



# arquitectura

Escuela Técnica Superior  
Universidad de Sevilla

---

TRABAJO DE FIN DE GRADO  
Línea de investigación

**ESTUDIO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE  
EDIFICIOS PATRIMONIALES INDUSTRIALES:  
Antigua Fábrica de sombreros de Sevilla.**

TUTOR:  
José Carlos Gutiérrez

AUTOR:  
M<sup>a</sup> Reyes Rosco Gómez

---

**CURSO 2018 - 2019**

*PORTADA: Encuentro viga-pilar del edificio escogido como caso de estudio, perteneciente al conjunto de la antigua Fábrica de sombreros de Sevilla./ Fotografía realizada y editada por la autora.*



## **RESUMEN**

Este Trabajo Fin de Grado comprende un estudio sobre rehabilitación estructural de edificios patrimoniales industriales, empleando para ello el caso concreto de la antigua fábrica de sombreros de Sevilla, realizando una propuesta de intervención estructural sobre uno de sus edificios más significativos, construido en 1917 por el afamado arquitecto José Espiau y Muñoz.

Con el compromiso de garantizar que dicha propuesta se ajuste en la mayor medida posible al caso concreto escogido, se analiza previamente el contexto histórico del conjunto, su situación y estado actual, estudiando de forma concreta el marco normativo urbanístico actual dada la pertenencia del conjunto al patrimonio industrial sevillano, complementando dicha documentación con el modelado y análisis de la estructura y la evaluación del estado actual de la misma.

## **PALABRAS CLAVE**

Arquitectura / Rehabilitación / Estructuras / Patrimonio industrial / Fabrica de sombreros / Sevilla / Fernández y Roche, José Espiau y Muñoz.

## **ABSTRACT**

This Final Degree Project includes a study on structural rehabilitation of industrial heritage buildings, using the specific case of the old factory of hats in Seville, creating a structural intervention proposal over one of its most significant buildings, built in 1917 by the renowned architect Jose Espiau y Muñoz.

For the purpose of guaranteeing that said proposal matches completely the chosen case, first we analyze the historical context of the ensemble, as well as its current situation and status, studying specifically the present urban policy framework given the belonging of the ensemble to the industrial Sevillian heritage. In the end, we will accompany the cited documents with the structure's modelling and analysis as well as the evaluation of its current status.

## **KEYWORDS**

Architecture / Rehabilitation / Structures / Industrial heritage / hat factory / Seville / Fernández y Roche, José Espiau y Muñoz.

# ÍNDICE

---

<b>I.</b>	<b>Objetivos y Metodología</b>	<b>Pág. 01</b>
<b>II.</b>	<b>Contexto.</b>	<b>Pág. 02</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>- La Industria en Sevilla.</li><li>- Patrimonio Industrial.</li><li>- Actualidad.</li><li>- Ejemplos rehabilitación patrimonio industrial.</li></ul>	
<b>III.</b>	<b>Conocimiento de la Fábrica.</b>	<b>Pág. 05</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ubicación.</li><li>- Historia del edificio.</li><li>- Arquitecto, estilo.</li><li>- Contexto histórico.</li><li>- Pertenencia al patrimonio industrial.</li><li>- Marco normativo urbanístico.</li></ul>	
	Estudio tipológico estructural del conjunto:	
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Catalogación general de cada una de las naves/edificios.</li><li>- Motivos del arquitecto para emplear sistemas diferentes.</li></ul>	
<b>IV.</b>	<b>Elección de la zona de estudio</b> <b>“Edificio para talleres de Espiau, 1917”</b>	<b>Pág. 21</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Evaluación estructural.</li><li>- Modelización del estado actual de la estructura.</li><li>- Interpretación de resultados.</li><li>- Propuesta de intervención (criterios)</li><li>- Modelización del la estructura rehabilitada.</li><li>- Interpretación de resultados.</li></ul>	
<b>V.</b>	<b>Conclusiones.</b>	<b>Pág. 73</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sobre el método</li><li>- Sobre el conocimiento del edificio</li><li>- Sobre el estado actual de la estructura</li><li>- Sobre la situación actual</li><li>- Sobre la intervención</li></ul>	
<b>V.</b>	<b>Anexos.</b>	<b>Pág. 77</b>
<b>VI.</b>	<b>Bibliografía.</b>	<b>Pág. 85</b>

## OBJETIVOS

La finalidad de este trabajo consiste en establecer una serie de pautas a seguir a la hora de realizar una rehabilitación estructural en un edificio patrimonial, utilizando como caso de estudio particular la antigua fábrica de sombreros de Fernández y Roche.

Al escoger un caso concreto se pretende, desarrollando brevemente los métodos de rehabilitación estructural más empleados en la actualidad, exponer los criterios a seguir para escoger el más adecuado y como realizar una evaluación cualitativa del mismo.

## METODOLOGÍA

Al tratarse de un edificio patrimonial, primero se estudia el contexto histórico en el que se sitúa, analizando las restricciones y pautas concretas a seguir que establece la normativa urbanística. Como primera aproximación se organiza una primera visita al lugar, en la que se realiza un reconocimiento general del mismo así como una primera toma de datos. Dado que la fábrica esta compuesta por varias naves y edificaciones se analiza la estructura de cada una de ellas individualmente, aunque posteriormente solo se realizaran los cálculos y comprobaciones necesarios para proponer la rehabilitación de una de ellas, dada la limitación del estudio en sí.

La segunda visita se enfoca directamente en la nave sobre la que se va a realizar el estudio de forma más desarrollada, efectuándose por tanto un reconocimiento más exhaustivo de los elementos estructurales que la componen. Para ello se realizan mediciones in situ mediante cinta métrica, realizando las correcciones oportunas sobre la planimetría obtenida como fuente de otros estudios (citados en bibliografía), además se inspecciona la existencia de posibles lesiones, daños o defectos, como roturas o deformaciones, que pudiesen afectar a la seguridad estructural del conjunto, realizándose también algunas sencillas pruebas para conocer el estado o composición de la misma, como saltar en el centro de un vano con el objetivo de saber si el forjado tiene capa de compresión.

Una vez obtenida la información suficiente para poder desarrollar la planimetría necesaria para el reconocimiento estructural completo de dicha nave, se procede a la modelización de la misma mediante el programa de calculo estructural CYPE.

Finalmente, una vez analizados los resultados obtenidos, se desarrolla la propuesta de rehabilitación, considerando en el proceso aquellos puntos más genéricos que puedan extraerse con objeto de realizar un guión a seguir en futuras intervenciones en modelos similares.

## II

### CONTEXTO

Sevilla entra en el siglo XX sin perspectivas de cambio en el ámbito industrial, los principales sectores lo formaban los derivados de la agricultura (fábricas de harinas, tejidos, industria corcho-taponera, aceitunas...), la construcción (sobretudo cerámica y madera), y las fundiciones. Veinte años después se perfila una cierta re-activación de la economía sevillana, pero este proceso prometedor se rompe con la instauración de la República, por lo que es necesario esperar a la llegada de la pos-guerra para ver aparecer importantes industrias en Sevilla como H.Y.T.A.S.A., C.A.S.A., I.S.A., Hispano-Aviación, Uralita y S.A.C.A.

A finales del siglo XX, la rehabilitación y re-conversión de espacios industriales abandonados se convierte en un fenómeno cada vez mas común, este proceso comienza como resultado de la desindustrialización y los grandes cambios de este sector, así como el éxodo de las empresas a las afueras de las ciudades.



F.1. Cubierta de un catálogo de productos de la fábrica de loza de la Cartuja de Sevilla, en torno a 1930. Esta fábrica fundada en 1841 en un antiguo monasterio es uno de los establecimientos de mayor tradición de la historia industrial sevillana./ <https://www.juntadeandalucia.es>



F.2. "El humo de las chimeneas se entrelaza con las espadañas de Sevilla": publicidad de la fundición de hierro Balbontín y Orta, situada en la calle Goles de Sevilla, hacia 1920. Era uno de los numerosos talleres situados en el recinto del casco histórico./ <https://www.juntadeandalucia.es>

Estas áreas industriales suelen estar urbanizadas y contar además con una buena logística, esto se debe a la necesaria cercanía de las mismas con instalaciones ferroviarias o red de carreteras, lo que suele significar una buena accesibilidad e importancia dentro del propio tejido urbano. Por lo tanto es evidente que la reutilización de estos espacios representa una gran oportunidad para la propia ciudad.

Como consecuencia directa de este fenómeno, surge la normativa reguladora del mismo, es decir, el "Plan Nacional de Patrimonio Industrial", que afecta a todas las comunidades autónomas del país, apareciendo en Andalucía la "Ley del Patrimonio Histórico de Andalucía". El objeto de esta ley es la de "establecer el régimen jurídico del Patrimonio Histórico de Andalucía con el fin de garantizar su tutela, protección,

*conservación, salvaguarda y difusión, promover su enriquecimiento y uso como bien social y factor de desarrollo sostenible y asegurar su transmisión a las generaciones futuras”, es decir, subraya cuales son las metodologías de intervención a emplear, así como los aspectos básicos a respetar y proteger según el nivel de protección en el que se recoja el inmueble, incluyéndose dentro de los mismos el propio uso futuro que quiera otorgarsele.*

Esta regulación, en cierto modo necesaria, es a su vez en ocasiones un impedimento para la evolución de estos espacios, ya que ciertas restricciones importantes ligadas a su nivel de protección pueden suponer la insostenibilidad y la pérdida de interés en la rehabilitación de las mismas, condenándolas a caer en el olvido, al abandono, siendo este el peor mal de un edificio, ya que supone su deterioro progresivo, y finalmente, su ruina.

Uno de los aspectos más polémicos de esta normativa para este tipo de edificios son las restricciones ligadas al uso, ya que en múltiples ocasiones, la normativa no permite su empleo para otro uso que no sea el industrial, con el objetivo de respetar “el uso original para el que se construyó”, suponiendo esto un claro impedimento para la re-conversión de estos espacios, que en esencia son tan versátiles.

Ejemplos claros de esta versatilidad y riqueza espacial se evidencian en rehabilitaciones como la conversión de una de las principales fábricas textiles de la Barcelona de principios del SXX, una imponente nave de estilo modernista diseñada por el arquitecto Puig i Cadafalch, en una de las sedes principales de la Obra social de La Caixa, albergando en sus instalaciones un amplio programa de propuestas y eventos de carácter social cultural y educativo.



*F.3/F.4. CaixaForum Barcelona, rehabilitada en 1993 por los arquitectos FRoberto Luna, Javier Asarta (restaurador) y Robert Brufau (ingeniero)./ <http://masdearte.com>*

Este tipo de solución suele ser la más evidente y utilizada dada la acogida tan positiva que suele tener en la ciudad. Un ejemplo menos usual es el de la central nuclear abandonada de Kalkar, construida en 1972 a orillas del Rin cerca de Holanda.

La central nunca llegó a iniciar su actividad por las presiones y protestas de los vecinos de la zona. Los 4 mil millones de dólares que costó el proyecto para su uso original han acabado en un parque que recibe a más de 600.000 visitantes al año





*F.5. Vista aérea del parque de atracciones "wunderland kalkar", Holanda./ <https://www.national-geographic.com.es>*

desde que abriera sus puertas abiertas en 1995 para su nuevo uso.

El parque, wunderland kalkar, fue construido por el empresario holandés Henne van der Most, en consonancia con los objetivos del propio país, el cual posee la ley de Cambio Climático más ambiciosa: un objetivo del 95% de reducción de emisiones para 2050.

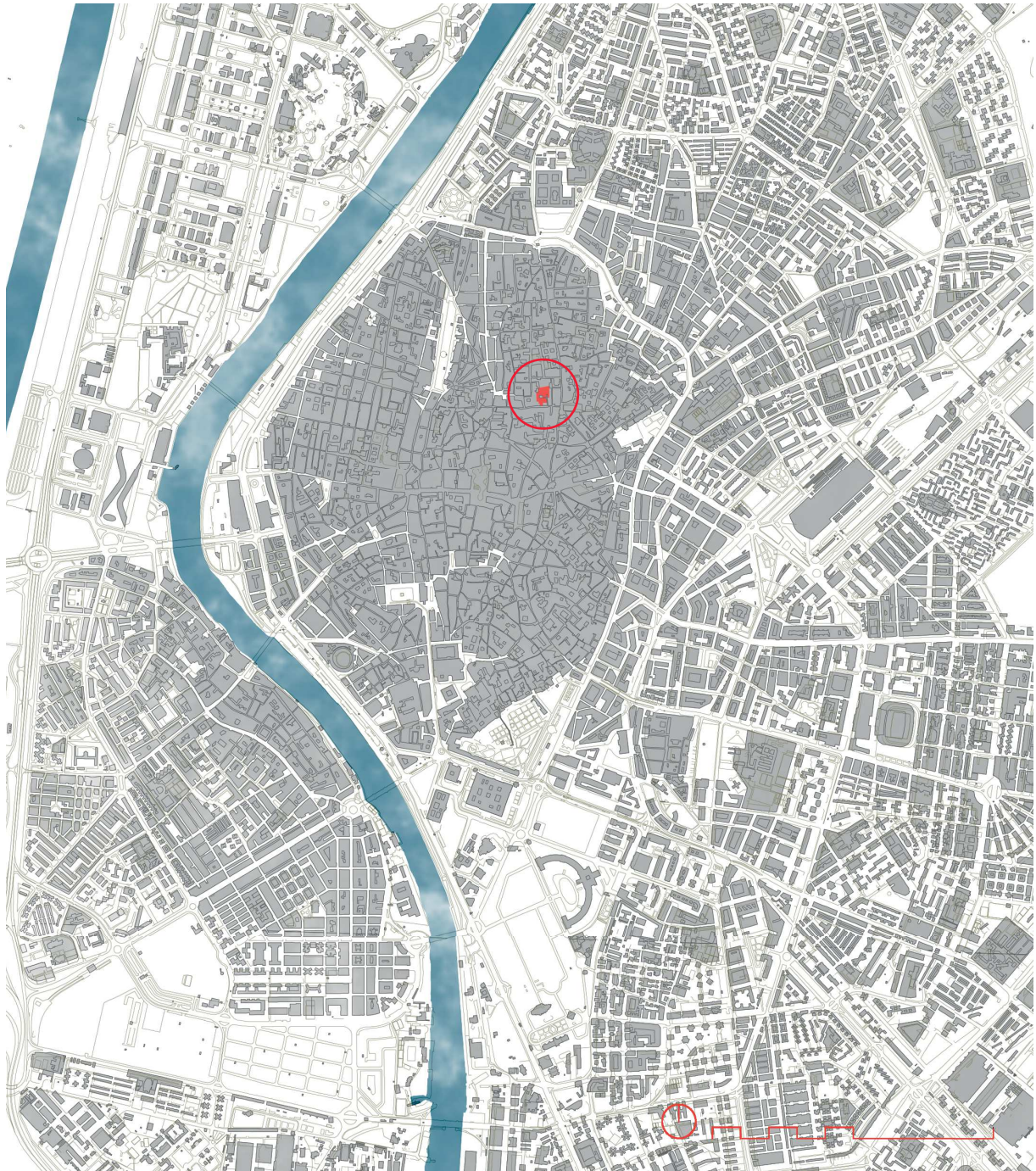
Exponiendo estos ejemplos, tan diferentes entre sí, se pretende evidenciar la gran capacidad de mutación que pueden llegar a entrañar los espacios industriales, y como, aun respetando su valor histórico pueden re-insertarse en la trama, adaptándose para una nueva función y evitando la condena a la obsolescencia.

### III

## CONOCIMIENTO DE LA FÁBRICA

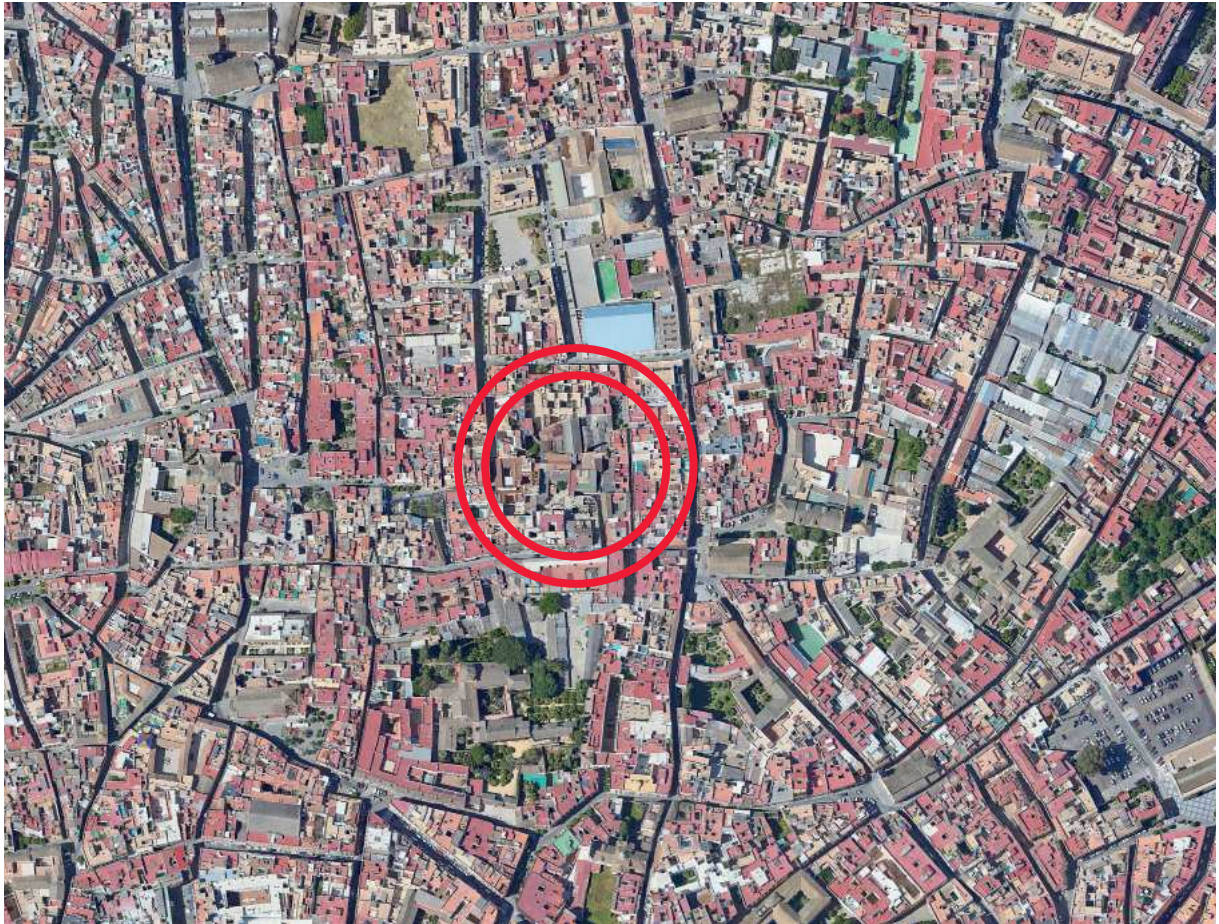
La Antigua fábrica de Sombreros de Fernández y Roche se encuentra en el barrio de San Luis, en el conocido centro histórico de la ciudad de Sevilla, ocupando el interior de la manzana que conecta con la calle Heliotropo, la calle Castellar, la calle Maravillas y la calle Infantes.

● Antigua Fábrica de sombreros

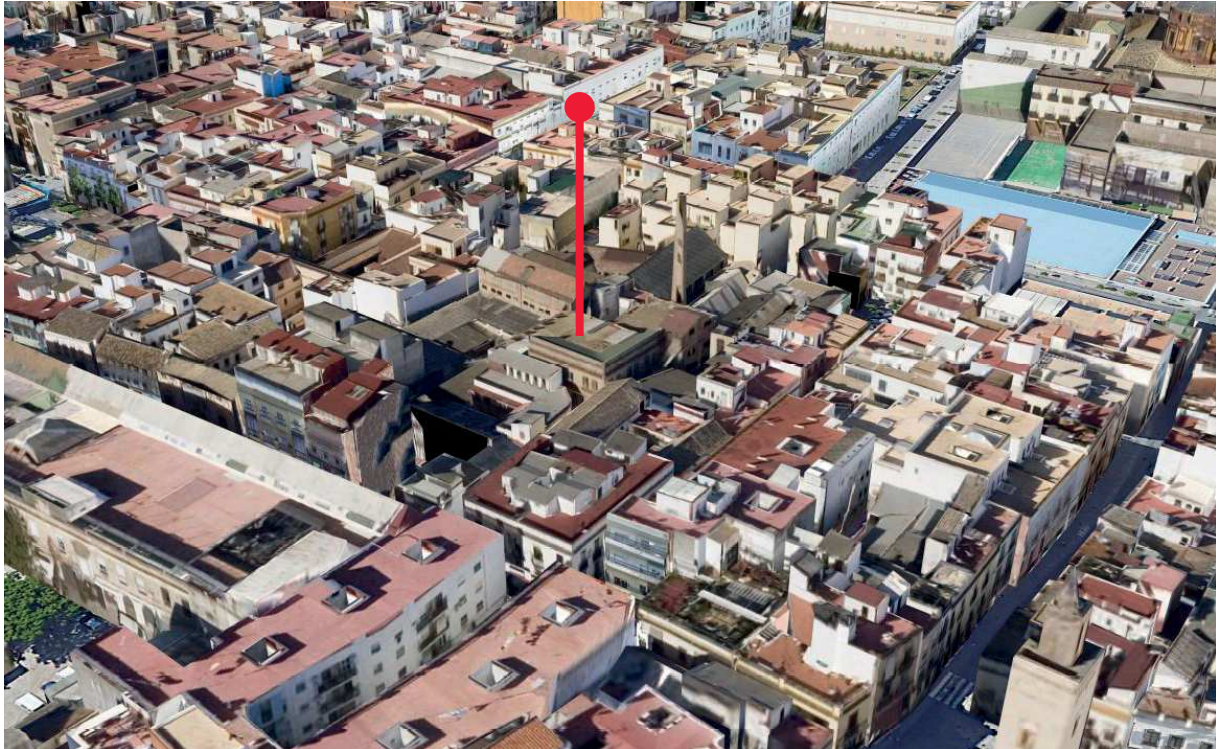


*Plano de situación de la ciudad de Sevilla. / Producción propia.*



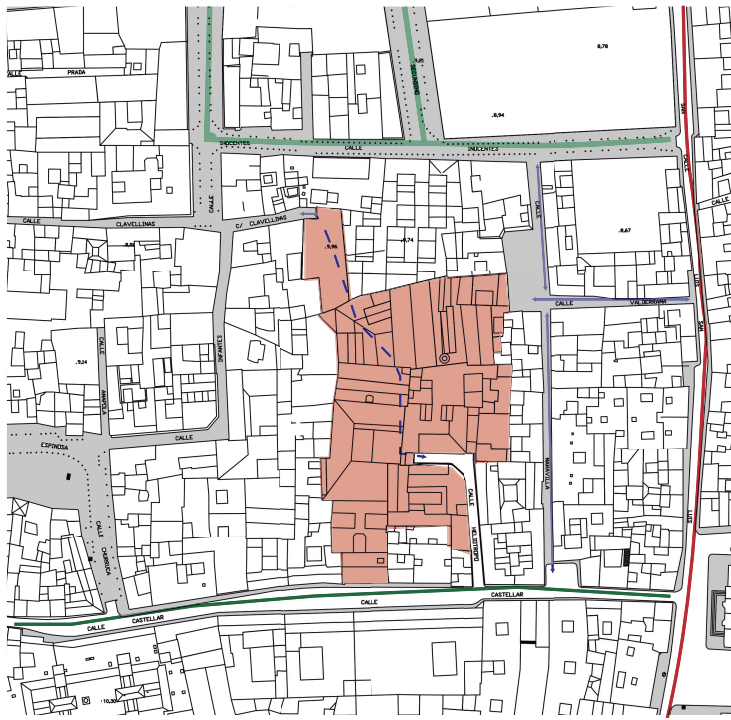


Vista aérea de la fábrica. / Foto Google Earth 10/07/2019.



