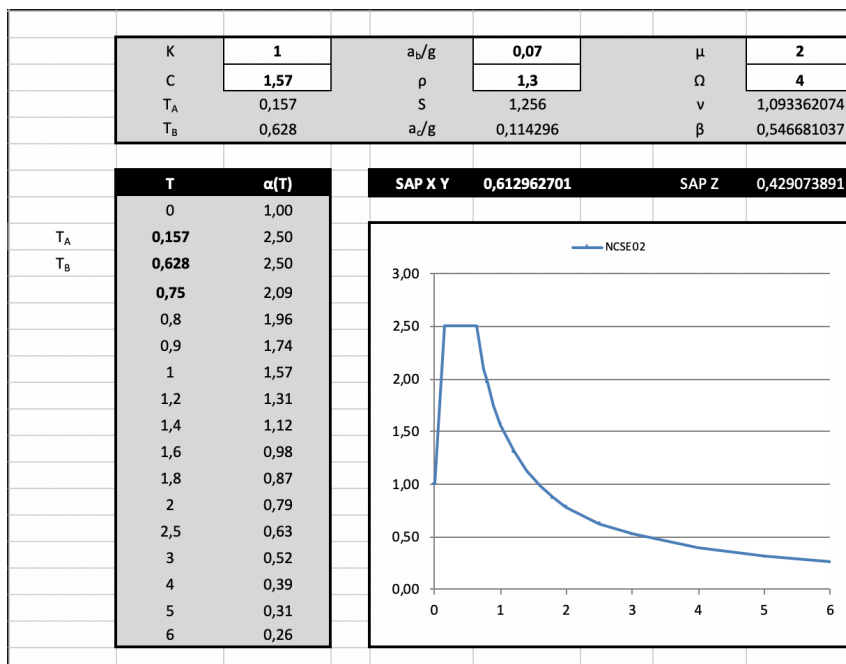
Como tenemos constancia de los primeros 14,7 metros, calcularemos la C como:

$$C = \frac{(1,5 \times 2 + 3 \times 1,6 + 1,5 \times 1,3 + 6 \times 1,6 + 0,8 \times 1,3 + 1,2 \times 1,6 + 0,7 \times 1,3)}{14,7} = 1,57$$

Capa	Terreno	Espesor	Angulo de rozamiento	Coefficiente de fricción	Densidad
1ª	Tierra vegetal	1,50	0'	0	1,6
2ª	Arena con algas	3,00	0	0	1,1
3ª	Gravas	1,50	30	0,34	1,8
4ª	Arcillas	6,00	18	0,22	1,7
5ª	Gravas	0,80	30	0,34	1,8
6ª	Arcillas	1,20	16	0,20	1,7
7ª	Gravas	0,70	30	0,34	1,8

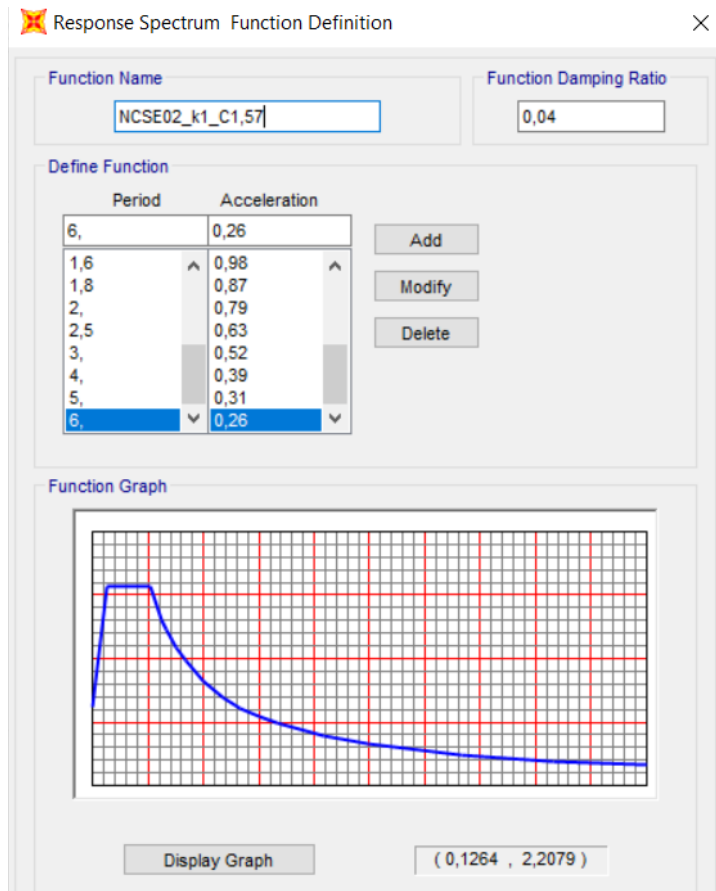
(Imagen 4.36. Tabla de Estratos)

Con estos datos, los introducimos en una tabla facilitada por el tutor (David Gallardo Llopis) llamada "161213 DAAE-dglDatosSismoDinamicoSAP".



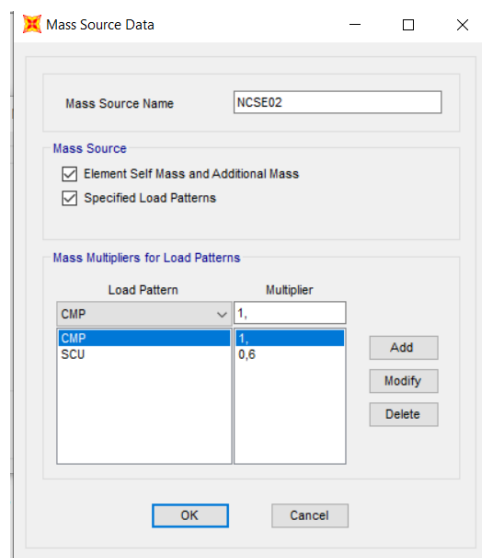
(Imagen 4.37. Cálculo de Sismo en Excel)

Introducimos estos valores en el SAP, primero introduciendo la Función de respuesta para un suelo con $C=1$ y $K=1$.



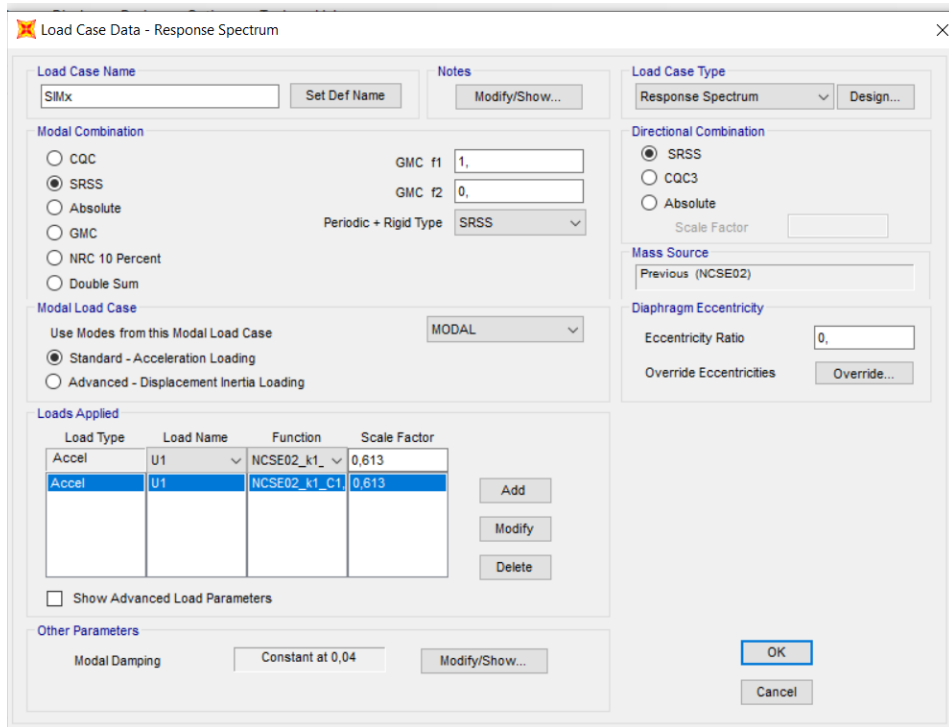
(Imagen 4.38. Espectro de Respuesta)

Después marcamos que el programa tenga en cuenta las cargas permanentes y el 60% de las variables de uso, además del peso propio de la estructura.

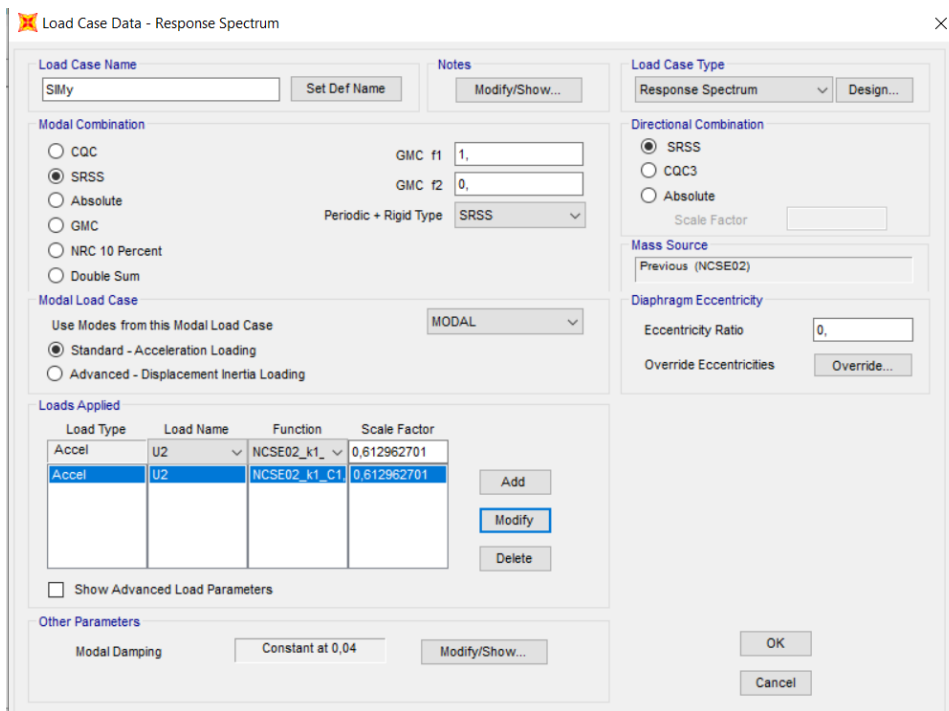


(Imagen 4.39. Masa del Modelo)

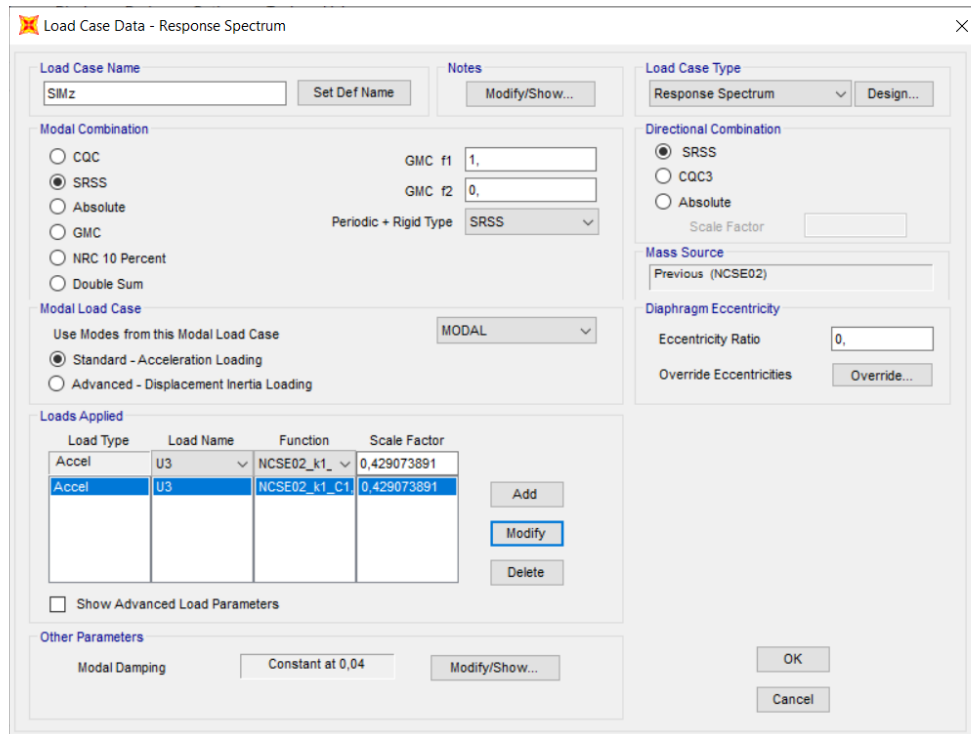
Ahora, crearemos las hipótesis de sismo para los tres ejes “SIM(x,y ó z)” además de una para las tres a la vez “SIMxyz”.



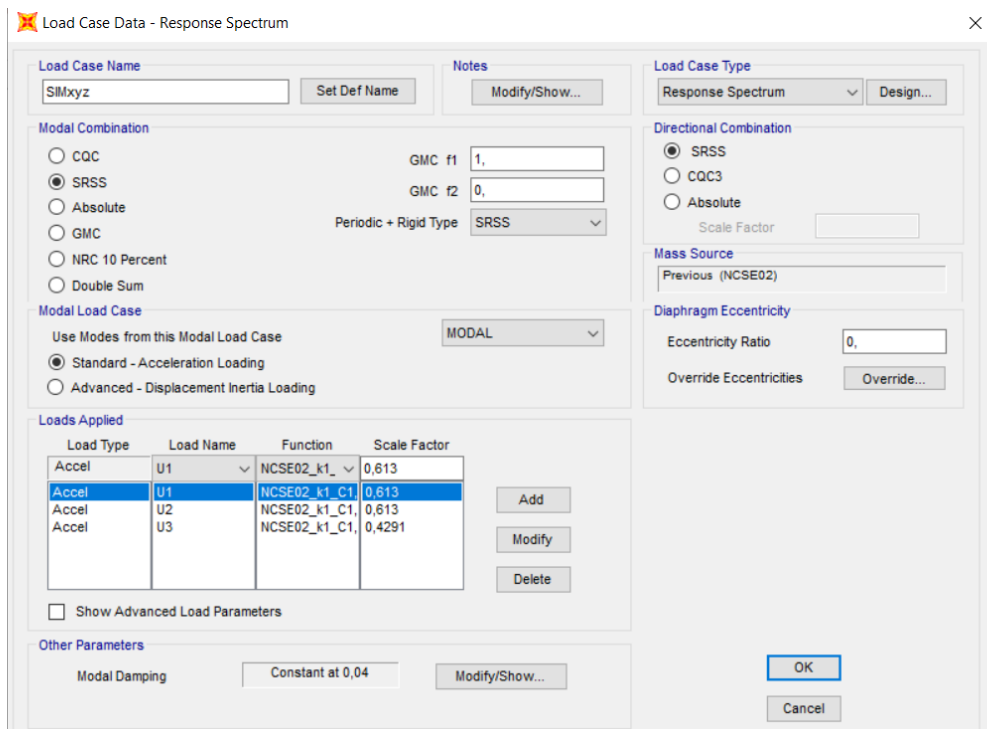
(Imagen 4.40. Hipótesis de Sismo en x)



(Imagen 4.41. Hipótesis de Sismo en y)



(Imagen 4.42. Hipótesis de Sismo en z)



(Imagen 4.43. Hipótesis de Sismo en x,y,z)

4.5.6.CARGAS ACCIDENTALES: IMPACTO

Dada la localización de los elementos estructurales principales respecto a las circulaciones o zonas de estacionamiento de vehículos, están aisladas de posibles impactos, existiendo una separación mayor de 6 metros y elementos como muros y vallas que los protegen, sumando que estamos dentro de poblado y que la única vía posible es una de doble sentido con velocidad máxima de 30 km/h.

4.6. COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Siguiendo los valores de la DBSE HE, se han tomado los siguientes factores de seguridad.

Primero se malograrán las cargas de la siguiente manera:

(Tabla 4.12. Mayoración de Cargas)

Carga	Coefficiente de Mayoración
Permanente	1,35
Pretensado	Favorable (0,8)
Variable	1,5
Accidental	-

En los materiales se minorará su resistencia de la siguiente manera:

(Tabla 4.13. Minoración de Resistencia)

Material	Coefficiente de Minoración
Hormigón	1,5
Acero normal	1,05
Acero de postesado	1,05

4.7.COMBINACIONES DE ACCIONES

Una vez hemos establecido los materiales, secciones y cargas de la estructura, procedemos al cálculo de la estructura mediante la herramienta informática **SAP2000**.

Ahora comprobaremos si la estructura cumple los requisitos según diferentes combinaciones de acciones.

Para los **Estados Límite de Servicio**, emplearemos dos combinaciones, "*ELSu*" y "*ELSVy+*", una para hallar la flecha vertical y la otra para hallar el desplazamiento horizontal.

Para los **Estados Límites Últimos**, emplearemos la "*ELUu*" y para **Carga Accidental de Sismo**, una combinación que junta Sismo en los tres ejes y **Viento en Y**, "*ELUsisvy+*".

En ninguna de las combinaciones se ha tenido en cuenta la Nieve, dado que las resultantes eran mayores en estas combinaciones, además que el edificio se encuentra al lado del mar con probabilidades prácticamente nulas de riesgo por nieve.

Las diferentes combinaciones tienen diferentes coeficientes para las cargas:

	DEAD	CMP	SCU	VY+	Sisxyz
ELSu	1	1	1	-	-
ELSVy+	1	1	-	1	-
ELUu	1,35	1,35	1,5	-	-
ELUsisvy+	1	1	0,6	0,25	1

Donde:

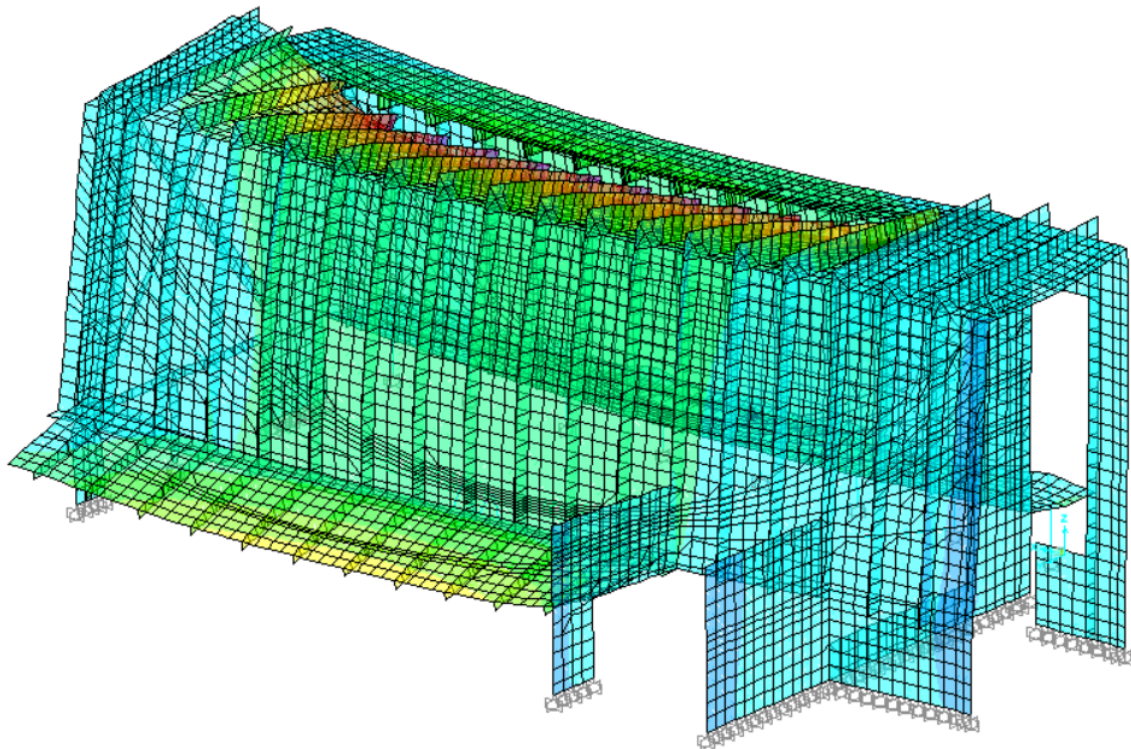
- **DEAD**: peso propio de los elementos estructurales.
- **CMP**: cargas permanentes (peso de elementos no estructurales).
- **SCU**: sobrecarga de uso.
- **VY+**: viento en la dirección Y sentido positivo.
- **Sisxyz**: es el sismo conjunto de los tres ejes.

4.8.COMPROBACIÓN DE ELEMENTOS

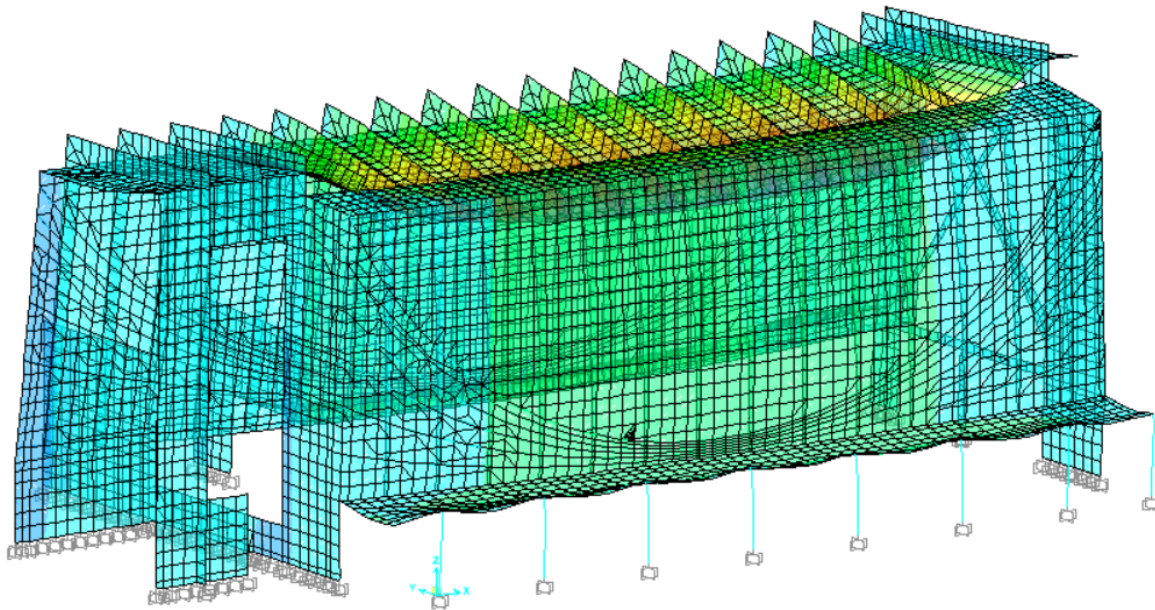
Una vez obtenidos los resultados, se comprobará si los elementos cumplen con los mínimos establecidos por la normativa. Se comprobarán las seis láminas por separado, mediante dos hipótesis; para las láminas horizontales, se ha considerado la combinación de acciones "ELSu" y para las láminas verticales, "ELSy-", siendo en cada caso la más desfavorable.

—4.8.1 ESTADO LÍMITE de SERVICIO

En esta combinación se estudiará la flecha vertical en el caso de las cubiertas superiores e inferiores y la flecha horizontal en las láminas centrales, viendo si supera el valor de $2L/300$ que se establece en la norma *CTE DB SE Seguridad Estructural art. 4.3.3*. En nuestro caso hemos considerado que la tercera limitación es suficiente, **Apariencia de la Obra**. Para ello se ha sacado correspondientemente el peor punto en cada una de las láminas, comparando el resultado de la flecha y comparándolo con el límite establecido.



(Imagen 4.44. Desplazamientos con ELSu (Vista Sur))



(Imagen 4.45. Desplazamientos con ELSu (Vista Norte))

Dada la geometría del edificio, la flecha de las láminas es el factor más restrictivo ya que existe una gran luz entre muros de apoyo y funcionan como dos vigas biapoyadas de gran canto.

Dada la pérdida de rigidez por la figuración a lo largo del tiempo del hormigón, debemos considerar que la flecha instantánea que obtenemos del **SAP2000** aumentará con el tiempo, por ello, la hemos multiplicado por 2 al tratarse de hormigón postesado, asumiendo que esta pérdida será menor que en un hormigón armado convencional donde suele establecerse un factor de 3.

- Lámina superior Norte

El valor máximo de la flecha vertical es: $\frac{2 \times 27}{300} = 0,18$

El valor máximo de la flecha en SAP es: $\frac{0,18}{2} = 0,09m$

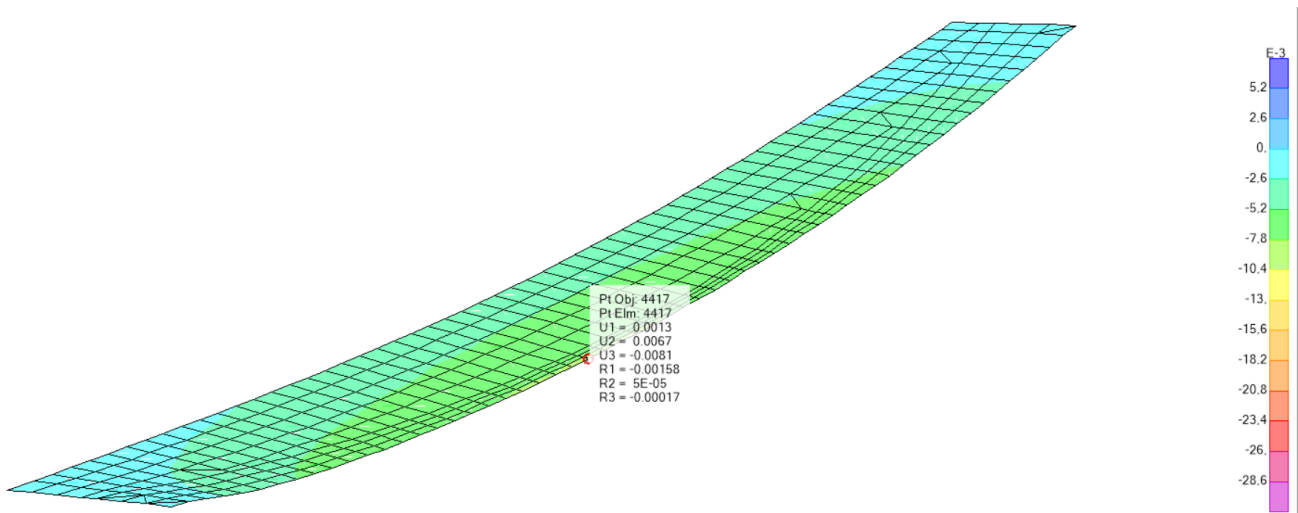
La flecha más desfavorable se encuentra en el centro de la lámina y en el borde, siendo su valor de 0,00805 menor que 0,09 m

CUMPLE

Joint Displacements

Joint	Object	4417	Joint Element	4417	
		1	2	3	
Trans		0,00131	0,00667	-0,00805	
Rotn		-0,00158	5,060E-05	-1,686E-04	

(Imagen 4.46. Desplazamiento máximo L.S.N.)



(Imagen 4.47. Desplazamientos Lamina superior Norte)

- Lámina superior Sur

El valor máximo de la flecha vertical es: $\frac{2 \times 30}{300} = 0,2 \text{ m}$

El valor máximo de la flecha en SAP es: $\frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ m}$

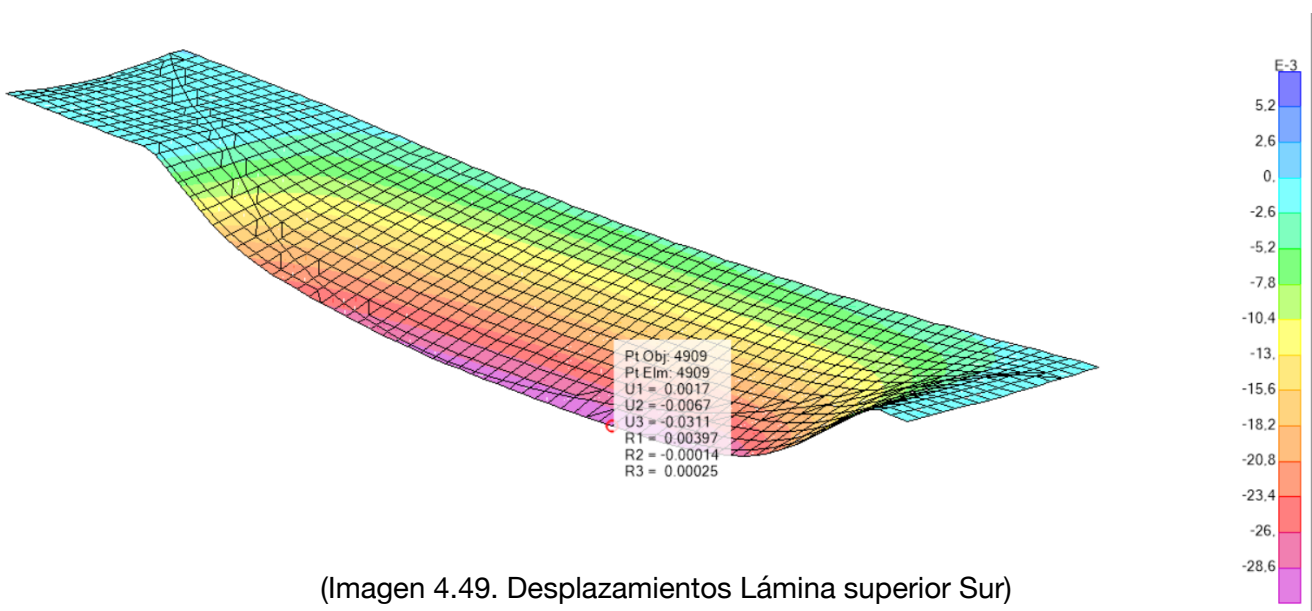
La flecha más desfavorable de esta Lámina se encuentra en el centro y en el borde, siendo ésta de 0,03111 menor que 0,1 m

CUMPLE

✘ Joint Displacements ✕

Joint Object	4909	Joint Element	4909
	1	2	3
Trans	0,00173	-0,00668	-0,03111
Rotn	0,00397	-1,382E-04	2,458E-04

(Imagen 4.48. Desplazamiento máximo L.S.S.)