Vista aérea de la fábrica. /Foto Google Earth 10/07/2019.





Esquema de recorridos en la manzana. /Prod. propia.

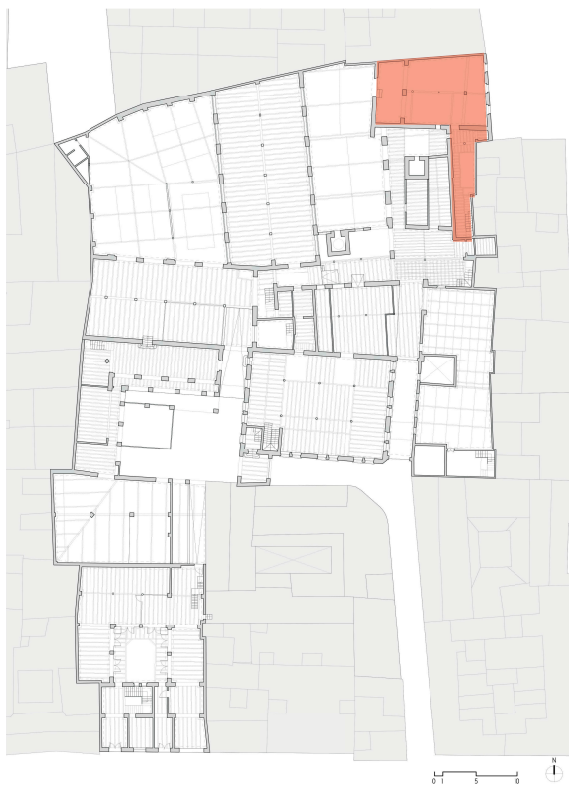
Este conjunto es uno de los pocos ejemplos que quedan de la arquitectura industrial del siglo XX, conservándose actualmente el conjunto casi por completo a pesar de su gran magnitud.

Esto puede deberse a su particular forma de crecer, ya que según los requerimientos de la fábrica, se fueron construyendo naves horadando en el interior de la manzana en la que se encuentra, ocultando la fábrica al exterior.

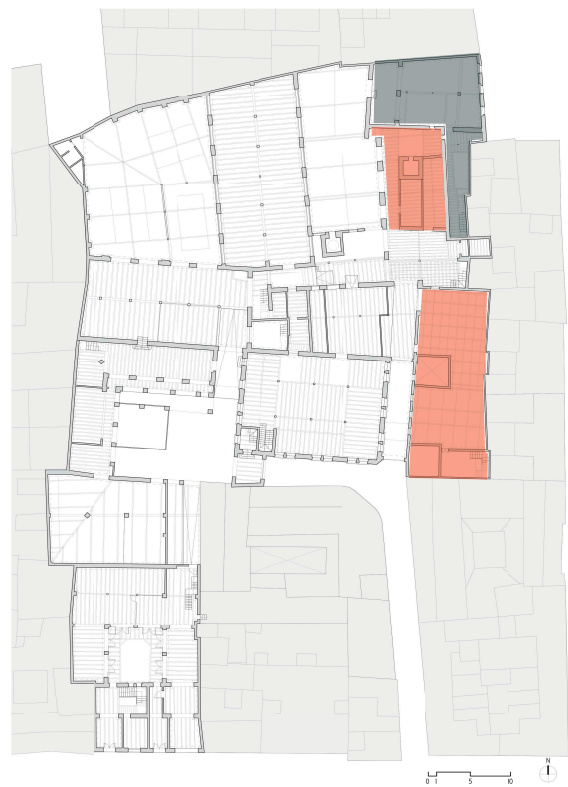
Su evolución a lo largo del tiempo es el siguiente;

- Zonas construidas en el año indicado.
- Zonas consolidadas.

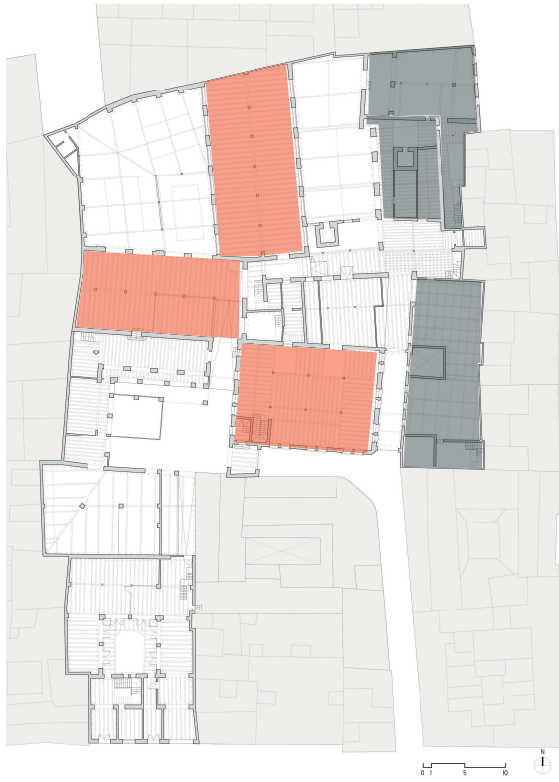
1885



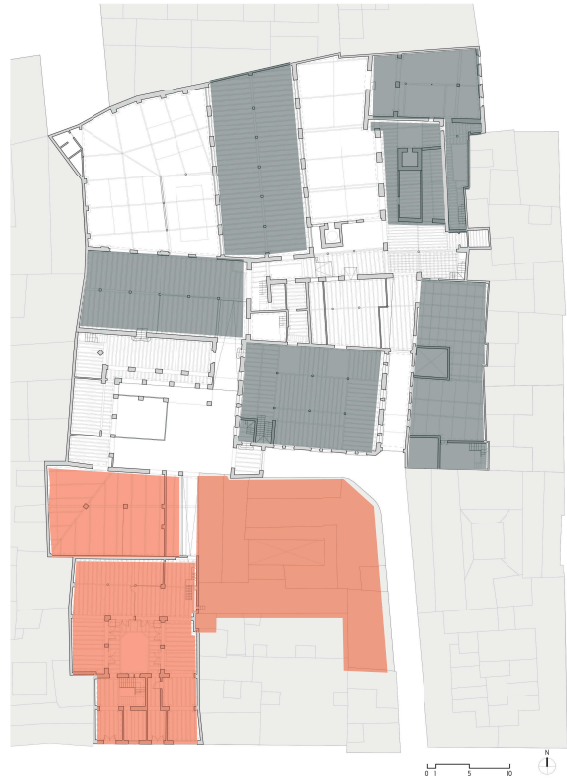
1902



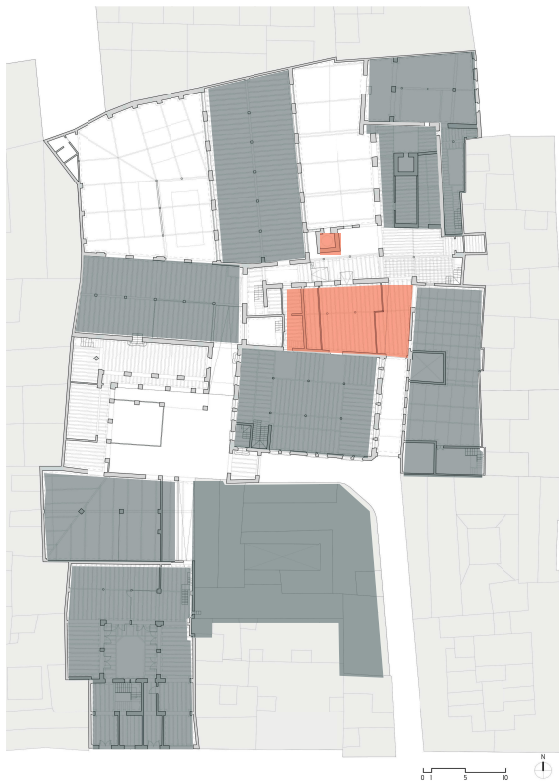
1817



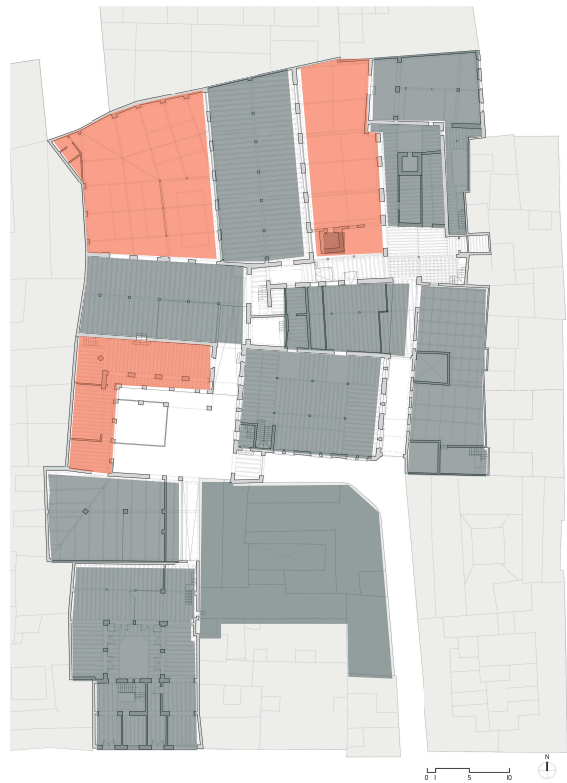
1944



1963



2003



Su origen se remonta a 1885 con la construcción de la primera vivienda taller, ubicada en la calle Maravillas, en la que se realizaban encargos de manera artesanal. A finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX los propietarios fueron adquiriendo edificaciones y patios adyacentes que se fueron fusionando al primer taller, formándose en torno a este un aglomerado de espacios que hacían difícil el funcionamiento industrial y se hacía evidente la necesidad de una ampliación por medio de construcciones amplias y funcionales.

En 1902 se contrata al arquitecto José Espiau y Muñoz para la reconstrucción de la fachada del edificio situado en la calle Castellar, número 57, en base de la nueva alineación establecida en las ordenanzas urbanísticas. Será este mismo arquitecto quien, posteriormente, realice futuras ampliaciones de la propia fábrica.



*F.6.Foto retrato José Espiau y Muñoz./ Wikipedia.*

José Espiau y Muñoz, prolífico arquitecto sevillano de gran renombre, comenzó su labor como arquitecto en 1907, coincidiendo en el tiempo con arquitectos como los hermanos José y Antonio Gómez Millán, Aníbal González y Juan Talavera y Heredia.

En sus primeros años realizó algunas obras modernistas, aunque poco después abandonó dicho estilo y toda su obra restante fue regionalista, siendo uno de los principales representantes de este estilo, al que pertenece el edificio que nos concierne.

La corriente arquitectónica regionalista apareció en España a finales del siglo XIX, se define por su interés en la identidad nacional, la constante búsqueda de un estilo arquitectónico que la represente, en otras palabras, la idea era la de plasmar la esencia artística de las regiones, readoptándose los estilos populares arquitectónicos.

En Sevilla y Córdoba se dio el neomudéjar, estilo que puede identificarse en numerosos edificios de José Espiau y Muñoz, caracterizados por el singular uso de colores, formas, materiales y motivos de evocación árabe.

El edificio Ciudad de Londres supone la máxima expresión de la particular interpretación que ofrece Espiau sobre la arquitectura regionalista, siendo clara su inspiración neomudéjar-plateresca, el mismo servirá de patrón para edificios posteriores como el de La Adriática en la Avenida de la Constitución, e incluso en la fachada del propio edificio que nos concierne, la fábrica de sombreros.



*F.7.Edif. Ciudad de Londres, calle Cerrajería, Sevilla./ ABC.*



*F.8.Edif. Adriática, Av. Constitución, Sevilla./ Wikipedia.*



En 1917 Espiau llevó a cabo la construcción de una de las edificaciones mas representativas de la fabrica, en la que dejó marcado su característico sello regionalista utilizando las posibilidades del ladrillo cara vista. El solar, de forma rectangular, se ubica en la calle Heliotropo, el callejón sin salida al que se accede por la calle Castellar, se distingue por la composición de sus fachadas, en ellas destacan las grandes ventanas, así como la separación entre plantas mediante la utilización de una cornisa corrida que en la última planta se convierte en un pequeño voladizo. Se construyen también dos grandes naves de una y dos alturas, así como los núcleos de comunicación entre ambos.



*Fábrica, esquina fachadas sur-este./ Fotografía realizada por la autora.*

No fue hasta 1940 cuando se termina abriendo el conjunto a la calle Castellar, esto se realiza por medio de un edificio cabecera, destinado a almacenes, oficina y tienda de sombreros.

En 1944, debido a la necesidad de aumentar el espacio de producción se construyeron dos naves con características constructivas y formales similares a las de la primera ampliación de 1917, es entonces cuando se eleva la gran chimenea de unos 40 metros de altura, uno de los hitos urbanos más representativos de la zona.



*Vista de la Fábrica desde la calle Heliotropo./ Fotografía realizada por la autora.*

En 1963, la fábrica llegó a contar con más de 500 operarios en sus mejores momentos. A medida que fue ganando importancia, fueron siendo insuficientes las ampliaciones realizadas y se empezaron a cubrir los patios y espacios intersticiales de la fabrica. Igualmente el arquitecto Fernando Tudela Goig proyectó unos amplios almacenes en la parte situada tras el edificio localizado en la calle Castellar número 57.



*Fábrica de Sombreros. Vda. de C. L. PALAREA Sevilla. Diciembre 1926. Vista parcial.*

*F.9.Fotos del interior de la Fábrica de sombreros en funcionamiento, Diciembre 1926./ <https://www.todocoleccion.net>*

En 2003, Fernández y Roche trasladó la producción a un polígono industrial en Salteras (Sevilla). En aquella época ya se había colmatado casi por completo la manzana, dando como resultado un conjunto desordenado y laberíntico, pero a la vez rico y versátil a nivel espacial.

El cese de la actividad industrial causa el abandono del edificio y su deterioro progresivo, pero cinco años después, la fábrica es objeto de un episodio de ocupación organizada, en demanda de que la edificación fuese destinada a usos sociales y culturales. Algunos de estos “ocupas” se identificaban como participantes activos del foro social de Sevilla y organizaban en el lugar actividades de “lucha social”, junto a otras como visionado de películas, charlas o actividades vecinales.



F.11/F.12/F.13. Carteles y pinturas realizados por los ocupas; "por los centros sociales, ni un paso atrás"; "Cuando vivir es un lujo, Okupar es un derecho"./ABC, 18/04/2014.

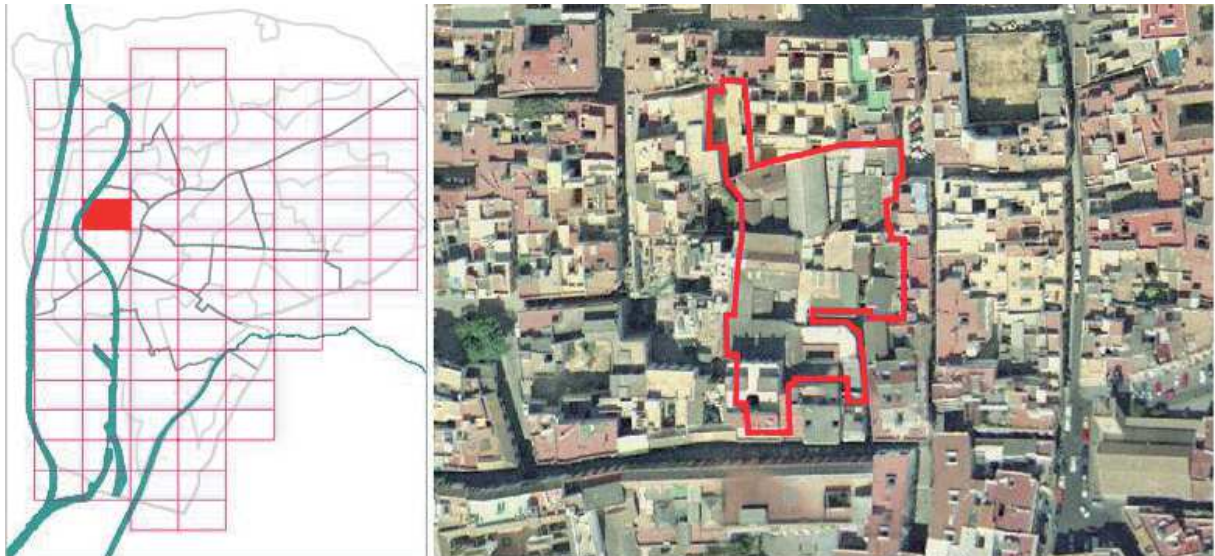
En diciembre de 2016 la detección de «obras sin licencia y no legalizables», en concreto unos trabajos de reforma de 168 metros cuadrados del inmueble, de ampliación «por entreplanta» de 118 metros cuadrados y «de ampliación por remonte de una planta sobre las dos existentes», dieron lugar a la denuncia y expulsión de los mencionados “ocupas”; “«Las obras de ampliación por remonte no son legalizables al no estar permitidas en la ficha de catalogo», se aseveraba entre otros aspectos en el procedimiento promovido a finales de 2016”.

Posteriormente, el conjunto paso a manos del Banco Popular pero actualmente pertenece a un empresario privado, que gracias a las visitas realizadas al lugar se ha podido entrevistar y puede afirmarse que organiza cursos y talleres artesanales y además se esta encargando de las obras de rehabilitación que se están efectuando.

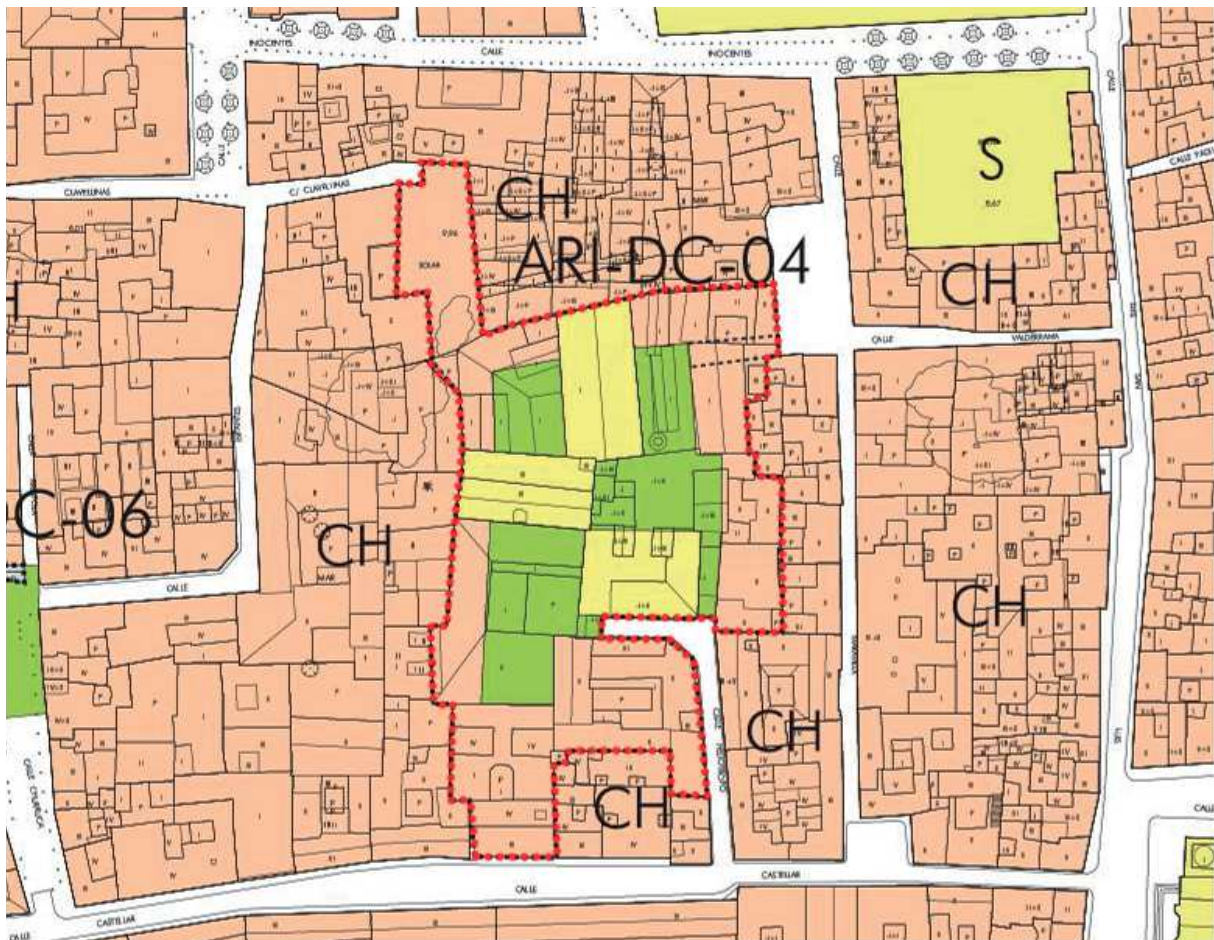


## MARCO NORMATIVO URBANÍSTICO

Teniendo como objetivo la rehabilitación estructural del inmueble, es necesario conocer la normativa urbanística que lo regula, ya que al tratarse de un bien patrimonial, puede haber ciertas limitaciones legales al respecto.



Plano de ordenación pormenorizada completa:



F.14/F.15/F.16. Situación, localización y plano de ordenación pormenorizada completa del ARI-DC-04 (FÁBRICA DE SOMBREROS)./Ficha de identificación Nuevo Plan General de Ordenación Urbanística, 14 de Junio de 2006.

SUELO URBANO NO CONSOLIDADO

IDENTIFICACIÓN **ARI-DC-04** **FÁBRICA DE SOMBREROS**

BARRIO CIUDAD **C-1** HOJA **12-13** ÁREA DE REPARTO **C-04/UR** APROVECHAMIENTO MEDIO **1,1488 UA/m²**

ORDENACIÓN

OBJETIVOS Y CRITERIOS. (ORDENACIÓN PORMENORIZADA PRECEPTIVA)

Nueva ARI del Sector 2 "San Luis".

Esta actuación se integra en el conjunto de intervenciones que persigue el Plan General para la revitalización y puesta en valor de los espacios industriales obsoletos del Casco Noreste. La Unidad está compuesta por tres parcelas: Castellar 61, Heliotropo 2, 3 y 4ª y calle Maravilla 17, del Sector 2: San Luis. El objetivo principal es la protección de las naves centrales de la actual Fábrica de Sombreros las cuales tienen un alto valor patrimonial. El espacio central incluye las naves a proteger calificadas de equipamiento SIPS, preferentemente Socio-Cultural, en torno a las cuales se genera un espacio libre público que da acceso a una edificación destinada a pequeños talleres artesanales en planta baja y residencia sellando las medianeras existentes en las plantas superiores. Bajo la nueva edificación aparcamiento subterráneo para la actividad prevista y residentes. Al espacio central se accede tanto desde la calle Heliotropo como desde las calles Castellar y Clavellinas a través de la edificación existente.

Otras condiciones para su desarrollo

- Obligación de redactor Estudio de Detalle, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 2.2.9 y en el Artículo 5.2.3. apartado a) de las Normas Urbanísticas.
- La actuación deberá respetar las condiciones de protección de los edificios catalogados y se desarrollará mediante Proyecto de Edificación Unitario, entendido como Proyecto Básico, que podrá permitir, en su caso, una ejecución faseada.
- Será de aplicación lo dispuesto en el apartado 4 del artículo 11.2.6. de las Normas.

ORDENACIÓN ESTRUCTURAL

SUPERFICIE TOTAL M <sup>2</sup> SUELO	SUPERFICIE M <sup>2</sup> SUELO CON APROVECHAMIENTO	SUELO PÚBLICO ASOCIADO M <sup>2</sup>	APROVECHAMIENTO MEDIO UA/M <sup>2</sup>	APROVECHAMIENTO OBJETIVO UA <sub>s</sub>	APROVECHAMIENTO SUBJETIVO UA <sub>s</sub>	10% CESIÓN UA <sub>s</sub>	EXCESOS APROVECHAMIENTO UA <sub>s</sub>
3.687	3.687	0	1,1488	4.235	3.812	424	0

USO GLOBAL	COEF. EDIFICABILIDAD GLOBAL m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> <sub>s</sub>	EDIFICABILIDAD MÁXIMA m <sup>2</sup> <sub>+</sub>	DENSIDAD MÁXIMA VV/Ha	NÚMERO MÁXIMO VIVIENDAS	NÚMERO MÍNIMO VIVIENDAS PROTEGIDAS	APROVECHAMIENTO VIV. PROTEGIDA (UA <sub>s</sub> )	APROVECHAMIENTO VIV. PROTEGIDA %
RESIDENCIAL	1,3000	4.793	99,00	36	17	1.271	30,00%

ORDENACIÓN PORMENORIZADA PRECEPTIVA

ORDENACIÓN PORMENORIZADA POTESTATIVA

DISTRIBUCIÓN USOS LUCRATIVOS	EDIFICABILIDAD TOTAL M <sup>2</sup> <sub>+</sub>	COEFICIENTE PONDERACIÓN USO	COEFICIENTE PONDERACIÓN URBANIZACIÓN	APROVECHAMIENTO UA <sub>s</sub>	SUPERFICIE SUELO EDIFICABLE M <sup>2</sup> <sub>s</sub>	ALTURA MÁXIMA Nº PLANTAS	TIPOLOGÍA	
VIVIENDA LIBRE	3.121	1,00	0,95	2.965	2.025	03		
VIVIENDA PROTEGIDA	1.672	0,80	0,95	1.271				
TOTAL	4.793			4.235				
DOTACIONES LOCALES (TOTAL)			1,661	45,06%	VARIO (TOTAL)		0	0,00%
ESPACIOS LIBRES	S.I.P.S.	EDUCATIVO	DEPORTIVO	TRANSPORTES E INFRAESTRUCTURAS				
925	736	0	0	0				

F.17. Identificación y ordenación del ARI-DC-04 (FÁBRICA DE SOMBREROS)./Ficha de identificación Nuevo Plan General de Ordenación Urbanística, 14 de Junio de 2006.

En el nuevo plan general de Sevilla, la parcela se identifica como Área de reforma interior, esto se debe a que el plan general de ordenación urbanística persigue la rehabilitación y puesta en valor de espacios industriales obsoletos, contando además en este caso con la peculiaridad de su céntrica ubicación, la protección patrimonial del inmueble y la conservación de casi todas las naves, que a pesar del deterioro, se respetan casi por completo desde sus orígenes.





Leyenda:

- Protección integral
- Global
- Parcial Grado 1
- Parcial Grado 2
- Ambiental

F.18. Catalogación vigente en el conjunto histórico./ Plan general ordenación urbana de Sevilla, 2006.

En el conjunto de la parcela encontramos protección parcial de grados 1 y 2 y protección Ambiental, la normativa define las características de los edificios que se integran en estas categorías y nos explica tanto las limitaciones a tener en cuenta en posibles actuaciones futuras, como los requerimientos de conservación y mantenimiento que se imponen.

- La protección parcial de grado 1(C): *“se integran en esta categoría los edificios que cuyo valor arquitectónico, monumental o artístico no alcanza el carácter singular necesarios integrarlo en los niveles de protección integral y protección global, pero que por sus características arquitectónicas originales, su pertenencia a una tipología protegible o su significación en la historia de la ciudad deben ser objeto de protección.*

*En estos edificios protegidos no se admite la sustitución, si bien podrán ser objeto de obras de conservación, de reforma menor y parcial así como las obras de ampliación siempre que, en este último caso, no afecten a los valores, espacios o elementos catalogados. Si la ampliación se hiciera por remonte, éste no será superior a una sola planta, que podrá ser coplanaria con la fachada del edificio o retranqueada al menos una crujía de la misma.*

*En cuanto a la conservación y mantenimiento de los bienes catálogos con la letra C el Plan General en el art. 8.11.2 se remite a lo dispuesto en el art. 36 de la Ley de Patrimonio Histórico Español, indicando que si a pesar de lo dispuesto en dicho artículo llegara a incoarse expediente de ruinas o se solicitara la demolición del inmueble se estará a lo dispuesto en el artículo 24 de la misma Ley.*

*El planteamiento establecido por el art. 24 de la LPH no excluye la posibilidad de que*

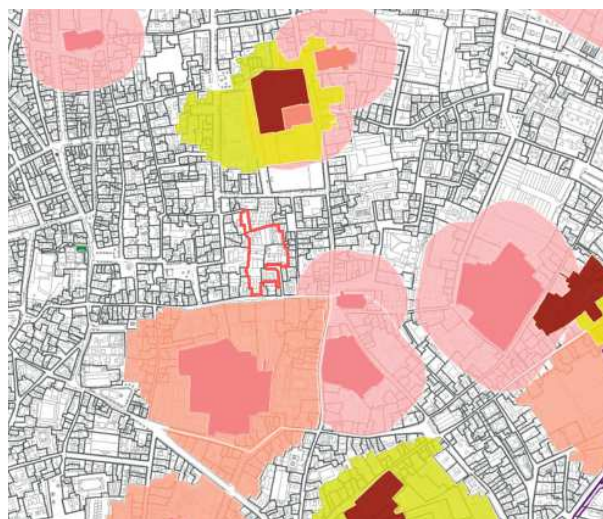


*pueda llegar a producirse la demolición de un inmueble declarado de interés cultural, sino que únicamente lo supedita a la firmeza de la resolución y a la autorización de la Administración competente”.*

- La protección parcial de grado 2 (D): *“Se integran en esta categoría los edificios que, por su valor arquitectónico, su pertenencia a una tipología protegible, su articulación en la trama y su contribución como elementos constitutivos del tejido y de la configuración del paisaje urbano, deberán ser protegidos, controlando las actuaciones que sobre ellos se efectúen. En estos edificios la intervención posibilitada es la rehabilitación, si bien con un contenido mas amplio, pues podrán ser objeto de cualquiera de los tipos de obra tendentes a la reforma menor, parcial o general y las obras de ampliación. Incluso permite el Plan la ampliación por remonte, si bien limita a una sola planta que podrá ser coplanaria con la fachada del edificio o retranqueada al menos una crujía de la misma.*

*Los edificios catalogados con la letra D deberán ser conservados y mantenidos por sus propietarios en los términos establecidos en el art. 36 de la Ley de Patrimonio Histórico Español. Si a pesar de lo dispuesto en dicho artículo llegara a incoarse expediente de ruinas o se solicitara la demolición del inmueble se estará a lo dispuesto en el art. 24 de la misma Ley”.*

Una vez comprobado el nivel de protección del conjunto, es evidente que no queda recogido como Bien de interés cultural (BIC), aun así por su céntrica ubicación y cercanía con otros BICs ya inscritos, es necesario comprobar si la parcela se encuentra en el entorno de protección de alguno de ellos. Como se puede observar en la siguiente imagen, la parcela de estudio queda excluida de los entornos de protección correspondientes a la iglesia de San Marcos y al Palacio de las Dueñas, aunque es limítrofe con ellos.

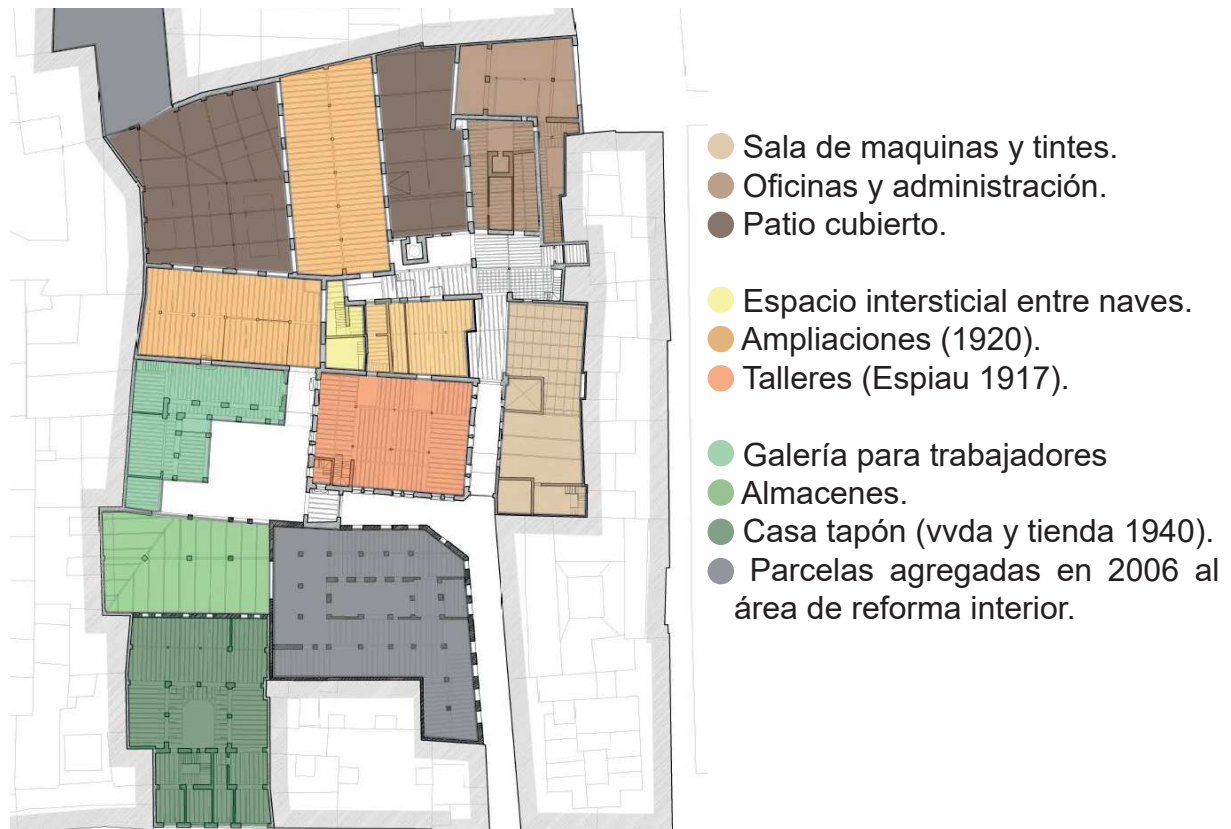


*F.19. Captura del mapa Web de consulta de los bienes inscritos en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz, ya sean con inscripción genérica o con declaración BIC. (validado 25/10/2017)./ <http://sig.urbanismosevilla.org>*

## ESTUDIO TIPOLOGICO ESTRUCTURAL DEL CONJUNTO

Al ser un conjunto que ha ido evolucionando conforme a las exigencias y demandas de la fábrica, podría decirse que el crecimiento de la propia empresa y el edificio iban estrechamente ligados, esto se evidencia en el diseño de las naves, ya que se tenía en cuenta el uso al que iban a estar destinadas.

Por este motivo, para poder analizar el diseño estructural de cada nave/edificio, es necesario también conocer el uso originario al que estaban destinadas cuando se construyeron.



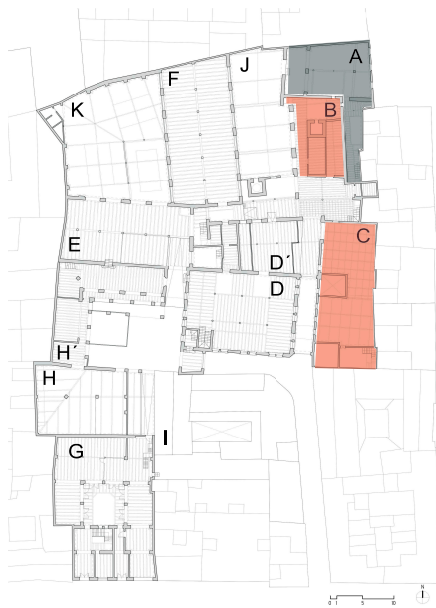
*Plano de usos de la Fábrica. / Prod. propia.*

Una vez planteados los usos, se procede a analizar individualmente cada nave/edificio por orden de creación;

El primer taller (A), fundado en 1985, se dedicó en un principio a trabajos puramente artesanales, y una vez la fábrica evolucionó, pasó a utilizarse como zona de oficinas y administración.

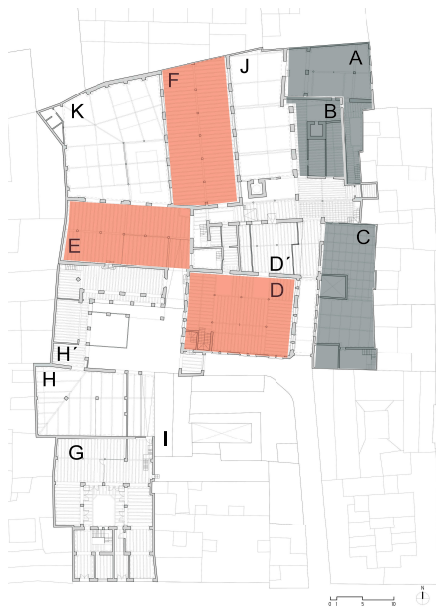
Al ser una antigua vivienda contando incluso con su respectivo patio, su estructura es bastante común, compuesta por forjados de vigas de madera y entreligado de ladrillo sobre muros de carga. Actualmente se encuentra en estado de ruina.





En 1902, Espiau proyectó estos dos edificios, fusionándolos al taller original, el edificio B continua con el mismo uso y sistema constructivo que el A, es decir, forjados de vigas de madera y entrevigado de ladrillo sobre muros de carga, la cubierta se compone de cerchas de madera con protección de chapa. Un punto a tener en cuenta es su solería, adoquinado colocado de canto, ya que podría considerarse la posibilidad de que se permitiese el acceso de tráfico rodado a la nave.

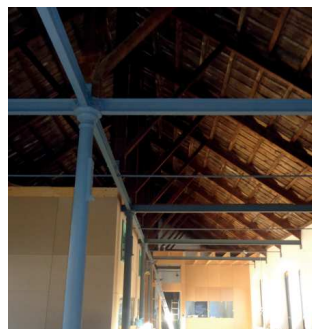
En el caso del edificio C, se produce la primera variación con respecto al sistema empleado, siendo en este caso de vigas metálicas con protección de chapa, teniendo en cuenta su uso como sala de maquinarias y tintes, es clara la necesidad de crear espacios más diáfanos.



Posteriormente en 1917, se le encargó a Espiau la construcción de un tercer edificio (D), en la que puede verse el marcado estilo regionalista que caracteriza al arquitecto, (\*zona elegida para el estudio estructural detallado).

Poco tiempo después, en los años 20, debido al aumento de producción es necesario construir dos naves (E y F), para las que se utiliza el mismo sistema estructural que se emplea en el edificio D para los forjados intermedios, es decir, viguetas metálicas con bovedillas de fábrica de ladrillo ejecutadas in situ. Para las cubiertas se emplean inclinada de cerchas de madera sobre columnas de fundición con protección de teja/placas onduladas de fibrocemento.

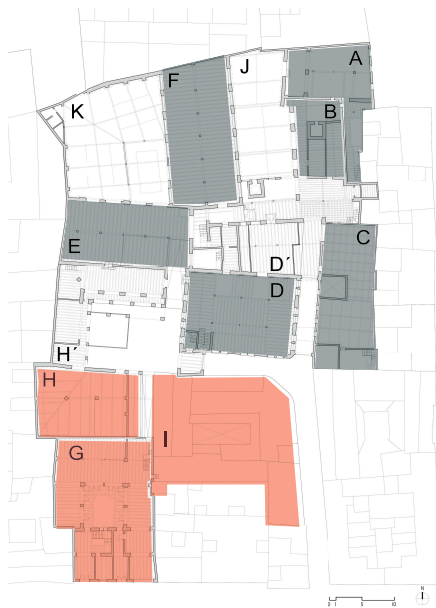
Actualmente la nave E está siendo rehabilitada y la F se encuentra en grave estado de deterioro.



Vistas interiores de la nave E./ Fotografías realizadas por autora.

Vista interior de la nave F./ Fotografía realizada por autora.





En 1940 se abre la fábrica a calle Castellar adecuando la vivienda cabecera (G), como oficinas y tienda de sombreros, conectada por su zona traser con una nave de nueva planta (H) destinada a uso de almacenaje. En esta época también se registra la construcción de las parcelas agregadas al ARI, registradas como tal en 2006 (I).

Analizando la solería utilizada también es posible realizar hipótesis sobre el uso al que estaban destinados estos espacios, como ocurre en el caso del edificio G, donde se intercala el empleo de la solería hidráulica con la de mármol, siendo muy posible, dada también su conexión directa con la calle, que los espacios en que se emplea la solería de mármol estuviesen dedicados a la venta al público. En este edificio se emplea la sistemática habitual en viviendas, siendo este su uso original, de vigas, rollizos y tableados de madera apoyados sobre muros de carga, utilizado también en el caso de las parcelas (I).



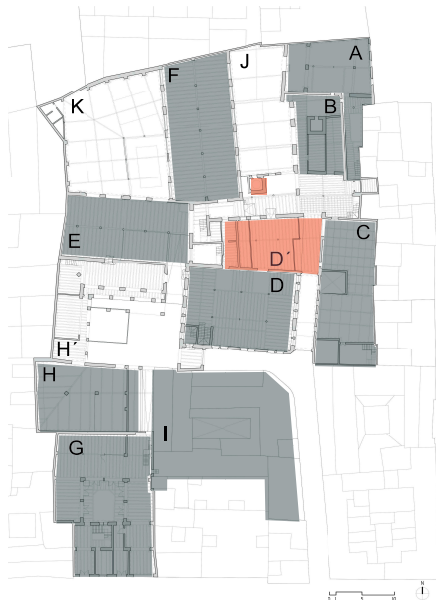
*Vista del estado actual de la fachada del edificio G desde la calle Castellar./ Foto Google 10/07/2019.*

La nave H fue construida desde cero, constando unicamente de planta baja, sin forjados intermedios, empleándose la cubierta tipo ya empleada de cerchas de madera con protección de chapa.

Actualmente las parcelas (I) se encuentran en estado de ruina, en el caso de la nave G, se ha recuperado el uso originario como vivienda, la nave H no se conserva.



*Vistas del estado actual de las parcelas I, desde la cubierta del edificio D./ Fotografías realizadas por autora.*



En 1944, el edificio D construido en 1917, es ampliada por el mismo arquitecto. Aparece entonces el anexo D', separado del D únicamente por una junta estructural, y a pesar de que, como es lógico, para la construcción del mismo se utiliza el mismo sistema, se pueden apreciar ciertas diferencias en los acabados.

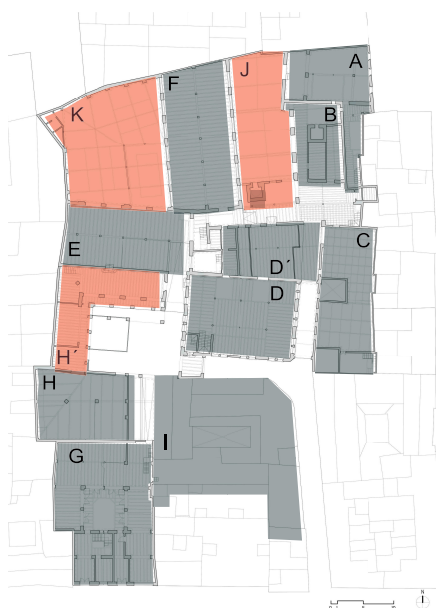
A su vez, también se eleva la gran chimenea de unos 40 metros de altura, de ladrillo cara vista, en sintonía con el estilo regionalista al que pertenece el conjunto.



Vista interior del edificio anexo D'./ Fotografía realizada por autora.



Vista de la chimenea, desde la cubierta del edificio D./ Fotografía realizada por autora.



A partir de 1963, al ir ganando importancia la fábrica, el número de trabajadores también fue incrementando, siendo necesaria la creación de la nave H', galería dedicada a los trabajadores. Fue en esta época cuando la manzana se colmató en su totalidad, cubriendo los patios J y K e incluso los espacios intersticiales entre naves.