(Imagen 4.49. Desplazamientos Lámina superior Sur)

- Lámina inferior Norte

El valor máximo de la flecha vertical es: $\frac{2 \times 3,7}{200} = 0,025 \text{ m}$

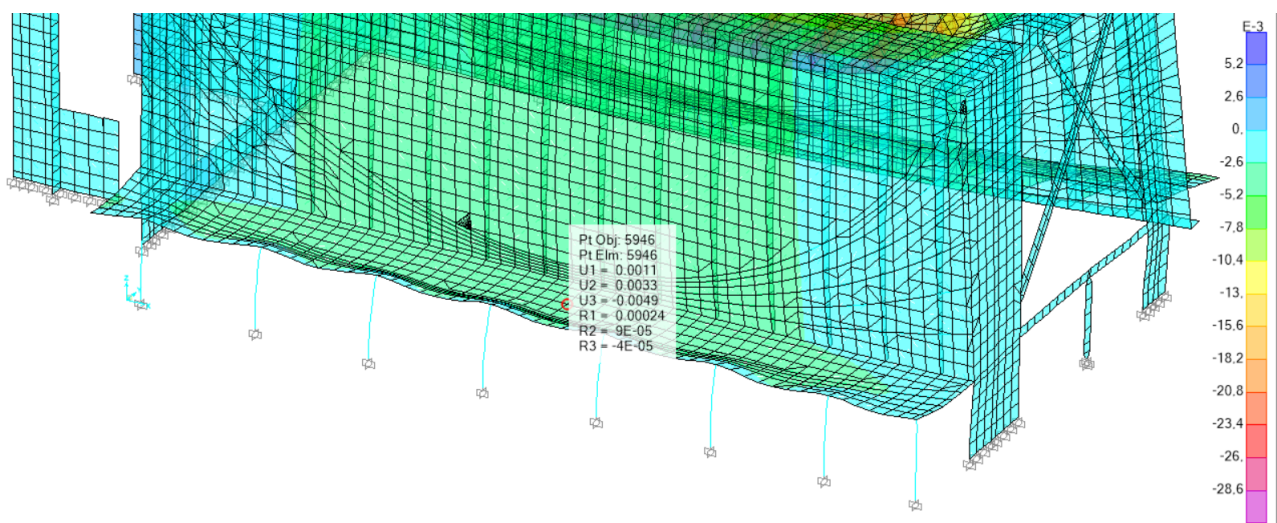
El valor máximo de la flecha en SAP es: $\frac{0,025}{2} = 0,0125 \text{ m}$

La flecha más desfavorable de esta Lámina se encuentra en el centro de la lámina dados los pilares del borde, siendo esta flecha de -0,00493 menor que -0,0125 m

CUMPLE

Joint Object	5946			Joint Element	5946		
	1	2	3		2	3	
Trans	0,00111	0,00335	-0,00493				
Rotn	2,395E-04	9,011E-05	-4,008E-05				

(Imagen 4.50. Desplazamiento máximo L.I.N.)



(Imagen 4.51. Desplazamientos Lámina inferior Norte)

- Lamina inferior Sur

El valor máximo de la flecha vertical es: $\frac{2 \times 24}{300} = 0,16 \text{ m}$

El valor máximo de la flecha en SAP es: $\frac{0,16}{2} = 0,08 \text{ m}$

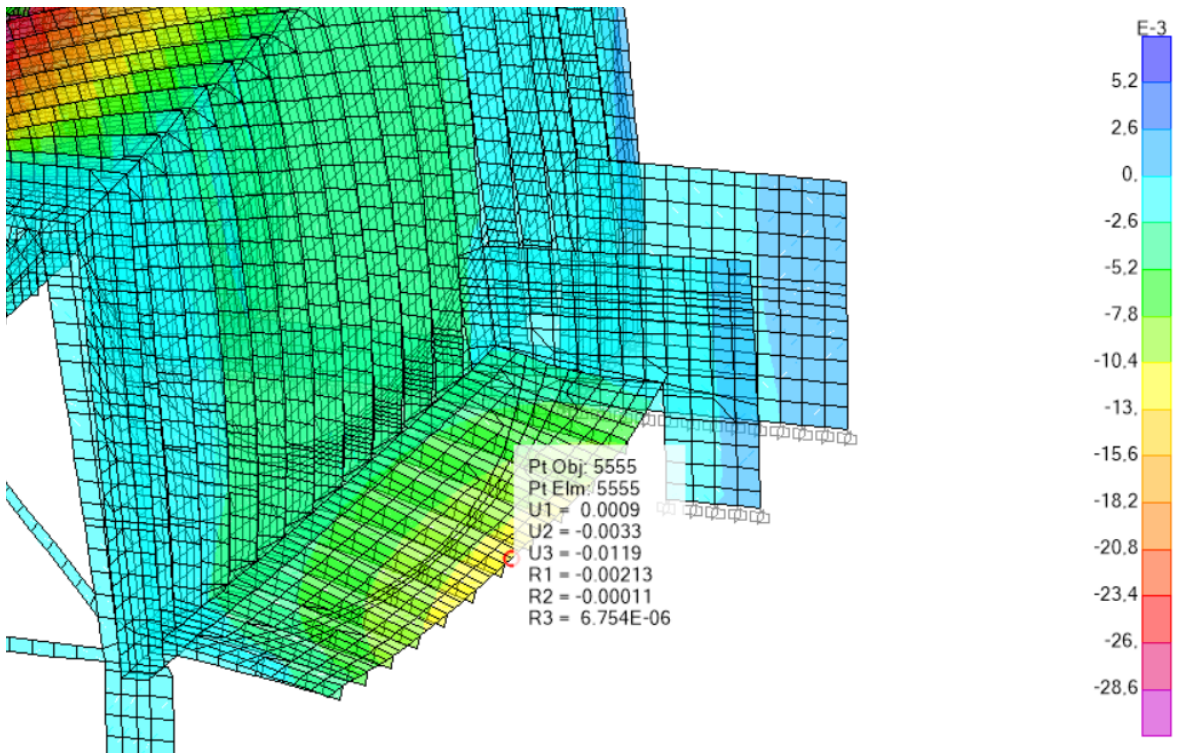
La flecha más desfavorable de esta Lámina se encuentra en centro y borde, esta flecha es de -0,01191 menor que -0,08 m

CUMPLE

Joint Displacements

Joint Object	5555	Joint Element	5555
	1	2	3
Trans	8,938E-04	-0,00331	-0,01191
Rotn	-0,00213	-1,108E-04	6,754E-06

(Imagen 4.52. Desplazamiento máximo L.I.S.)



(Imagen 4.53. Desplazamientos Lámina inferior Sur)

- Lámina central Norte
-

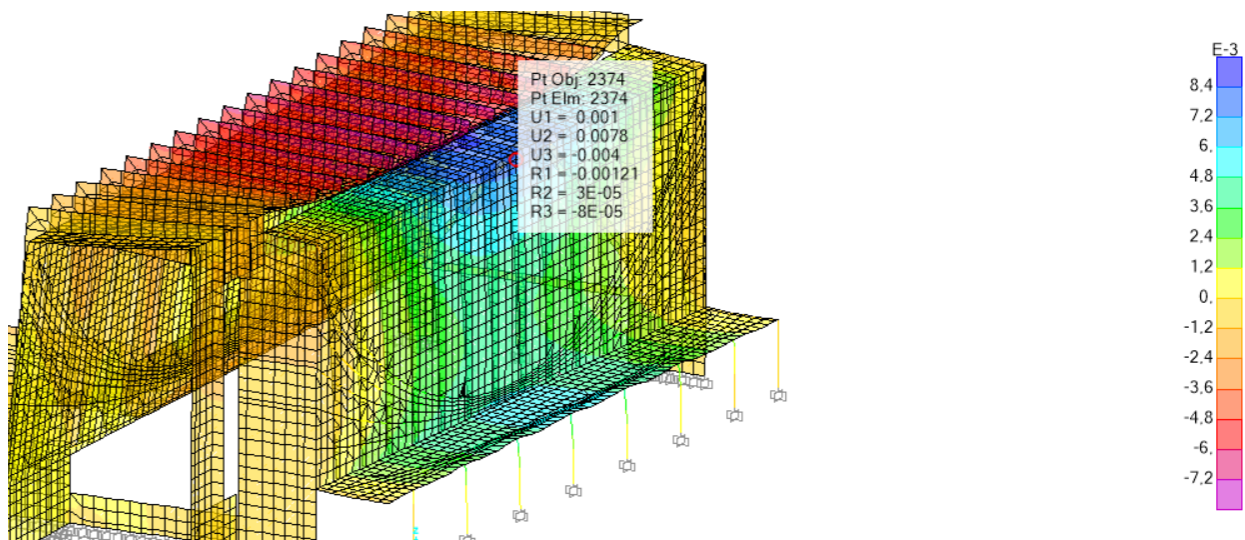
El valor máximo del desplazamiento horizontal es $13/500= 0,026$ m
El valor máximo de la flecha en SAP es $0,026/2= 0,013$ m

La hipótesis para encontrar la flecha más desfavorable en Y para esta lámina es la ELS_{vy}+. La flecha más desfavorable de esta Lámina se debería encontrar en el centro de la lámina pero hemos notado que en realidad se encuentra en el borde en contacto con la lámina superior, esta flecha es de -0,0074 menor que 0,054 m

CUMPLE

Joint Displacements			
Joint Object	2374	Joint Element	2374
	1	2	3
Trans	0,00102	0,0078	-0,00399
Rotn	-0,00121	3,137E-05	-7,576E-05

(Imagen 4.54. Desplazamiento máximo L.C.N.)



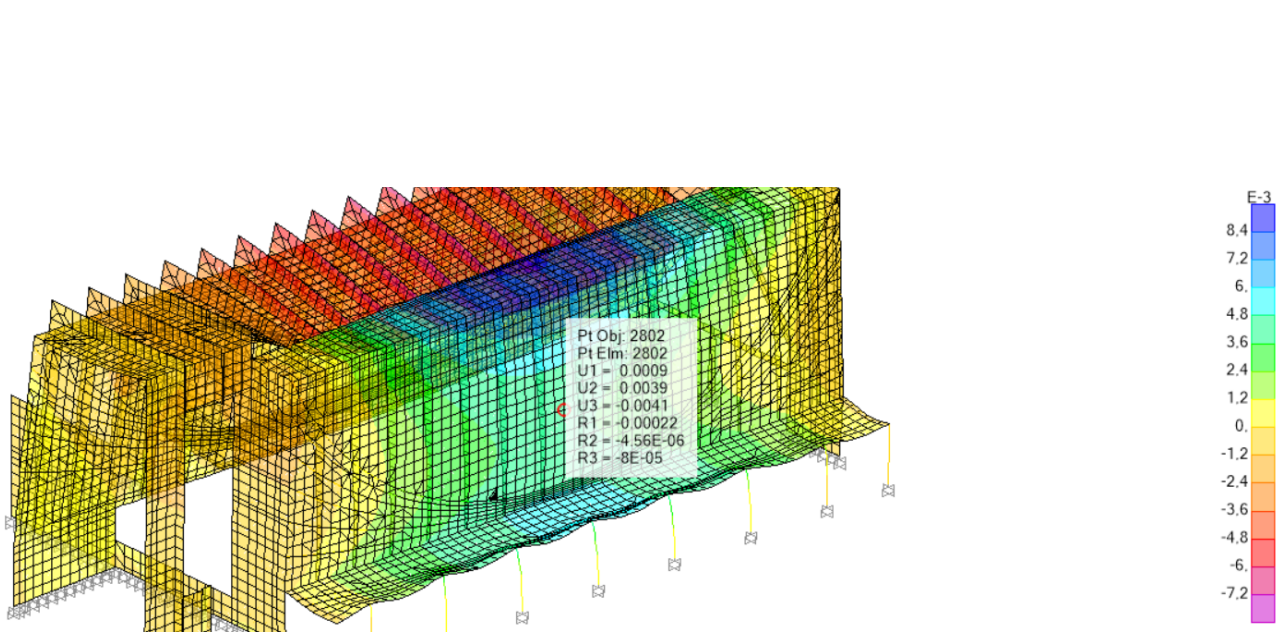
(Imagen 4.55. Desplazamientos Lámina central Norte)

Como se puede apreciar, la flecha en el centro de vano es 0,00394 menor que la máxima de la lámina, de 0,0074 m.

Joint Displacements ×

Joint Object	2802	Joint Element	2802	
	1	2	3	
Trans	9,424E-04	0,00394	-0,0041	
Rotn	-2,208E-04	-4,560E-06	-8,182E-05	

(Imagen 4.56. Desplazamiento central L.C.S.)



(Imagen 4.57. Desplazamientos Lámina central Sur)

- Lámina central Sur

El valor máximo de la flecha horizontal es $12,2/500= 0,0244$ m

El valor máximo de la flecha en SAP es $0,0244/2= 0,0122$ m

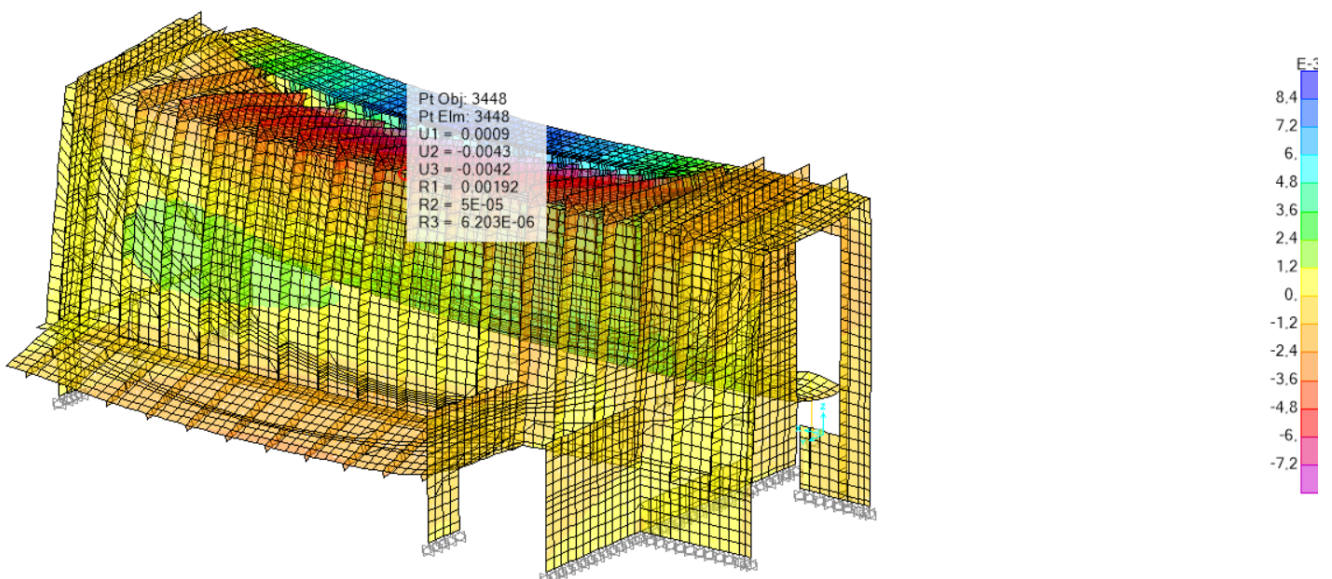
La hipótesis para encontrar la flecha más desfavorable en Y para esta lámina es la ELSvy+. La flecha más desfavorable de esta Lámina se debería encontrar en el centro de la lámina pero hemos notado que en realidad se encuentra en el borde en contacto con la lámina superior, esta flecha es de -0,00425 menor que 0,0122 m.

CUMPLE

Joint Displacements

Joint Object	3448	Joint Element	3448
	1	2	3
Trans	8,816E-04	-0,00425	-0,00421
Rotn	0,00192	5,144E-05	6,203E-06

(Imagen 4.58. Desplazamiento máximo L.C.S.)



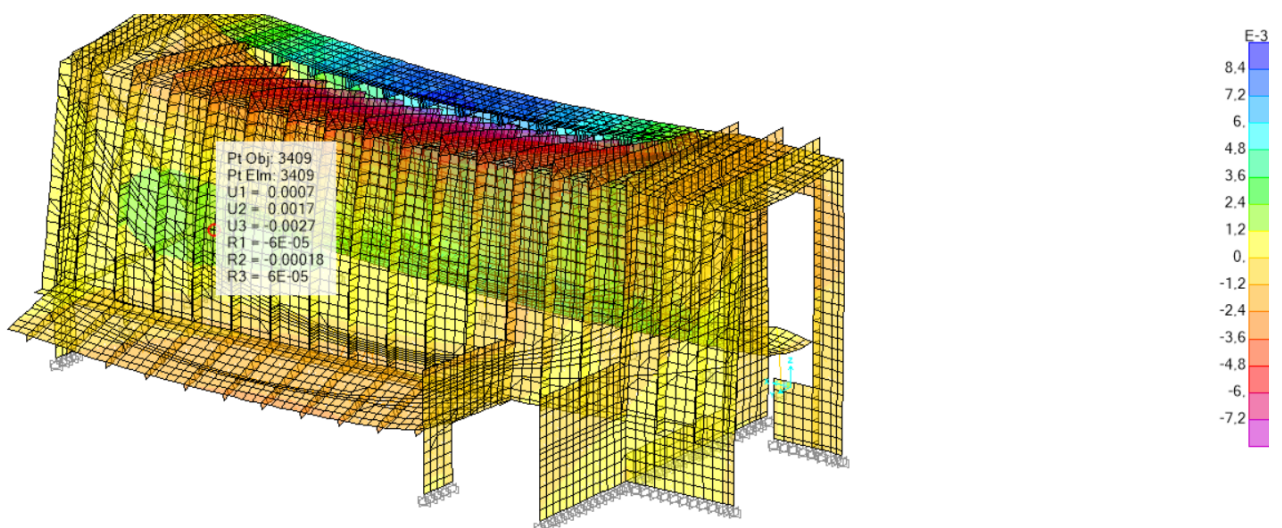
(Imagen 4.59. Desplazamientos Lámina central Sur)

Cómo se puede apreciar, la flecha en valor absoluto en el centro de vano es 0,00171 menor que la máxima de la lámina, de -0,00425 m.

✠ Joint Displacements ×

Joint Object	3409			Joint Element	3409		
	1	2	3				
Trans	6,886E-04	0,00171	-0,0027				
Rotn	-6,032E-05	-1,805E-04	6,066E-05				

(Imagen 4.60. Desplazamiento central L.C.S.)



(Imagen 4.61. Desplazamientos Lámina central Sur)

Elemento	Flecha Admisible (m)	Flecha máxima del Elemento	Verificación
Lámina Sur	0,013	-0,00425	CUMPLE
Lámina Norte	0,0122	-0,0074	CUMPLE
Cubierta superior Sur	0,09	0,03111	CUMPLE
Cubierta superior Norte	0,1	0,00805	CUMPLE
Cubierta inferior Sur	0,08	-0,01191	CUMPLE
Cubierta inferior Norte	0,0125	-0,00493	CUMPLE

(Tabla 4.14. Resumen ELS)

—4.8.2 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO

En este apartado comprobaremos si los diferentes elementos de la estructura pueden resistir los esfuerzos que les aplican las cargas. Para ello, estudiaremos una a una las diferentes partes de la estructura según la combinación de acciones más desfavorable, la "ELUu". El orden que seguiremos será, primero los elementos horizontales (*Cubiertas superiores e inferiores*) y después los verticales (*Láminas centrales y Muros testeros*).

Cada elementos se comprueba y, en caso de no cumplir con las solicitaciones correspondientes, se resolverá mediante la disposición de un armado auxiliar para ayudar a la estructura, dado que con la información que hemos obtenido del edificio únicamente sabemos el diámetro de la armadura de reparto y las dimensiones y resistencias de los elementos principales. Se ha elegido un acero de resistencia 400 N/mm² para las armaduras interiores de las láminas y muros dado que no sabemos cuál es la resistencia real.

Al tratarse de láminas de hormigón con momentos y axiles, no podemos resolverlas directamente, por ello hemos seguido el siguiente orden en todos los elementos:

- Se ha establecido un predimensionado en las tablas de Excel; "*Dimensionado Muros*" y "*Dimensionado Forjados*", facilitados por el tutor, **David Gallardo**. Con ellos, hemos establecido unos valores máximos de momento para poder apreciarlos en el modelo y establecer un orden de magnitud.
- Se han seleccionado los dos puntos más desfavorables de cada elemento, normalmente el de momento positivo y negativo más elevado. En ciertos elementos con gran tamaño, se ha comprobado en la zona de mayor tracción, dada la baja resistencia del hormigón a ésta solicitación.
- Mediante la herramienta "*Section_Cut*", se han obtenido las solicitaciones en las zonas más desfavorables.
- Se ha comprobado mediante la tabla de Excel "*ELU*" si se pueden asumir estas solicitaciones y de no hacerlo, se ha dispuesto una solución de armado que sí las cumpla.

—TABLAS DE ELECCIÓN DE VALORES DE SOLICITACIÓN

—Para las láminas de 10 cm de hormigón armado, **Momentos elegidos: -4,8 kN.m y 4,8kN.m**

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE LOSAS MACIZAS DAVID GALLARDO LLOPIS - DICIEMBRE 2015		
DATOS DE PARTIDA		
Materiales y geometría		
Fck	13	N/mm2
Gc	1,50	
Fcd	8,67	N/mm2
Fyk	400	N/mm2
Gy	1,15	
Fyd	347,83	N/mm2
Tipo de elemento	FORJADO	
Canto Losa Maciza	10	cm
Recubrimiento Neto	3,5	cm
Cuantía mínima geométrica	34,78	kN
Cuantía mínima mecánica	34,67	kN
RESISTENCIA ELU		
FLEXIÓN POSITIVA/NEGATIVA Y CORTANTE		
Armadura de Base		
Diámetro de base	8	mm
Distancia entre barras de base	20	cm
Usd base	87,42	kN / m.a.
Canto útil	61,00	mm
M ult base	4,80	kNm/m.a.
Cortante resistido sin armadura específica (solo base)		
Epsilon	2,000000	
Cuantía geométrica	0,004120	
Vu2 (base)	25,61	kN/m.a.

DOMINIO	2
PROF. FN. [mm]	14,93

(Imagen 4.62. Obtención de Momento máximo Losa)

—Para las láminas de 15 cm de hormigón armado, **Momentos elegidos: -9,13 kN.m y 9,13 kN.m**

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE LOSAS MACIZAS DAVID GALLARDO LLOPIS - DICIEMBRE 2015		
DATOS DE PARTIDA		
Materiales y geometría		
Fck	13	N/mm2
Gc	1,50	
Fcd	8,67	N/mm2
Fyk	400	N/mm2
Gy	1,15	
Fyd	347,83	N/mm2
Tipo de elemento	FORJADO	
Canto Losa Maciza	15	cm
Recubrimiento Neto	3,5	cm
Cuantía mínima geométrica	52,17	kN
Cuantía mínima mecánica	52,00	kN
RESISTENCIA ELU		
FLEXIÓN POSITIVA/NEGATIVA Y CORTANTE		
Armadura de Base		
Diámetro de base	8	mm
Distancia entre barras de base	20	cm
Usd base	87,42	kN / m.a.
Canto útil	111,00	mm
M ult base	9,13	kNm/m.a.
Cortante resistido sin armadura específica (solo base)		
Epsilon	2,000000	
Cuantía geométrica	0,002264	
Vu2 (base)	38,18	kN/m.a.

DOMINIO	2
PROF. FN. [mm]	18,09

(Imagen 4.63. Obtención de Momento máximo Losa)

—Para los muros de 40cm de hormigón armado, **Momentos elegidos: -29 kN.m y 29kN.m**

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE MUROS - DAVID GALLARDO LLOPIS - ENERO 2015					
DATOS DE PARTIDA					
Materiales			Geometría		
Fck	13	N/mm2	Espesor muro	40	cm
Gc	1,50				
Fcd	8,67	N/mm2	Recubrimiento Neto	3,5	cm
Fyk	400	N/mm2			
Gc	1,15		Armadura exterior	vertical	
Fyd (tracciones)	347,83	N/mm2	Recubrimiento armadura horizontal	4,70	cm
Fyd (compresiones)	347,83	N/mm2	Recubrimiento armadura vertical	3,90	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	8	mm	Diámetro de base vertical	8	mm
Distancia vertical entre barras	20	cm	Distancia vertical entre barras	20	cm
Máxima compresión hormigón	2.946,67	kN/m.a.	Máxima compresión hormigón	2.946,67	kN/m.a.
Máxima compresión acero	174,84	kN/m.a.	Máxima compresión acero	174,84	kN/m.a.
Máxima compresión	-3.121,50	kN/m.a.	Máxima compresión	-3.121,50	kN/m.a.
Máxima tracción	174,84	kN/m.a.	Máxima tracción	174,84	kN/m.a.
Armadura horizontal - Momentos M11 [kNm/m.a.]			Armadura vertical - Momentos M22 [kNm/m.a.]		
Cuantía flexión transversal	87,42	kN / m.a.	Cuantía flexión transversal	87,42	kN / m.a.
Momento último flexión transversal	29,00	kNm/m.a.	Momento último flexión transversal	30,33	kNm/m.a.
Armadura horizontal - Cortantes V13 [kN/m.a.]			Armadura vertical - Cortantes V23 [kN/m.a.]		
Epsilon	1,761387		Epsilon	1,752710	
Cuantía geométrica	0,000728		Cuantía geométrica	0,000712	
Cortante último	71,61	kN/m.a.	Cortante último	72,36	kN/m.a.

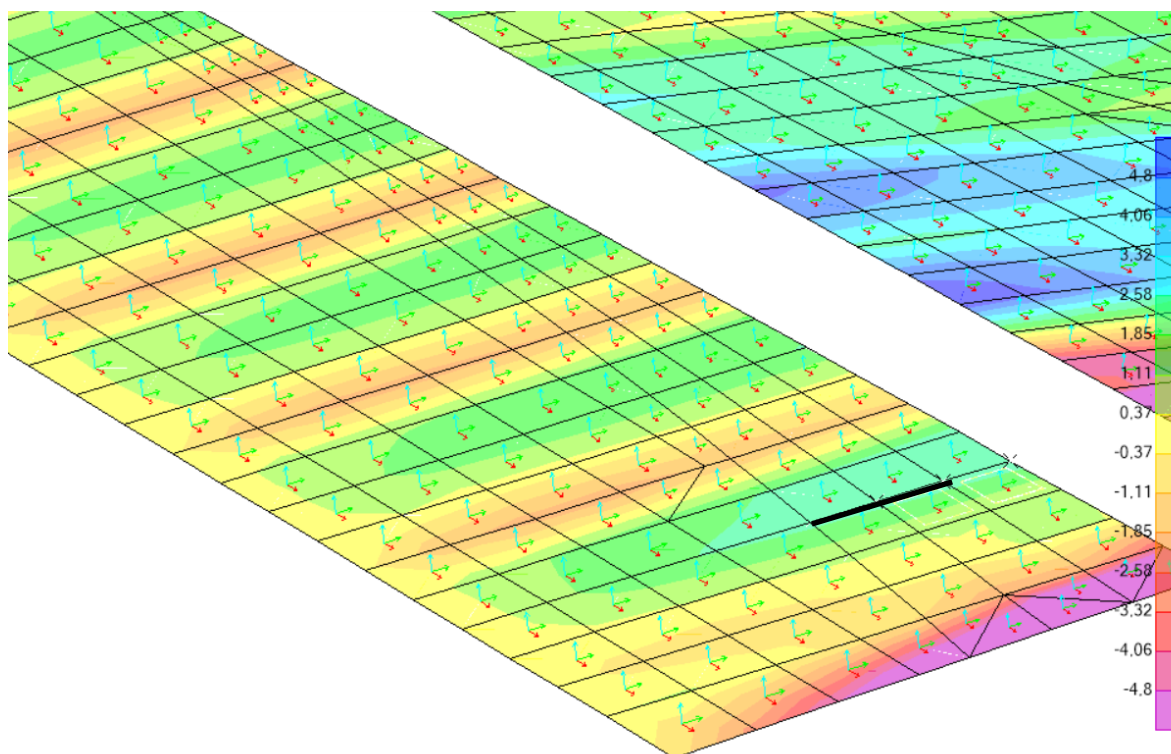
(Imagen 4.64. Obtención de Momento máximo Muro)

– LÁMINA HORIZONTALES: CUBIERTAS SUPERIORES E INFERIORES

Por la colocación de los ejes locales de esta lámina, se ha considerado como Axil, la F1/L y como Momento, M2/L.

– LÁMINA SUPERIOR NORTE:

-Momento positivo,

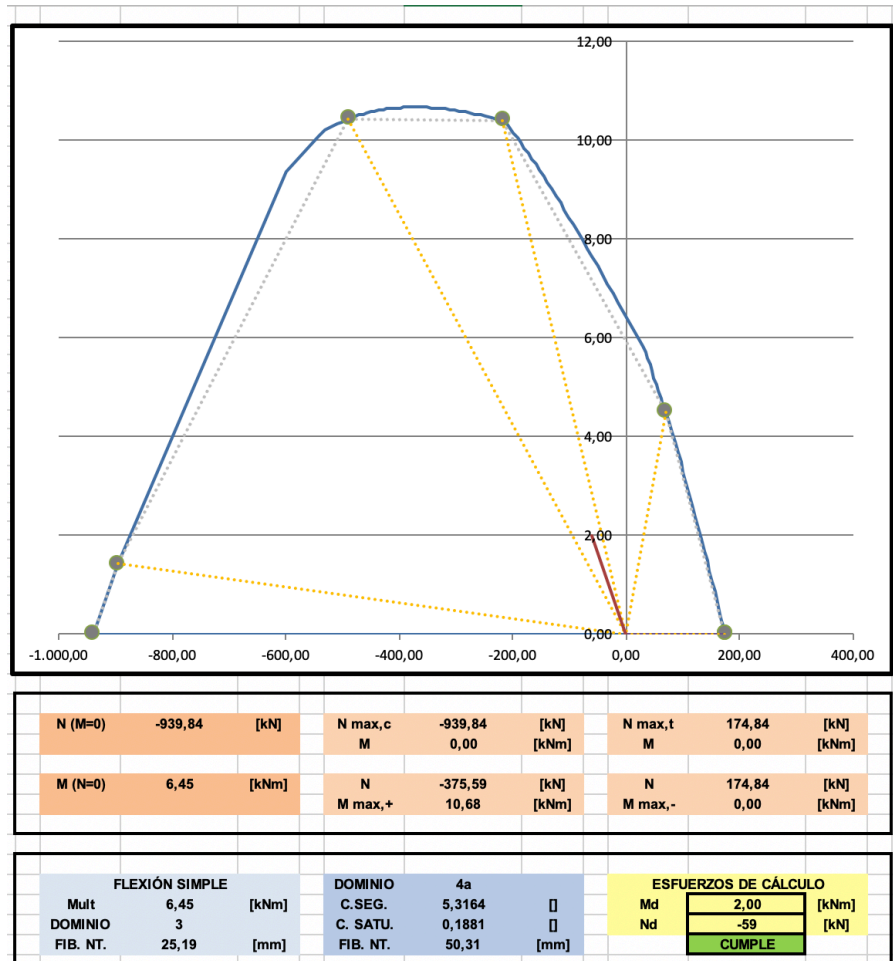


(Imagen 4.65. Resultante de Momentos L.S.N.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	25,6653	RX	
Y	4,7485	RY	
Z	12,5965	RZ	6,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,7889	
Section Cut			
F1	-46,5181	M1	-1,3439
F2	22,7157	M2	1,6545
F3	0,3221	M3	3,8628
F1/L	-58,9637	M1/L	-1,7034
F2/L	28,7932	M2/L	2,0972
F3/L	0,4083	M3/L	4,8963

(Imagen 4.66. SectionCut L.S.N.)