*Vista actual desde arriba de la nave H' y su posterior añadido./ Fotografía realizada por autora.*



*Vista actual de la cubierta de la nave K./ Fotografía realizada por autora.*



*Vista\* del interior de la nave K/ Fotografía realizada por autora.*



*\*Plano guía./Prod. propia.*



## IV

### ELECCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO “EDIFICIO PARA TALLERES DE ESPIAU, 1917”



*Vistas a píe de calle de las fachadas sur y oeste del edificio de estudio./ Fotografías realizadas por autora.*

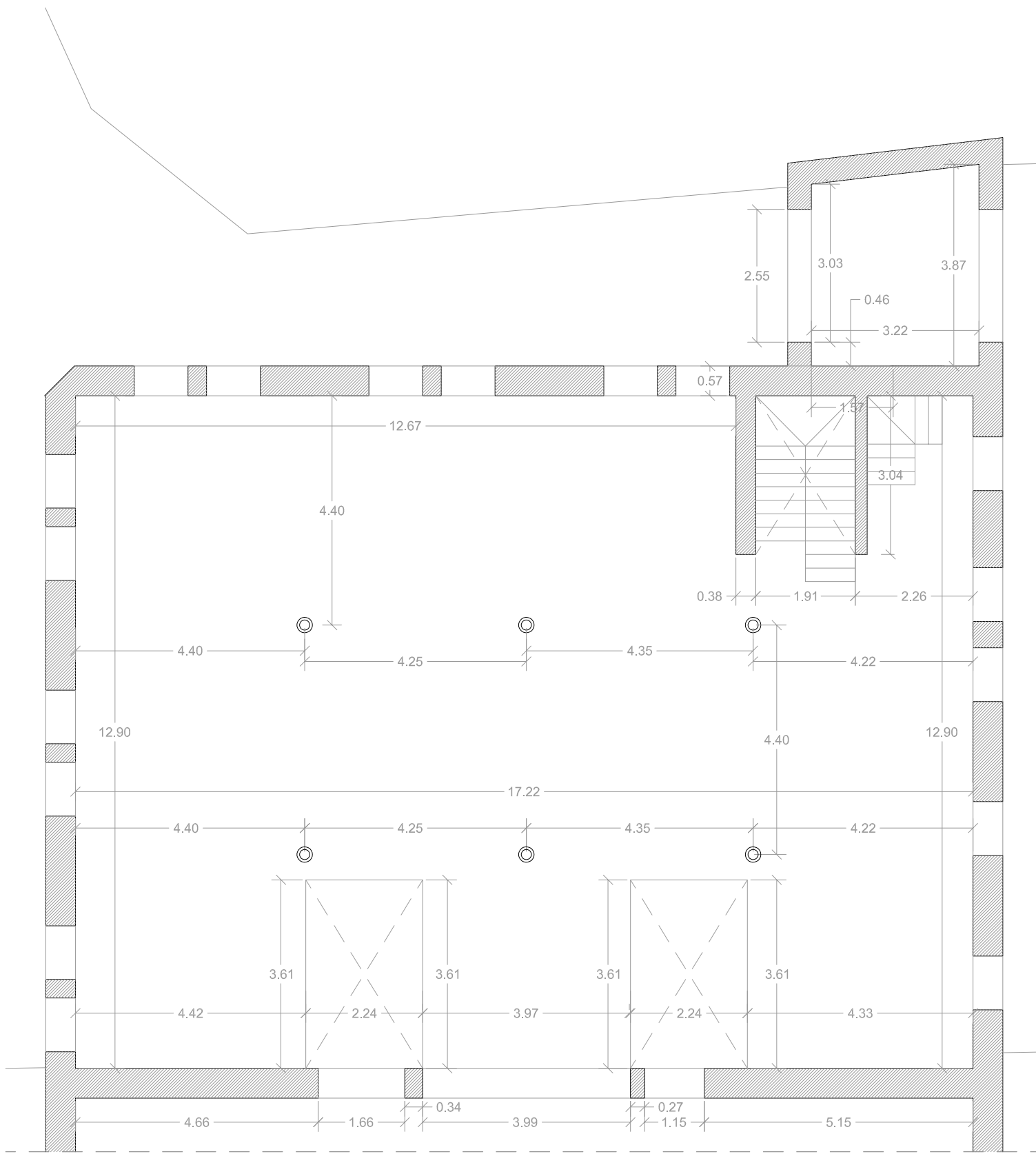
El edificio elegido para el estudio estructural detallado, marcado en la imagen, es el edificio para talleres construido en 1917, diseñado por José Espiau y Muñoz. De todo el conjunto, es en este concretamente donde puede apreciarse de forma más clara el marcado estilo regionalista que caracteriza al arquitecto.

Su pertenencia a este estilo se evidencia sobretodo en las fachadas, donde destaca el cuidado empleo de la fabrica de ladrillo cara vista y los detalles en la misma.

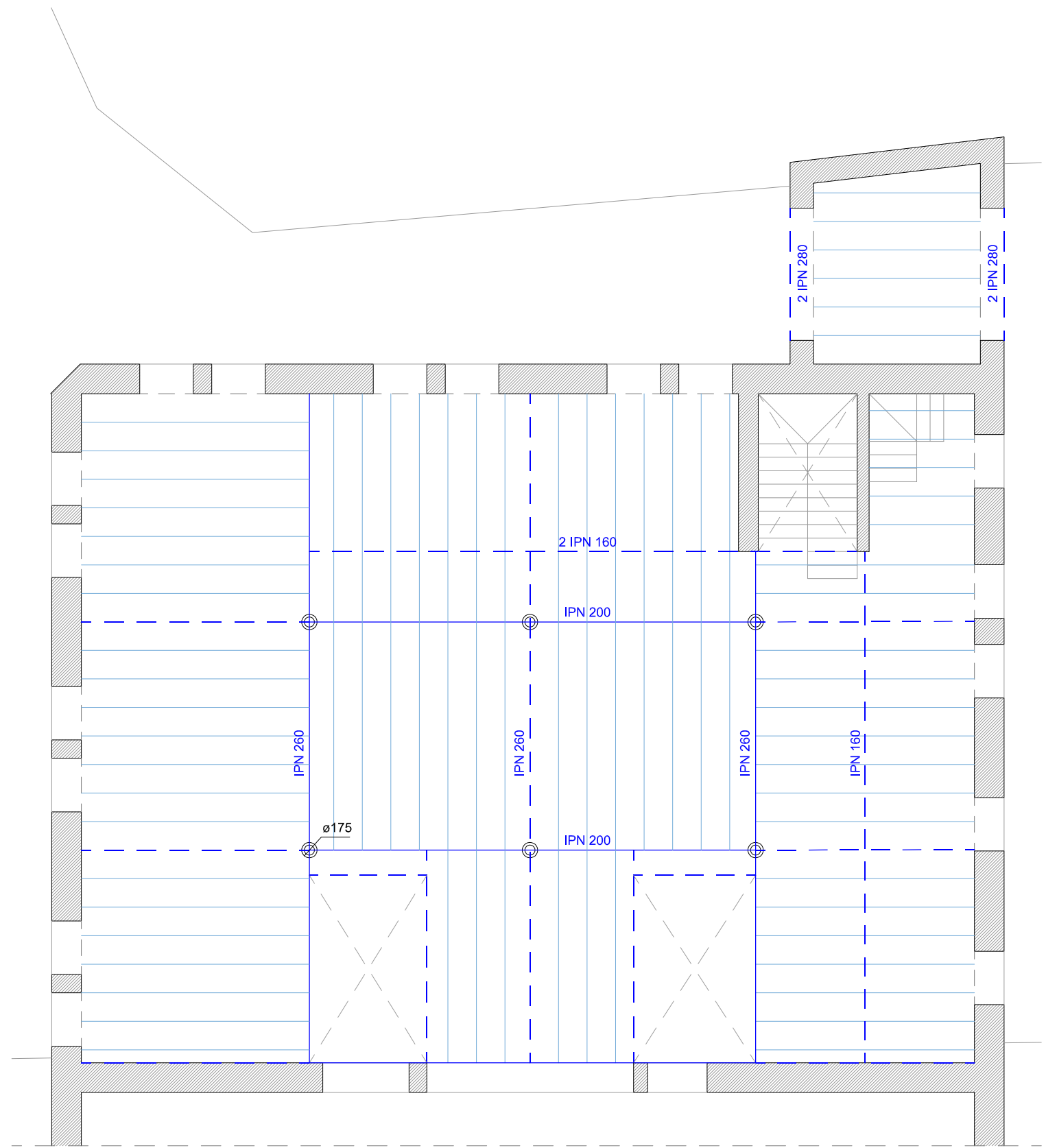
El motivo de esta elección, aparte del señalado, y del buen estado en el que se conserva (a diferencia de otras zonas del conjunto), podría decirse que es la “complejidad” del mismo, ya que puede apreciarse cierto orden en su estructura, además dispone de forjados intermedios y cubierta transitable en los que se emplean sistemas tipo que pueden suponer de cierto interés a la hora estudiarlos y realizar la modelización, ya que pueden facilitar la creación de un patrón a seguir en edificios similares.

Su estructura se basa en la utilización de muros de carga de fábrica, pilares tubulares de acero de fundición y forjados de viguetas metálicas con bovedillas curvas de fábrica de ladrillo ejecutadas in situ. En cuanto a la cubierta se utilizan dos sistemas diferentes, combinándose la cubierta plana transitable sobre forjado, con la cubierta inclinada apoyada sobre cerchas de madera.

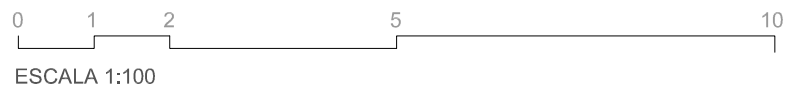
Como ya se menciona previamente, puede apreciarse cierto orden en su estructura, ya que, además de la similitud entre las luces de los vanos, la simetría es muy evidente, rompiéndose quizás en la planta de cubierta, dada la utilización de diferentes sistemas, a continuación se añaden los planos estructurales y las plantas acotadas del edificio;



PLANTA PRIMERA

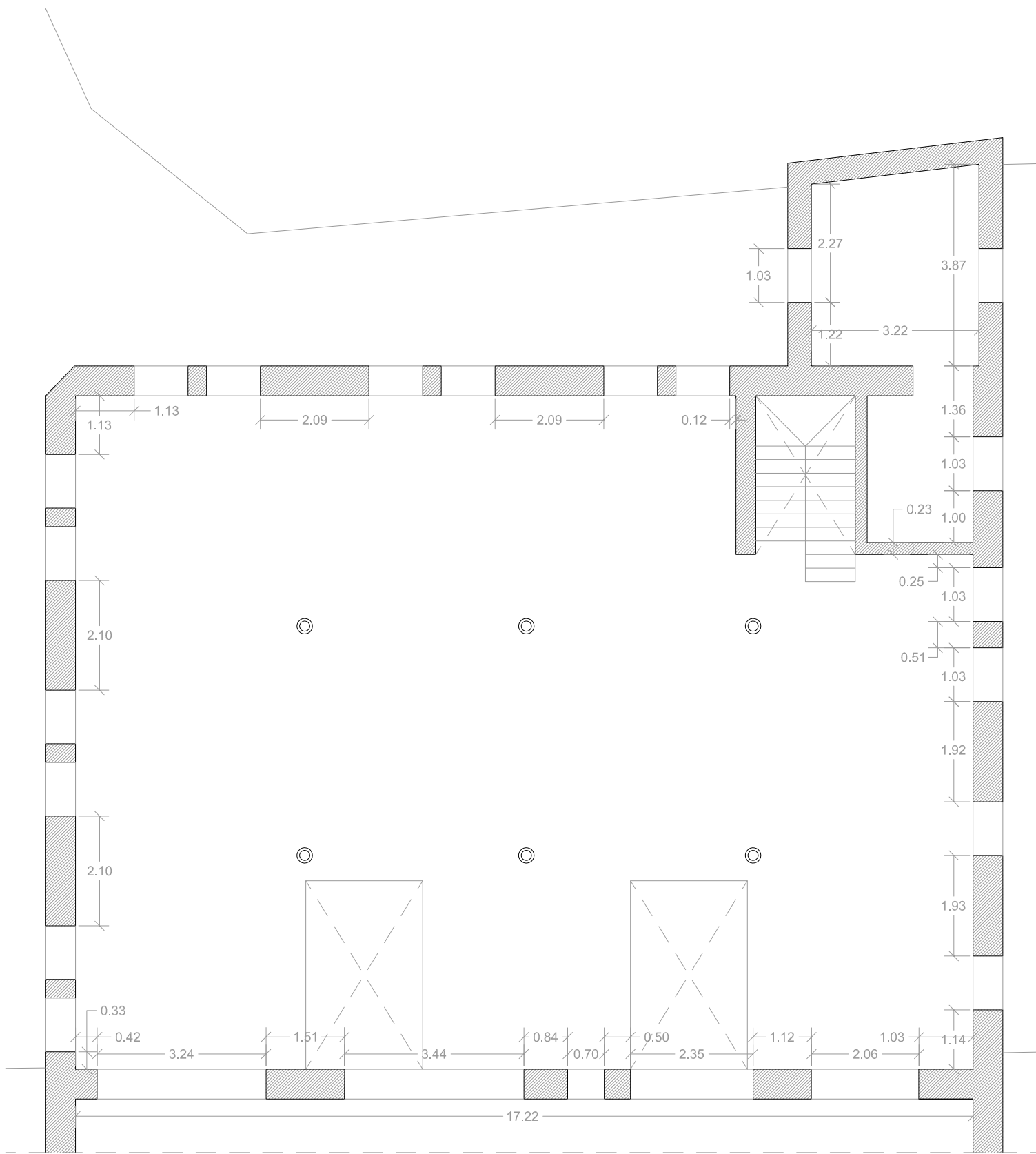


FORJADO PLANTA PRIMERA

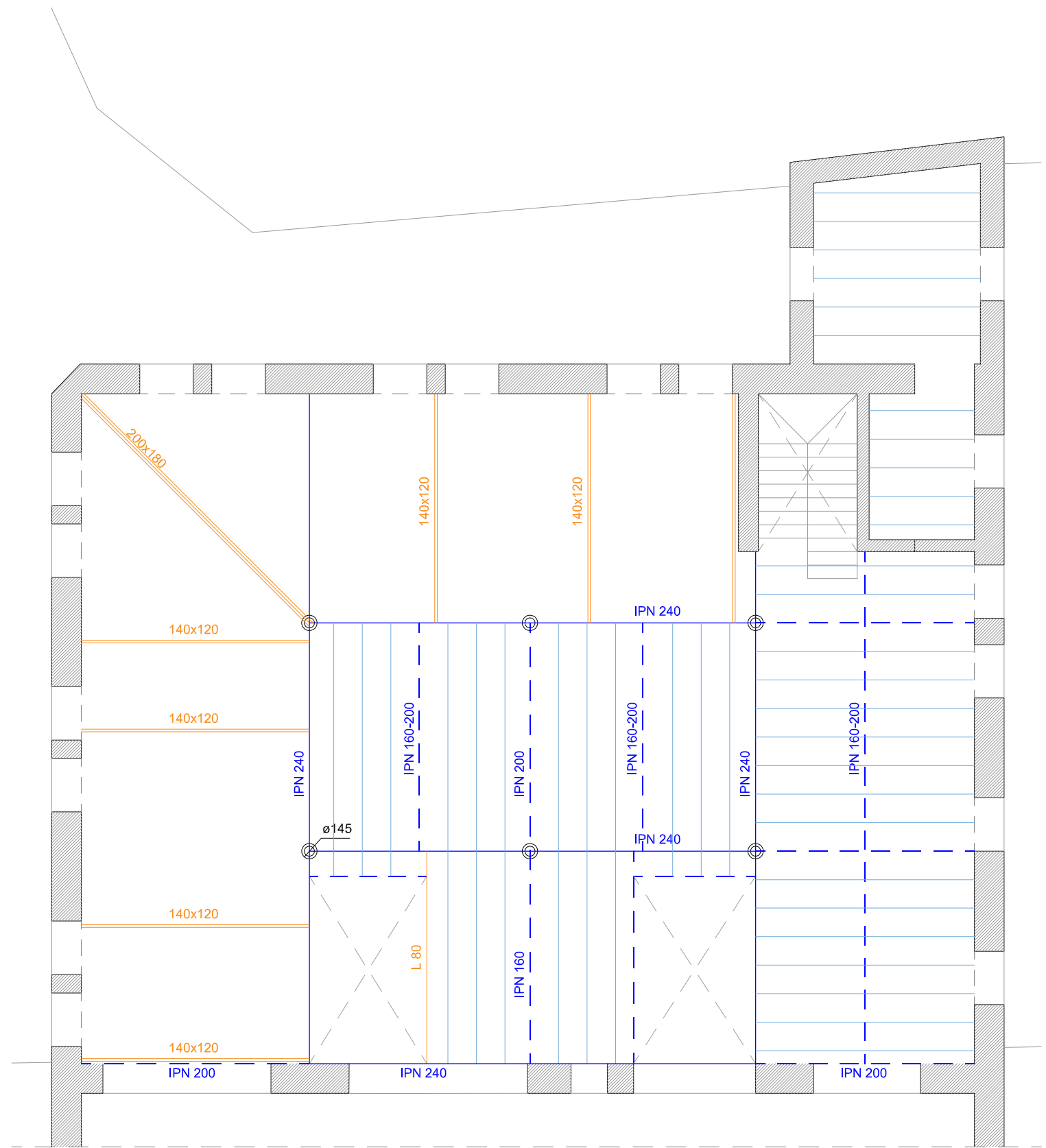


⊙	Columnas de fundición
—	Vigas IPN principales
- - -	Vigas IPN 2º orden
—	Viguetas metálicas
—	Cerchas madera
—	Viguetas madera
Nº de plano: 01	
Nº de página: 22	

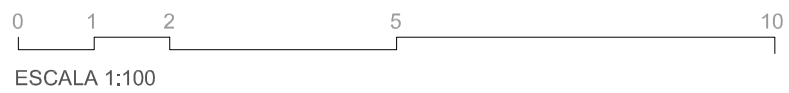




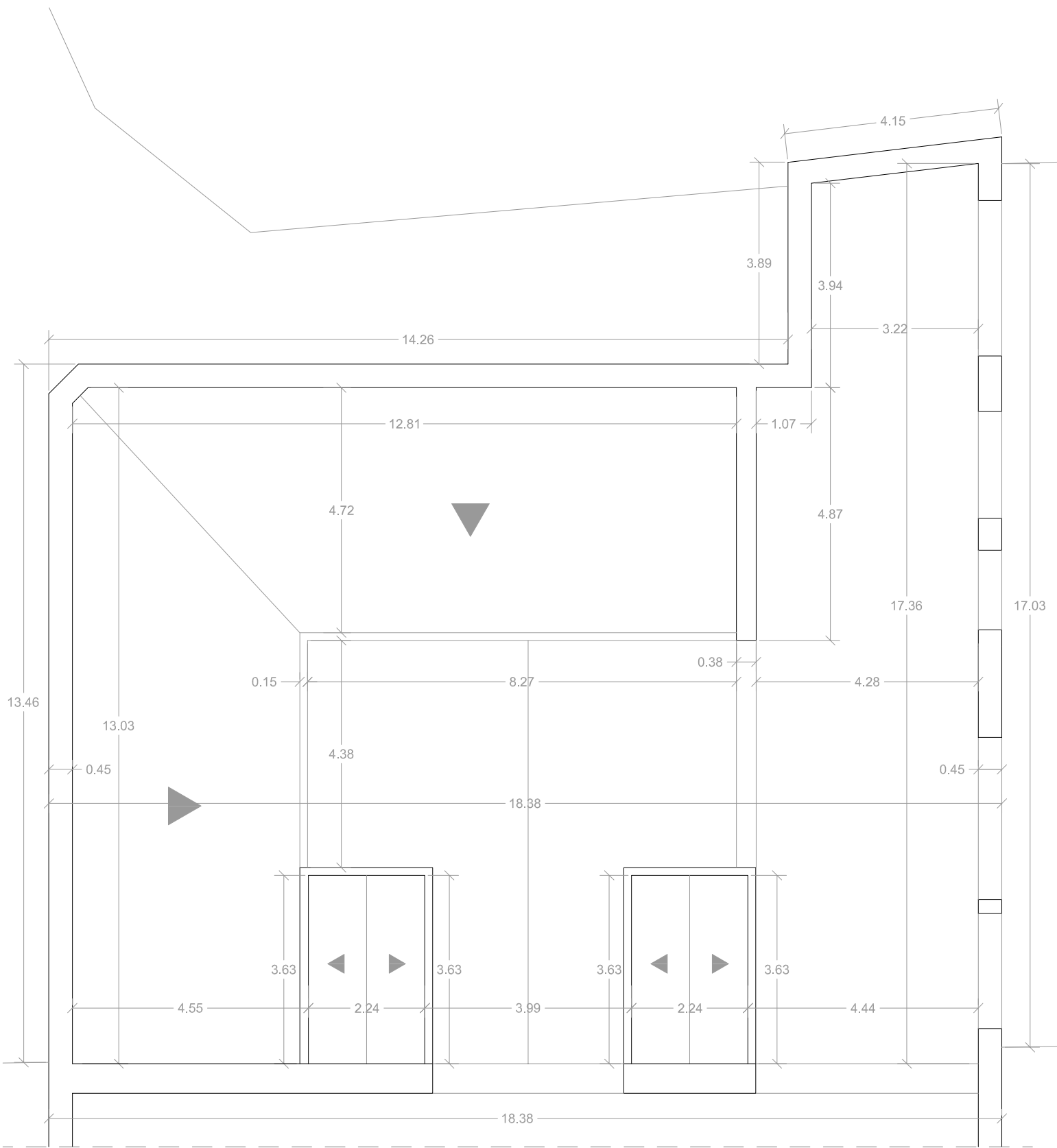
PLANTA PRIMERA



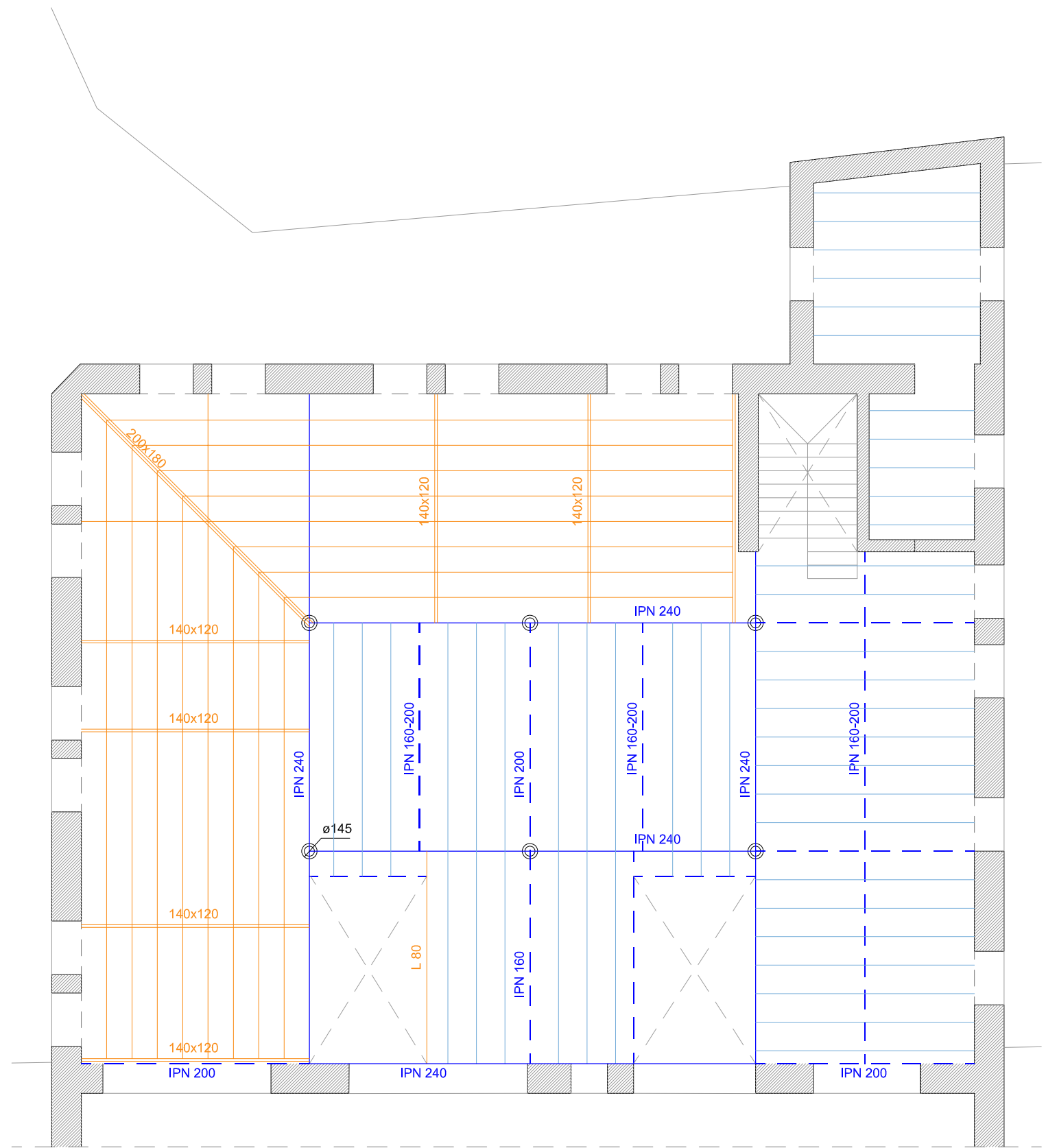
FORJADO PLANTA CUBIERTA, Parte inferior.



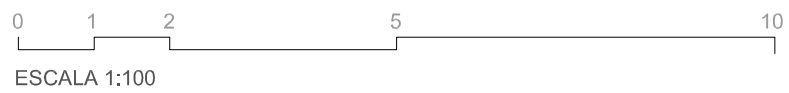
⊙	Columnas de fundición
—	Vigas IPN principales
- - -	Vigas IPN 2º orden
—	Viguetas metálicas
—	Cerchas madera
—	Viguetas madera
Nº de plano: 02	
Nº de página: 23	









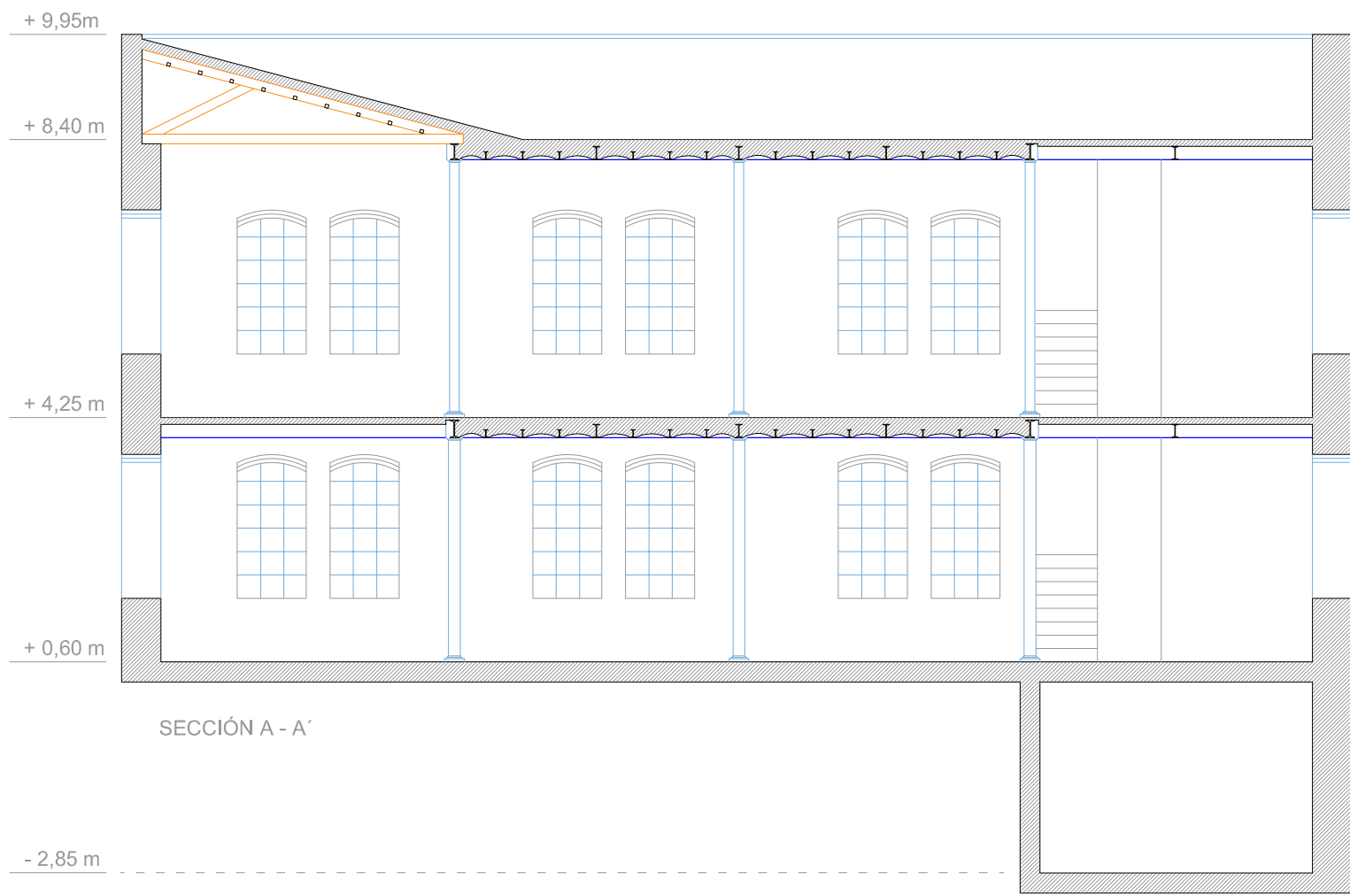
PLANTA PRIMERA



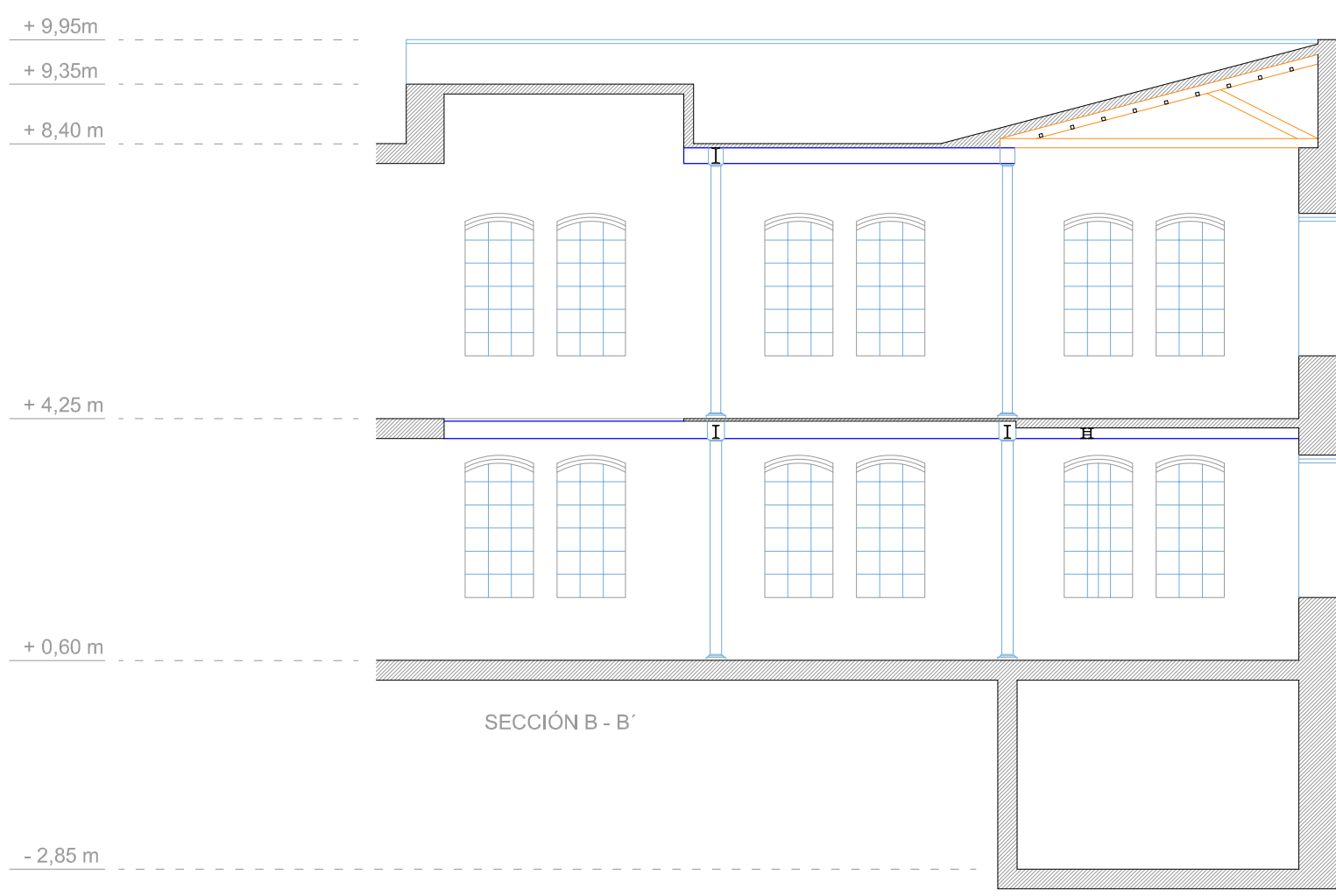
FORJADO PLANTA CUBIERTA, Parte inferior.



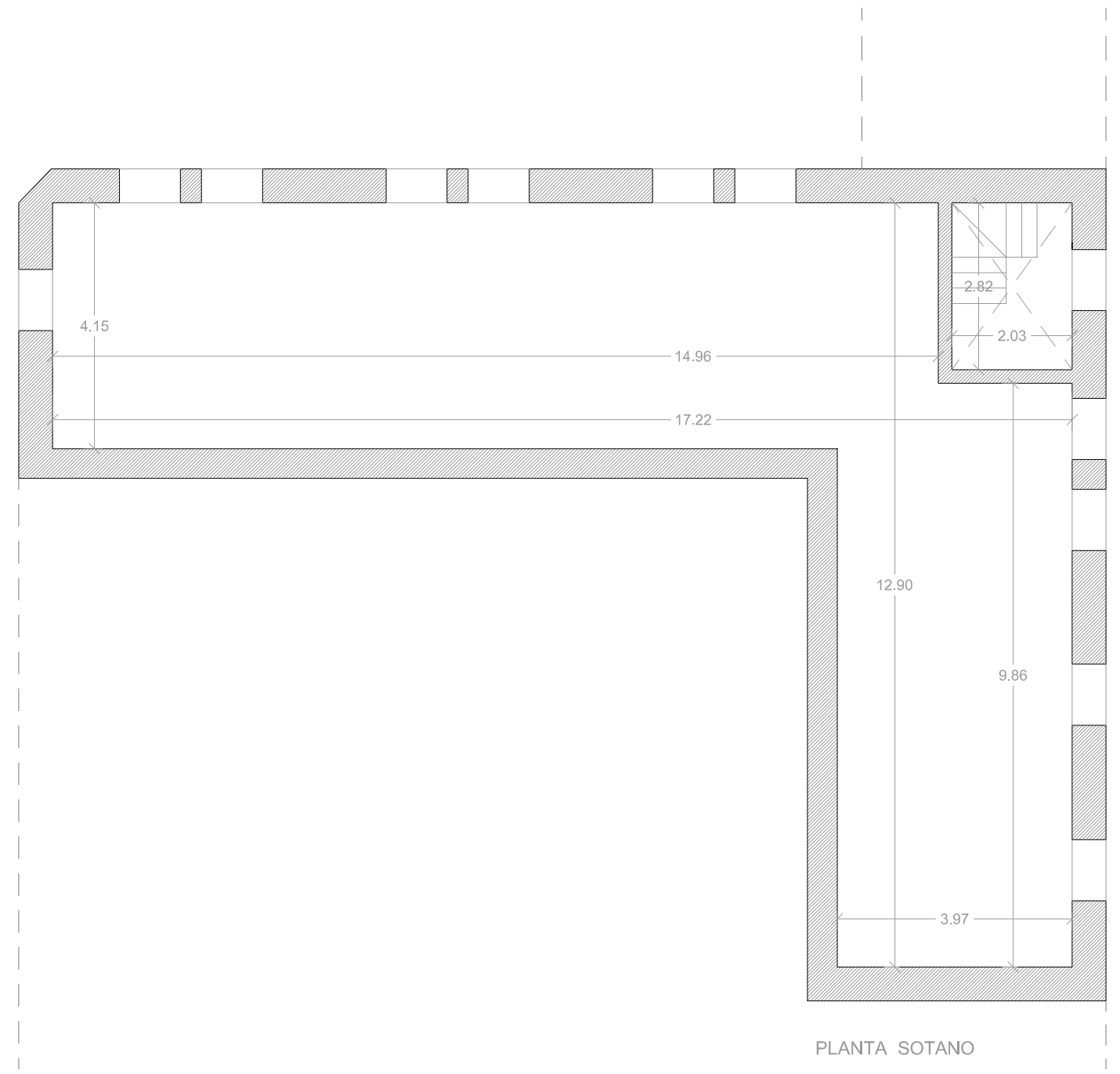
<ul style="list-style-type: none"> <li> Columnas de fundición</li> <li> Vigas IPN principales</li> <li> Vigas IPN 2º orden</li> <li> Viguetas metálicas</li> <li> Cerchas madera</li> <li> Viguetas madera</li> </ul>	<p>Nº de plano: 03</p> <p>Nº de página: 24</p>
---	--



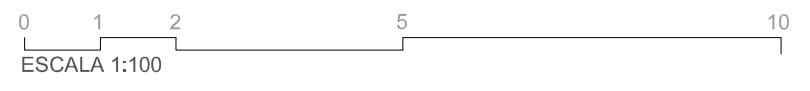
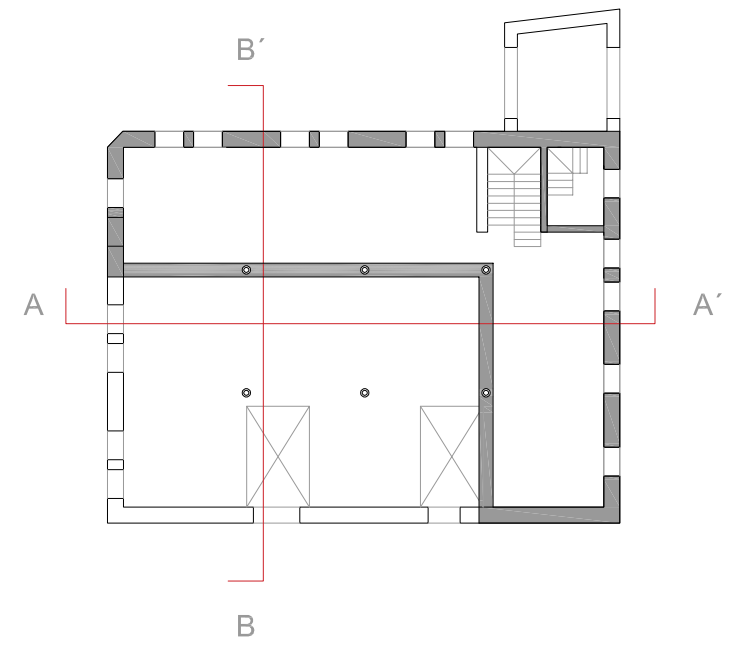
SECCIÓN A - A'



SECCIÓN B - B'



PLANTA SOTANO



## EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

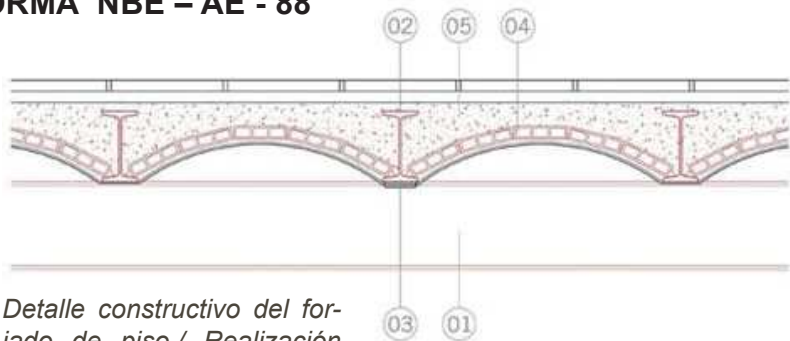
Para poder realizar la modelización y análisis del edificio mediante el programa informático Cype 3D, primero se procede a realizar una tabla de cargas unitarias, para ello realizamos primero un desglose de los materiales existentes en esta nave, así como las sobrecargas a considerar. (excluyéndose el estudio de los cimientos, ante la incertidumbre del sistema existente y el desconocimiento de sus características).

Teniendo en cuenta la evolución de la normativa en estos años, para poder acercarnos con mayor exactitud a la hipótesis de carga que se tuvo en cuenta en el momento de su construcción, en vez de basarnos en el CTE actual, se utiliza como fuente la normativa MV 101 de 1962, concretamente la actualización que se realizó de la misma en 1988, NBE-AE-88 y NTE-ECG.

### **HIPÓTESIS DE CARGA, permanentes y variables:**

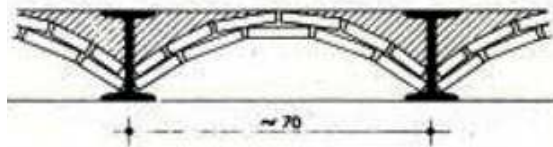
#### **- Forjados intermedios: NORMA NBE – AE - 88**

- 01 - Vigas IPN (160-240)
- 02 - Viguetas IPN
- 03 - Pletina de acero
- 04 - Rasilla
- 05 - Relleno



*Detalle constructivo del forjado de piso./ Realización propia.*

Según la norma, el forjado, compuesto por viguetas metálicas y bovedillas de ladrillo, tiene un peso aproximado de 170 Kg/m<sup>2</sup>.



Bovedilla	PN (cm)	
Bovedilla doble de rasilla (2 x 3 + 1 = 7 cm)	10	130
	16	170
	20	210
	24	250
Bovedilla triple de rasilla (3 x 3 + 2 = 11 cm)	16	200
	20	240
	24	280

*F.20/F.21. Detalle y tabla obtenidos de la Norma NBE – AE - 88.*



*Encuentro columna-viga./ Fotografía realizada por autora.*



*Encuentro viga-vigueta./ Fotografía realizada por autora.*

## - Cubierta inclinada, no transitable; NORMA NTE - ECG

Tipo de faldón	Pendiente o inclinación									
	0%	30%	50%	60%	70%	85%	100%	120%	150%	175%
	0°	17°	26°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
Teja curva, incluido tablero	170	180	190	--	--	--	--	--	--	--
Teja plana, incluido tablero	160	--	180	190	200	210	230	270	300	350
Pizarra clavada a enlistonado, incluido tablero	150	--	--	180	190	200	220	240	270	300
Pizarra clavada en yeso, incluido tablero y 4 cm de yeso	190	--	--	220	230	250	270	300	330	380
Zinc, incluido tablero y acabado de 3 cm de mortero	170	180	190	200	210	220	240	270	300	340
Placa ondulada o curvada, incluidos accesorios de fijación. (Sin incluir correas u otro tipo de soporte)	20	--	30	--	40	--	50	--	60	--
Lámina impermeabilizante incluido tablero	140	--	150	160	170	180	200	220	250	280

Peso G en kg/m<sup>2</sup> de proyección horizontal, de faldones de cubierta



Vista interior de la cubierta inclinada./ Fotografía realizada por autora.

F.22. Tabla obtenida de la Norma NBE – ECG.

## - Cubierta Plana, no transitable; NORMA NTE - ECG

Tipo de azotea	Terminación	Peso G en kg/m <sup>2</sup>
No transitable	Membrana autoprotégida	170
	Protección pesada	240
Transitable	Baldosín catalán	280
Ajardinada	Capa de tierra vegetal:	
	20 cm	700
	30 cm	850
	50 cm	1.200
	70 cm	1.550
	100 cm	2.100



Vista interior cubierta plana y encuentro con lucernario./ Fotografía realizada por autora.

En el peso de la azotea están incluidas, la formación dependiente de altura media 30 cm mediante hormigón ligero de  $\gamma = 500 \text{ kg/m}^3$  o tabiquillos y doble tablero, la membrana impermeabilizante y las capas de protección de mortero. En las azoteas ajardinadas se incluye además capas de 5 cm de grava y 3 cm de arena.

F.23. Tabla obtenida de la Norma NBE – ECG.

## - Solería: NORMA NTE - ECG

En la Tabla 14 se determina el peso G en kg/m<sup>2</sup>, de diferentes solados, en función del espesor total E en mm.

Tipo de solado	Baldosas o terrazo recibido con mortero sobre 2 cm de arena				Moqueta o láminas sobre 3 cm de mortero	Parquet sobre 3 cm de mortero	Tarima sobre enrastrelado
Espesor total E en cm	4,5	5,0	6,0	7,0	3,0	4,0	5,0
Peso G en kg/m <sup>2</sup> del solado	80	90	110	130	60	70	30

F.24. Tabla obtenida de la Norma NBE – ECG.

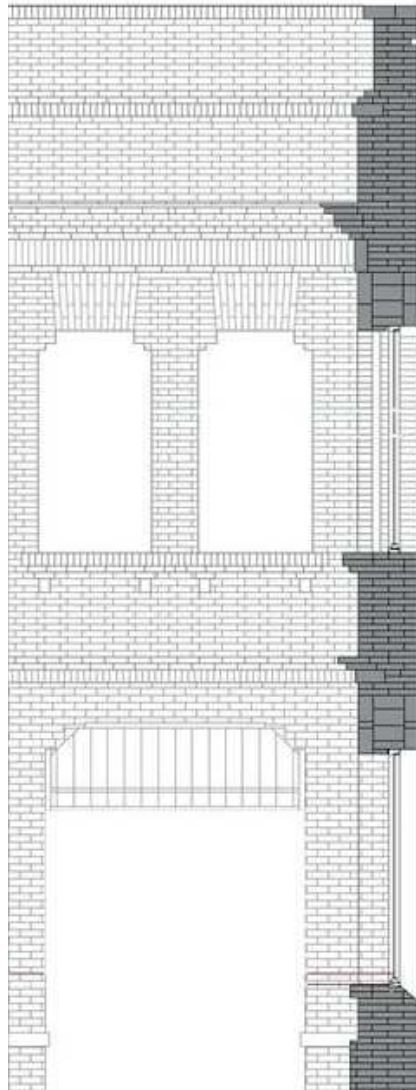


**- Tabiquería: NORMA NTE - ECG**

<b>Sobrecarga de uso en kg/m<sup>2</sup></b>	< 300	300 a 400	> 400
<b>Q en kg/m<sup>2</sup></b>	100	50	0

F.25. Tabla obtenida de la Norma NBE – ECG.

**- Fachada: NORMA NTE - ECG**



Fábrica	Espesor E en cm	Tipo de ladrillo			
		Hueco	Perforado	Macizo Cerámico	Macizo Silico-calcáreo
Tablero de rasilla	2,8	40	--	--	--
Panderete	4,0	60	--	--	--
Tabicón	9,0	110	--	--	--
Cítara	11,5	150	180	210	230
Medio pie	14,0	170	220	260	280
Un asta	19,0	228	280	340	380
Un asta	24,0	300	370	420	480
Un pie	29,0	350	450	520	580
Asta y media	36,5	460	600	640	730
Pie y medio	44,0	560	690	730	880
	49,0		735	882	
	53,0		885	1.062	

**Peso G en kg/m<sup>2</sup> de fábrica de ladrillo**

Se han tomado para los ladrillos los siguientes pesos específicos aparentes:

Hueco sencillo	$\gamma = 1.200 \text{ kg/m}^3$
Perforado	$\gamma = 1.500 \text{ kg/m}^3$
Macizo cerámico	$\gamma = 1.800 \text{ kg/m}^3$
Macizo Silicocalcáreo	$\gamma = 2.000 \text{ kg/m}^3$

F.26. Tabla obtenida de la Norma NBE – ECG.

Detalle fachada este de la fábrica./R.P.

**- Sobrecarga nieve: NORMA NTE - ECG**

Siendo la altura de Sevilla de aproximadamente 10 metros, y encontrándose la pendiente de la cubierta entre 0-50%;

Altitud topográfica H en m	Pendiente o inclinación						
	0% 0°	50% 26°	70% 35°	100% 45°	130% 52°	175% 60°	> 175% > 60°
0 a 200	40	40	40	30	30	20	0
201 a 400	50	50	40	40	30	30	0
401 a 600	60	60	50	50	40	30	0
601 a 800	80	70	70	60	50	40	0
801 a 1.000	100	90	80	70	60	50	0
1.001 a 1.200	120	110	100	90	70	60	0
> 1.200	0,1H	0,09H	0,08H	0,07H	0,06H	0,05H	0

**Sobrecarga de nieve Q en kg/m<sup>2</sup> de proyección horizontal**

F.27. Tabla obtenida de la Norma NBE – ECG.