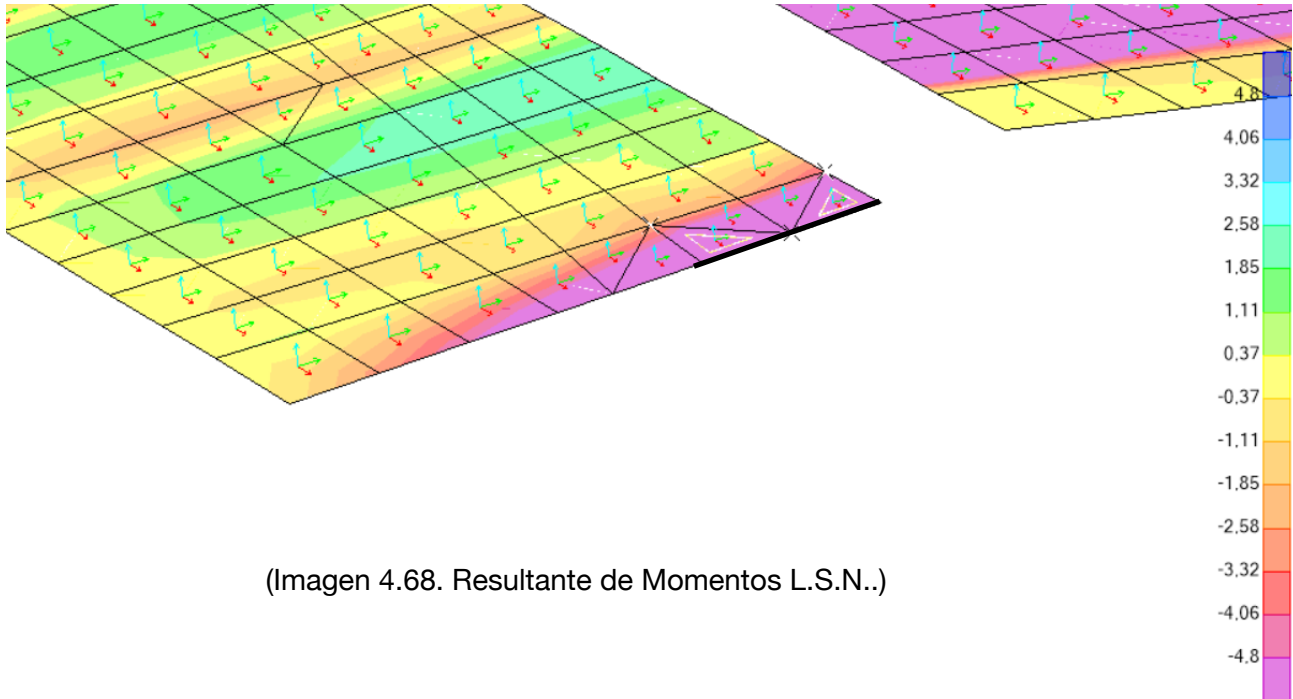
SECCION			
HORMIGON			
TIPO	Rectangular	[]	
Canto	100	[mm]	
Ancho	1000	[mm]	
SECCION			
ACERO			
	N	Y	Ø
	[]	[mm]	[mm]
1	5	35	8
2	5	65	8
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
Numero de capas de armado		2	
canto útil	65		
ymin	16,25		
ymin	65		
ancho cortante	1000		



(Imagen 4.67. ELU, comprobación de resistencia LSN+)

Como vemos, la sección positiva **CUMPLE**.

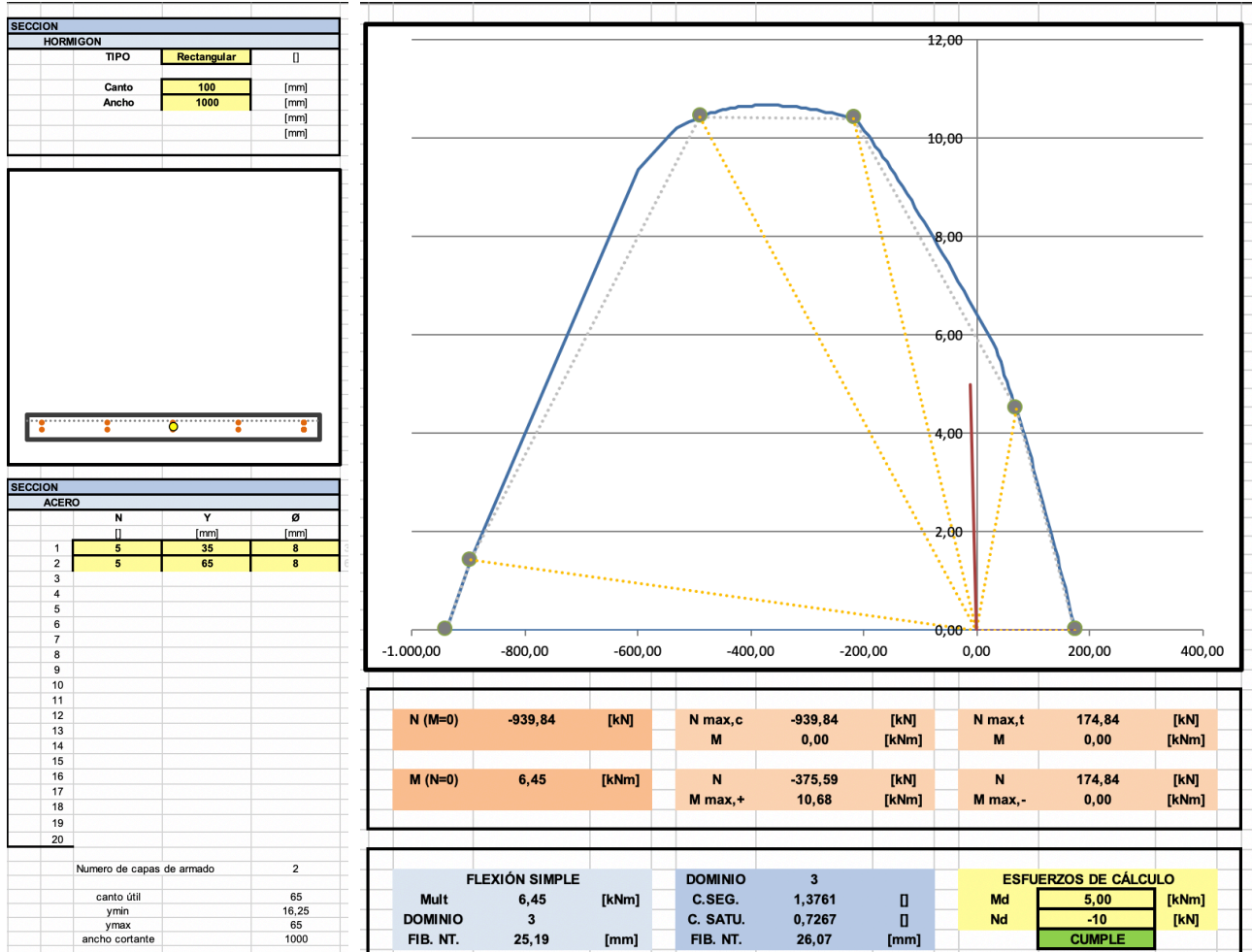
-Momento negativo:



(Imagen 4.68. Resultante de Momentos L.S.N..)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	-1,3101	RX	
Y	4,9000	RY	
Z	12,4362	RZ	6,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,9998	
Section Cut			
F1	-10,3123	M1	-0,1019
F2	6,4170	M2	-4,9258
F3	12,0088	M3	-10,8832
F1/L	-10,3146	M1/L	-0,1019
F2/L	6,4184	M2/L	-4,9268
F3/L	12,0114	M3/L	-10,8856

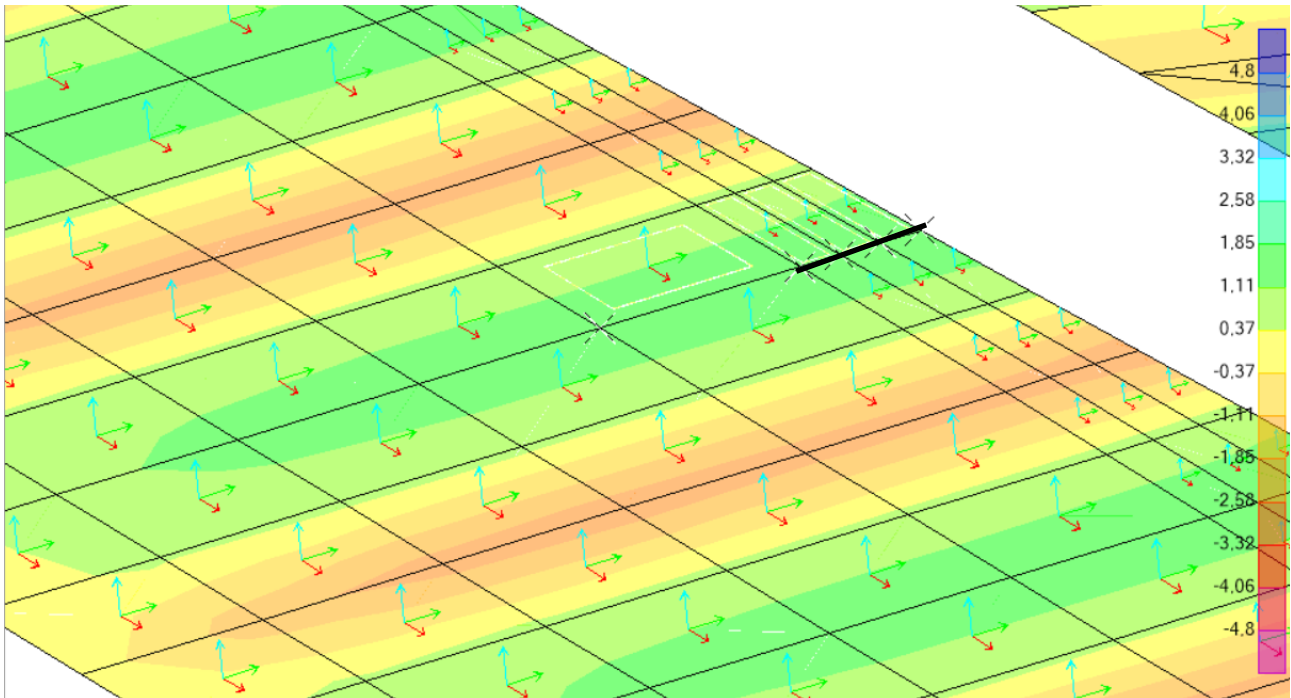
(Imagen 4.69. SectionCut L.S.N)



(Imagen 4.70. ELU, comprobación a resistencia LSN-)

Como vemos, la sección negativa **CUMPLE**.

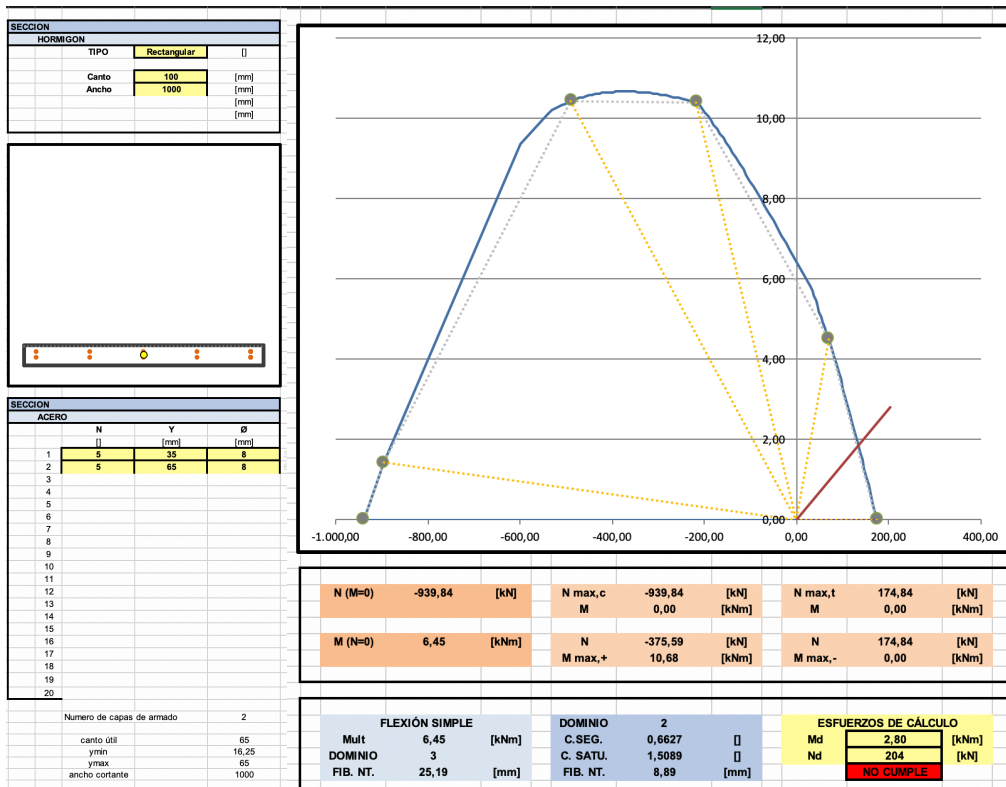
-Sección más traccionada:



(Imagen 4.71. Resultante de Momentos L.S.N.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	15,6685	RX	
Y	5,1110	RY	
Z	12,5692	RZ	6,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,8862	
Section Cut			
F1	180,4244	M1	-0,5415
F2	-27,2566	M2	-2,4756
F3	0,2777	M3	10,1758
F1/L	203,5917	M1/L	-0,6110
F2/L	-30,7565	M2/L	-2,7934
F3/L	0,3133	M3/L	11,4825

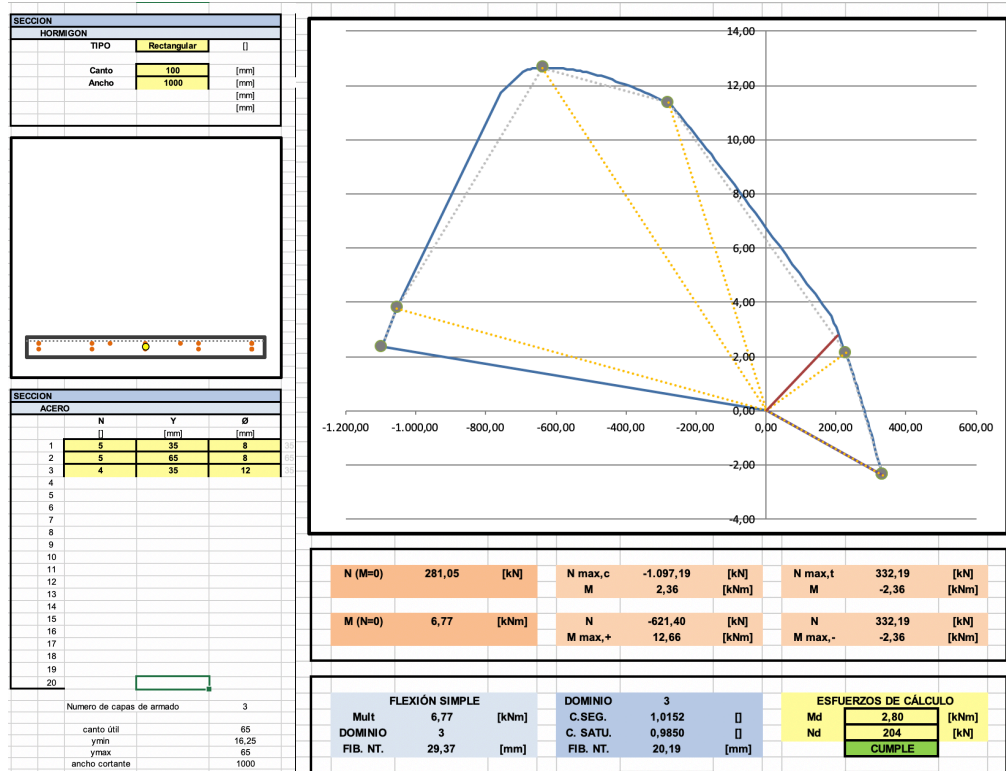
(Imagen 4.72. SectionCut L.S.N.)



(Imagen 4.73. ELU, comprobación de resistencia LSN Tracción)

Como vemos, la sección traccionada **NO CUMPLE**.

Por tanto, probamos añadiendo más armado para solventar este problema:

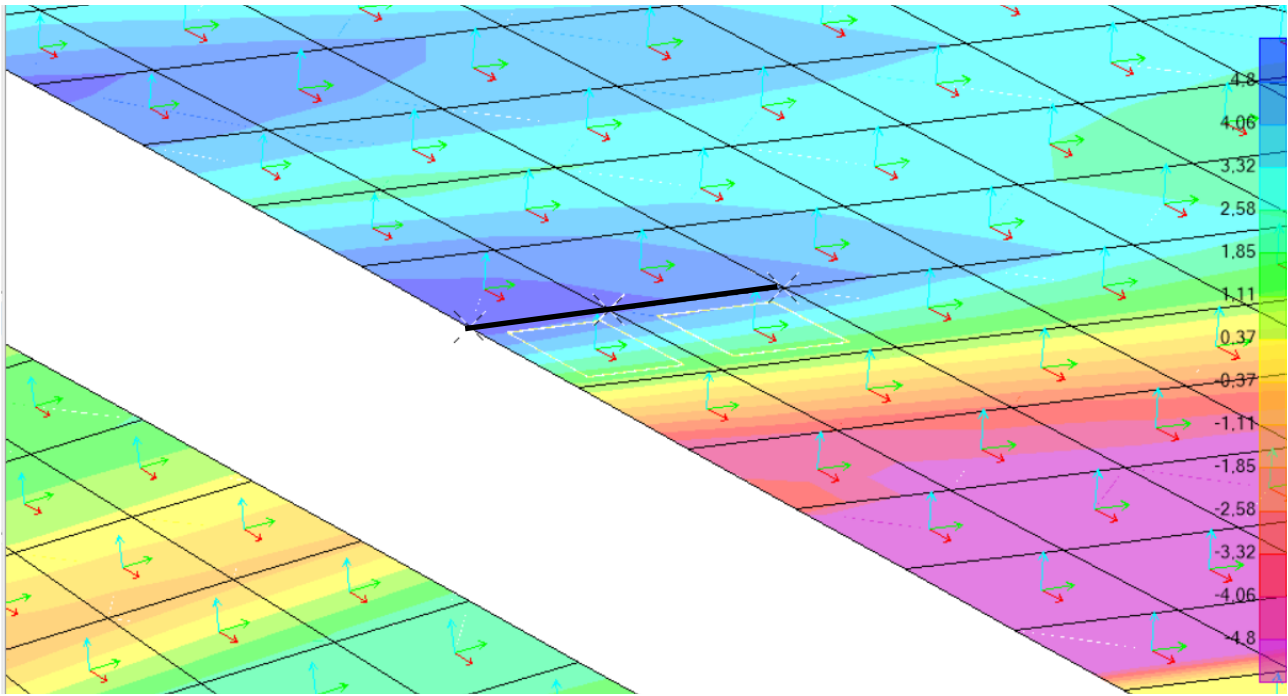


(Imagen 4.74. ELU, comprobación de resistencia LSN Tracción Refuerzo)

La sección añadiendo armado, **CUMPLE**.

– LÁMINA SUPERIOR SUR

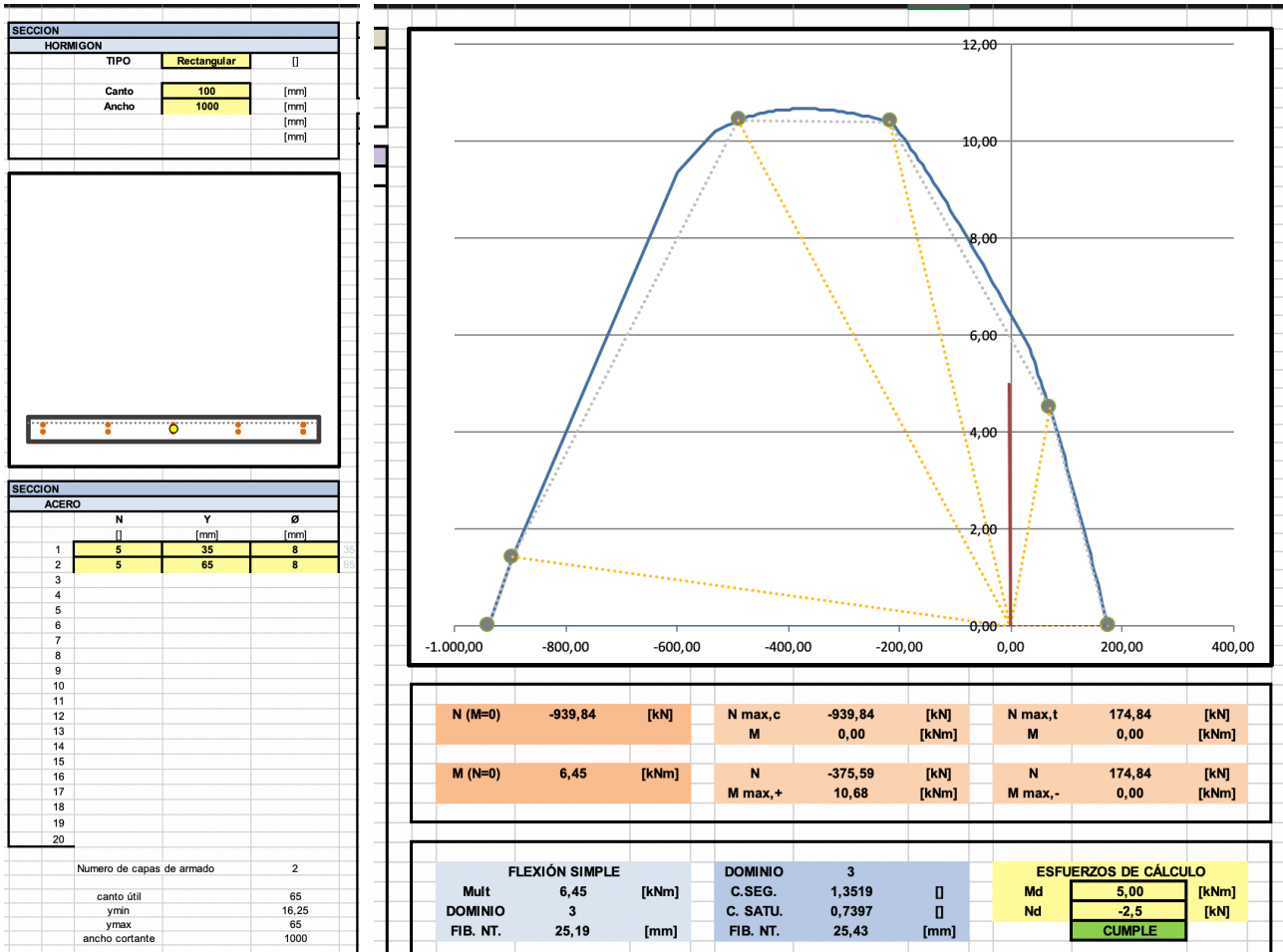
-Momento positivo:



(Imagen 4.75. Resultante de Momentos L.S.S.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	25,1899	RX	
Y	5,5856	RY	
Z	13,2960	RZ	-5,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,8992	
Section Cut			
F1	-2,2650	M1	3,9300
F2	-21,6810	M2	4,4356
F3	-4,6449	M3	-5,0591
F1/L	-2,5190	M1/L	4,3707
F2/L	-24,1125	M2/L	4,9331
F3/L	-5,1658	M3/L	-5,6265

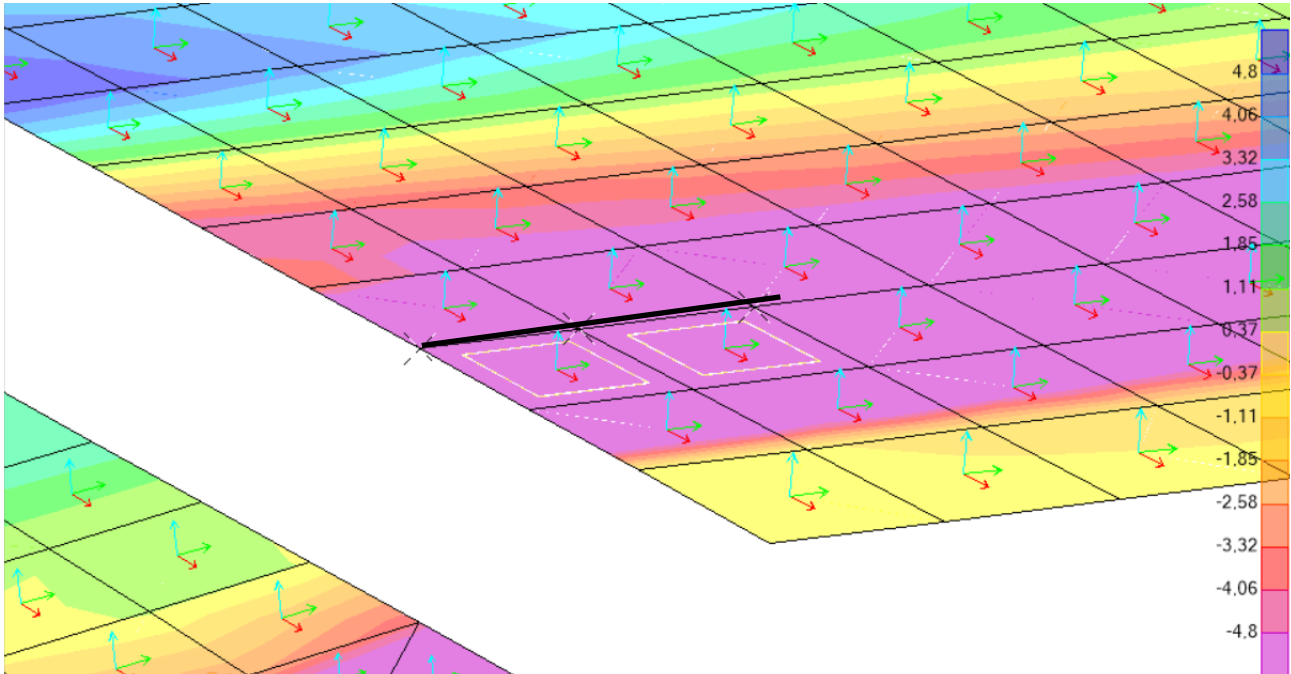
(Imagen 4.76. SectionCut L.S.S.)



(Imagen 4.77. ELU, comprobación de resistencia LSS+)

Como vemos, la sección positiva, **CUMPLE**.

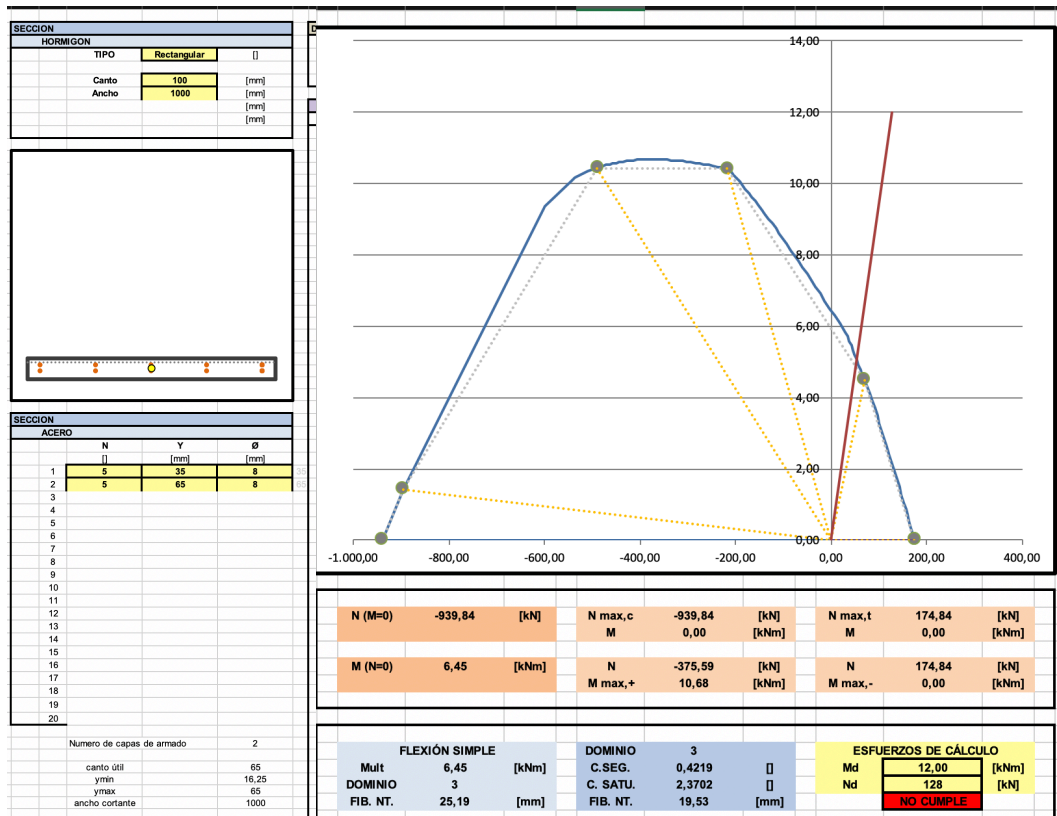
-Momento negativo:



(Imagen 4.78. Resultante de Momentos L.S.S.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	27,1899	RX	
Y	5,5670	RY	
Z	13,2976	RZ	-5,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,9552	
Section Cut			
F1	122,7742	M1	3,3978
F2	-78,1070	M2	-11,5017
F3	-22,0456	M3	10,8975
F1/L	128,5349	M1/L	3,5573
F2/L	-81,7719	M2/L	-12,0413
F3/L	-23,0800	M3/L	11,4088

(Imagen 4.79. SectionCut L.S.S.)



(Imagen 4.80.ELU, comprobación de resistencia LSS-)

Como vemos, la sección negativa **NO CUMPLE**.

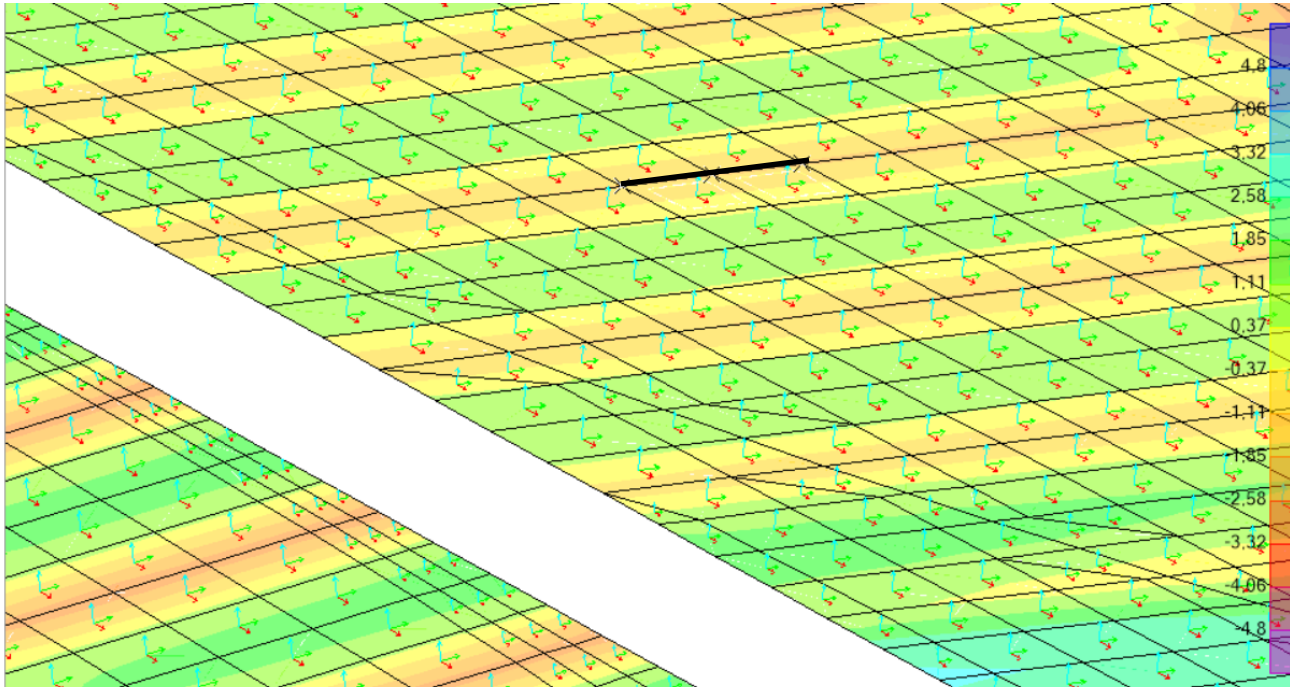
Por tanto, probamos añadiendo más armado para solventar este problema:



(Imagen 4.81. ELU, comprobación de resistencia LSS- Refuerzo)

La sección añadiendo armado, **CUMPLE**.

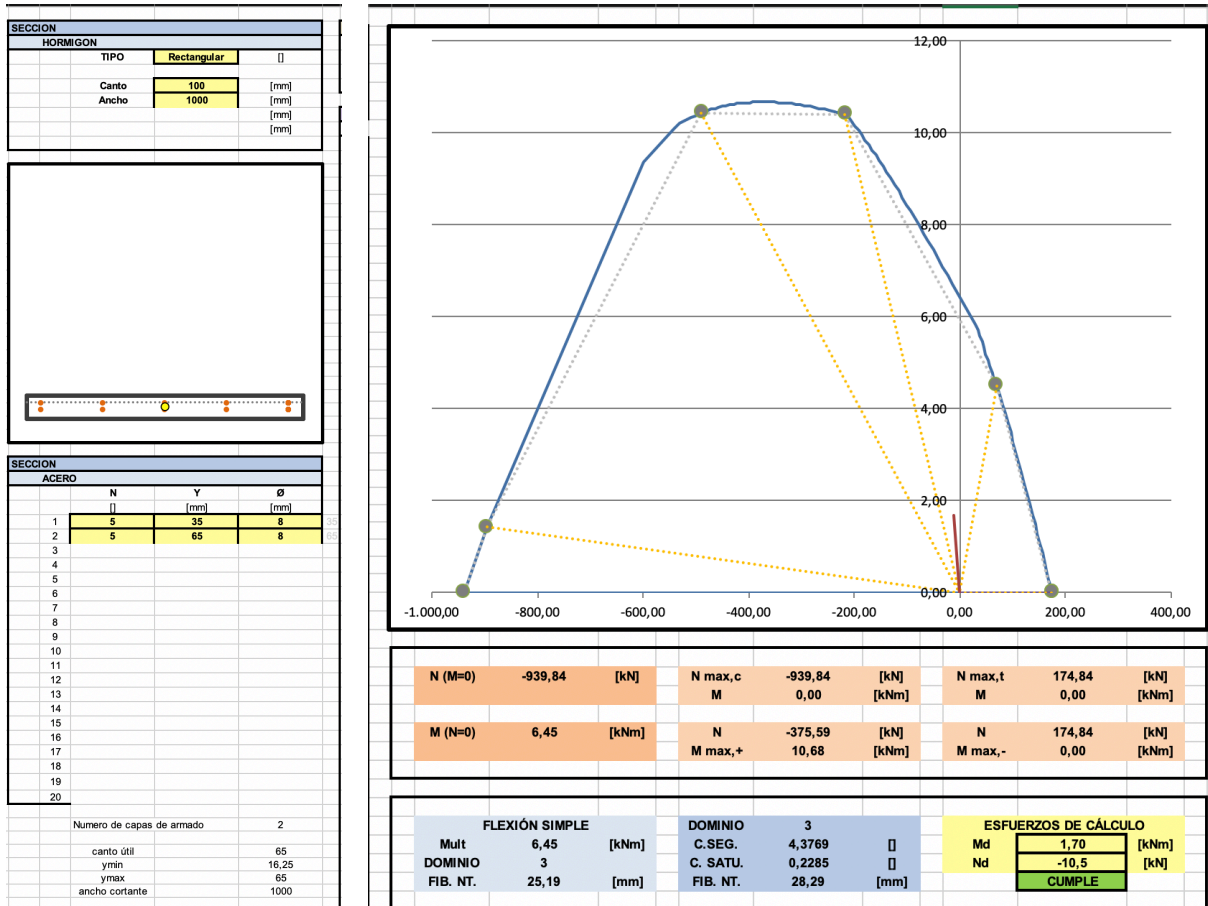
-Momento en centro de lámina:



(Imagen 4.82. Resultante de Momentos L.S.S.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	14,6899	RX	
Y	8,5407	RY	
Z	13,0374	RZ	-5,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		1,0000	
Section Cut			
F1	-10,4396	M1	0,1121
F2	8,6856	M2	-1,6493
F3	3,1492	M3	-5,2868
F1/L	-10,4396	M1/L	0,1121
F2/L	8,6856	M2/L	-1,6493
F3/L	3,1492	M3/L	-5,2868

(Imagen 4.83. SectionCut L.S.S.)

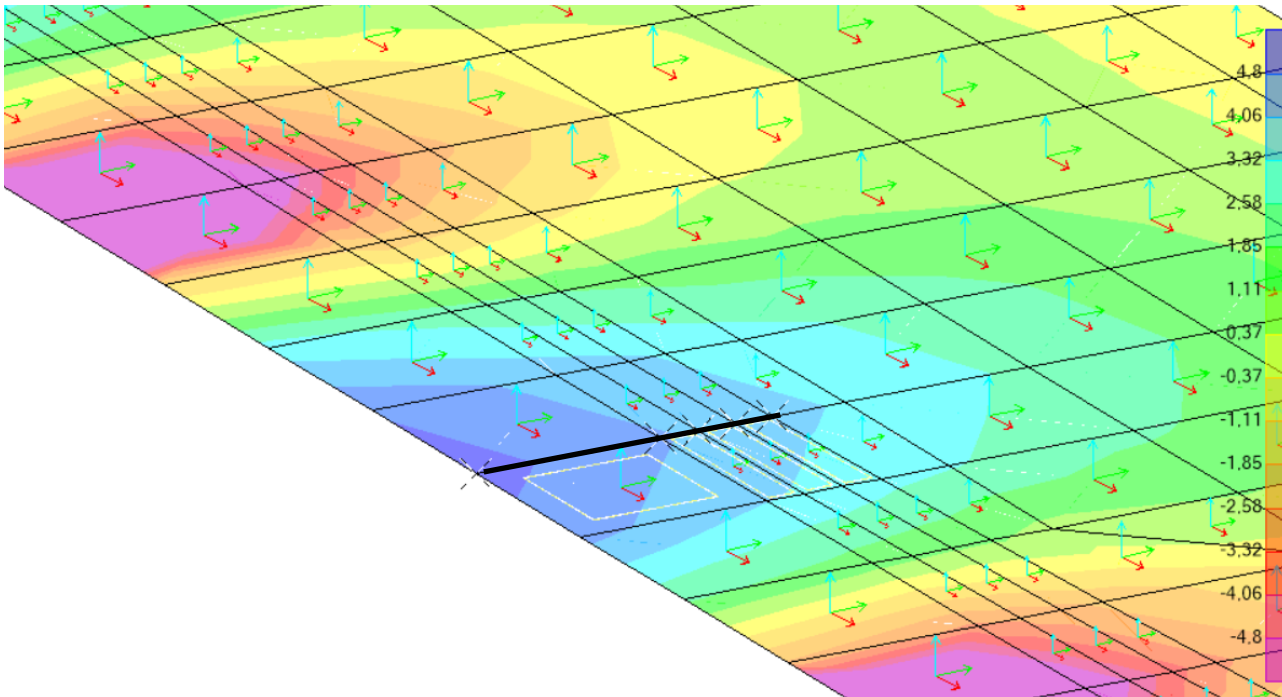


(Imagen 4.84. ELU, comprobación de resistencia LSS Centro)

Como vemos, la sección en centro de lámina, **CUMPLE**.

— LÁMINA INFERIOR NORTE

-Momento positivo:

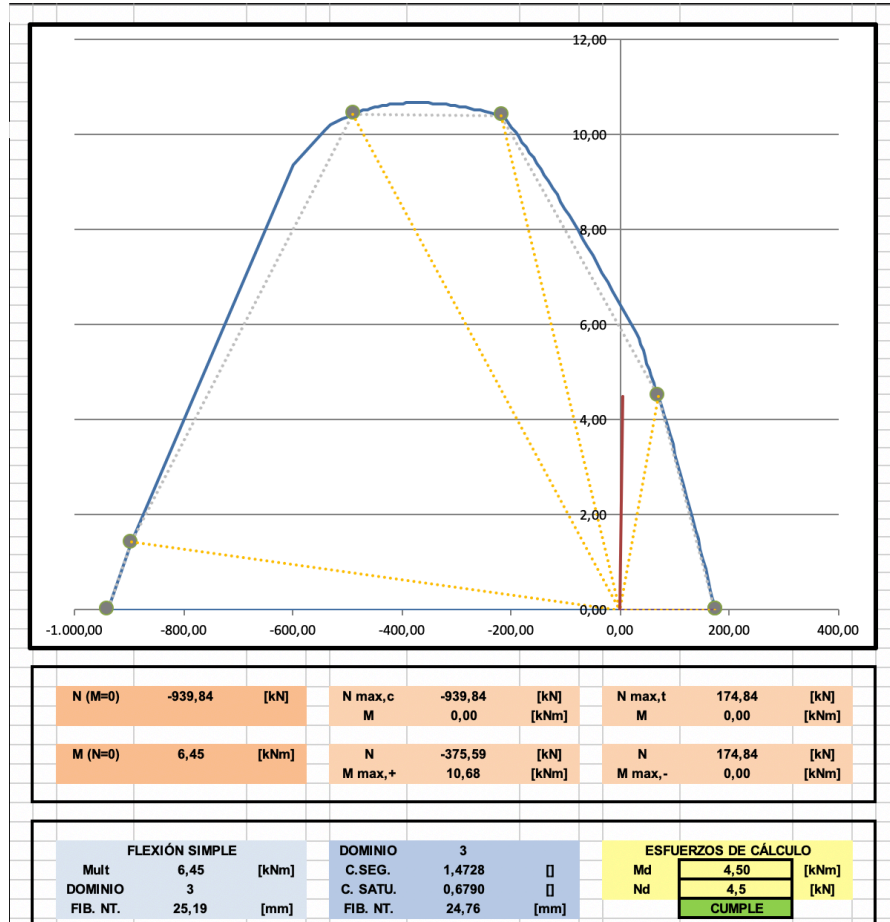


(Imagen 4.85. Resultante de Momentos L.I.N.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017				
scCubierta				
	POR DEFECTO		CAMBIO	
X	14,3449	RX		
Y	-0,0559	RY		
Z	2,7000	RZ	0,0000	
COMBINACIÓN ELEGIDA			LONGITUD	
ELUu			0,8039	
Section Cut				
F1	3,5929	M1	1,1953	
F2	0,2798	M2	3,4503	
F3	0,0837	M3	5,7507	
F1/L	4,4695	M1/L	1,4869	
F2/L	0,3481	M2/L	4,2921	
F3/L	0,1042	M3/L	7,1537	

(Imagen 4.86. SectionCut L.I.N.)

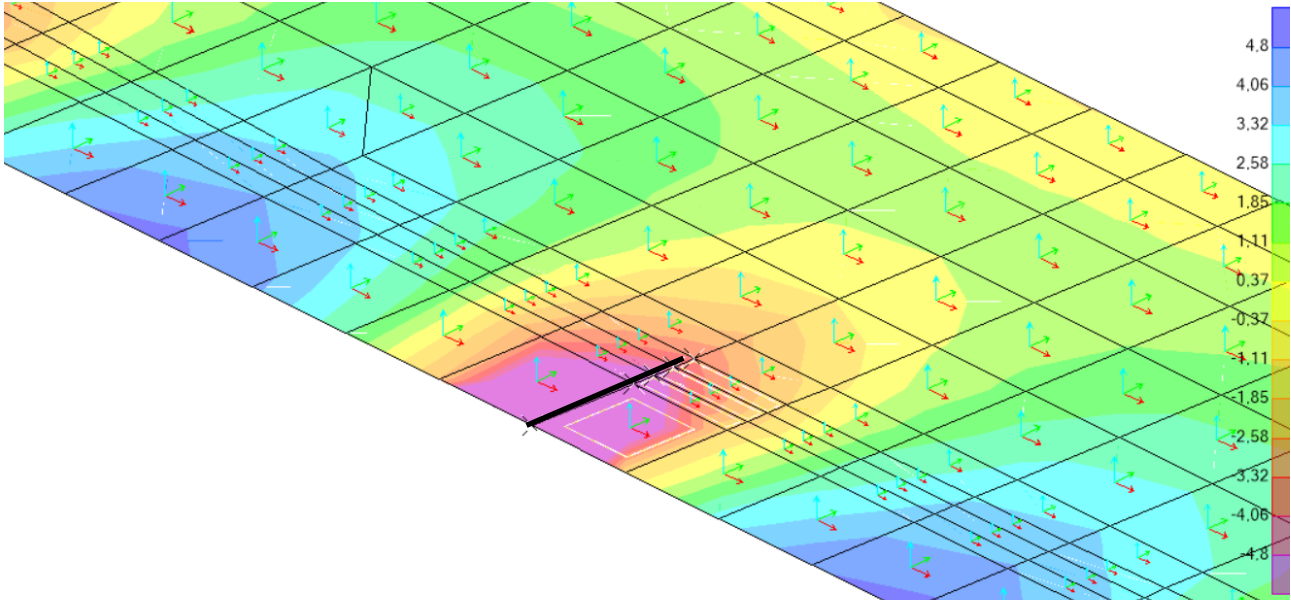
SECCION			
HORMIGON			
TIPO	Rectangular		
Canto	100	[mm]	
Ancho	1000	[mm]	
SECCION			
ACERO			
	N	Y	Ø
	[]	[mm]	[mm]
1	5	35	8
2	5	65	8
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
Numero de capas de armado		2	
canto útil	65		
ymin	16,25		
ymax	65		
ancho cortante	1000		



(Imagen 4.87. ELU, comprobación de resistencia L.I.N.+)

Como vemos, la sección positiva, **CUMPLE**.

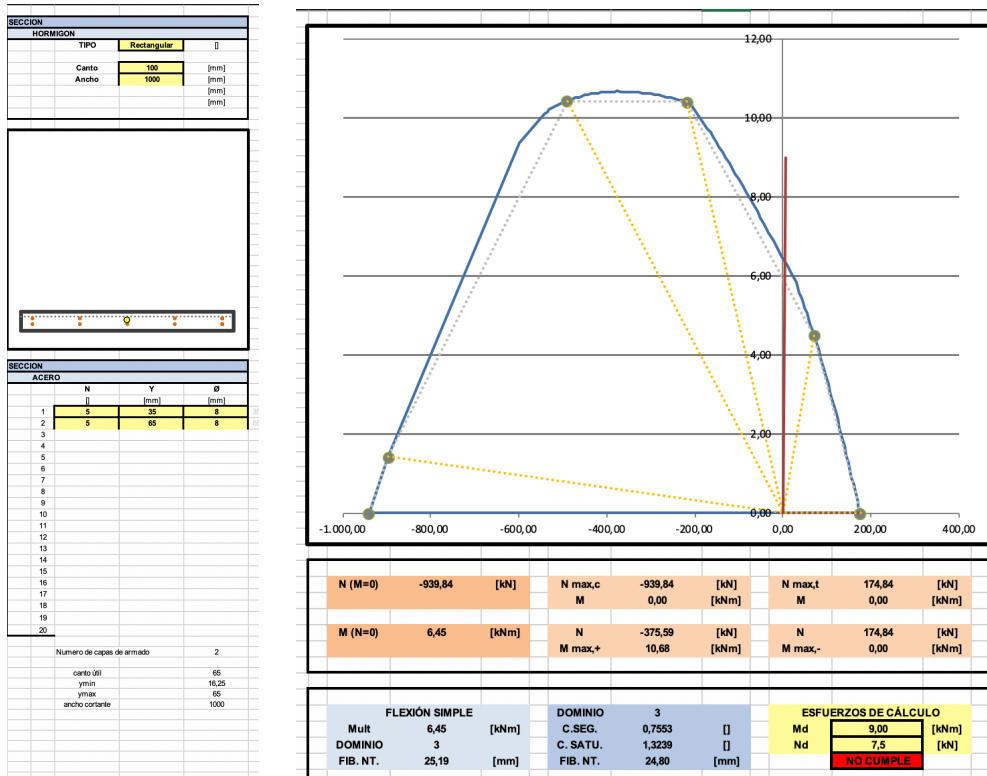
-Momento negativo:



(Imagen 4.88. Resultante de Momentos L.I.N.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	12,3484	RX	
Y	0,0630	RY	
Z	2,7000	RZ	-5,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,7935	
Section Cut			
F1	5,9250	M1	-5,8374
F2	0,8013	M2	-7,4252
F3	13,1648	M3	5,9167
F1/L	7,4668	M1/L	-7,3564
F2/L	1,0097	M2/L	-9,3574
F3/L	16,5905	M3/L	7,4563

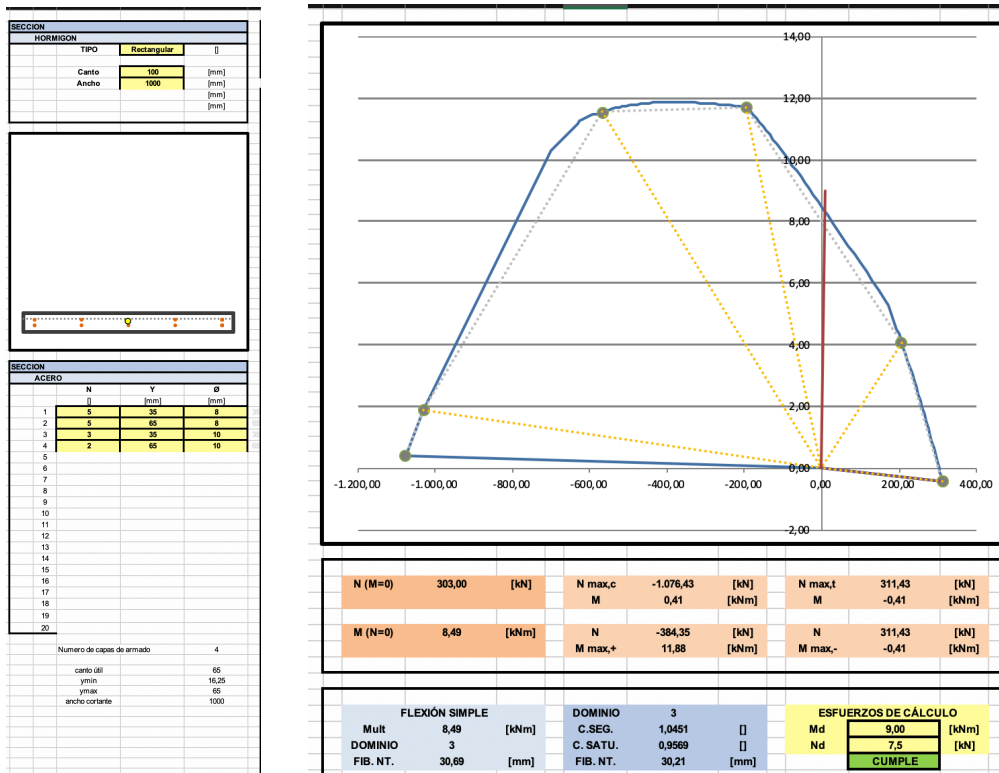
(Imagen 4.89. SectionCut L.I.N.)



(Imagen 4.90. ELU, comprobación de resistencia L.I.N.-)

Como vemos, la sección negativa **NO CUMPLE**.

Por tanto, probamos añadiendo más armado para solventar este problema:

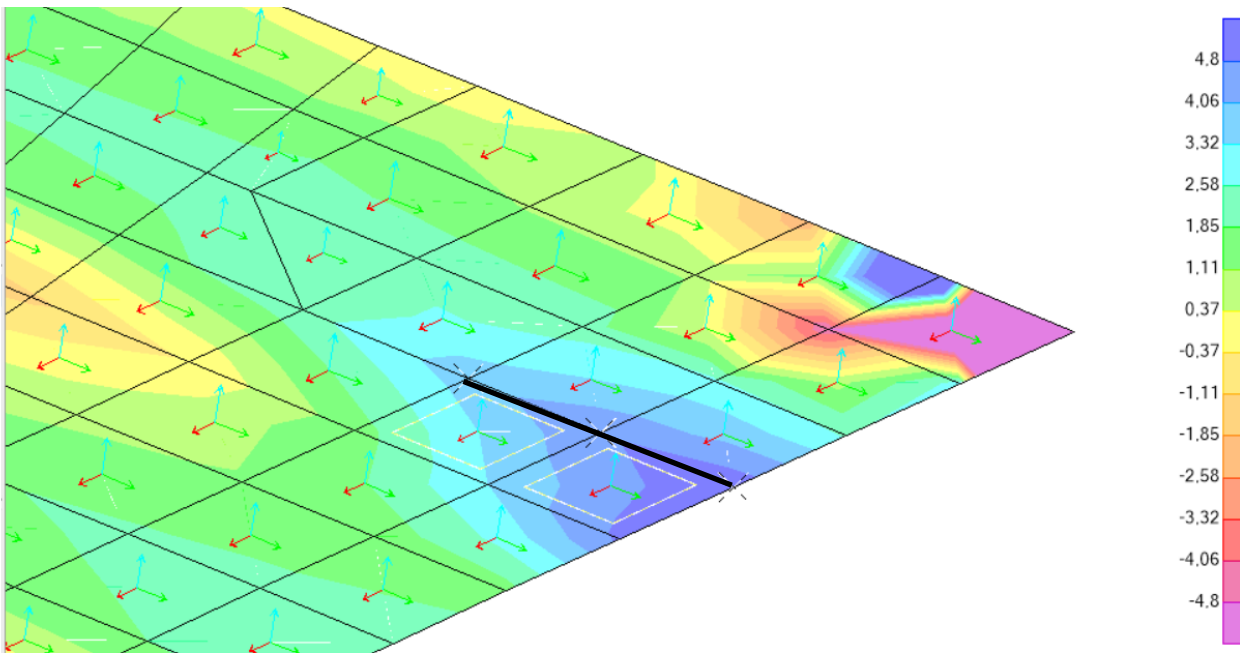


(Imagen 4.91. ELU, comprobación de resistencia L.I.N.- Reforzado)

La sección añadiendo armado, **CUMPLE**.

– LÁMINA INFERIOR SUR

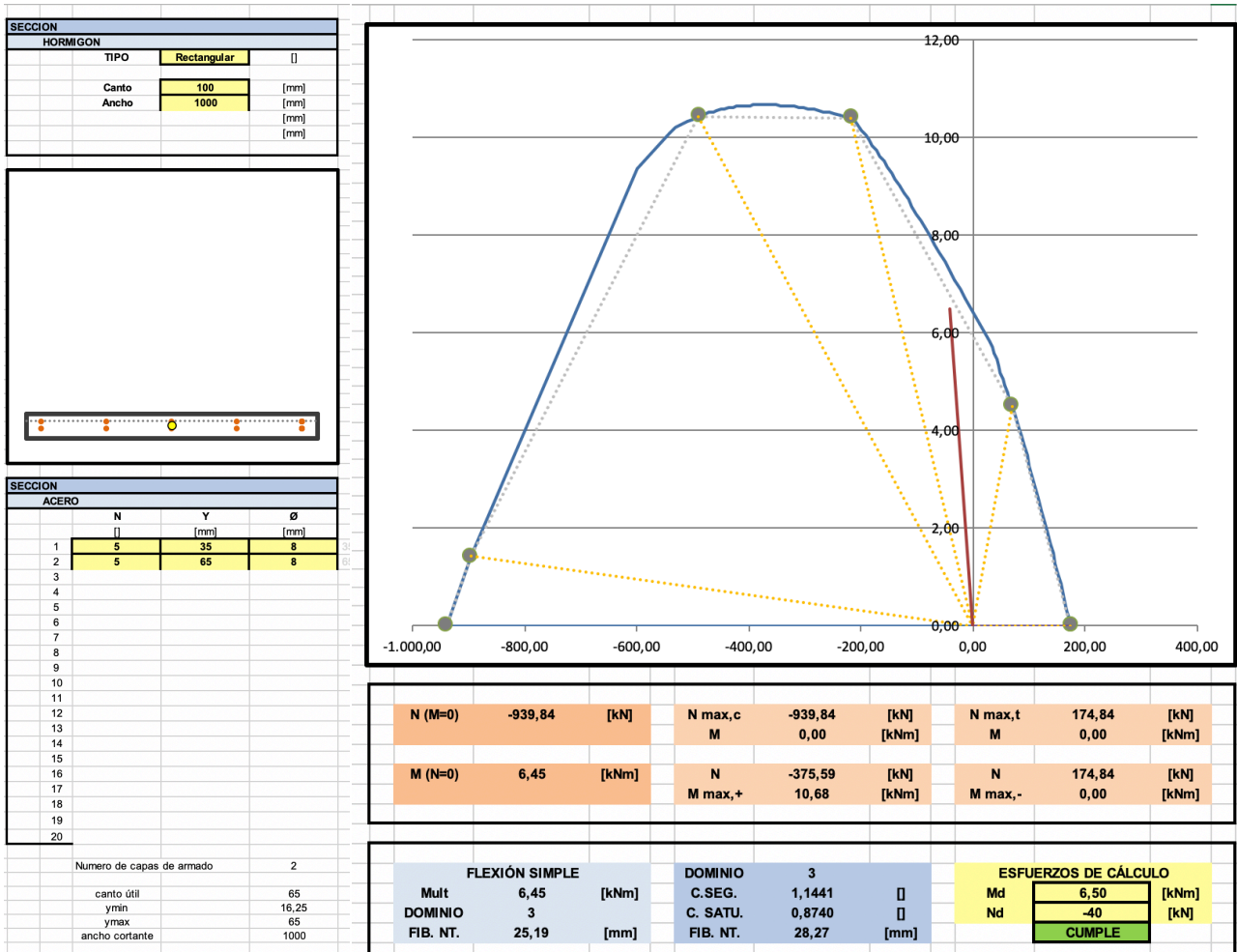
-Momento positivo:



(Imagen 4.92. Resultante de Momentos L.I.S.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	6,1899	RX	
Y	17,9724	RY	
Z	2,7079	RZ	-10,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA			LONGITUD
ELUu			0,8000
Section Cut			
F1	-32,4173	M1	3,6100
F2	11,7870	M2	5,1352
F3	2,1594	M3	3,9386
F1/L	-40,5216	M1/L	4,5125
F2/L	14,7337	M2/L	6,4190
F3/L	2,6992	M3/L	4,9233

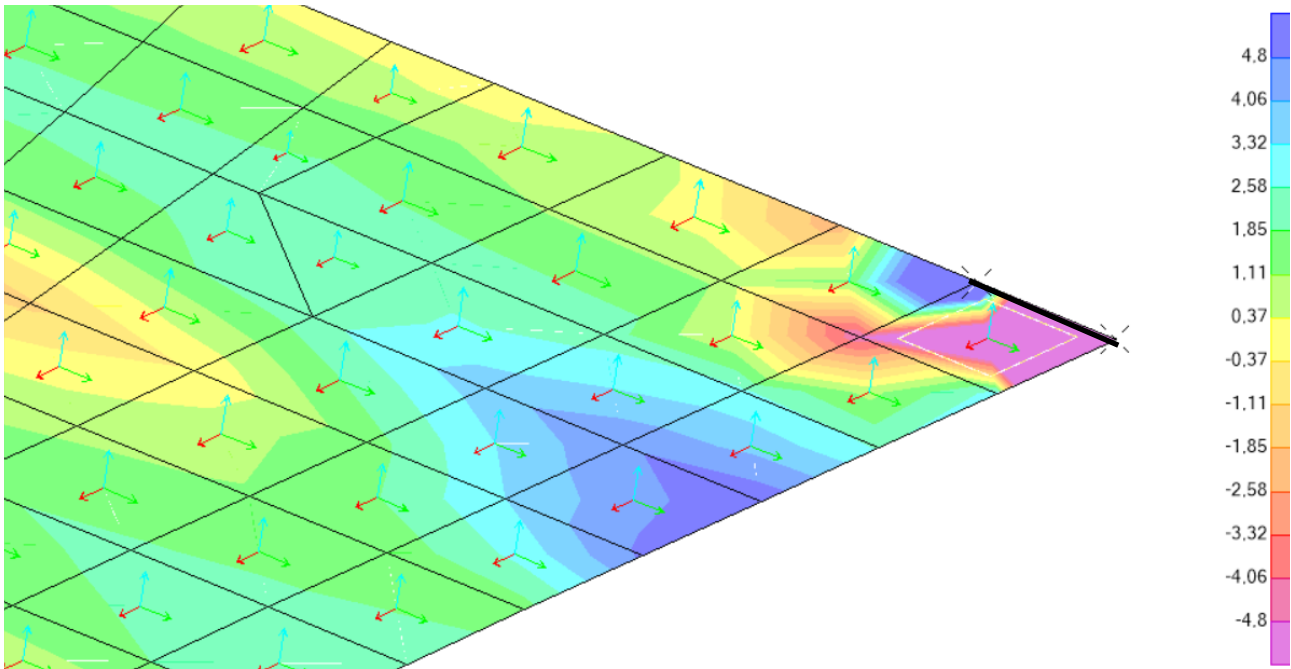
(Imagen 4.93. SectionCut L.I.S.)