## - Sobrecargas de uso: NORMA NTE - ECG

Edificio	Local	Q en kg/m <sup>2</sup>
Viviendas	Habitaciones	200
	Escaleras y accesos públicos	300
Hoteles Hospitales	Dormitorios	200
	Escaleras y accesos públicos	300
	Locales de reunión	500
Iglesias Espectáculos	Con asientos fijos	300
	Sin asientos fijos	500
	Tribunas y escaleras	500
Oficinas	Locales privados	200
Comercios	Oficinas públicas y tiendas	300
	Galerías comerciales	300
	Escaleras y accesos	400
Docentes	Aulas, despachos y comedores	300
	Escaleras y accesos	400
Todo tipo de edificios	Azoteas para conservación	100
	Azoteas privadas	150
	Calzadas y garajes para automóviles	400
	Calzadas y garajes para camiones, autocares, etc.	1.000

En la Tabla 21 se determina el valor del coeficiente a que multiplicará a las sobrecargas de uso en aquellos elementos que los reciban de otros superiores, en función del número de plantas incluida la de cubierta, que le transmitan su carga.

Número de plantas que actúan sobre el elemento	Tipo de edificio		
	Edificios de oficinas, residenciales y comerciales	Almacenes	Restantes edificios
< 3	1,00	1,00	1,00
4	0,95	0,95	1,00
5	0,90	0,95	1,00
6	0,80	0,90	1,00
> 6	0,70	0,85	1,00

F.28. Tabla obtenida de la Norma NBE – ECG.

La sobrecarga de uso y la carga de la tabiquería se encuentran estrechamente relacionadas, en este caso se considera la hipótesis de una menor carga por tabiquería, sopesándose una sobrecarga de uso mayor.

## - Sobrecarga de viento;

Se ha aplicado una acción de viento con el criterio de la época, sólo a las partes expuestas del edificio, dividiendo el edificio en tres zonas de estudio, correspondientes a las fachadas Este, Sur y Oeste, fachadas que, como podemos observar en la imagen, se encuentran protegidas parcialmente del viento por otros edificios.



Fachadas del edificio a considerar./ Foto (editada por autora) Google 21/07/2019.



Edificaciones que originan el ocultamiento al viento./ Fotos (editadas por autora) Google 21/07/2019.

“Para tener en cuenta el efecto del ocultamiento de la acción del viento en una zona del edificio por no estar expuesto directamente (por quedar oculto tras la sombra o proyección de otro edificio situado inmediatamente a barlovento de éste), la fuerza de viento resultante del elemento oculto se multiplica por el coeficiente de ocultamiento definido en el art. 4.2.3 y en la tabla 4.2-c de la Instrucción IAP-11 de acciones en puentes, en el que intervienen los siguientes parámetros:

ESPACIAMIENTO RELATIVO $s_r$	RELACIÓN DE SOLIDEZ $\lambda$					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	$\geq 0,6$
0,5	0,75	0,40	0,31	0,22	0,13	0,06
1	1,00	0,82	0,64	0,46	0,28	0,10
2	1,00	0,84	0,68	0,52	0,36	0,20
3	1,00	0,86	0,72	0,59	0,45	0,31
4	1,00	0,89	0,78	0,68	0,57	0,46
5	1,00	1,00	0,92	0,85	0,77	0,69
6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

$\lambda$  : la relación de solidez correspondiente al elemento de barlovento más próximo:

$$\lambda = A_n / A_{tot}$$

$A_n$ : área sólida neta o real (descontando los huecos) que el elemento de barlovento presenta al viento.

$A_{tot}$ : área bruta o total (sin descontar huecos) del elemento de barlovento delimitada por su contorno externo.

$s_r$  : el espaciamiento relativo:

$$s_r = s / h_p$$

$s_r$ : espaciamiento relativo entre el elemento de barlovento y el de sotavento.

$s$ : distancia horizontal entre las superficies de ambos elementos, proyectadas sobre un plano perpendicular a la dirección del viento.

$h_p$ : altura protegida u ocultada por el elemento de barlovento”.



Siendo el espaciamento relativo diferente para cada fachada, los coeficientes de ocultamiento obtenidos son los siguientes;

		Este	Oeste	Sur
Relación de Solidez	$\lambda$	1,00	1,00	1,00
Espaciamento Relativo	s	2,20	8,06	3,90
<b>Coeficiente de Ocultamiento</b>	<b><math>\eta</math></b>	0,20	1,00	0,46

*Coeficientes de ocultamiento al viento de las fachadas./ Prod. propia.*

## BASES DE CÁLCULO:

Qe: Acción del viento

La acción del viento incide horizontalmente sobre la estructura creando dos cargas como resultado, una de presión sobre la cara que incide, barlovento, y una de succión en la cara paralela, es decir en sotavento.

Acción del viento en presión  $Q_e = Q_b \times C_e \times C_p$

Acción del viento en succión  $Q_e = Q_b \times C_e \times C_s$

Qb: Presión dinámica del viento

Ce: Coeficiente de exposición

Cp: Coeficiente eólico o de presión

Cs: Coeficiente de succión

Según el CTE se observa que el edificio se encuentra en una zona eólica tipo A; en la que la presión dinámica del viento tiene un valor de 0,42 KN/m<sup>2</sup>. Además, hallamos los valores del coeficiente de exposición (Ce) y el coeficiente eólico según las tablas 3.4 y 3.5.

**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
<b>IV Zona urbana en general, industrial o forestal</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	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

**Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos**

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

Siguiendo estos parámetros, la acción del viento, en succión y presión, en cada una de las fachadas sería;

DIRECCIÓN X									
Fachadas	Qe (P) (KN/m2)	Qe (S) (KN/m2)	Qb (KN/m2)	Ce	Cp	Cs	By (m)	H (m)	Vy
Oeste 1	0,38	-0,16	0,42	1,30	0,70	-0,30	9,93	3,35	0,34
Oeste 2	0,41	-0,18	0,42	1,40	0,70	-0,30	9,93	3,85	0,39
Este 1	0,38	-0,16	0,42	1,30	0,70	-0,30	16,02	3,35	0,21
Este 2	0,41	-0,18	0,42	1,40	0,70	-0,30	16,02	3,85	0,24
DIRECCIÓN Y									
Fachadas	Qe (P) (KN/m2)	Qe (S) (KN/m2)	Qb (KN/m2)	Ce	Cp	Cs	By (m)	H (m)	Vy
Sur 1	0,38	-0,22	0,42	1,30	0,70	-0,40	17,38	3,35	0,19
Sur 2	0,41	-0,24	0,42	1,40	0,70	-0,40	17,38	3,85	0,22

*Acción del viento en las fachadas./ Prod. propia.*

Una vez hallada la acción del viento en cada fachada, la multiplicamos por el correspondiente coeficiente de ocultamiento;

Fachadas	Qe (P) (KN/m2)	Qe (S) (KN/m2)	Coef. Ocult.	Qef (p) (KN/m2)	Qef (s) (KN/m2)
Oeste 1	0,38	-0,16	1,00	0,38	-0,16
Oeste 2	0,41	-0,18	1,00	0,41	-0,18
Este 1	0,38	-0,16	0,20	0,08	-0,03
Este 2	0,41	-0,18	0,20	0,08	-0,04
Sur 1	0,38	-0,22	0,46	0,17	-0,10
Sur 2	0,41	-0,24	0,46	0,19	-0,11

*Acción del viento en las fachadas contando con el coef. de ocultamiento./ Prod. propia.*

## SITUACIONES DE ESTUDIO

Para la comprobación del nivel de seguridad global actual del edificio respecto a los supuestos con los que fue calculado y construido.

ESTADO LÍMITE ÚLTIMO: Rotura del Acero

- Barras de Acero Laminado
- Comprobaciones CTE DB SE-A de Acero
- Combinaciones: Con coeficientes de simultaneidad
- Coeficientes parciales de seguridad para acciones con efecto desfavorables:
  - Valor Inicial: 1.00
  - Corrección por Límite Elástico S235 / A37 = 0.980 \*<sup>1</sup>
  - Corrección por coeficiente parcial plastificación acero:  $1/1.05 = 0.952$  \*<sup>2</sup>
  - Corrección por pérdida de material en secciones: 1% = 1.01

Situación persistente o transitoria	Coeficientes parciales de seguridad		Coeficientes de combinación	
	Favorable	Desfavorable	Principal	Acompañamiento
Carga permanente	0.800	0.942	—	—
Pretensado	1.000	1.000	—	—
Retracción	1.000	1.000	—	—
Sobrecarga (Uso 1)	0.000	0.942	1.000	0.700
Sobrecarga (Uso 2)	0.000	0.942	1.000	0.700
Sobrecarga (Uso 3)	0.000	0.942	1.000	0.700
Sobrecarga (Uso 4)	0.000	0.942	1.000	0.700
Sobrecarga (Uso 5)	0.000	0.942	1.000	0.700
Sobrecarga (Uso 6)	0.000	0.942	0.000	0.000
Sobrecarga (Uso 7)	0.000	0.942	1.000	0.000
Viento	0.000	0.942	1.000	0.600
Nieve	0.000	0.942	1.000	0.500
Temperatura	0.000	1.000	1.000	0.600
Empujes del terreno	0.700	1.000	—	—

Coeficientes en situación persistente o transitoria./Imag. Cype 3D.

\*1\_ Esta corrección se realiza por la variación en el módulo de deformación existente entre el acero S235 y el acero A37.

\*2\_ Se considera una posible deformación permanente e irreversible por la posibilidad de haberse sometido a tensiones por encima de su rango elástico, es decir, por encima de su límite elástico.

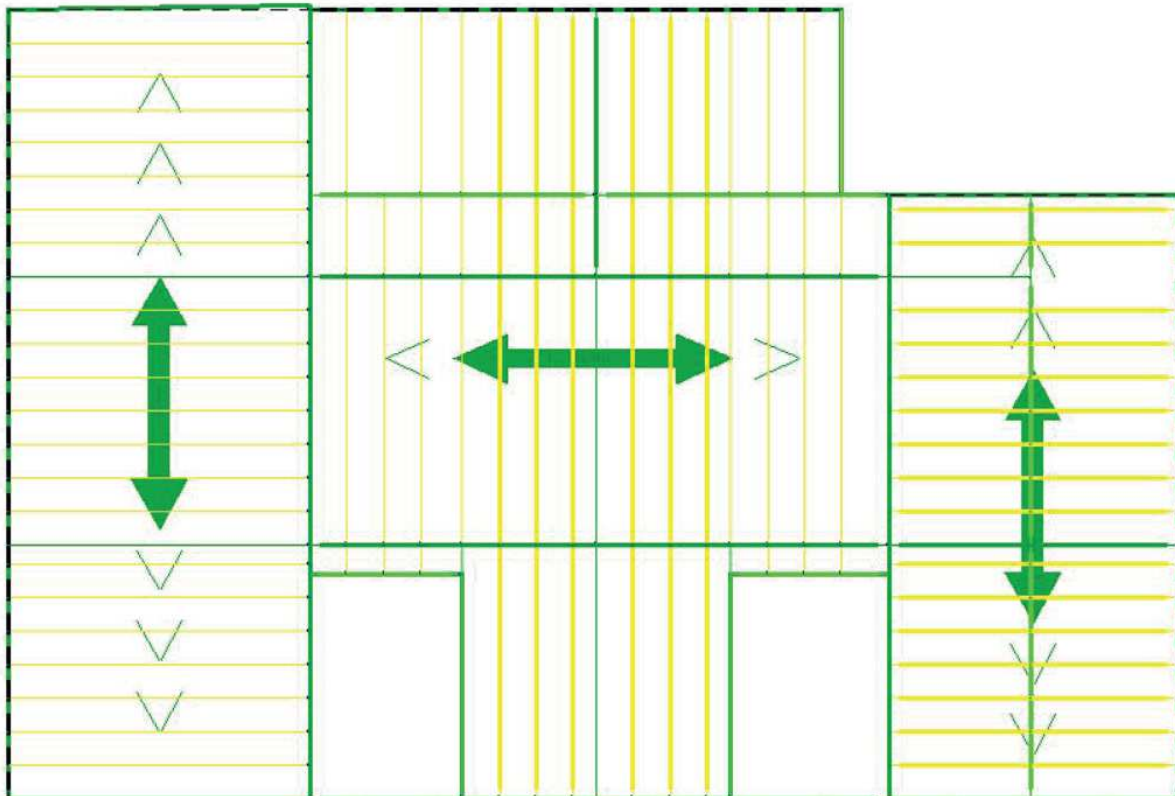


Una vez realizado el compendio de cargas, se procede a realizar la modelización del edificio, introduciendo aquellas hipótesis a tener en cuenta mediante "cargas por paños";

(Excepcionalmente, dada que la cantidad de viguetas existentes puede conllevar una excesiva complicación del modelo para posteriores comprobaciones, se realizan primero dos modelos, en uno de ellos se incluyen las viguetas y en otro no, con el objetivo de comprobar si las viguetas corresponden un gran cambio en términos de arriostamiento y comportamiento frente acciones horizontales, es decir, saber si obviarlas afecta en la precisión del modelo).

### MODELO A (con viguetas):

Forjado de Planta primera:



Planta (+3.35m)./Imag. Cype 3D.

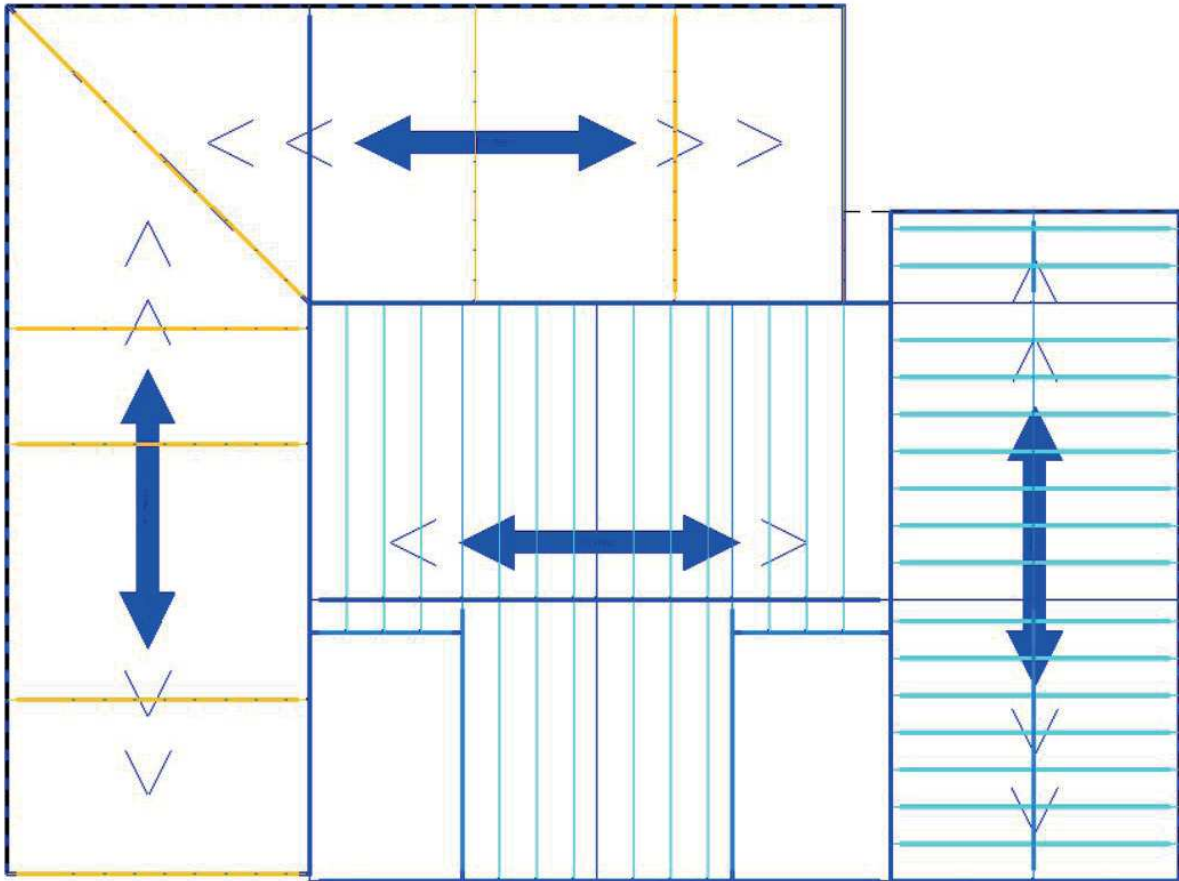
En la hipótesis de carga del forjado se incluye el peso de las viguetas, por lo tanto, como estas se han incluido en el modelo, se procede a restar el peso propio de estas del peso propio total del forjado;

Las viguetas son IPN 120, con un peso de 11,2 Kp/m, con una separación entre viguetas de 0,55 metros, la carga sería de 0,20 KN/m<sup>2</sup>, por lo tanto la hipótesis de carga correspondiente al forjado sería de 1,5KN/m<sup>2</sup>;

Hipótesis	Sentido positivo	Valor
<b>Qf</b>	Vertical hacia abajo	1.500
Qs+t	Vertical hacia abajo	1.400
Ucom (Uso D. Zonas comerciales)	Vertical hacia abajo	3.000

Hipótesis de cargas en planta primera./Imag. Cype 3D.

Forjado de Planta cubierta:



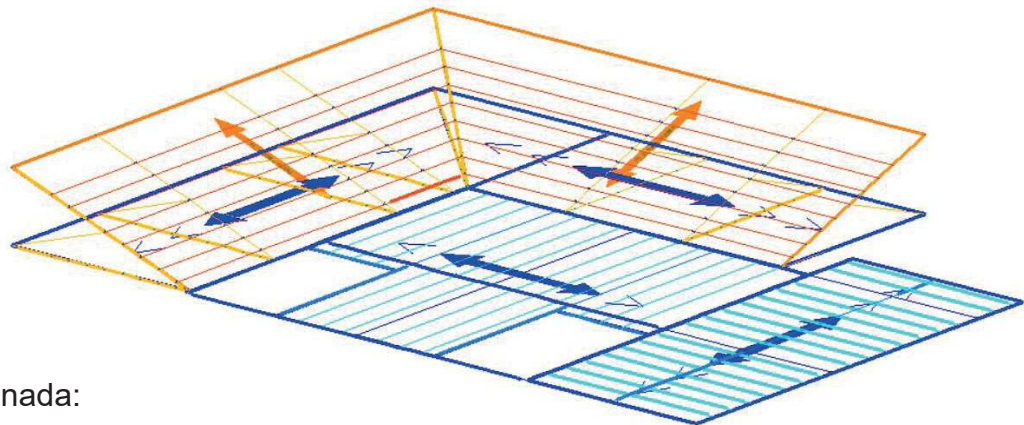
Planta (+7.2m)./Imag. Cype 3D.

Hipótesis	Sentido positivo	Valor
Nsevilla	Vertical hacia abajo	0.400
Qtrans (Uso G1. Cubiertas accesibles únicamente...)	Vertical hacia abajo	1.000
Qf	Vertical hacia abajo	2.200

Hipótesis de cargas en cubierta plana./Imag. Cype 3D.

Hipótesis	Sentido positivo	Valor
Qft	Vertical hacia abajo	0.200

Hipótesis de cargas en zona inferior cerchas./Imag. Cype 3D.



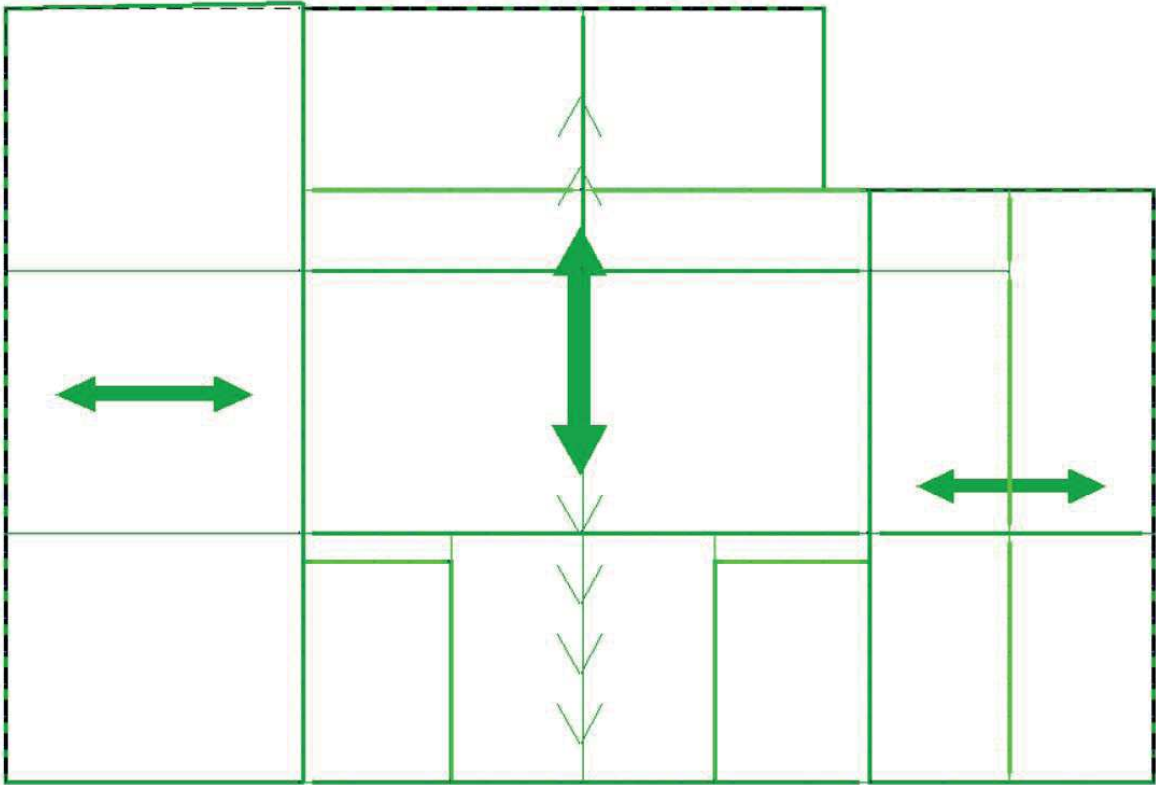
Cubierta inclinada:

Hipótesis	Sentido positivo	Valor
Nsevilla	Vertical hacia abajo	0.400
Qtrans (Uso G1. Cubiertas accesibles únicamente...)	Vertical hacia abajo	1.000
Qf	Vertical hacia abajo	1.600

Hipótesis de cargas en zona superior cerchas./Imag. Cype 3D.

**MODELO B (sin viguetas):**

Forjado de Planta primera:



Planta (+3.35m)./Imag. Cype 3D.