(Imagen 4.94. ELU, comprobación de resistencia L.I.S.+)

Como vemos, la sección positiva, **CUMPLE.**

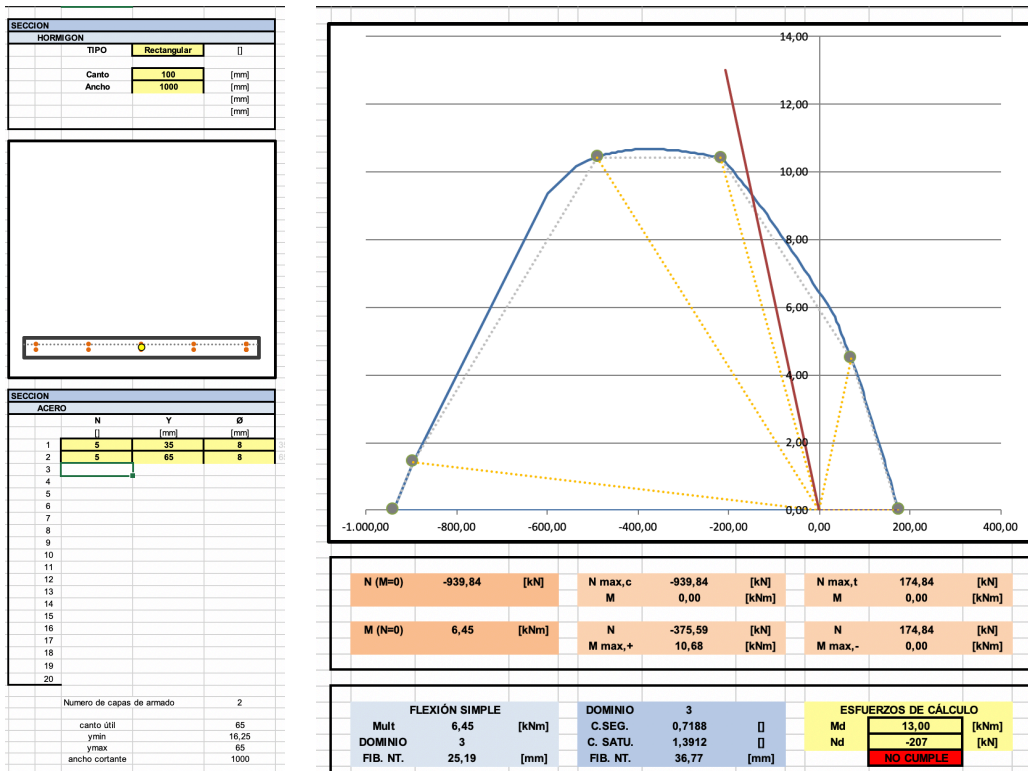
-Momento negativo:



(Imagen 4.95. Resultante de Momentos L.I.S.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	4,6899	RX	
Y	18,1693	RY	
Z	2,6732	RZ	-10,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,4000	
Section Cut			
F1	-82,7286	M1	2,0717
F2	19,4529	M2	-5,0543
F3	10,1658	M3	14,8707
F1/L	-206,8216	M1/L	5,1794
F2/L	48,6322	M2/L	-12,6358
F3/L	25,4145	M3/L	37,1768

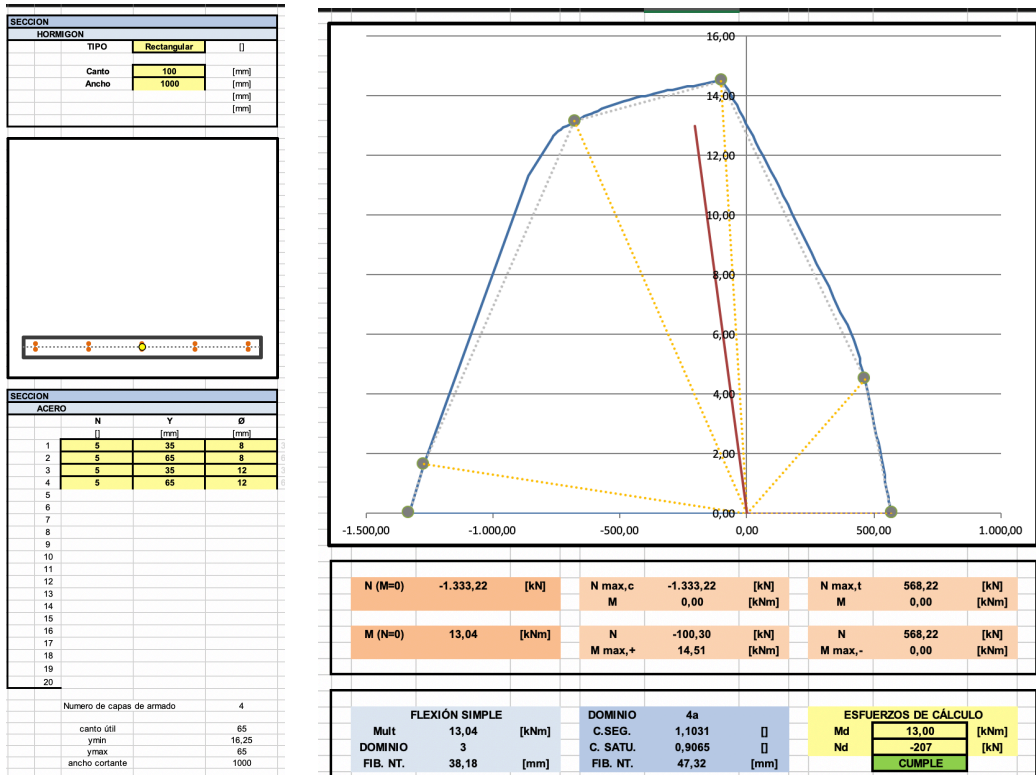
(Imagen 4.96. SectionCut L.I.S.)



(Imagen 4.97. ELU, comprobación de resistencia L.I.S.-)

Como vemos, la sección negativa **NO CUMPLE**.

Por tanto, probamos añadiendo más armado para solventar este problema:



(Imagen 4.98. ELU, comprobación de resistencia L.I.S.- Reforzado)

La sección añadiendo armado, **CUMPLE**.

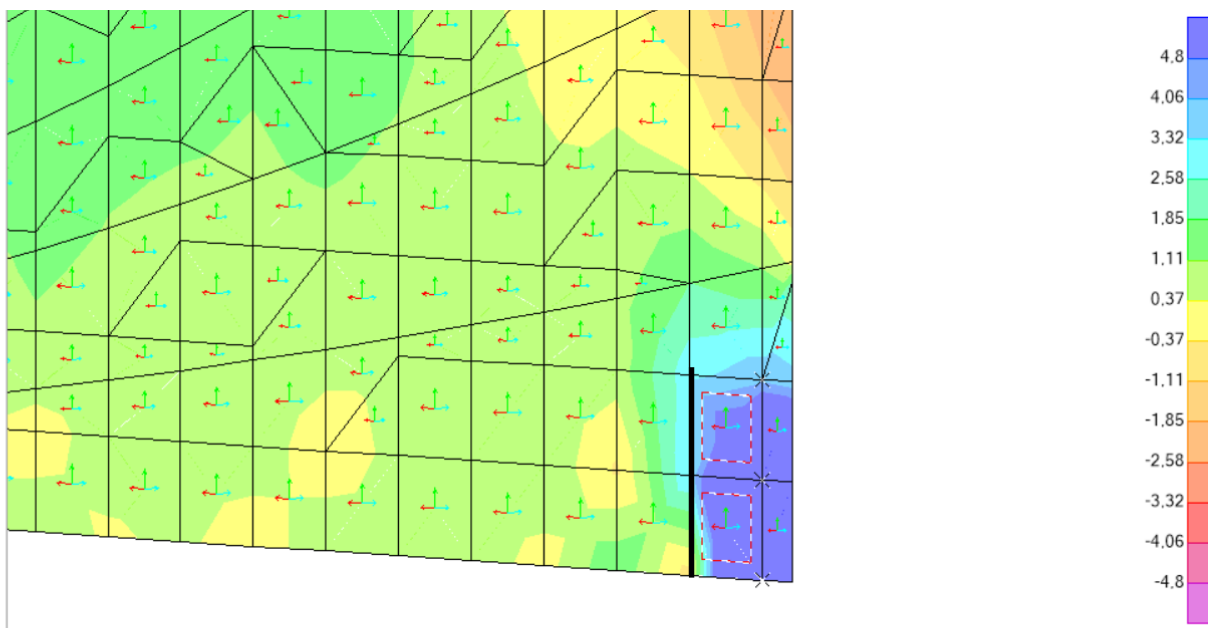
– LÁMINAS VERTICALES Y MUROS TESTEROS

Por la colocación de los ejes locales de estos elementos, se han considerado como Axil, la F1/L y como Momento, M2/L para las láminas centrales y F3/L y el Momento M1/L para los muros.

Al encontrarse en una posición casi vertical, estas láminas presentan el comportamiento de una viga de canto, a grosso modo, generando unas altas tracciones y compresiones en su parte alta y baja, respectivamente.

– LÁMINA CENTRAL NORTE

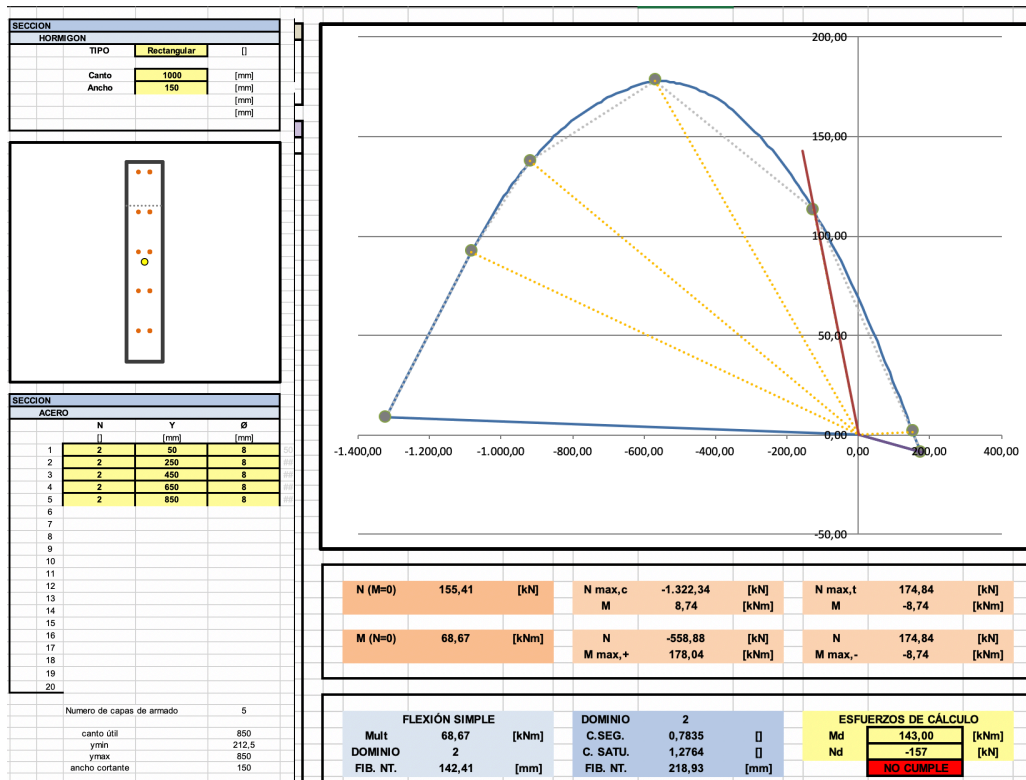
-Momento positivo:



(Imagen 4.99. Resultante de Momentos L.C.N.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	27,4862	RX	
Y	1,8091	RY	
Z	3,2000	RZ	0,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		1,0000	
Section Cut			
F1	-157,1933	M1	1,9697
F2	-6,8472	M2	143,3453
F3	330,3273	M3	10,8431
F1/L	-157,1933	M1/L	1,9697
F2/L	-6,8472	M2/L	143,3453
F3/L	330,3273	M3/L	10,8431

(Imagen 4.100. SectionCut L.C.N.)



(Imagen 4.101. ELU, comprobación de resistencia L.C.N.+)

Como vemos, la sección positiva **NO CUMPLE**.

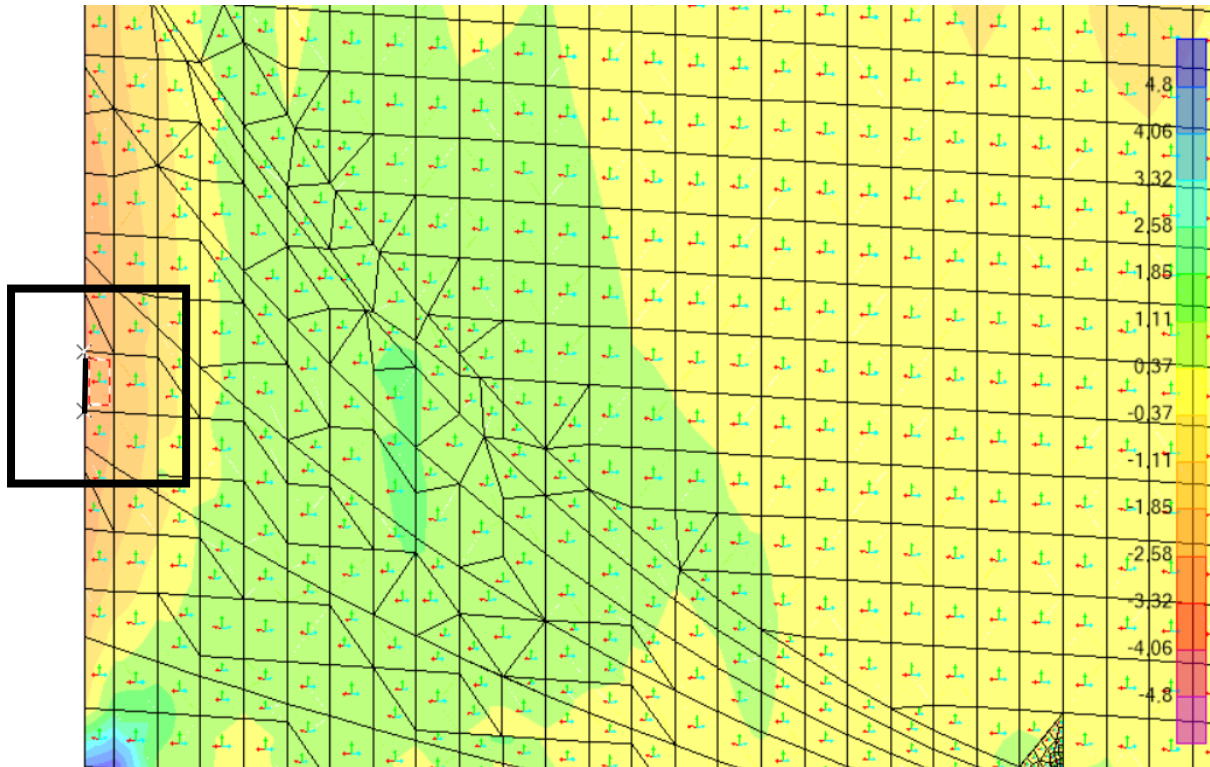
Por tanto, probamos añadiendo más armado para solventar este problema:



(Imagen 4.102. ELU, comprobación de resistencia L.C.N.+ Reforzado)

La sección añadiendo armado transversal, **CUMPLE**.

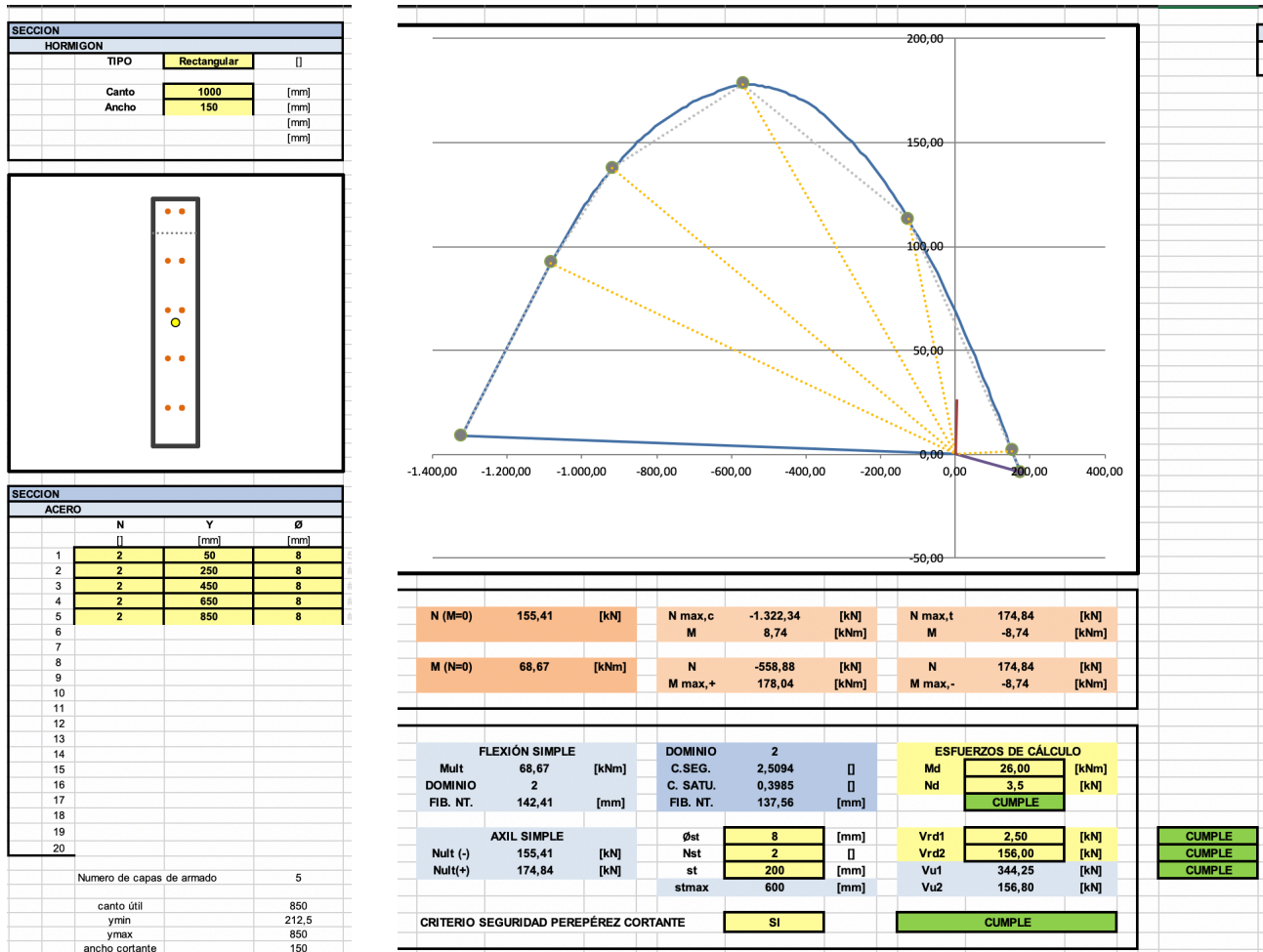
-Momento negativo:



(Imagen 4.103. Resultante de Momentos L.C.N.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	-1,3101	RX	
Y	3,6019	RY	
Z	6,4500	RZ	0,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,5000	
Section Cut			
F1	1,6975	M1	-0,4324
F2	1,1778	M2	-13,0093
F3	73,0635	M3	1,3512
F1/L	3,3950	M1/L	-0,8648
F2/L	2,3556	M2/L	-26,0187
F3/L	146,1269	M3/L	2,7023

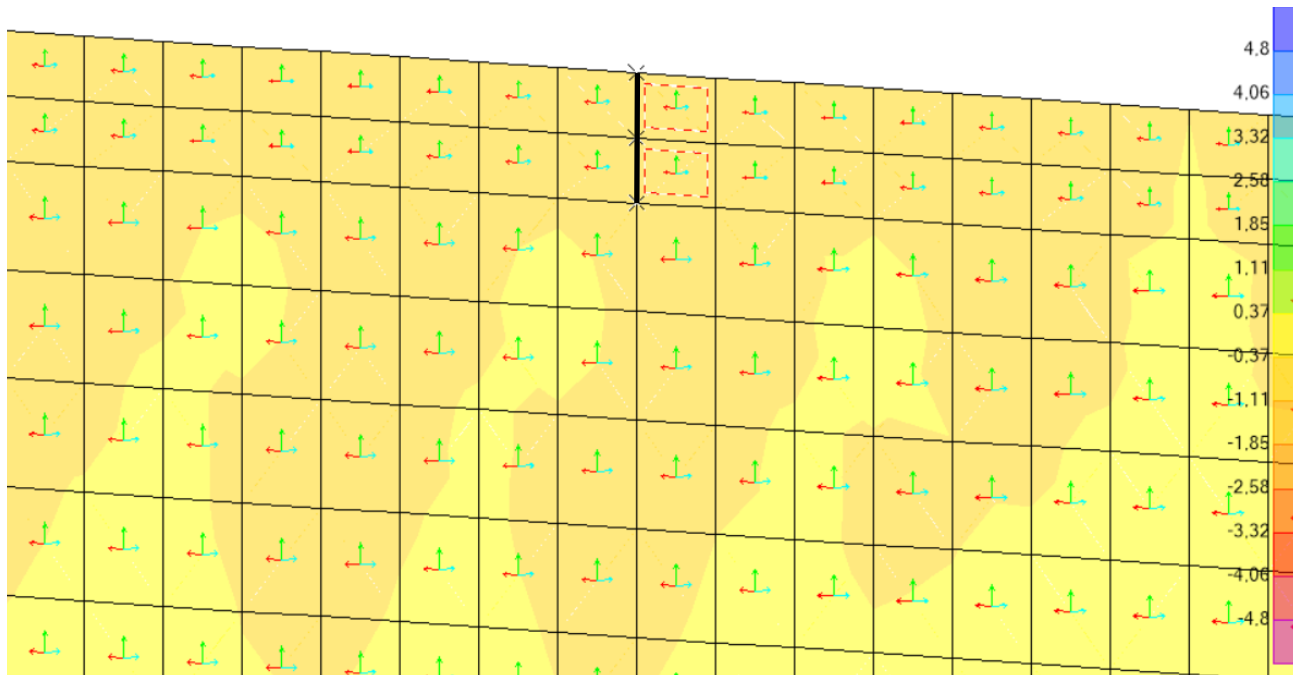
(Imagen 4.104. SectionCut L.C.N.)



(Imagen 4.105. ELU, comprobación de resistencia L.C.N.-)

La sección negativa, **CUMPLE.**

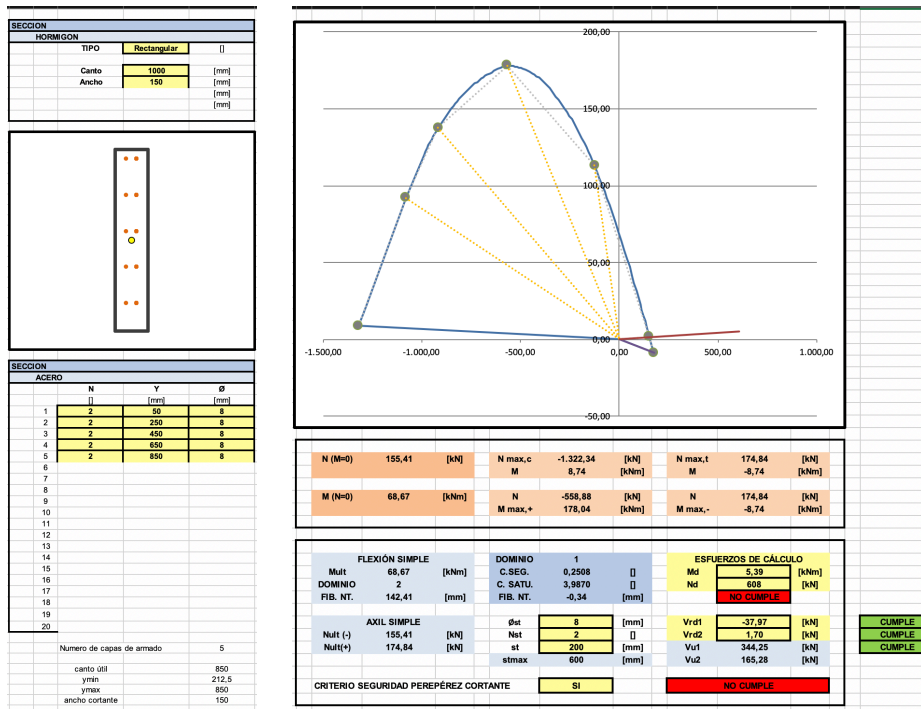
-Sección más traccionada:



(Imagen 4.106. Resultante de Momentos L.C.N.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	13,0142	RX	
Y	2,7101	RY	
Z	12,0000	RZ	0,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,6000	
Section Cut			
F1	364,8128	M1	0,5452
F2	-22,7836	M2	3,2372
F3	1,0441	M3	0,3845
F1/L	608,0213	M1/L	0,9086
F2/L	-37,9727	M2/L	5,3953
F3/L	1,7401	M3/L	0,6408

(Imagen 4.107. SectionCut L.C.N.)



(Imagen 4.108. ELU, comprobación de resistencia L.C.N. Traccionada)

Como vemos, la sección más traccionada **NO CUMPLE**.

Por tanto, probamos añadiendo más armado para solventar este problema:

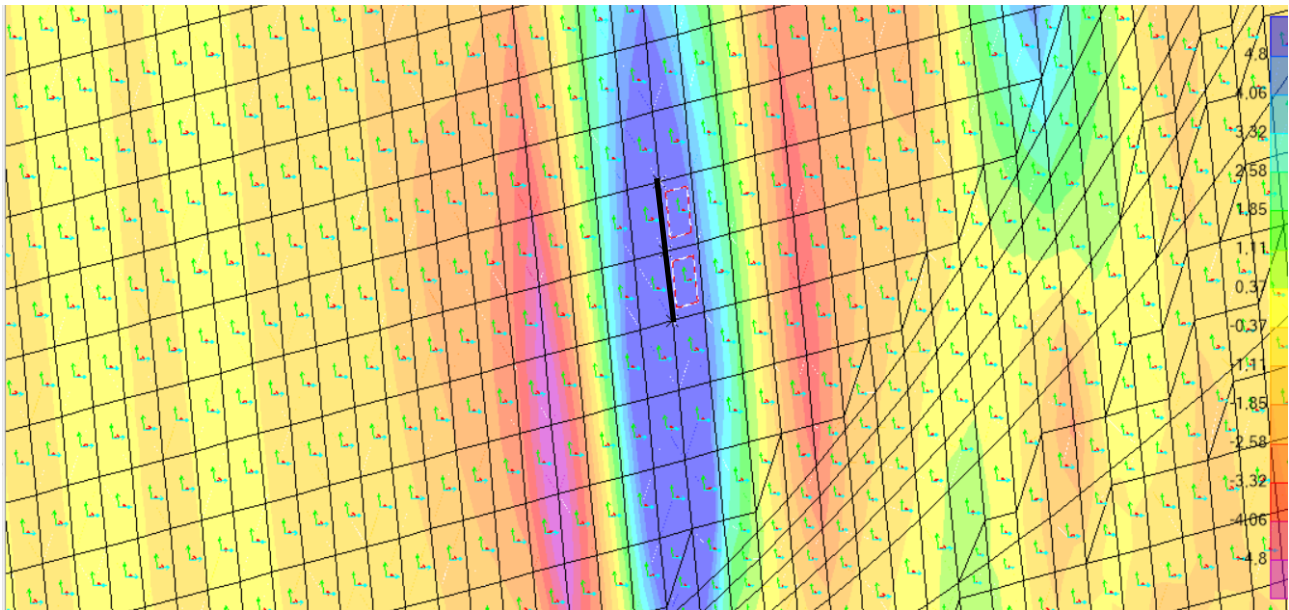


(Imagen 4.109. ELU, comprobación de resistencia L.C.N.- Traccionada Reforzada)

La sección añadiendo armado, **CUMPLE**.

— LÁMINA CENTRAL SUR

-Momento positivo:



(Imagen 4.110. Resultante de Momentos L.C.S.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	27,1899	RX	
Y	13,8598	RY	
Z	4,6890	RZ	6,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		1,0000	
Section Cut			
F1	24,3636	M1	8,1222
F2	-33,3648	M2	62,9019
F3	264,3355	M3	7,9361
F1/L	24,3636	M1/L	8,1222
F2/L	-33,3648	M2/L	62,9019
F3/L	264,3355	M3/L	7,9361

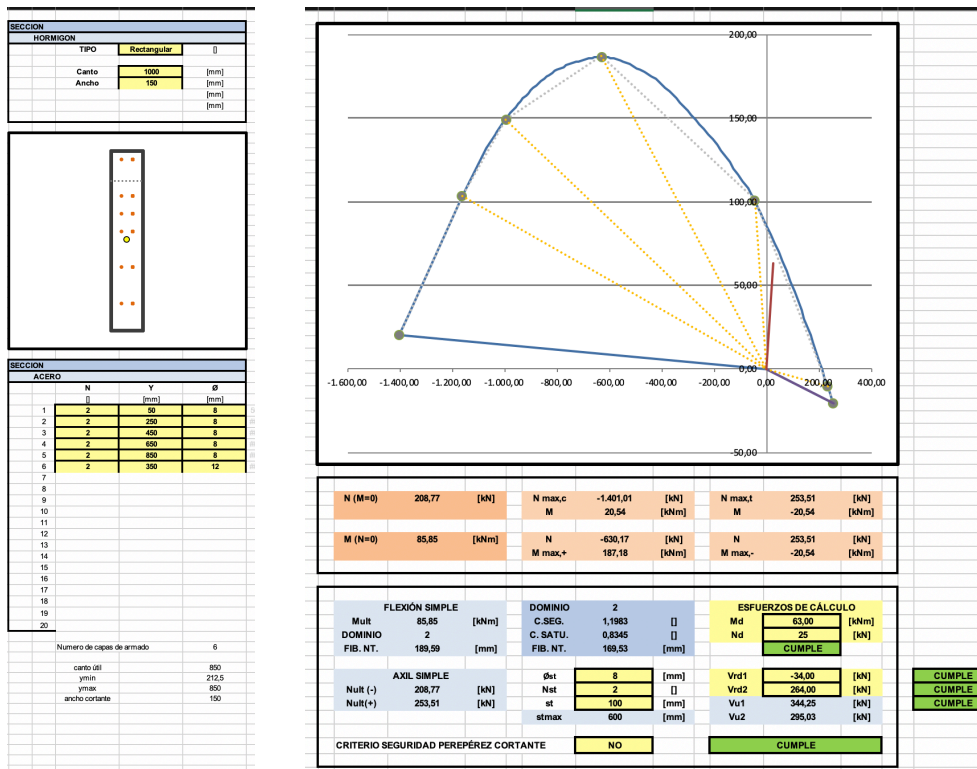
(Imagen 4.111. SectionCut L.C.S.)



(Imagen 4.112. ELU, comprobación de resistencia L.C.S.+)

Como vemos, la sección positiva, **NO CUMPLE**.