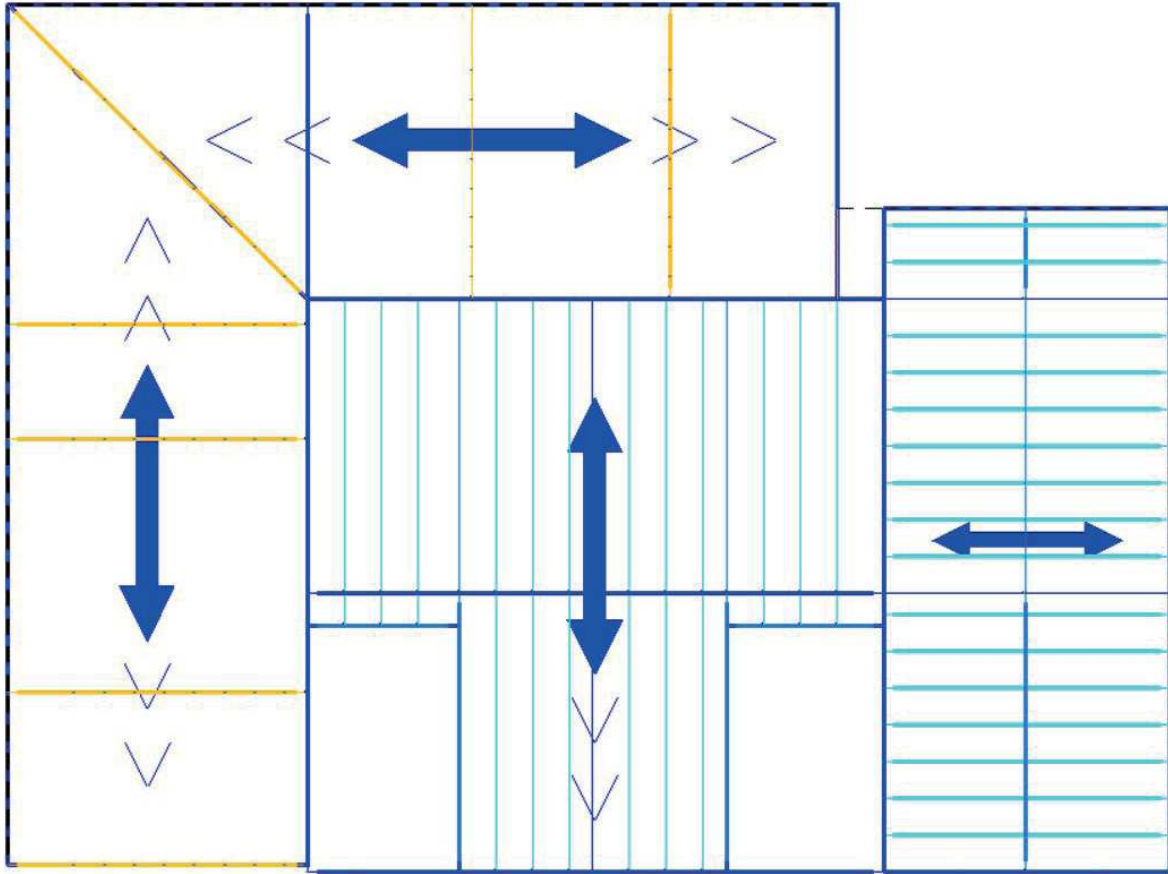
En este modelo, el peso de las viguetas si se incluye en la hipótesis de carga del forjado, además cambia la dirección de carga.

Hipótesis	Sentido positivo	Valor
Gf	Vertical hacia abajo	1.700
Gc	Vertical hacia abajo	1.600
Ucom (Uso D. Zonas comerciales)	Vertical hacia abajo	3.000

Hipótesis de cargas en planta primera./Imag. Cype 3D.



Forjado de Planta cubierta:



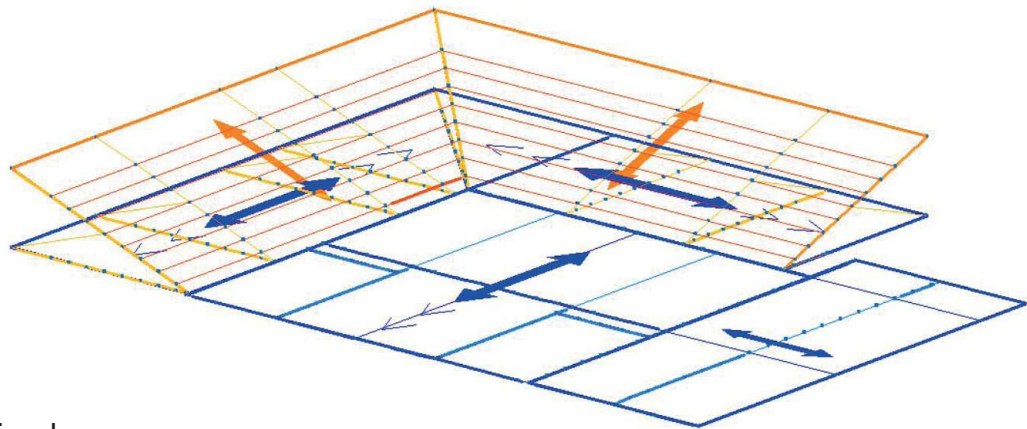
Planta (+7.2m)./Imag. Cype 3D.

Hipótesis	Sentido positivo	Valor
N	Vertical hacia abajo	0.400
Qtrans (Uso G1. Cubiertas accesibles únicamente...)	Vertical hacia abajo	1.000
Gf	Vertical hacia abajo	2.400

Hipótesis de cargas en cubierta plana./Imag. Cype 3D.

Hipótesis	Sentido positivo	Valor
Gf	Vertical hacia abajo	0.200

Hipótesis de cargas en zona inferior cerchas./Imag. Cype 3D.



Cubierta inclinada:

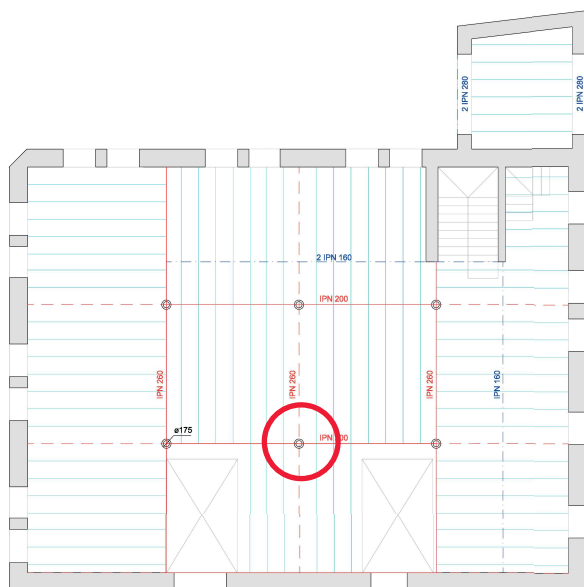
Hipótesis	Sentido positivo	Valor
N	Vertical hacia abajo	0.400
Qtrans (Uso G1. Cubiertas accesibles únicamente...)	Vertical hacia abajo	1.000
Gf	Vertical hacia abajo	1.800

Hipótesis de cargas en zona superior cerchas./Imag. Cype 3D.

Antes de considerar cual de los dos modelos, A o B, es el más adecuado para posteriores comprobaciones, un punto muy importante sobre el que es necesario insistir son **los nudos**, es decir, la unión entre elementos, ya que la correcta o incorrecta modelización de los mismos puede suponer grandes cambios en los resultados obtenidos, llevando a conclusiones erróneas y por lo tanto soluciones totalmente inadecuadas.

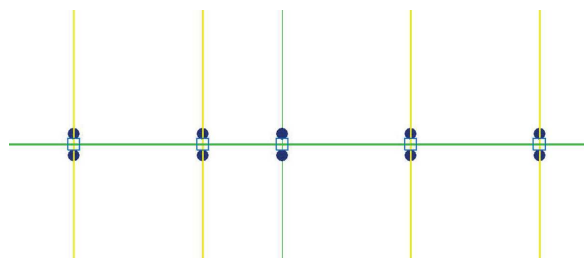
La caracterización de dichos nudos viene en cierto modo ligada a la continuidad de los elementos, como puede ser en el caso de los pilares, en los que se debe respetar su continuidad a pesar del cambio de planta, considerando su nudo inicial como empotrado.

En el caso de las vigas principales del forjado de planta primera, como se puede apreciar en la planta estructural, se respeta la continuidad de las mismas en las zonas donde la dirección de carga se repite, es decir, los dos vanos intermedios, considerando la interrupción de la continuidad en los vanos exteriores, este criterio se ha empleado tanto por la longitud de la propia viga como por la dirección de carga de las viguetas.



Plano guía./Prod. propia.

Esto se modeliza en el programa mediante la “articulación en extremos”;

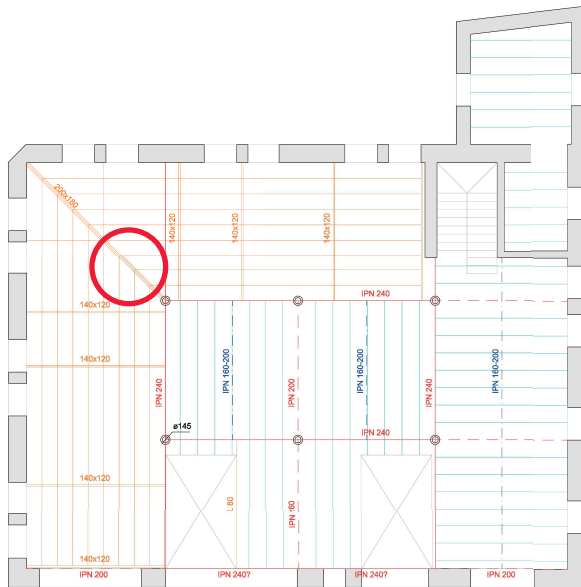


Encuentros entre v. principal, v. secundaria y viguetas./Imag. Cype 3D.

En esta captura se puede apreciar como se respeta la continuidad de la viga horizontal (viga principal) articulando a ella tanto las viguetas (en color amarillo), como la viga que parte el vano verticalmente (viga secundaria).

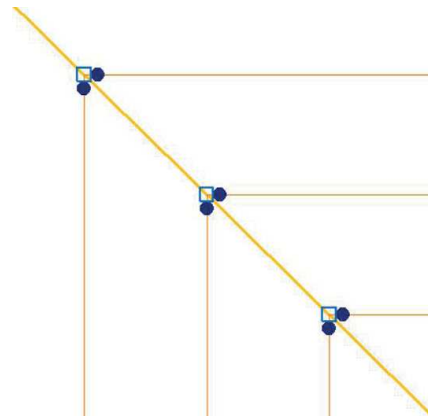
En el caso de no incluir las viguetas en el modelo, como es evidente, únicamente se deben tener en cuenta las uniones entre vigas, siendo este uno de los motivos por los que se simplifica tanto el modelo.

Para el forjado de planta segunda se aplica el mismo criterio, pero como se puede apreciar en la planta, la complicación de la misma aumenta ligeramente, ya que además de no respetar la simetría de la planta baja, se incluye un segundo sistema estructural de cerchas de madera para la sujeción de la cubierta inclinada.



Plano guía./Prod. propia.

Los nudos de las cerchas serían articulados, articulándose a ella las viguetas de madera;



Encuentro entre viguetas y cercha./  
Imag. Cype 3D.

Una vez completados ambos modelos, A (con viguetas) y B (sin viguetas), teniendo en cuenta las diferencias entre uniones, direcciones en el reparto de cargas y diferencias entre las hipótesis de carga a considerar, comprobamos que las diferencias entre los desplazamientos obtenidos son mínimas, por lo que elegimos el modelo B.

Se procede por tanto a analizar la introducción del resto de elementos de la estructura;

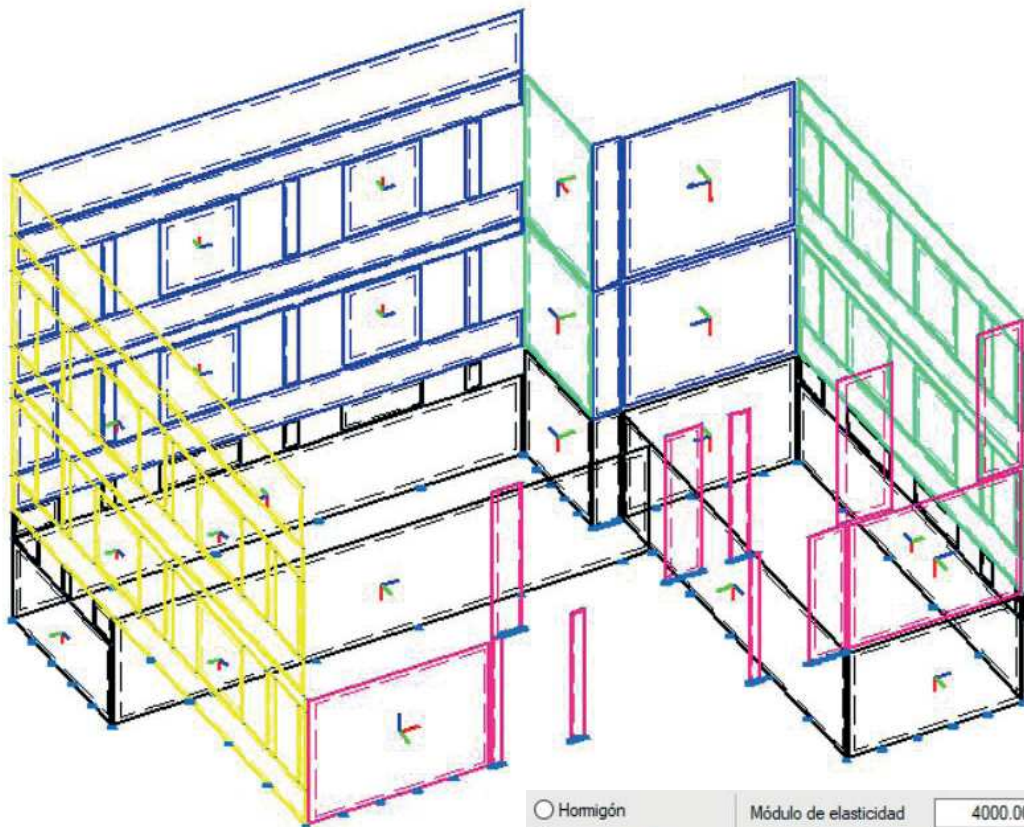
Los **pilares**, al ser de acero de fundición, material actualmente en desuso, se introducen como perfil genérico, introduciendo manualmente y calculando las características mecánicas y del material. A pesar de esto, el programa empleado no calcula este tipo de perfiles por lo que posteriormente se deberá desarrollar la comprobación manual de un pilar tipo.

Datos adicionales		
<b>Geometría</b>		
Ancho izquierda (1)	72.5	mm
Ancho derecha (2)	72.5	mm
Canto inferior (3)	72.5	mm
Canto superior (4)	72.5	mm
<b>Características mecánicas</b>		
Área (A)	61.16	cm <sup>2</sup>
Área de cortante (A <sub>vy</sub> )	20.83	cm <sup>2</sup>
Área de cortante (A <sub>vz</sub> )	20.83	cm <sup>2</sup>
Inercia a flexión (I <sub>yy</sub> )	1283.79	cm <sup>4</sup>
Inercia a flexión (I <sub>zz</sub> )	1283.79	cm <sup>4</sup>
Inercia a torsión (I <sub>t</sub> )	2593.70	cm <sup>4</sup>
<b>Material</b>		
Módulo de elasticidad	170000.00	MPa
Módulo de Poisson	0.300	
Coefficiente de dilatación	0.000012	m/m°C
Peso específico	77.01	kN/m <sup>3</sup>

Datos perfil genérico./Imag. Cype 3D.

Las **fachadas**, de ladrillo macizo cara vista, se introducen como laminas con el espesor y las características de este material, teniendo en cuenta los huecos en las mismas. Con su inclusión en el modelo se pretende analizar el comportamiento ante el sismo, por ello, se modelizan vinculándose a los nudos extremos de las vigas "ficticias" y considerando como empotramiento su vinculación inferior.

Para la correcta introducción de las laminas en el modelo se emplean las mencionadas vigas "ficticias", es decir, barras virtuales de hormigón a las que se ha desactivado el peso propio y la asignación de cargas superficiales, ya que no se tienen en cuenta a la hora de realizar los cálculos.

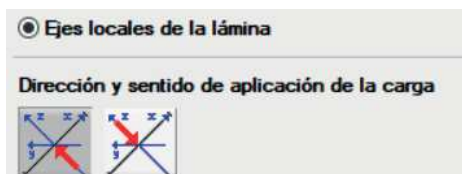


Láminas./Imag. Cype 3D.

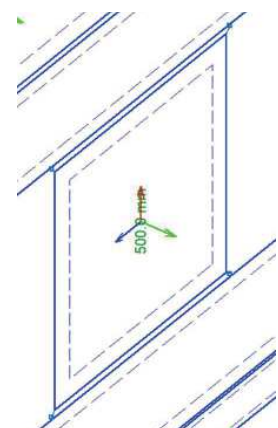
<input type="radio"/> Hormigón	Módulo de elasticidad	4000.00 MPa
<input type="radio"/> Acero laminado	Módulo de Poisson	0.40
<input type="radio"/> Acero conformado	Coefficiente de dilatación	0.000012 m/m°C
<input type="radio"/> Aluminio extruido	Peso específico	20.00 kN/m³
<input checked="" type="radio"/> Genérico		

Datos material láminas./Imag. Cype 3D.

Mediante la opción de "cargas en láminas" se añade la acción del viento, calculada previamente (considerando el coeficiente de ocultamiento), introduciendo la succión en el mismo sentido que el eje Z, (verde) y la presión en sentido opuesto.



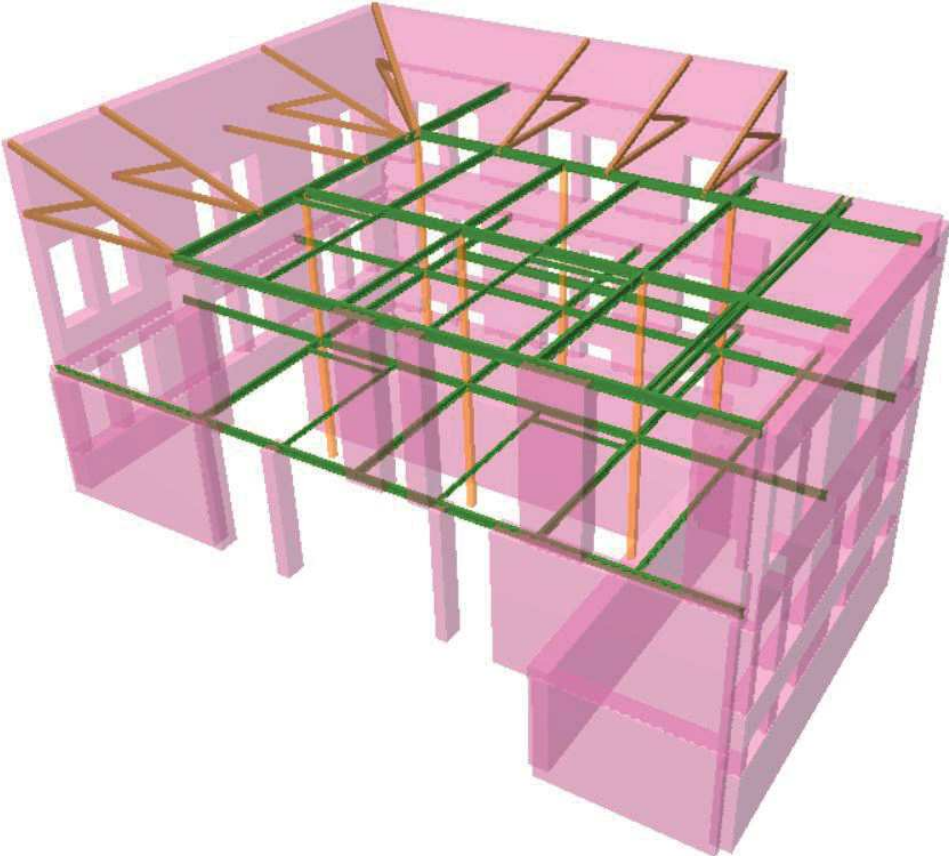
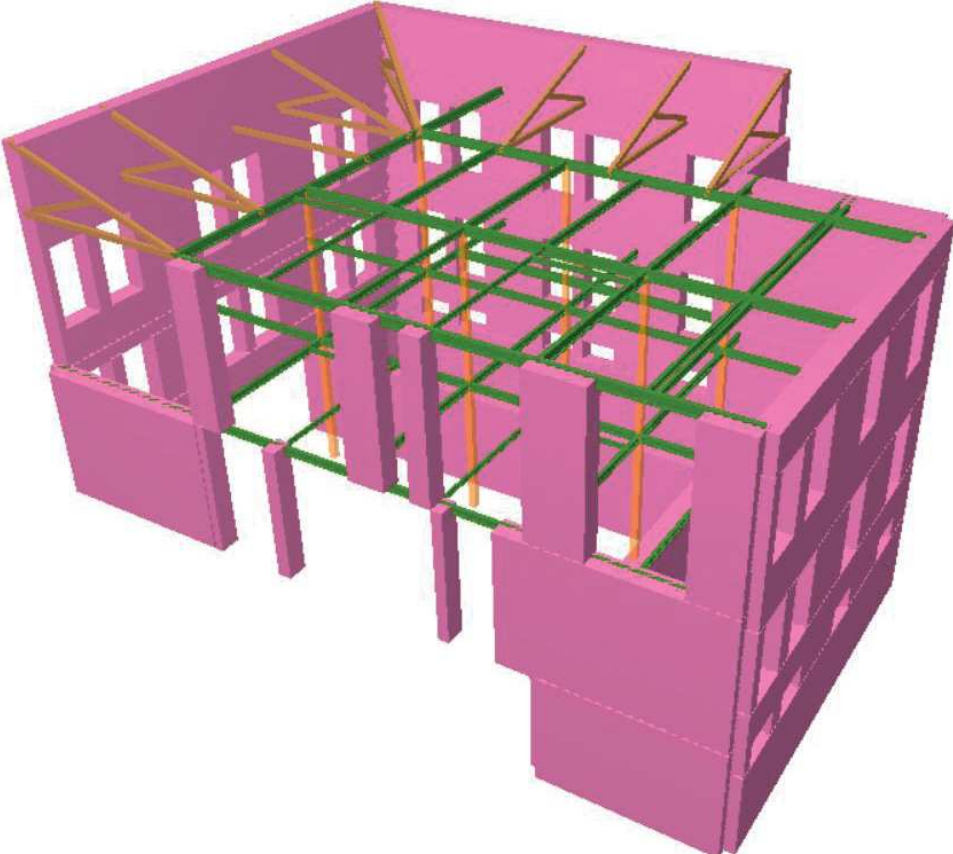
Dirección del viento en el eje Z (succión)./Imag. Cype 3D.