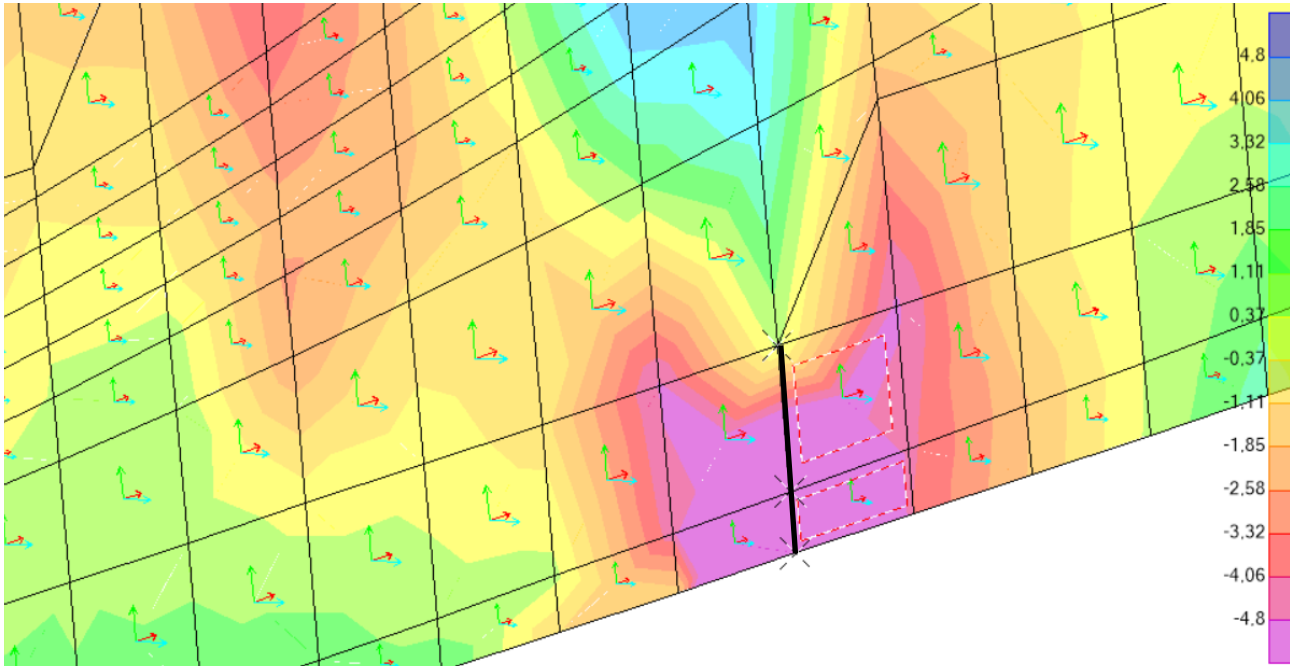
Por tanto, probamos añadiendo más armado para solventar este problema:



(Imagen 4.113. ELU, comprobación de resistencia L.C.S.+ Reforzado)

La sección añadiendo armado, **CUMPLE.**

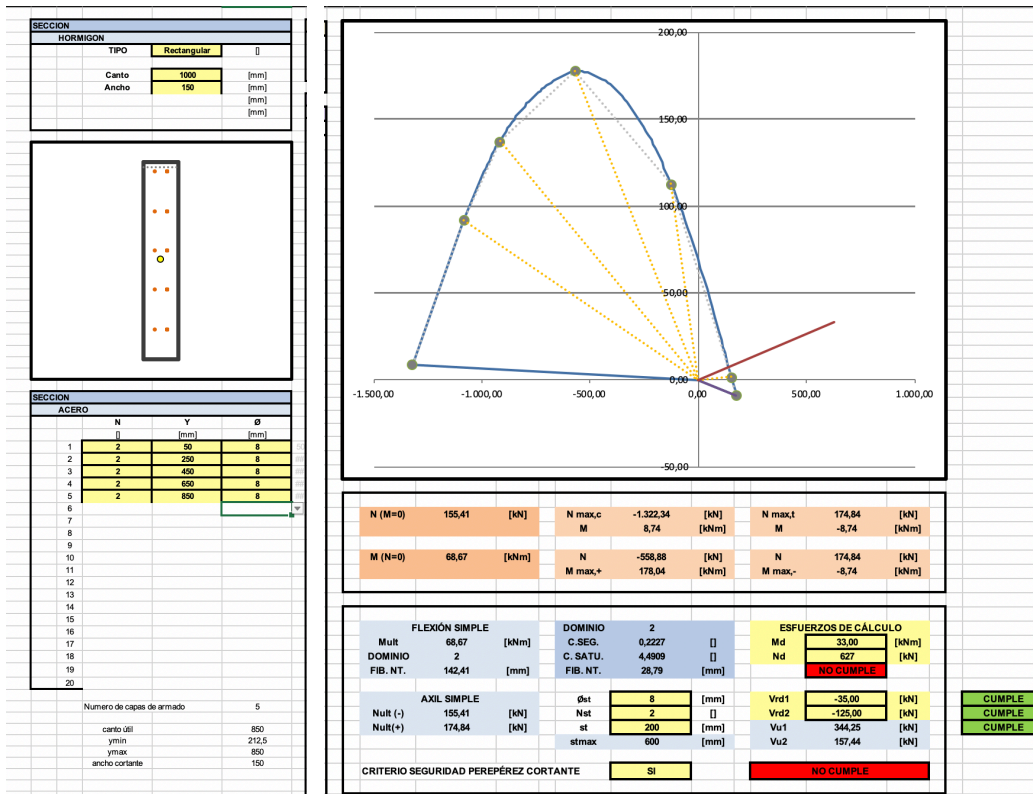
-Momento negativo y mayor tracción:



(Imagen 4.114. Resultante de Momentos L.C.S.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	4,6899	RX	
Y	14,0463	RY	
Z	2,9152	RZ	6,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,5000	
Section Cut			
F1	313,5571	M1	-3,0582
F2	-17,6734	M2	-16,2016
F3	-62,6852	M3	-8,1910
F1/L	627,1142	M1/L	-6,1164
F2/L	-35,3467	M2/L	-32,4032
F3/L	-125,3703	M3/L	-16,3820

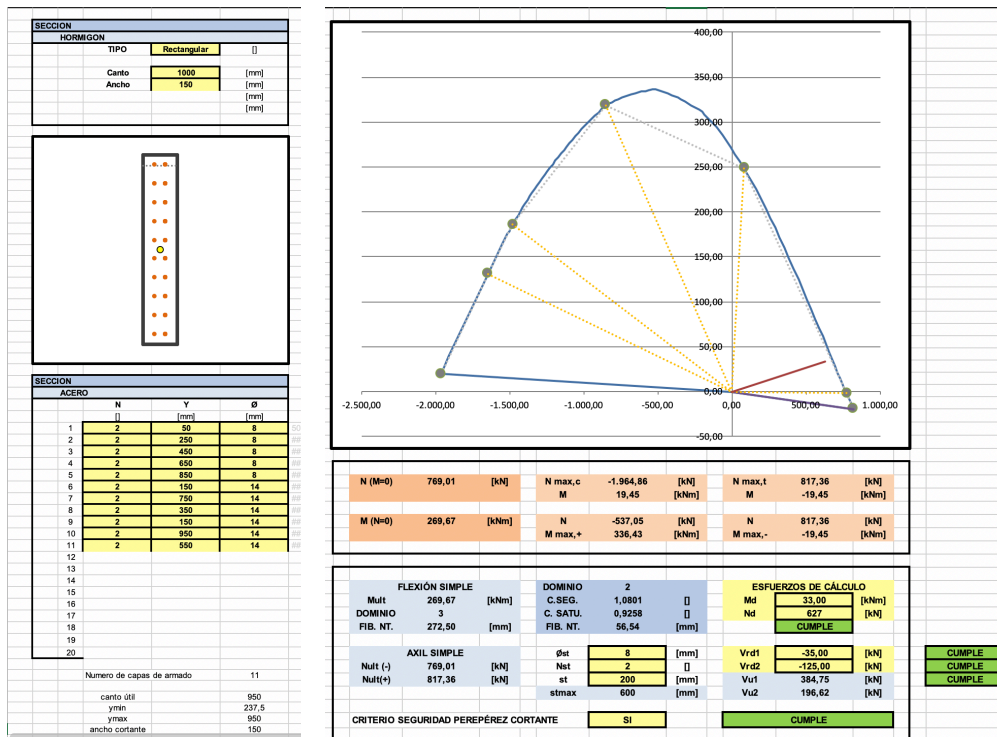
(Imagen 4.115. SectionCut L.C.S.)



(Imagen 4.116. ELU, comprobación de resistencia L.C.S.-)

Como vemos, la sección negativa, **NO CUMPLE**.

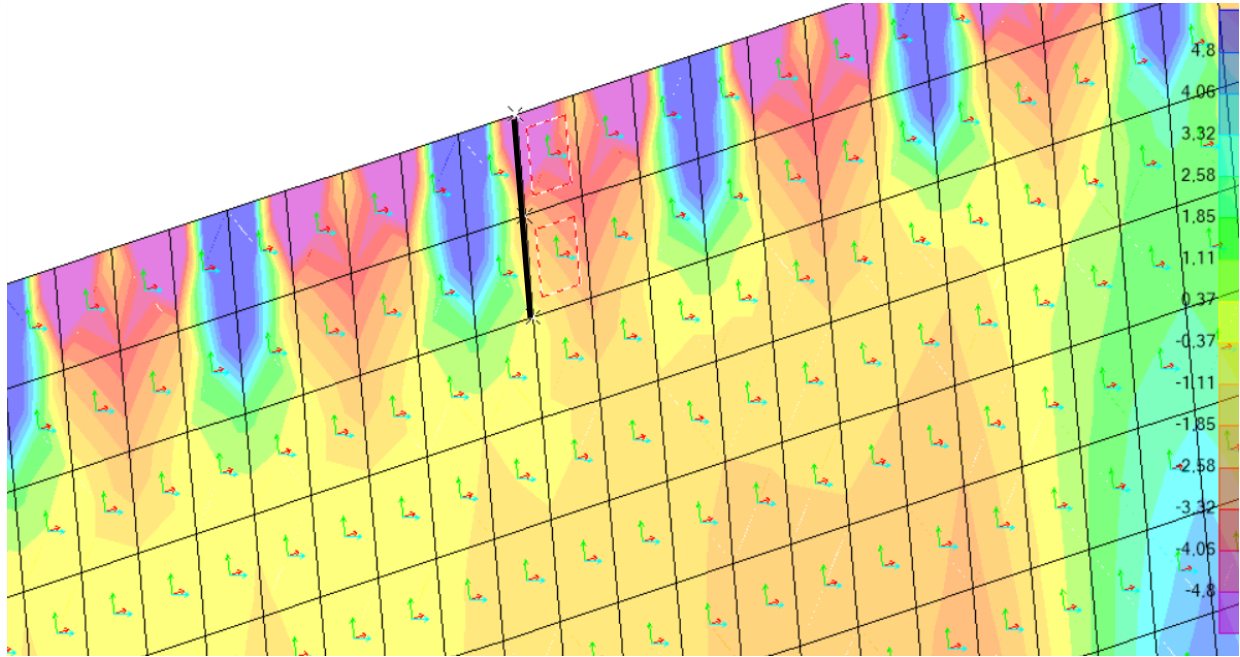
Por tanto, probamos añadiendo más armado para solventar este problema:



(Imagen 4.117. ELU, comprobación de resistencia L.C.S.- Reforzado)

La sección añadiendo armado, **CUMPLE**.

-Sección con mayor compresión:



(Imagen 4.118. Resultante de Momentos L.C.S.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	10,1899	RX	
Y	13,0758	RY	
Z	12,1480	RZ	6,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		1,0000	
Section Cut			
F1	-552,5779	M1	-2,0448
F2	69,7493	M2	-9,3761
F3	-87,6162	M3	-4,7775
F1/L	-552,5779	M1/L	-2,0448
F2/L	69,7493	M2/L	-9,3761
F3/L	-87,6162	M3/L	-4,7775

(Imagen 4.119. SectionCut L.C.S.)



(Imagen 4.120. ELU, comprobación de resistencia L.C.S. Compresión)

La sección con mayor compresión, **CUMPLE.**

– MUROS TESTEROS

El principal apoyo de la estructura son los dos soportes sobre los que descansan los dos grandes muros-viga. Para estudiar estos elementos emplearemos las F3 (Axiles en dirección Z) y los M1 (Momentos internos del muro), dado que los muros son perpendiculares al eje X.

– MURO TESTERO, PÓRTICO 0

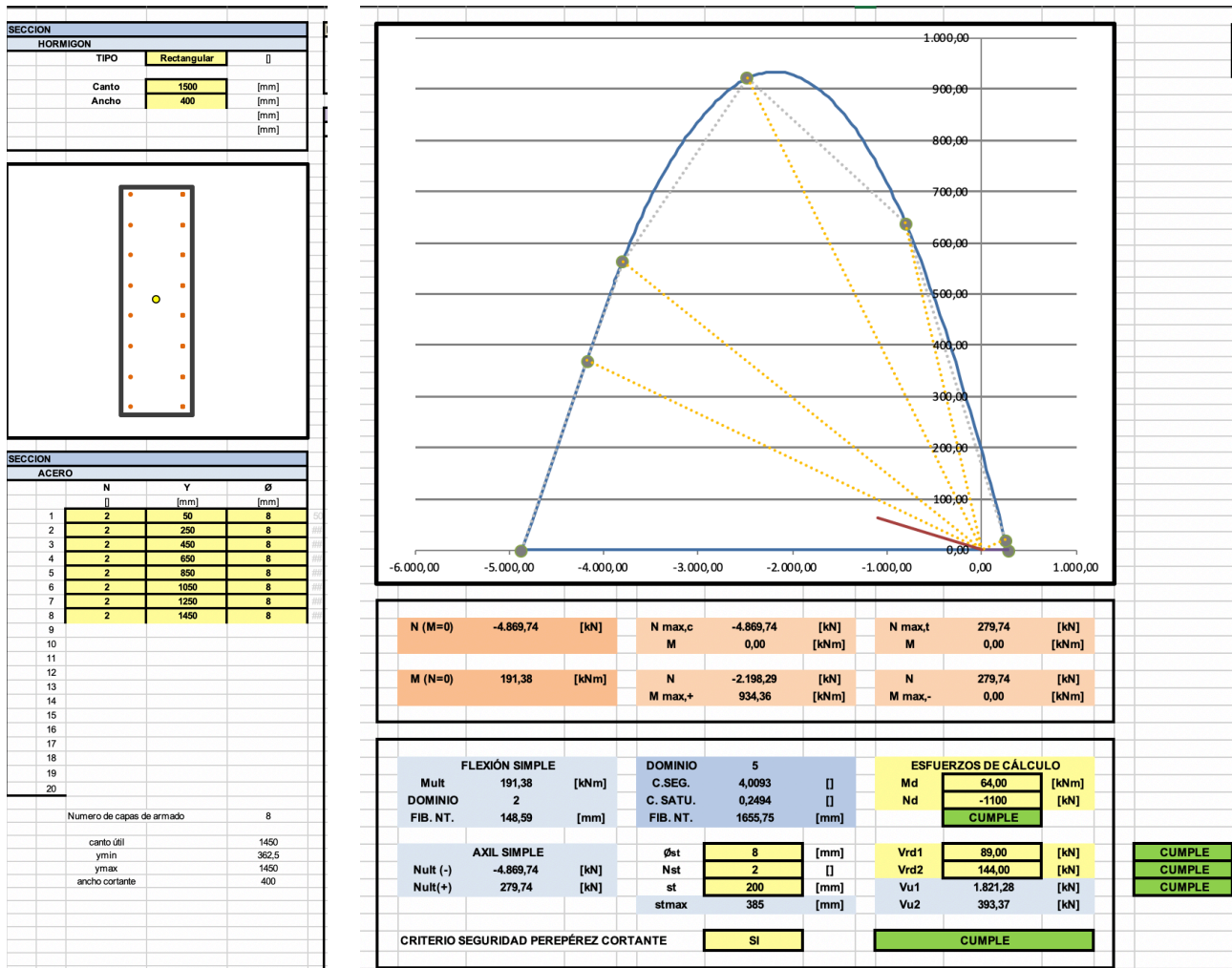
-Axil máximo del muro:



(Imagen 4.121. Resultante de Axiles Muro 0)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	27,6899	RX	
Y	14,0789	RY	
Z	0,5000	RZ	0,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUsisvy+		1,5000	
Section Cut			
F1	216,3246	M1	95,8434
F2	133,6149	M2	182,6367
F3	-1.650,5414	M3	29,5220
F1/L	144,2164	M1/L	63,8956
F2/L	89,0766	M2/L	121,7578
F3/L	-1.100,3610	M3/L	19,6813

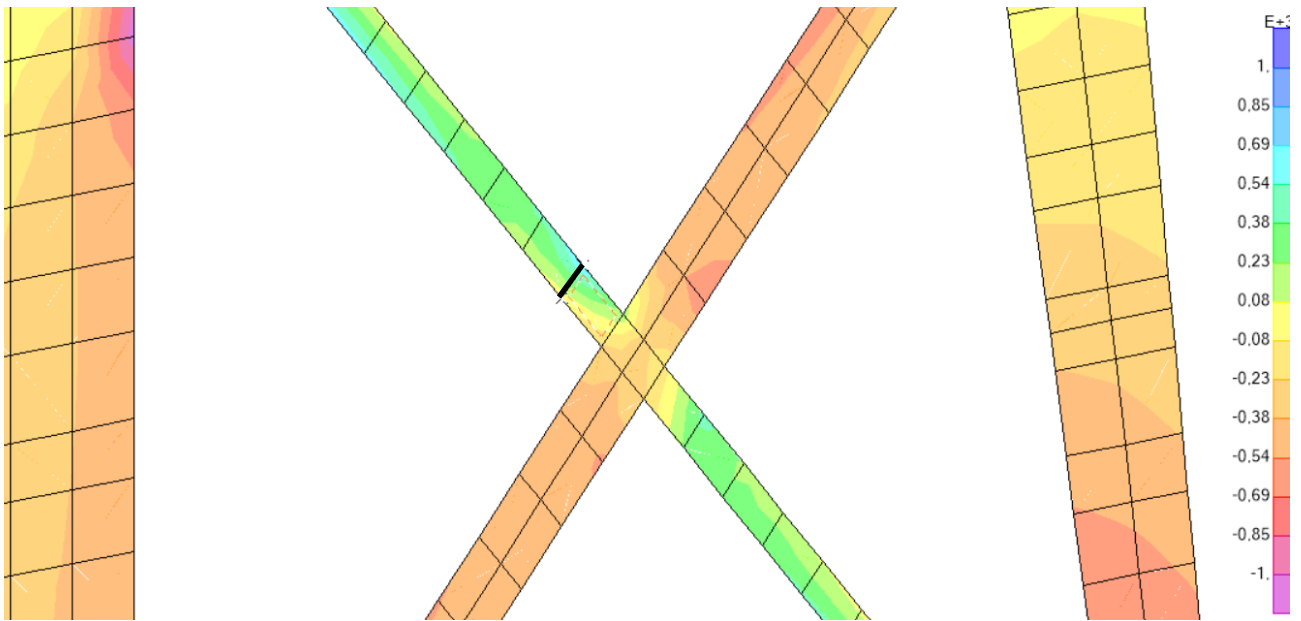
(Imagen 4.122. SectionCut Muro 0)



(Imagen 4.123. ELU, comprobación de resistencia Muro 0 Axil)

La sección con mayor axil del muro del pórtico 0 **CUMPLE**.

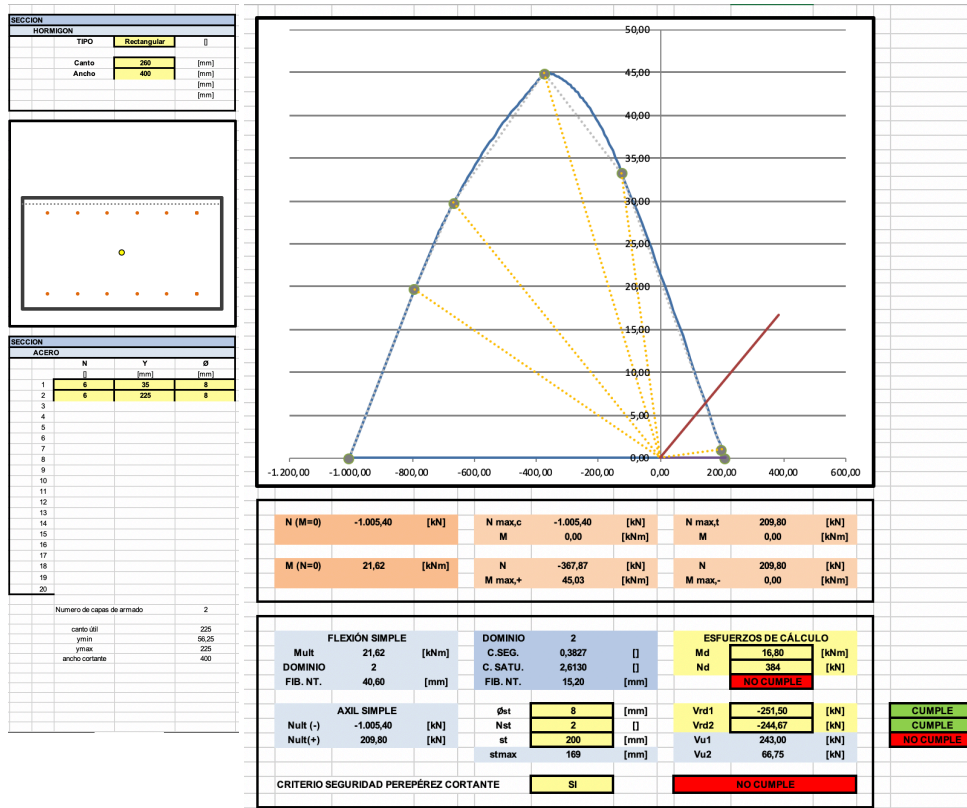
-Tracción máxima del muro:



(Imagen 4.124. Resultante de Axiles Muro 0)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	27,6899	RX	0,0000
Y	8,6269	RY	
Z	9,4359	RZ	45,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,2597	
Section Cut			
F1	-63,5358	M1	4,3810
F2	-65,3102	M2	-3,0172
F3	99,6889	M3	0,6162
F1/L	-244,6735	M1/L	16,8710
F2/L	-251,5068	M2/L	-11,6191
F3/L	383,8976	M3/L	2,3730

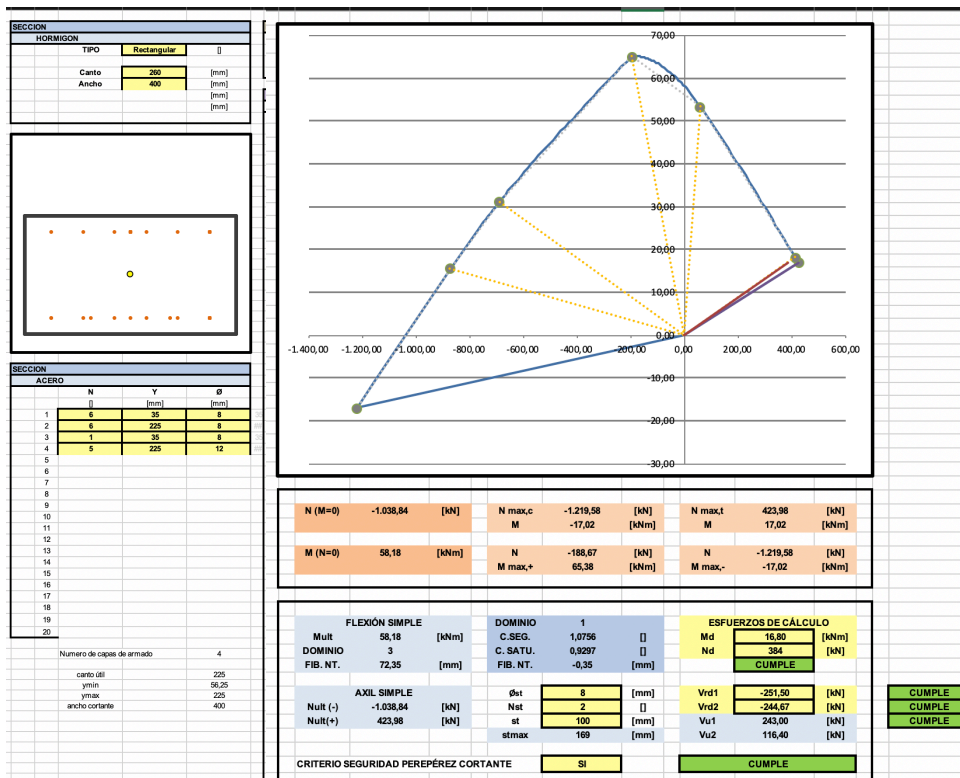
(Imagen 4.125. SectionCut Muro 0)



(Imagen 4.126. ELU, comprobación de resistencia Muro 0 Tracción)

Como vemos, la viga traccionada, **NO CUMPLE**.

Por tanto, probamos añadiendo más armado para solventar este problema:

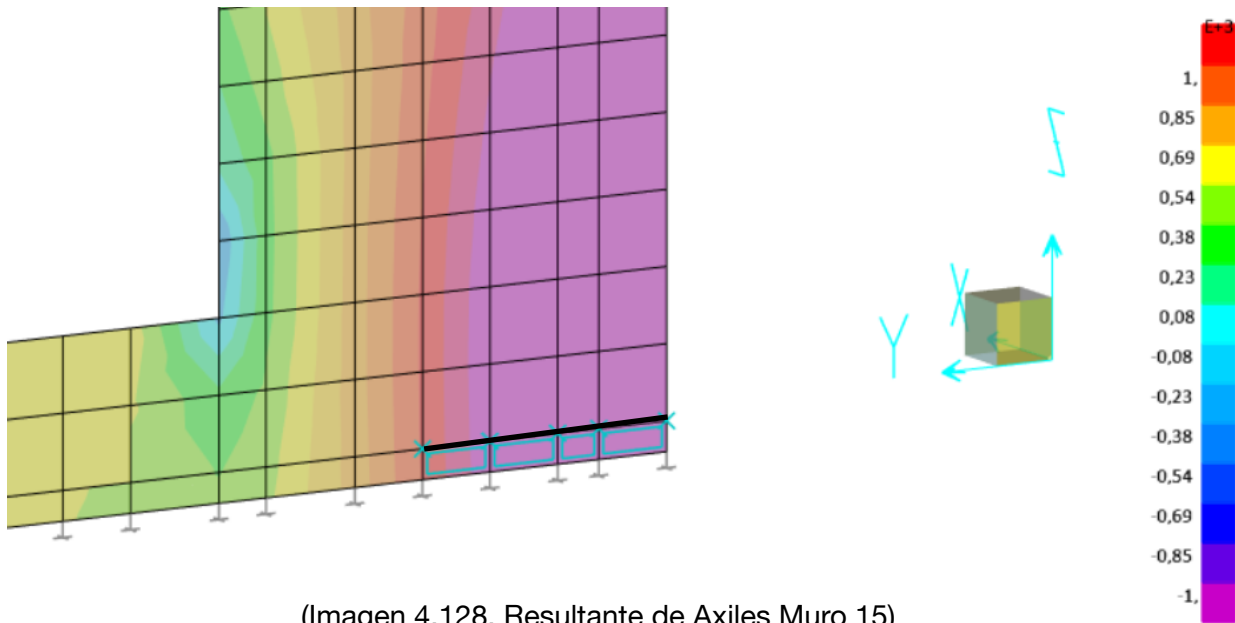


(Imagen 4.127. ELU, comprobación de resistencia Muro 0 tracción reforzado)

La sección con armado de refuerzo, **CUMPLE**.

— MURO TESTERO, PÓRTICO 15

-Axil máximo del muro:



(Imagen 4.128. Resultante de Axiles Muro 15)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	-1,3101	RX	
Y	4,4804	RY	
Z	0,2000	RZ	0,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUsisvy+		1,7949	
Section Cut			
F1	50,2564	M1	518,3153
F2	-42,0684	M2	71,9251
F3	-1.431,5895	M3	15,2536
F1/L	28,0002	M1/L	288,7779
F2/L	-23,4383	M2/L	40,0729
F3/L	-797,6061	M3/L	8,4985

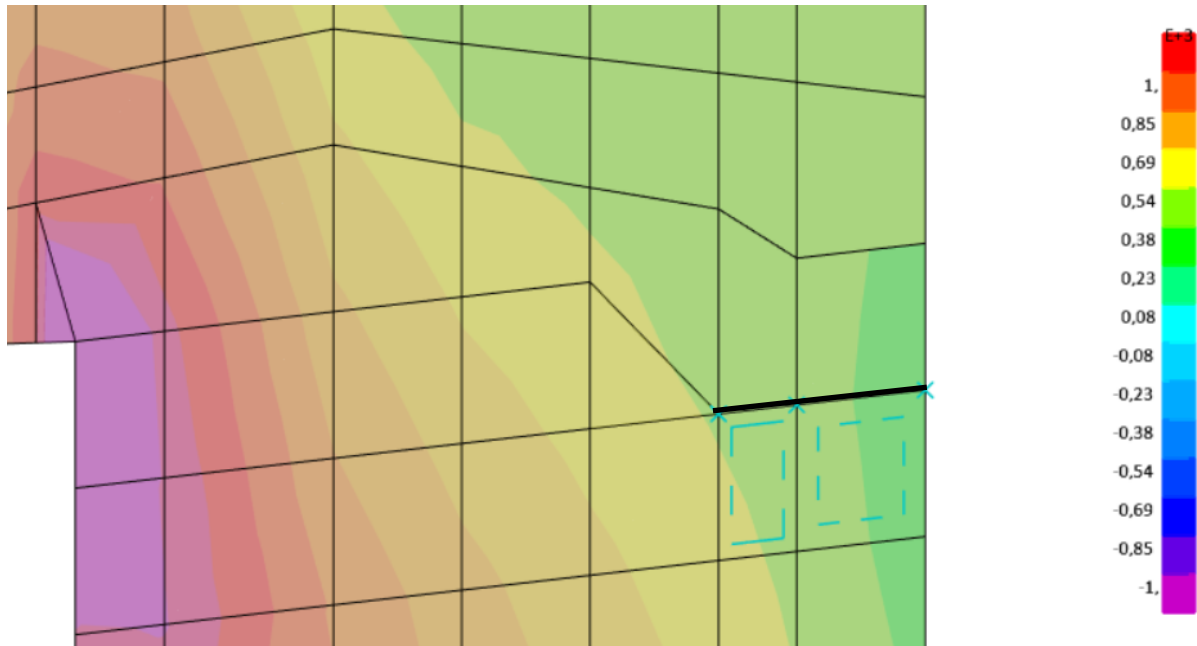
(Imagen 4.129. SectionCut Muro 15)



(Imagen 4.130. ELU, comprobación de resistencia Muro 15 Axil)

La sección con mayor axil del muro del pórtico 15 **CUMPLE**.

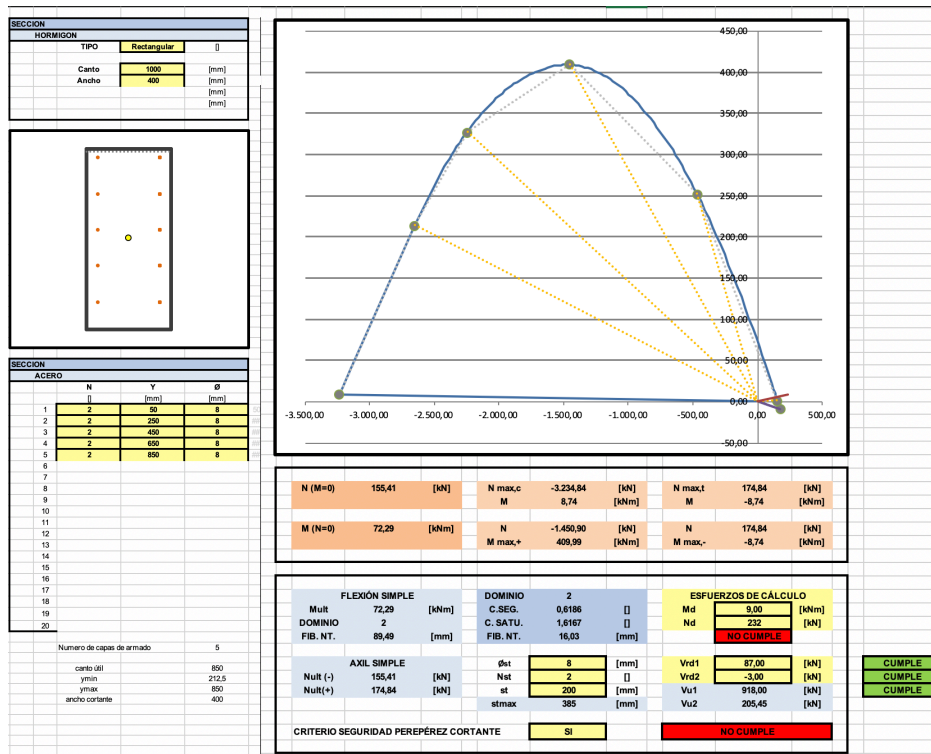
-Tracción máxima del muro:



(Imagen 4.131. Resultante de Momentos Muro 15)

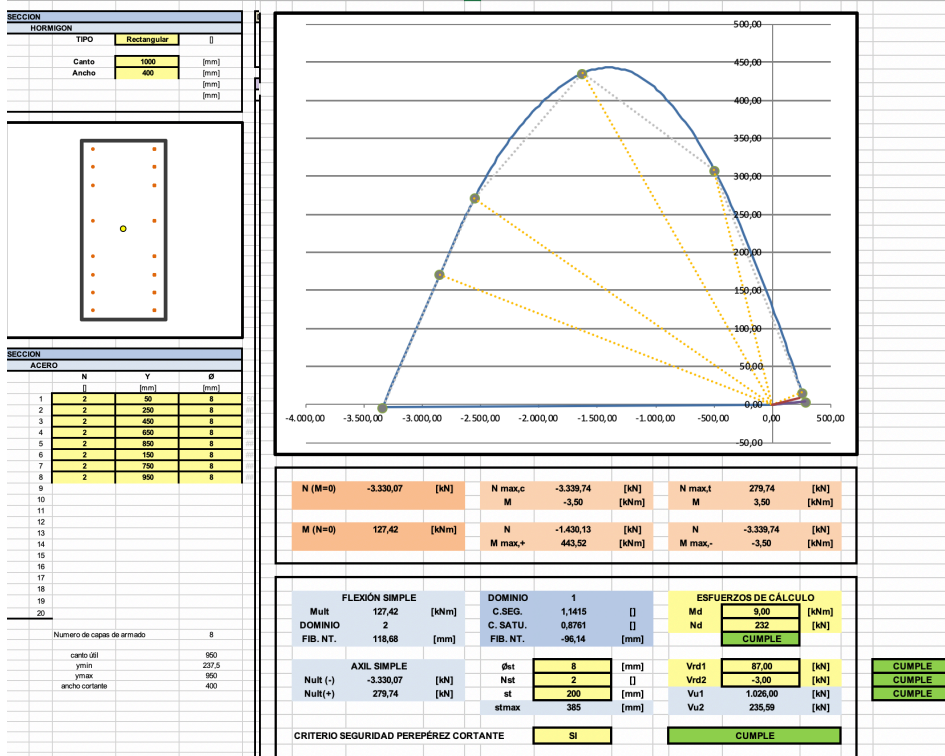
SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	-1,3101	RX	
Y	4,0348	RY	
Z	10,2000	RZ	0,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUsisvy+		0,8005	
Section Cut			
F1	-2,0644	M1	7,0379
F2	70,2229	M2	3,7602
F3	185,4551	M3	25,6459
F1/L	-2,5788	M1/L	8,7916
F2/L	87,7201	M2/L	4,6972
F3/L	231,6644	M3/L	32,0361

(Imagen 4.132. SectionCut Muro 15)



(Imagen 4.133. ELU, comprobación de resistencia Muro 15 Tracción)

Como vemos, el muro no es capaz de soportar la tracción, **NO CUMPLE**.
 Por tanto, probamos añadiendo más armado para solventar este problema:



(Imagen 4.134. ELU, comprobación de resistencia Muro 15 Tracción Reforzado)

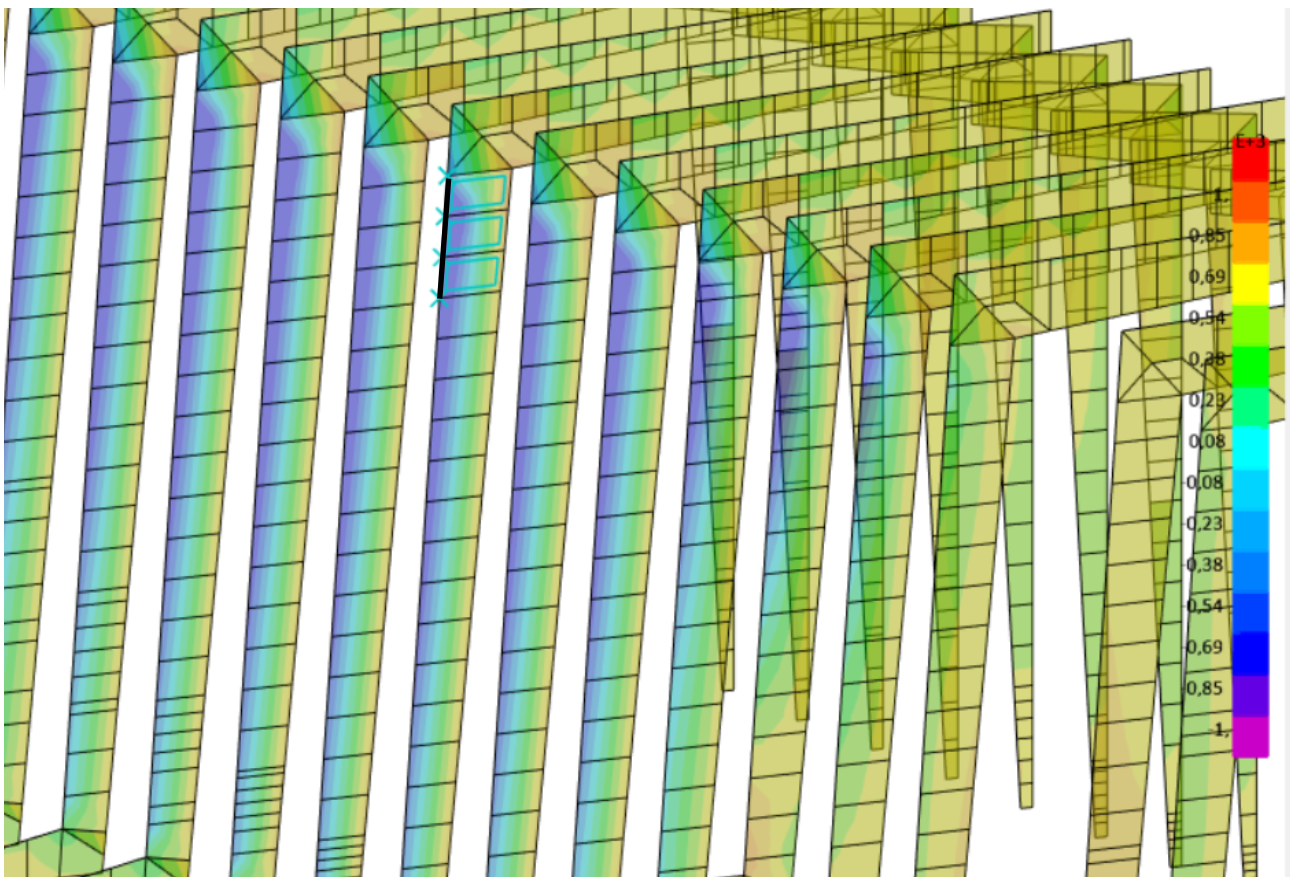
La sección añadiendo armado, **CUMPLE**.

—4.8.3 SISMO (ELU_{sismo}^{+})

En la comprobación de sismo hemos elegido estudiar el comportamiento de las costillas, el centro de la lámina intermedia Norte y los soportes de la estructura, los muros testeros. Las primeras porque pasan a ser los elementos que absorben gran parte de los esfuerzos producidos por el movimiento del suelo y los muros porque son estos los que conectan este movimiento con la estructura.

—COSTILLAS DE HORMIGÓN

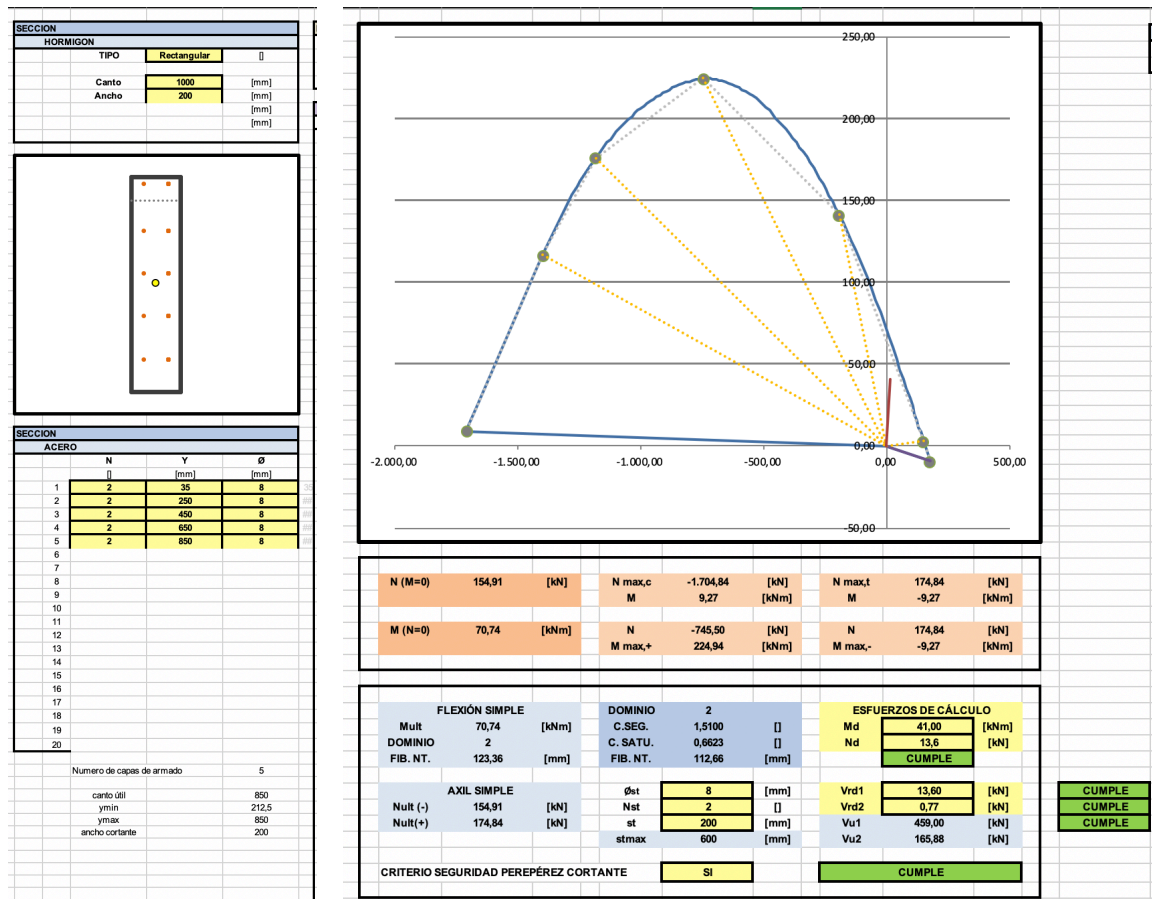
-Tracciones traseras en las costillas de la Lámina Sur:



(Imagen 4.135. Resultante de Axiles Costilla 8)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	12,6899	RX	
Y	13,9795	RY	
Z	11,8993	RZ	0,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUisvy+		1,4960	
Section Cut			
F1	1,1570	M1	62,0740
F2	-43,5789	M2	1,9073
F3	20,3515	M3	0,0966
F1/L	0,7734	M1/L	41,4943
F2/L	-29,1309	M2/L	1,2750
F3/L	13,6042	M3/L	0,0645

(Imagen 4.136. SectionCut Costilla)

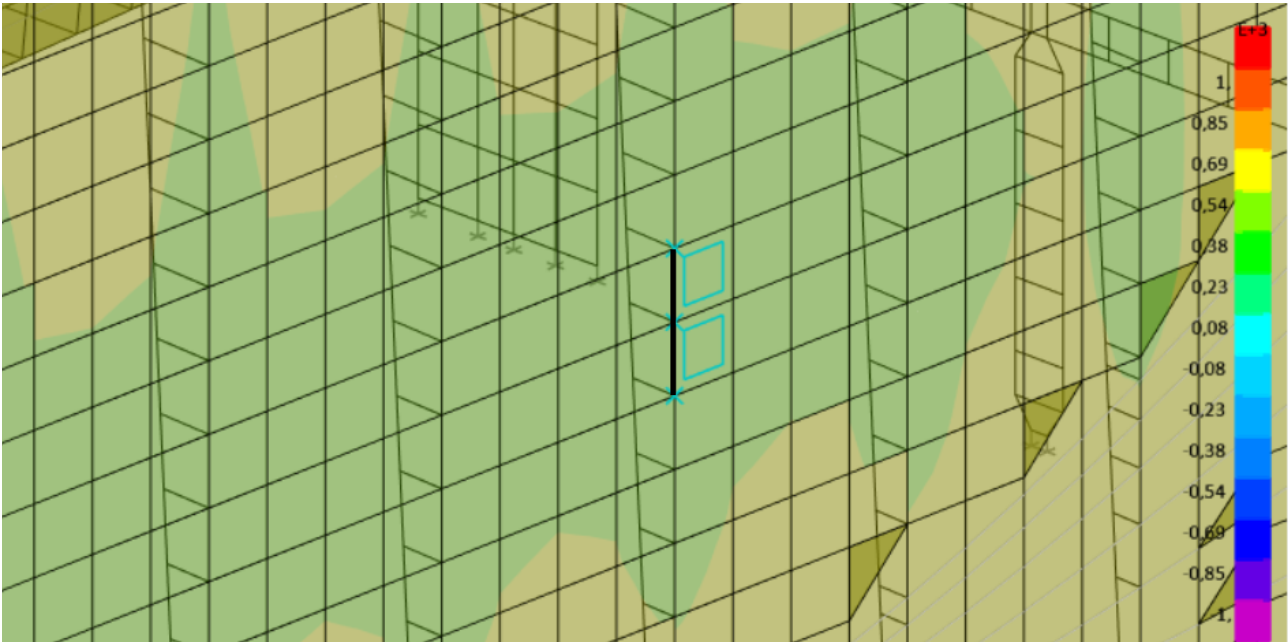


(Imagen 4.137. ELU, comprobación de resistencia Costillas Tracciones)

La sección con mayor tracción, **CUMPLE.**

—LÁMINA CENTRAL NORTE

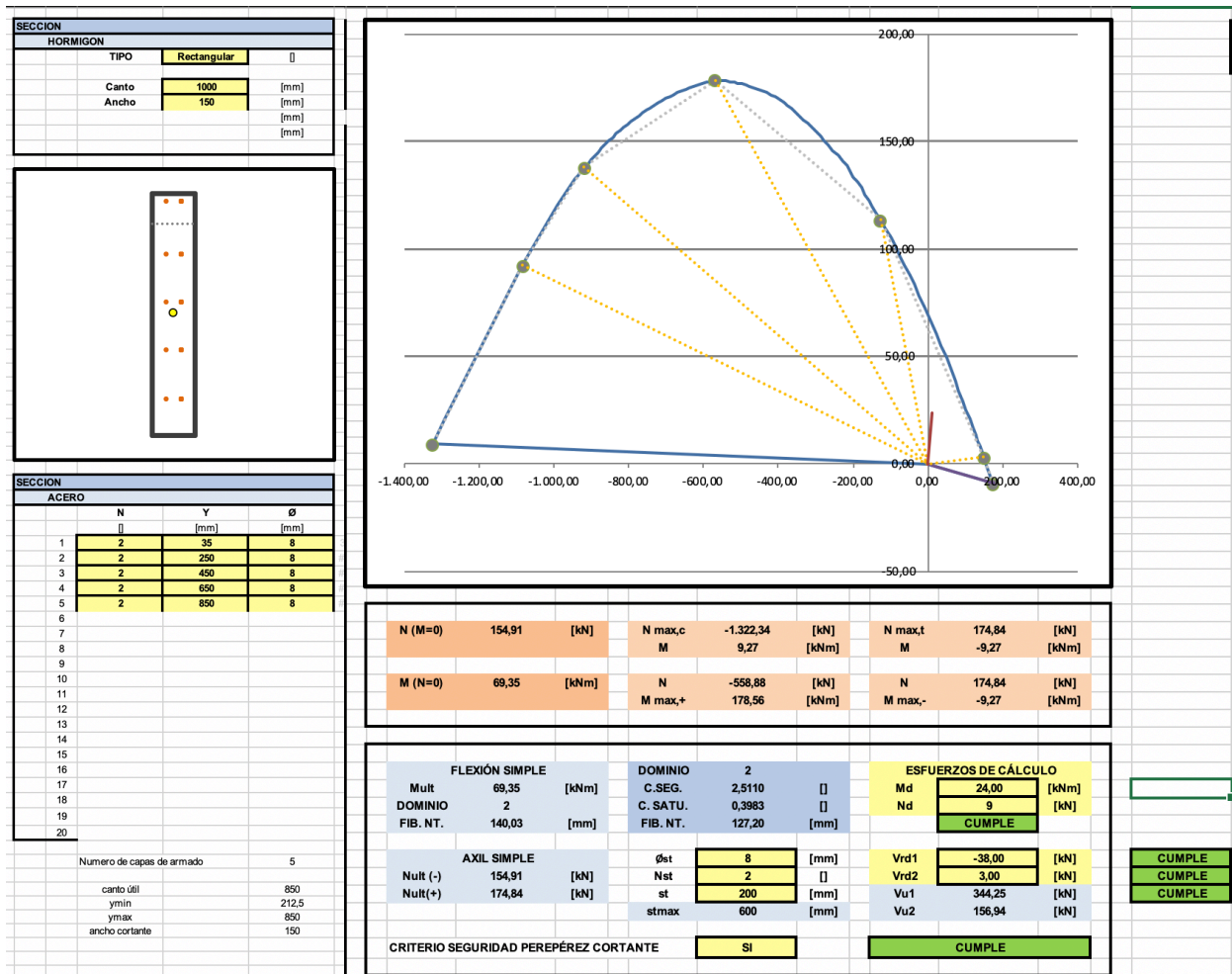
-Tracciones en centro de Lámina Norte:



(Imagen 4.138. Resultante de Axiles L.C.N.)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	16,5075	RX	
Y	2,4926	RY	
Z	6,7000	RZ	0,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUsisvy+		1,0000	
Section Cut			
F1	9,1618	M1	1,3314
F2	3,2336	M2	23,3128
F3	-38,6357	M3	1,4285
F1/L	9,1618	M1/L	1,3314
F2/L	3,2336	M2/L	23,3128
F3/L	-38,6357	M3/L	1,4285

(Imagen 4.139. SectionCut L.C.N.)

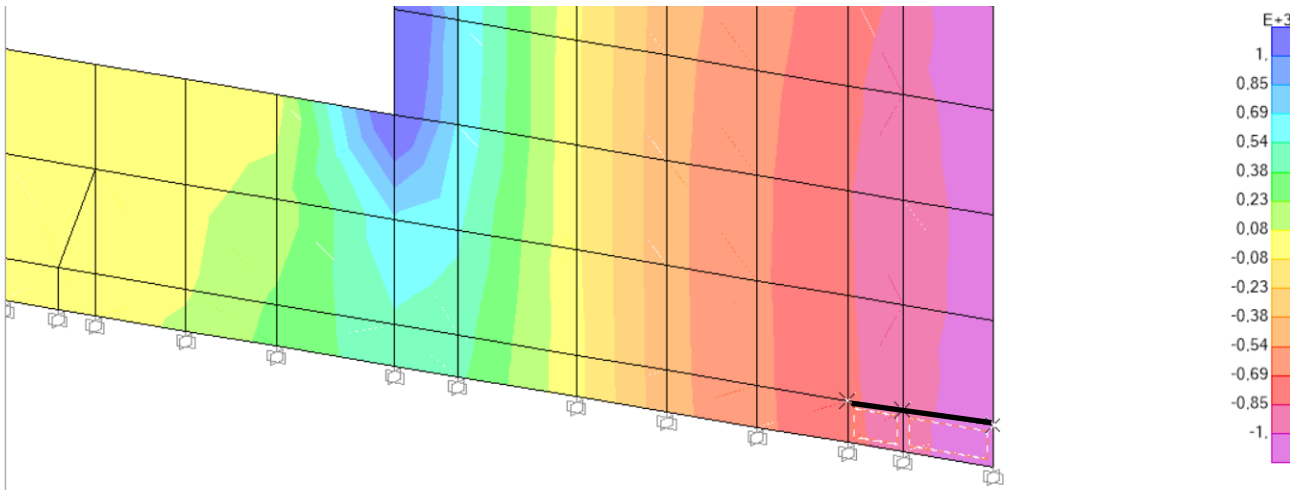


(Imagen 4.140. ELU, comprobación de resistencia L.C.N. Tracción)

La sección con mayor tracción, **CUMPLE**.

— MURO TESTERO

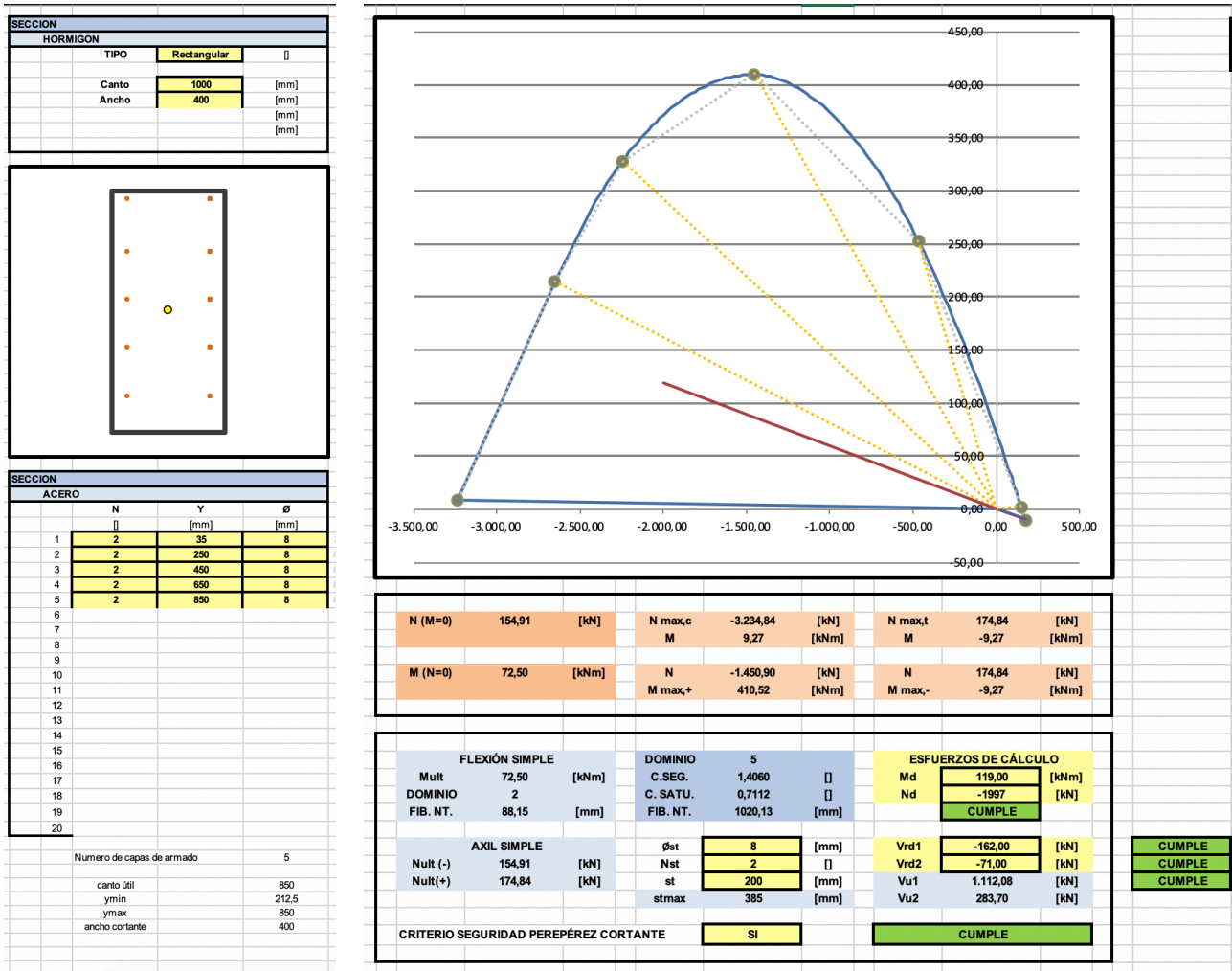
-Compresiones más altas en el Muro 15 Testero durante el sismo



(Imagen 4.141. Resultante de Axiles Muro 15)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	-1,3101	RX	
Y	4,0348	RY	
Z	0,2000	RZ	6,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,8005	
Section Cut			
F1	-56,3146	M1	95,8246
F2	-129,5319	M2	-41,4535
F3	-1.599,1054	M3	-6,2830
F1/L	-70,3463	M1/L	119,7009
F2/L	-161,8070	M2/L	-51,7824
F3/L	-1.997,5500	M3/L	-7,8485

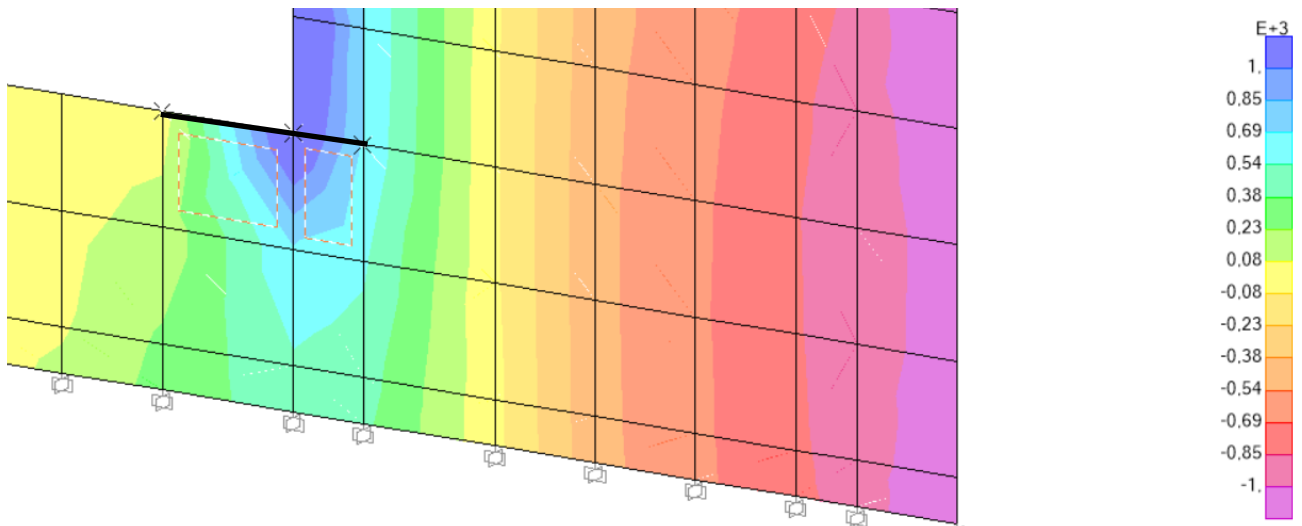
(Imagen 4.142. SectionCut Muro 15)



(Imagen 4.143. ELU, comprobación de resistencia Muro 15 Compresión)

La sección con mayor compresión, **CUMPLE.**

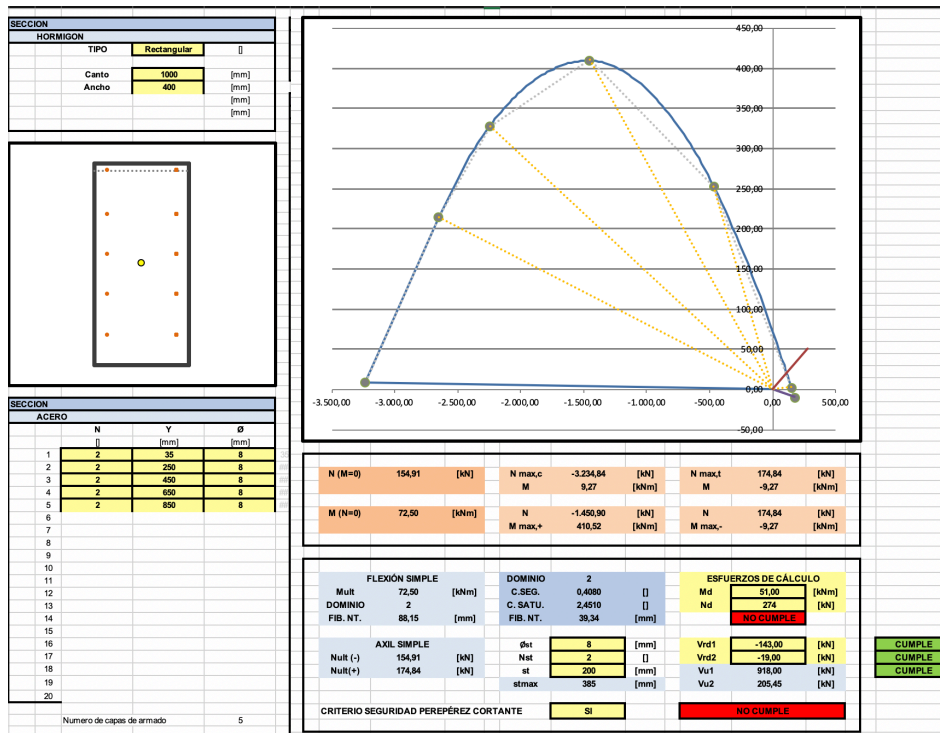
-Tracciones más altas durante sismo en Muro 15:



(Imagen 4.144. Resultante de Axiles Muro 15)

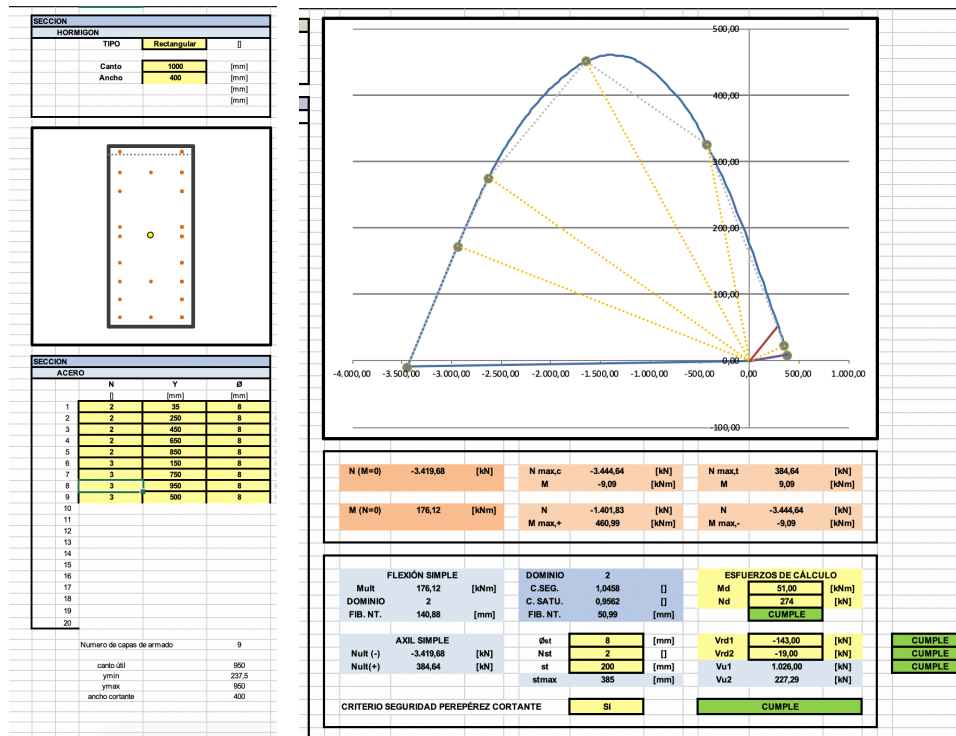
SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	-1,3101	RX	
Y	6,9954	RY	
Z	1,2000	RZ	6,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		0,9962	
Section Cut			
F1	-18,6148	M1	-50,9419
F2	-143,1726	M2	1,1793
F3	273,0419	M3	-6,5382
F1/L	-18,6859	M1/L	-51,1365
F2/L	-143,7195	M2/L	1,1838
F3/L	274,0849	M3/L	-6,5632

(Imagen 4.145. SectionCut Muro 15)



(Imagen 4.146. ELU, comprobación de resistencia Muro 15 Tracción)

Como vemos, el muro no es capaz de soportar la tracción, **NO CUMPLE**. Por tanto, probamos añadiendo más armado para solventar este problema:



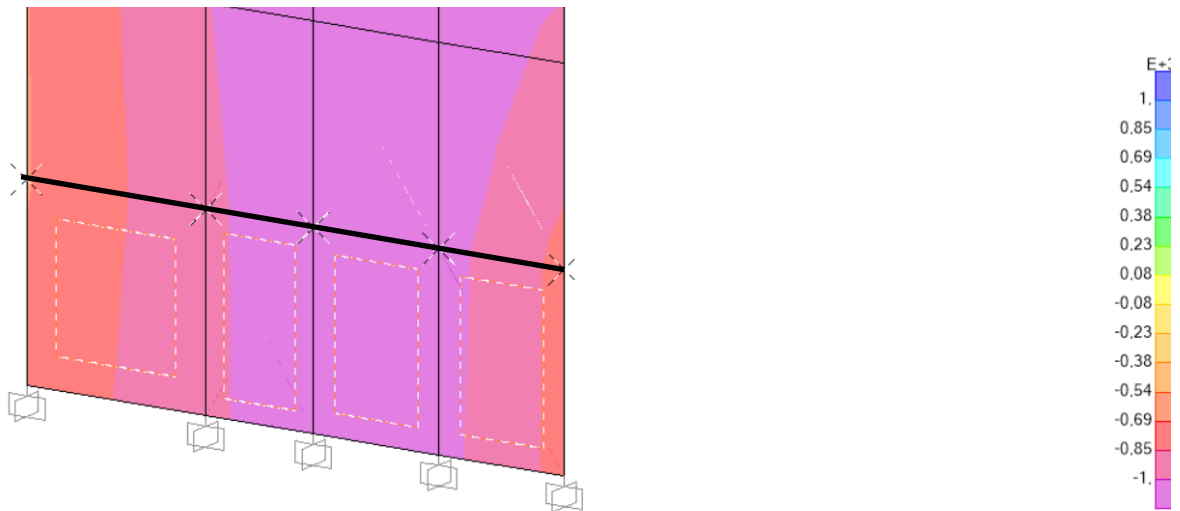
(Imagen 4.147. ELU, comprobación de resistencia Muro 15 Tracción Refuerzo)

La sección añadiendo armado, **CUMPLE**.

— MURO PÓRTICO 0

-Sección mas comprimida:

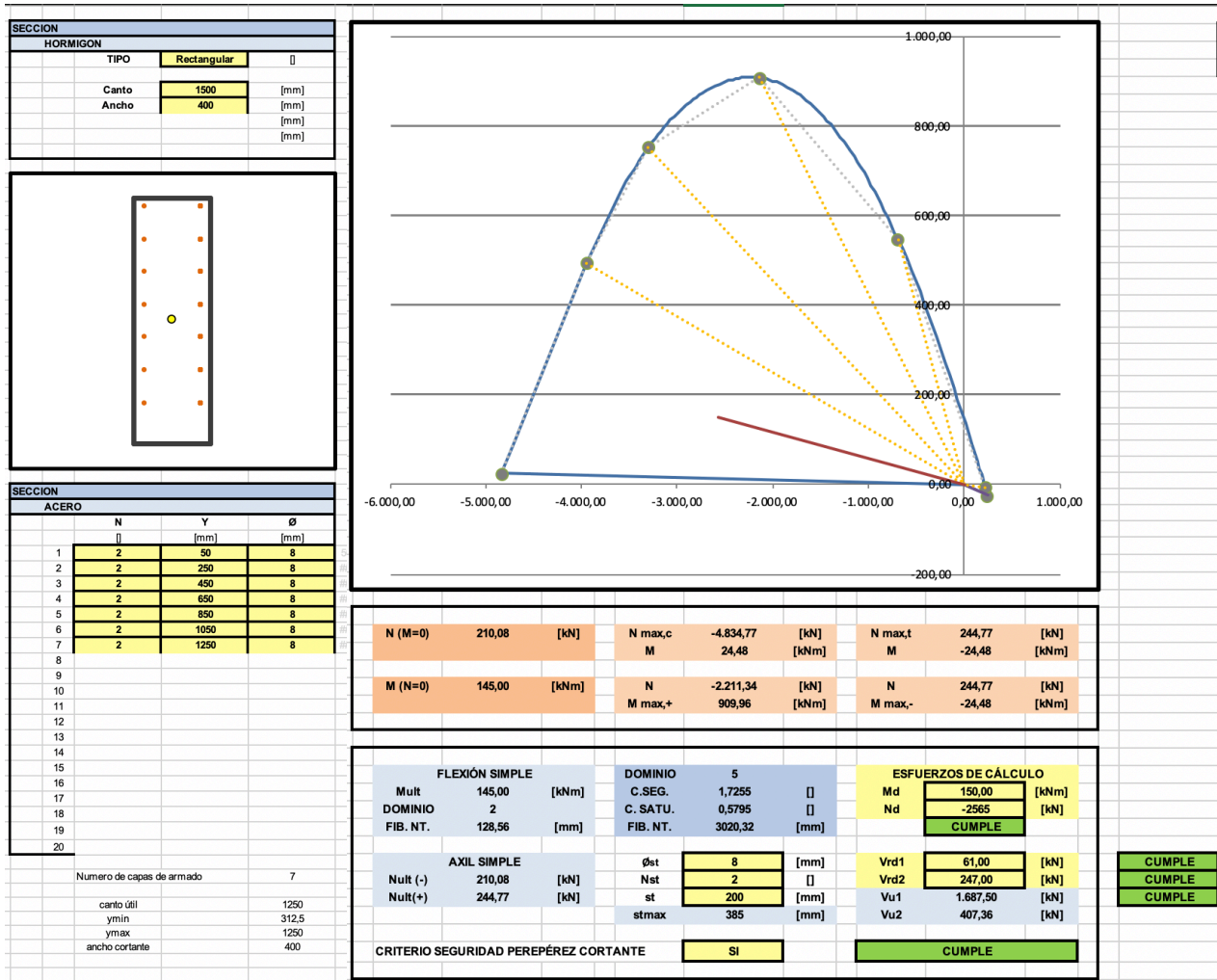
Establecemos el análisis de esta sección para ver cómo aumentan las solicitaciones en un elemento antes calculado (ELUu).



(Imagen 4.148. Resultante de Axiles Muro 0)

SECTION CUT . DAVID GALLARDO OCTUBRE 2017			
scCubierta			
	POR DEFECTO		CAMBIO
X	27,6899	RX	
Y	14,0789	RY	
Z	0,5000	RZ	6,0000
COMBINACIÓN ELEGIDA		LONGITUD	
ELUu		1,5000	
Section Cut			
F1	246,9869	M1	-148,4874
F2	61,0815	M2	215,2571
F3	-2.564,1990	M3	17,1358
F1/L	164,6579	M1/L	-98,9916
F2/L	40,7210	M2/L	143,5048
F3/L	-1.709,4660	M3/L	11,4239

(Imagen 4.149. SectionCut Muro 0)



(Imagen 4.150. ELU, comprobación de resistencia Muro 0 Compresión)

La sección con mayor compresión, **CUMPLE.**

5. CONCLUSIÓN

En persona, el edificio parece más pequeño de lo que uno se podría imaginar al ver fotos y planos, pero una vez se entra dentro, es precioso en todos los sentidos, un espacio lleno de espiritualidad y luz, un lugar que transmite calma e introspección.

En particular, la estructura es extremadamente rígida, todas sus partes están hechas de hormigón, funcionando como un único elemento. De esta manera, un edificio muy complejo a conseguido superar más de 50 años de vida. Por ello podemos suponer, sin riesgo a equivocarnos, que los puntos que no han cumplido en ELU es porque en la realidad no sabemos el armado en esos puntos, seguramente mayores de los propuestos.

Después de haber estudiado el sistema estructural, destaca su delicado equilibrio. Sin alguna de sus partes, las láminas en "Z", costillas o postesado, las láminas no funcionarían frente a todas las solicitaciones, por lo que es una estructura muy arriesgada, lo que la hace aún más bella.

Sin duda, este edificio muestra la obra maestra de un genio del siglo XX, Eduardo Torroja, sin desmerecer al resto de proyectistas, se muestra una exquisita intuición en el diseño estructural, muestra de toda una vida dedicándose a este campo. San Nicolás de Bari es sin duda una iglesia singular, su estructura está construida con las dificultades técnicas de hace 50 años, aunque esto solo nos muestre aun más lo singular del edificio.

Tanto la investigación como el modelado han conseguido enseñar mucho sobre el edificio pero no ha sido hasta el cálculo, donde una vez vistas las uniones, materiales, secciones y sobre todo los diagramas tridimensionales, que han mostrado como funciona la estructura. Aquí es donde más ha despertado la curiosidad el edificio, además gracias a las herramientas proporcionadas por el tutor, ha sido muy ameno estudiar punto a punto y sobre todo aprendiendo a realizar funciones antes desconocidas tanto en Cada como en SAP2000.

Sin duda ha sido un trabajo complicado y precioso, visitando tanto el edificio en Gandia como el Archivo Torroja en Madrid y pasando por un amplio espectro de sensaciones; desde frustración al fallar repetidas veces al dibujar los encuentros de los muros con las láminas, hasta la fascinación de ver los diagramas durante horas viendo como funciona el edificio. Un trabajo que sin duda me ha confirmado el amor por las estructuras.

6.ANEXO DE IMÁGENES

Número	Título	Año	Fuente
Portada			Postal, Archivo Torroja
2.1	Localización del Grao en España	2019	Captura de Google Maps editada en Photoshop
2.2	Localización de la Iglesia y situación del Grao	2019	Captura de Google Maps editada en Photoshop
2.3	Antigua Ermita del Grao	1961	Acuarela de Jaime Román
2.4	Construcción de la obra	1961	Fotografía Original
2.5	Fotografía del Presbiterio Original		Postal, Archivo Torroja
3.1	Jaime Nadal		Imagen Esquela funeraria
3.2	Gonzalo Echegaray		Imagen Nombramiento como Director del IETcc
3.3	Eduardo Torroja Miret	1999	Diario El Pais: Babelia
3.4	IETcc		Extraída de wikipedia.com
3.5	Mercado de Abastos		Extraída de wikipedia.com
3.6	Hipódromo de la Zarzuela		Extraída de wikipedia.com
3.7	Frontón de Recoletos	2019	Twitter de Fundación E.Torroja
3.8	Iglesia Pont de Suert		Extraída de wikipedia.com
3.9	Vista este de la Iglesia, desde el mar		Postal, Archivo Torroja
3.10	Plano del Proyecto	1959	Planos Originales, Echegaray, Nadal y Torroja.
3.11	Fachada Oeste	1959	Planos Originales, Echegaray, Nadal y Torroja.
3.12	Fachada Este	1959	Planos Originales, Echegaray, Nadal y Torroja.
3.13	Fachada Sur	1959	Planos Originales, Echegaray, Nadal y Torroja.
3.14	Fachada Norte	1959	Planos Originales, Echegaray, Nadal y Torroja.
3.15	Planta de la Iglesia	1959	Planos Originales, Echegaray, Nadal y Torroja.
3.16	Planta estructural de la Abadía	1959	Planos Originales, Echegaray, Nadal y Torroja.

Número	Título	Año	Fuente
3.17	Fachada principal de la Casa Abadía	1959	Planos Originales, Echegaray, Nadal y Torroja.
3.18	Planta de la estructura del Claustro	1959	Planos Originales, Echegaray, Nadal y Torroja.
3.19	Plano original del Solar	1959	Planos Originales, Echegaray, Nadal y Torroja.
3.20	Ficha del Catastro		Dirección General del Catastro
3.21	Emplazamiento remarcando la Iglesia	2019	Captura de Google Maps editada en Photoshop
3.22	Parámetros climáticos Gandía	2019	Tabla extraída de Wikipedia
3.23	Primera impresión del edificio	2019	Fotografía propia
3.24	Entrada del Templo	2019	Fotografía propia
3.25	Baptisterio	2019	Fotografía propia
3.26	Ladrillo visto en escalera a cubierta	2019	Fotografía propia
3.27	Cubierta Superior Norte	2019	Fotografía propia
3.28	Nave principal	2019	Fotografía propia
3.29	Capillas laterales	2019	Fotografía propia
3.30	Vidriera Presbiterio	2019	Fotografía propia
3.31	Sacristía	2019	Fotografía propia
3.32	Escaleras al sótano	2019	Fotografía propia
3.33	Sótano	2019	Fotografía propia
3.34	Esquema Estructural	2014	Sacado del TFM: que a su vez lo sacó de los archivos originales.
4.1	Modelo completo en Cad (Vista Norte)	2019	Realización propia en AutoCad
4.2	Modelo completo en Cad (Vista Sur)	2019	Realización propia en AutoCad
4.3	Láminas hormigón (Vista Norte)	2019	Realización propia en AutoCad
4.4	Lámina Norte	2019	Realización propia en AutoCad
4.5	Lámina Sur	2019	Realización propia en AutoCad
4.6	Costillas estructurales (Vista Sur)	2019	Realización propia en AutoCad
4.7	Costillas Norte (Vista Interior)	2019	Realización propia en AutoCad
4.8	Costillas Sur (Vista Exterior)	2019	Realización propia en AutoCad
4.9	Geometría de las costillas en pórtico 2	2019	Realización propia en AutoCad

Número	Título	Año	Fuente
4.10	Directrices de Postesado Norte	2019	Realización propia en AutoCad
4.11	Directrices de Postesado Sur	2019	Realización propia en AutoCad
4.12	Muro Testero (Pórtico 0)	2019	Realización propia en AutoCad
4.13	Muro Testero (Pórtico 15)	2019	Realización propia en AutoCad
4.14	Rótula Freyssinet	2019	Realización propia en AutoCad
4.15	Pilares Cubierta inferior Norte	2019	Realización propia en AutoCad
4.16	Material HA-8	2019	Realización propia en SAP2000
4.17	Material Acero Postesado	2019	Realización propia en SAP2000
4.18	Material S235	2019	Material preestablecido en SAP2000
4.19	Sección Lámina Central	2019	Realización propia en SAP2000
4.20	Sección láminas inferiores y superiores	2019	Realización propia en SAP2000
4.21	Sección lámina inferior 70 cm	2019	Realización propia en SAP2000
4.22	Sección Costillas	2019	Realización propia en SAP2000
4.23	Sección Muros Testeros	2019	Realización propia en SAP2000
4.24	Sección Cables de acero	2019	Realización propia en SAP2000
4.25	Sección pilares	2019	Realización propia en SAP2000
4,26	Restricciones de movimiento en apoyos	2019	Realización propia en SAP2000
4,27	Cargas Permanentes	2019	Realización propia en SAP2000
4,28	Sobrecarga de uso	2019	Realización propia en SAP2000
4,29	Carga de nieve		Apartado 3.5.1, DB SE-AE
4,3	Carga de Nieve	2019	Realización propia en SAP2000
4,31	Acción del Viento		Apartado 3.3.2 del DB SE-AE
4,32	Acción del Viento 2		Extracción del DBSE-AE
4,33	Mapa de Viento		Extracción del DBSE-AE
4,34	Carga de Viento en Z	2019	Realización propia en SAP2000
4,35	Carga de Viento en Y	2019	Realización propia en SAP2000
4,36	Tabla de Estratos	1959	Documento básico original de la Obra, Echegaray, G.
4,37	Gráfico para Sismo	2016	Tabla Excel:"161202 DAAE-dgIDatosSismoDinamicoSAP"
4,38	Espectro de Respuesta	2019	Realización propia en SAP2000

Número	Título	Año	Fuente
4,39	Masa del Modelo	2019	Realización propia en SAP2000
4,4	Hipótesis de Sismo en X	2019	Realización propia en SAP2000
4,41	Hipótesis de Sismo en Y	2019	Realización propia en SAP2000
4,42	Hipótesis de Sismo en Z	2019	Realización propia en SAP2000
4,43	Hipótesis de Sismo en X,Y,Z	2019	Realización propia en SAP2000
4,44	Desplazamientos con ELSu (Vista Sur)	2019	Realización propia en SAP2000
4,45	Desplazamientos con ELSu (Vista Norte)	2019	Realización propia en SAP2000
4,46	Desplazamiento máximo L.S.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,47	Desplazamientos Lámina superior Norte	2019	Realización propia en SAP2000
4,48	Desplazamiento máximo L.S.S.	2019	Realización propia en SAP2000
4,49	Desplazamientos Lámina superior Sur	2019	Realización propia en SAP2000
4,5	Desplazamiento máximo L.I.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,51	Desplazamientos Lámina inferior Norte	2019	Realización propia en SAP2000
4,52	Desplazamiento máximo L.I.S.	2019	Realización propia en SAP2000
4,53	Desplazamientos Lámina inferior Sur	2019	Realización propia en SAP2000
4,54	Desplazamiento máximo L.C.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,55	Desplazamientos Lámina central Norte	2019	Realización propia en SAP2000
4,56	Desplazamiento central L.C.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,57	Desplazamientos Lámina central Norte	2019	Realización propia en SAP2000
4,58	Desplazamiento máximo L.C.S.	2019	Realización propia en SAP2000
4,59	Desplazamientos Lámina central Sur	2019	Realización propia en SAP2000
4,6	Desplazamiento central L.C.S.	2019	Realización propia en SAP2000
4,61	Desplazamientos Lámina central Sur	2019	Realización propia en SAP2000
4,62	Obtención de Momento máximo Losa	2019	Tabla de Excel: “
4,63	Obtención de Momento máximo Losa	2019	Tabla Excel:” “

Número	Título	Año	Fuente
4,64	Obtención de Momento máximo Muro	2019	Tabla Excel:” “
4,65	Resultante de Momentos L.S.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,66	SectionCut L.S.N.	2019	Tala Excel: “SectionCut”
4,67	ELU, comprobación de resistencia LSN+	2019	Tabla Excel: “ELU”
4,68	Resultante de Momentos L.S.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,69	SectionCut L.S.N.	2019	Tala Excel: “SectionCut”
4,7	ELU, comprobación de resistencia LSN-	2019	Tabla Excel: “ELU”
4,71	Resultante de Momentos L.S.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,72	SectionCut L.S.N.	2019	Tala Excel: “SectionCut”
4,73	ELU, comprobación de resistencia LSN Tracción	2019	Tabla Excel: “ELU”
4,74	ELU, comprobación de resistencia LSN Tracción con Refuerzo	2019	Tabla Excel: “ELU”
4,75	Resultante de Momentos L.S.S.	2019	Realización propia en SAP2000
4,76	SectionCut L.S.S.	2019	Tala Excel: “SectionCut”
4,77	ELU, comprobación de resistencia LSS+	2019	Tabla Excel: “ELU”
4,78	Resultante de Momentos L.S.S.	2019	Realización propia en SAP2000
4,79	SectionCut L.S.S.	2019	Tala Excel: “SectionCut”
4,8	ELU, comprobación de resistencia LSS-	2019	Tabla Excel: “ELU”
4,81	ELU, comprobación de resistencia LSS- con Refuerzo	2019	Tabla Excel: “ELU”
4,82	Resultante de Momentos L.S.S.	2019	Realización propia en SAP2000
4,83	SectionCut L.S.S.	2019	Tala Excel: “SectionCut”
4,84	ELU, comprobación de resistencia LSS Centro	2019	Tabla Excel: “ELU”
4,85	Resultante de Momentos L.I.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,86	SectionCut L.I.N.	2019	Tala Excel: “SectionCut”
4,87	ELU, comprobación de resistencia L.I.N.+	2019	Tabla Excel: “ELU”
4,88	Resultante de Momentos L.I.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,89	SectionCut L.I.N.	2019	Tala Excel: “SectionCut”

Número	Título	Año	Fuente
4,9	ELU, comprobación de resistencia L.I.N.-	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,91	ELU, comprobación de resistencia L.I.N.- con Refuerzo	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,92	Resultante de Momentos L.I.S.	2019	Realización propia en SAP2000
4,93	SectionCut L.I.S.	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,94	ELU, comprobación de resistencia L.I.S.+	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,95	Resultante de Momentos L.I.S.	2019	Realización propia en SAP2000
4,96	SectionCut L.I.S.	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,97	ELU, comprobación de resistencia L.I.S.-	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,98	ELU, comprobación de resistencia L.I.S.- con Refuerzo	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,99	Resultante de Momentos L.C.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,100	SectionCut L.C.N.	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,101	ELU, comprobación de resistencia L.C.N.+	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,102	ELU, comprobación de resistencia L.C.N.+ con Refuerzo	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,103	Resultante de Momentos L.C.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,104	SectionCut L.C.N.	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,105	ELU, comprobación de resistencia L.C.N.-	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,106	Resultante de Momentos L.C.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,107	SectionCut L.C.N.	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,108	ELU, comprobación de resistencia L.C.N.Traccionada	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,109	ELU, comprobación de resistencia L.C.N.Traccionada con Refuerzo	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,110	Resultante de Momentos L.C.S.	2019	Realización propia en SAP2000
4,111	SectionCut L.C.S.	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,112	ELU, comprobación de resistencia L.C.S.+	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,113	ELU, comprobación de resistencia L.C.S.+ Reforzada	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,114	Resultante de Momentos L.C.S.	2019	Realización propia en SAP2000
4,115	SectionCut L.C.S.	2019	Tala Excel: "SectionCut"

Número	Título	Año	Fuente
4,116	ELU, comprobación de resistencia L.C.S.-	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,117	ELU, comprobación de resistencia L.C.S.- con Refuerzo	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,118	Resultante de Momentos L.C.S.	2019	Realización propia en SAP2000
4,119	SectionCut L.C.S.	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,120	ELU, comprobación de resistencia L.C.S.Compresión	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,121	Resultante de Axiles en Muro 0	2019	Realización propia en SAP2000
4,122	SectionCut Muro 0	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,123	ELU, comprobación de resistencia Muro 0 Compresión	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,124	Resultante de Axiles en Muro 0	2019	Realización propia en SAP2000
4,125	SectionCut Muro 0	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,126	ELU, comprobación de resistencia Muro 0 Tracción	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,127	ELU, comprobación de resistencia Muro 0 Tracción con Refuerzo	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,128	Resultante de Axiles en Muro 15	2019	Realización propia en SAP2000
4,129	SectionCut Muro 15	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,130	ELU, comprobación de resistencia Muro 14 Compresión	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,131	Resultante de Axiles en Muro 15	2019	Realización propia en SAP2000
4,132	SectionCut Muro 15	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,133	ELU, comprobación de resistencia Muro 14 Tracción	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,134	ELU, comprobación de resistencia Muro 14 Tracción con Refuerzo	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,135	Resultante de Axiles en Costilla 8	2019	Realización propia en SAP2000
4,136	SectionCut Costilla	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,137	ELU, comprobación de resistencia Costilla 8 Tracción	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,138	Resultante de Axiles en L.C.N.	2019	Realización propia en SAP2000
4,139	SectionCut L.C.N.	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,140	ELU, comprobación de resistencia L.C.N. Tracción	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,141	Resultante de Axiles en Muro 15	2019	Realización propia en SAP2000

Número	Título	Año	Fuente
4,142	SectionCut Muro 15	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,143	ELU, comprobación de resistencia Muro 15 Compresión	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,144	Resultante de Axiles en Muro 15	2019	Realización propia en SAP2000
4,145	SectionCut Muro 15	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,146	ELU, comprobación de resistencia Muro 15 Tracción	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,147	ELU, comprobación de resistencia Muro 15 Tracción con Refuerzo	2019	Tabla Excel: "ELU"
4,148	Resultante de Axiles en Muro 0	2019	Realización propia en SAP2000
4,149	SectionCut Muro 0	2019	Tala Excel: "SectionCut"
4,150	ELU, comprobación de resistencia Muro 0 Compresión	2019	Tabla Excel: "ELU"

Anexo Tablas

Número	Título	Fuente
4.1	Cables según elemento	Realización Propia
4.2	Temperatura por elemento (Postesado)	Realización Propia
4.3	Peso específico aparente de materiales de construcción	Anejo C. DB SE-AE
4.4	Cargas permanentes	Realización Propia
4.5	Peso propio de elementos constructivos	Anejo C, Tabla C.5 del DB SE-AE
4.6	Sobrecarga de uso	Realización Propia
4.7	Carga de nieve según localidad	Tabla 3.8 del DBB SE-AE
4.8	Coefficiente de exposición C_e	Tabla 3.4 del DB SE-AE
4.9	Coefficiente eólico de paramentos verticales	Tabla D.3 del DB SE-AE
4.10	Coefficiente eólico de cubiertas planas	Tabla D.4 del DB SE-AE
4.11	Resultados Cálculos de Viento	Realización Propia
4.12	Mayoración de Cargas	Realización Propia
4.13	Minoración de Resistencia	Realización Propia
4.14	Coefficientes según Combinación de acciones	Realización Propia
4.15	Resumen ELS	Realización Propia

7. BIBLIOGRAFÍA

— TEXTOS

- Urrutia, Ángel.(1997). *Arquitectura Española Siglo XX*. Madrid: Ediciones Cátedra, S.A.
- Sala Gonzalez, Rafael. (2012). **50 Aniversario Iglesia de San Nicolás. Grau de Gandía**. Gandía: Parroquia San Nicolás de Bari.
- Gallardo Llopis, David. **Introducción a SAP2000 para Arquitectura**. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Echegaray Comba, Gonzalo. (1959). **Memoria Descriptiva: Proyecto de Iglesia Parroquial y Casa Abadía. Grao de Gandía**. Madrid: Estudio Torroja.
- Echegaray Comba, Gonzalo Torroja Miret, Eduardo y Nadal Aixalá, Jaime. (1959). **Información completa del edificio: Proyecto de Iglesia Parroquial y Casa Abadía. Planos y cálculos**. Madrid: Estudio Torroja (*Información facilitada por Archivo Torroja*).
- Arnau Paltor, Fernando. (2014). **La Iglesia de S. Nicolás en el Grau de Gandía: estudio histórico y estructural. (Trabajo Final de Máster)** Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Nárdiz Ortiz, Carlos. (2017). **Entre la arquitectura y la Ingeniería 6 + 6**. A Coruña: Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións.Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; Fundación de la Ingeniería Civil de Galicia.

— NORMATIVA

- **CTE-DBSE-AE** Acciones en la Edificación
- **CTE-DBSE-SE** Seguridad Estructural
- **NCSE-02** Norma de Construcción Sismorresistente

— **VIDEOS** (Todos ellos facilitados por el Tutor del Trabajo. Empleados para realizar el modelo en el Programa SAP2000). Universidad Politécnica de Valencia.

- 181205 Clase ST2 modelo en AutoCad.
- 19307 ST2-Enlaces y ajustes de cálculo.

- 190520 ST2 SAP
- 161115 Sesión 01- Importar grupos geometría.
- 161118 Sesión 02- Secciones de barra.
- 161122 Sesión 03- Secciones EF apoyos desconexiones.
- 161125 Sesión 04- Hipótesis combinaciones cargas.
- 161202 Sesión 06- Viento sismo.
- 161213 Sesión 08- Cimentación muelles sismo modal.
- 170110 Sesión 09- Deformaciones nudos dobles.
- 170220 Sesión 12- Dimensionado de losas.
- 170201 Sesión 10- Postesado como cambio de temperatura
- 181114 Sesión 05 - Cargas en nudos y barras - Insertion Point - Joint Pattern - Cargas viento en fachadas.
- 181121 Sesión 06 - Sismo modal - Section cut - Juntas en losas - Postesado.
- 190109 Sesión 08 - comprobación de elementos superficiales de muro, losa y viga pared.

— PÁGINAS WEB

— EDUARDO TORROJA:

- <http://www.fundacioneduardotorroja.org/index.php/es/eduardo-torroja/biografia.html>
- <https://www.ietcc.csic.es/informacion-general/historia/eduardo-torroja/>
- http://www.españaescultura.es/es/artistas_creadores/eduardo_torroja_miret.html
- <https://loff.it/society/efemerides/eduardo-torroja-miret-el-ingeniero-que-relaciono-tecnica-con-estetica-251689/>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Eduardo_Torroja_Miret

— EDUARDO TORROJA CABALLÉ

- <https://www.geni.com/people/Eduardo-Torroja-Caballé/6000000017774676438>

— IETcc:

- https://es.wikipedia.org/wiki/Instituto_de_Ciencias_de_la_Construcción_Eduardo_Torroja

— JAIME NADAL AIXALÁ:

- Alamán, Aurelio. (1999) Nota necrológica. *Materiales de construcción*, vol. 49 nº 253, pp 45.

— GONZALO ECHEGARAY:

- <http://www.cehopu.cedex.es/etm/obras/ETM-417.htm#relatedmaterial>
- **Informes de la Construcción Vol. 19, nº 184 Octubre de 1966**

-EL EDIFICIO:

- <http://merxenavarro.com/parroquia-san-nicolas-grao-de-gandia-valencia-19581962-gonzalo-echegaray-eduardo-torroja-y-jaime-nadal-ingenieros/>