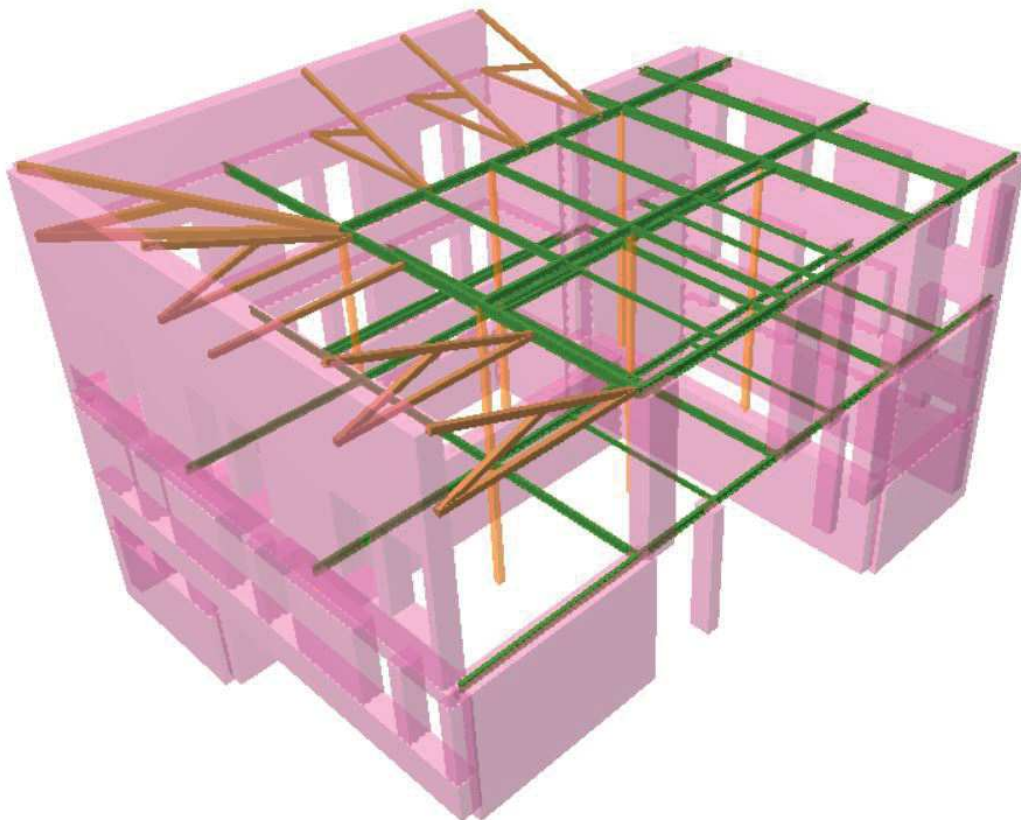
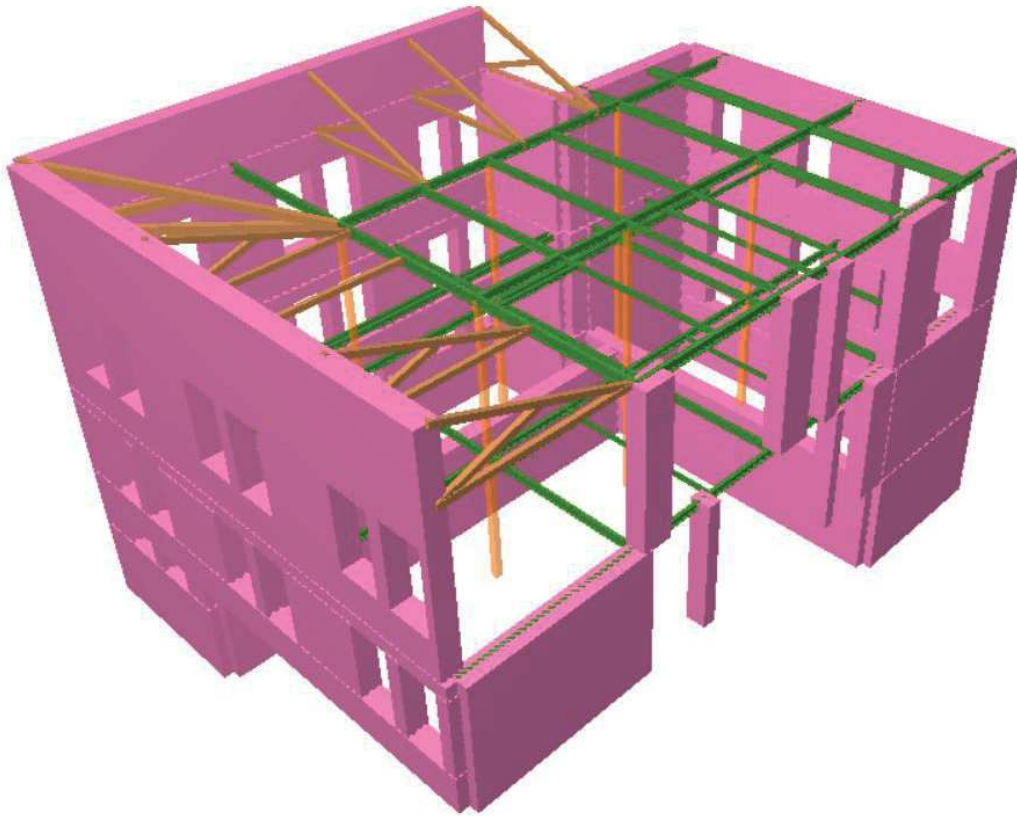
Ejes láminas./Imag. Cype 3D.



**MODELO FINAL:**



*Imágenes de Cype 3D.*



*Imágenes de Cype 3D.*

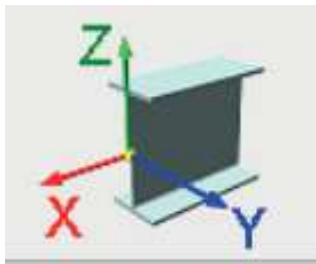
Una vez resueltos todos los errores que hallan podido surgir y validar que el modelo se acerque lo mayormente posible a la estructura real, se proceden a realizar las comprobaciones específicas para la verificación de la capacidad portante y la aptitud al servicio de la estructura basándonos en los resultados que nos aporta el programa;

#### - Verificación de la aptitud al servicio:

Los límites del CTE-DB-SE de Seguridad Estructural en situación E.L.S. de deformaciones son:

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

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



Icono de Cype 3D.

<input checked="" type="checkbox"/> Flecha máxima relativa xy
<input type="radio"/> L/250 <input type="radio"/> L/300 <input type="radio"/> L/400 <input checked="" type="radio"/> L/500 <input type="radio"/> L/?
<input checked="" type="checkbox"/> Flecha máxima relativa xz
<input type="radio"/> L/250 <input checked="" type="radio"/> L/300 <input type="radio"/> L/400 <input type="radio"/> L/500 <input type="radio"/> L/?

Limitación flecha./Imág. Cype 3D.

\*Para el eje XZ consideramos L/300, ya que en el programa no tiene en cuenta únicamente la carga de los elementos constructivos y la sobrecarga de uso sino que añade la carga del forjado al realizar la comprobación.

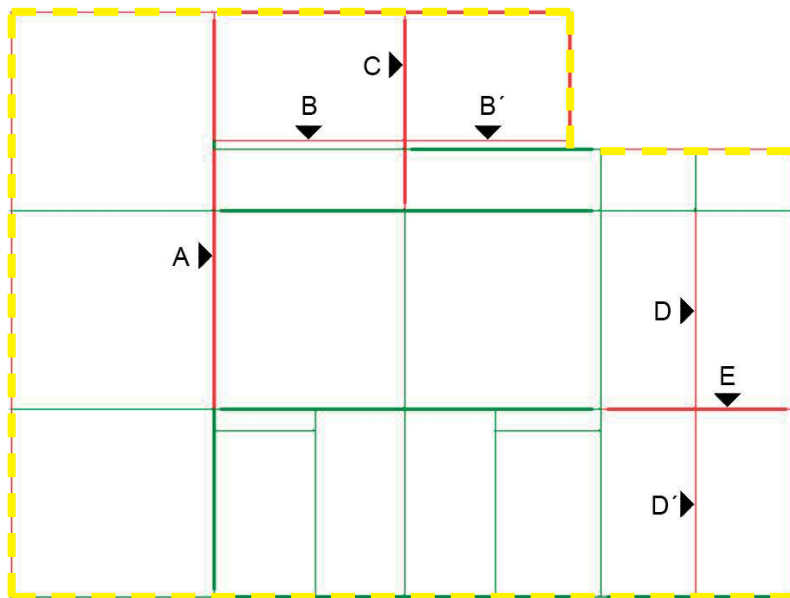
*Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa,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

*Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, susceptibles de ser dañados por desplazamientos horizontales, tales como tabiques o fachadas rígidas, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome es menor de:*

- a) desplome total: 1/500 de la altura total del edificio;
- b) desplome local: 1/250 de la altura de la planta, en cualquiera de ellas.

A continuación se procede a comprobar si la deformación de los elementos estructurales por planta se encuentra dentro de los límites que establece la normativa;

PLANTA PRIMERA:



--- Vigas Ficticias

Las vigas señaladas no se tienen en cuenta, ya que son las mencionadas vigas "ficticias" de hormigón que se han incluido en el modelo únicamente para la modelización de las laminas.

L: Barra N144/N13 - 4.052 m
Capa : FICTICIAS
20 cm x 20 cm (HA-25, Yc=1.5)
⊗ No se realiza ninguna comprobación de resistencia sobre las barras de hormigón.
ⓘ Aprov. de flecha : No se han definido límites

Comprobación de elementos en planta primera./Imág. Cype 3D.

Avisos en viga ficticia./ Imág. Cype 3D.

A continuación se analiza de forma más local aquellos elementos que el programa nos indica que incumplen la normativa mínima exigida;

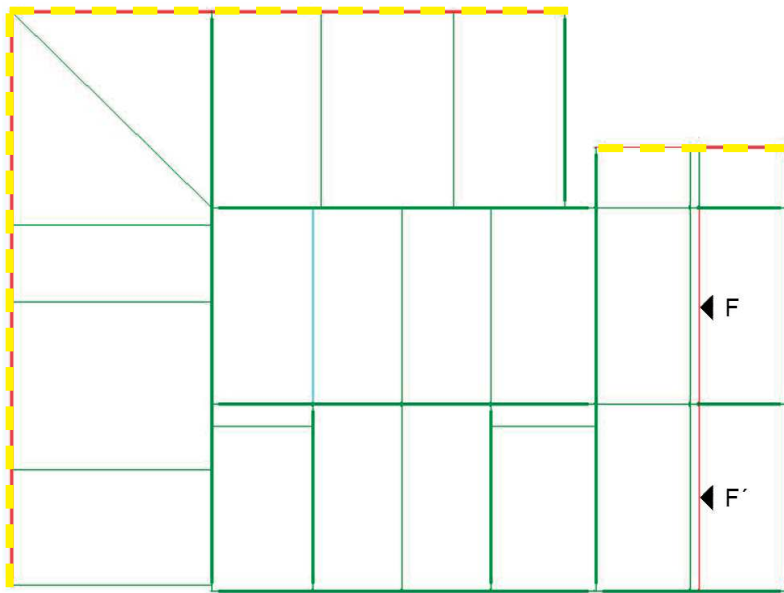
	PERFIL	RESISTENCIA (%)	FLECHA (%)
A	IPN 200	130,71	89,49
	IPN 220	98,82	62,58
B	IPN 160	130,86	206,5
	IPN 180	95,17	133,16
	IPN 200	71,19	90,22
B'	IPN 160	96,54	138,18
	IPN 180	70,21	89,1
C	IPN 200	149,3	217,82
	IPN 220	115,26	152,33
	IPN 240	90,68	109,68
	IPN 260	72,72	81,21
D	IPN 160	138,85	301,85
	IPN 180	101,02	194,64
	IPN 200	75,6	131,88
	IPN 220	58,35	92,23
D'	IPN 160	154,43	353,66
	IPN 180	112,36	228,05
	IPN 200	84,08	154,52
	IPN 220	64,9	108,06
	IPN 240	51,05	77,8

Aprovechamiento de resistencia y flecha./ Prod. propia.



PLANTA CUBIERTA:

Vigas Ficticias - - - -



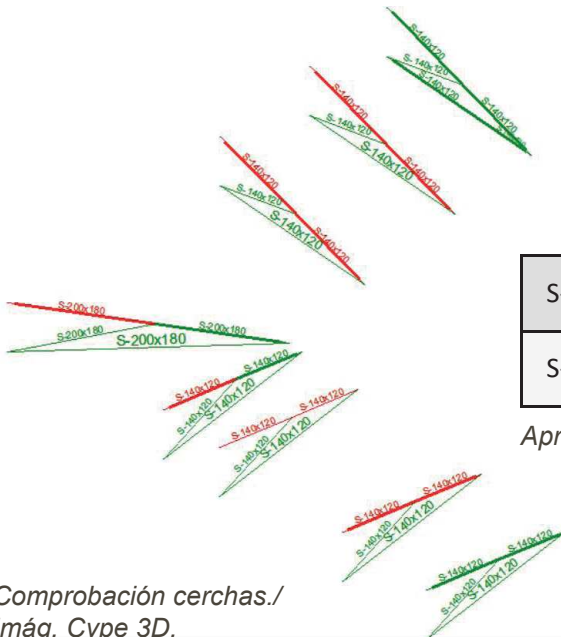
Comprobación de elementos en planta de cubierta./Imág. Cype 3D.

A continuación se analiza de forma más local aquellos elementos que el programa nos indica que incumplen la normativa mínima exigida;

	PERFIL	RESISTENCIA	FLECHA (%)
F	<b>IPN 160</b>	57,14	<b>137,85</b>
	<b>IPN 180</b>	41,57	88,89
F'	<b>IPN 160</b>	51,44	<b>117,66</b>
	<b>IPN 180</b>	37,44	75,87

Aprovechamiento de resistencia y flecha./ Prod. propia.

CERCHAS:

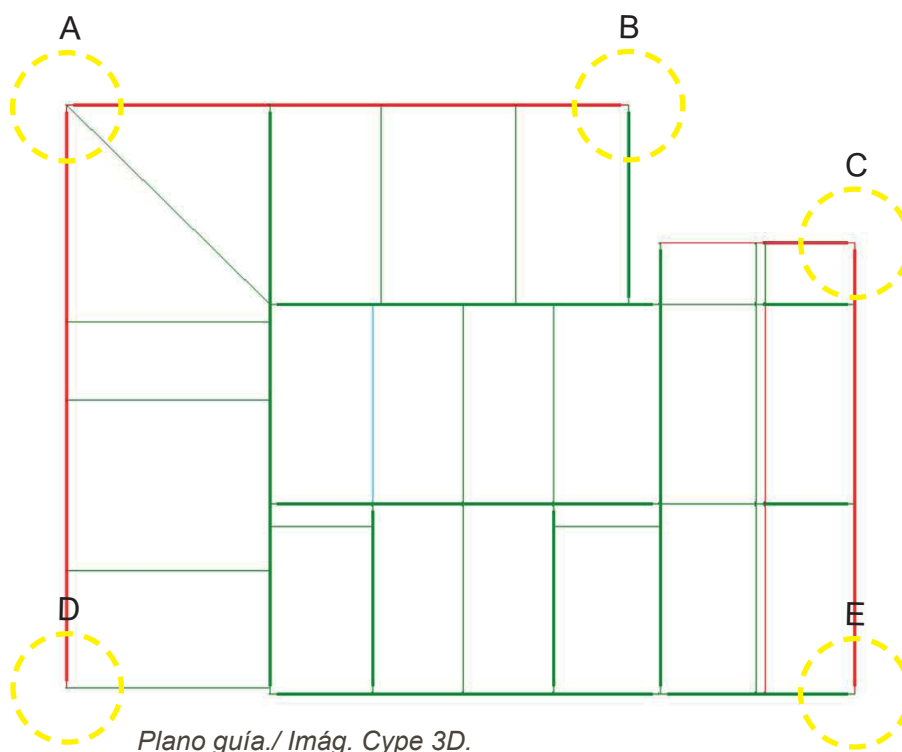


	PERFIL	RESISTENCIA	FLECHA (%)
S-200x180	<b>180</b>	<b>112,48</b>	48,11
	<b>200</b>	<b>101,23</b>	43,3
S-140x120	<b>120</b>	<b>172,78</b>	37,72
	<b>140</b>	<b>148,1</b>	32,33

Aprovechamiento de resistencia y flecha./ Prod. propia.

Comprobación cerchas./ Imág. Cype 3D.

A continuación se halla la envolvente de los **desplazamientos laterales máximos** en los vértices de las esquinas superiores del edificio y comprobamos su cumplimiento;



VERTICES	Dx (mm)	H/200 (m)	H/200 (mm)	C/NC
A	10,394	0,067355	67,355	SI
B	16,161	0,067355	67,355	SI
C	2,914	0,036	36	SI
D	1,478	0,067355	67,355	SI
E	0,616	0,036	36	SI

Desplazamiento lateral./ Prod. propia.

### Estado tensional de los paños de fábrica:

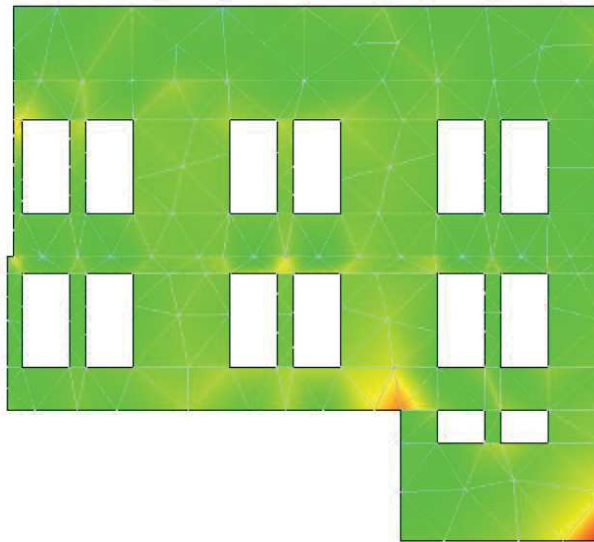
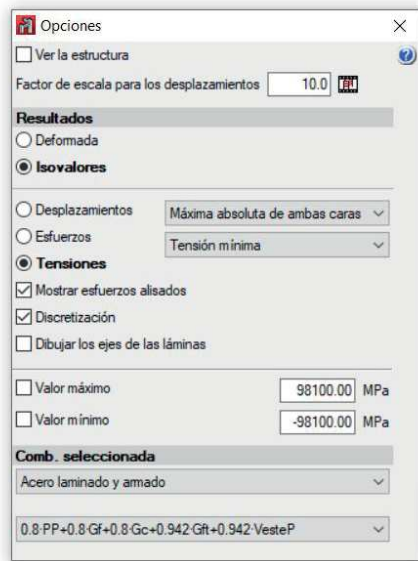
"Los estados tensionales característicos en los paños de fábrica no deben superar los límites de resistencia a compresión y a tracción. Sin embargo, por las características geométricas de las láminas introducidas en el modelo, se producen acumulaciones de tensiones en los vértices que superan los límites resistentes de la fábrica, especialmente en paños de lados muy desiguales. Lo importante es que los paños, en su superficie general estén sometidos a unas tensiones inferiores a las admisibles, de forma que le permitan realizar el arriostramiento lateral de la estructura que ha reproducido el modelo".

Se comprueban para los ELS más desfavorables, es decir, aquellas combinaciones que produzcan mayor desplazamiento lateral;

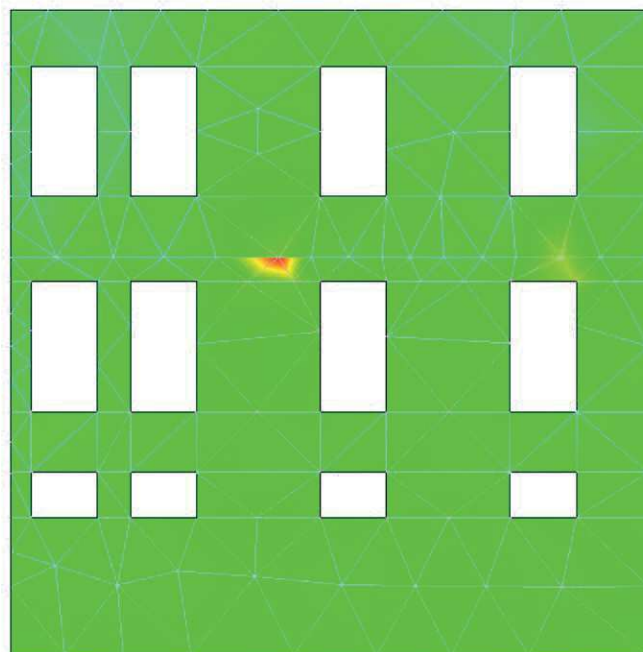
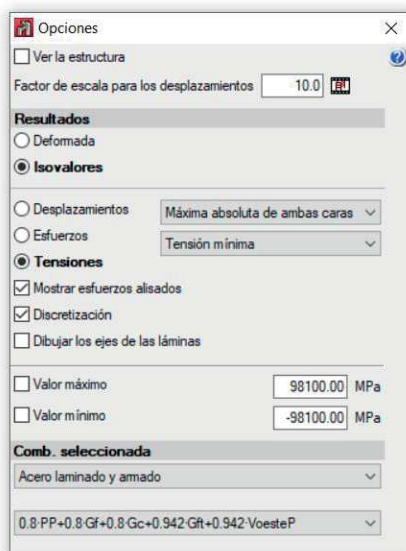
- Peso Propio + Cargas Permanentes + Viento (+, {S,E,O}).

Las máximas tensiones admisibles son:

- Tensiones de Tracción máximas:  $f_x = 0.25 \text{ N/mm}^2$
- Tensiones de Compresión máximas:  $f_k = -25.00 \text{ N/mm}^2$

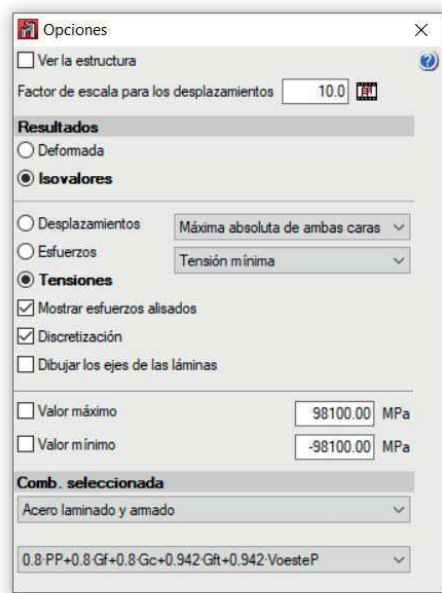


Fachada Este; Viento Este +; Máxima absoluta: 0.28 MPa.

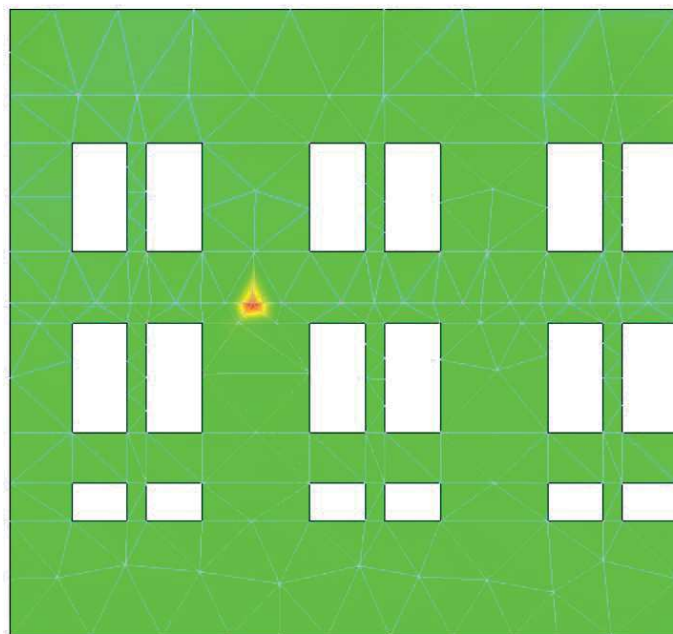
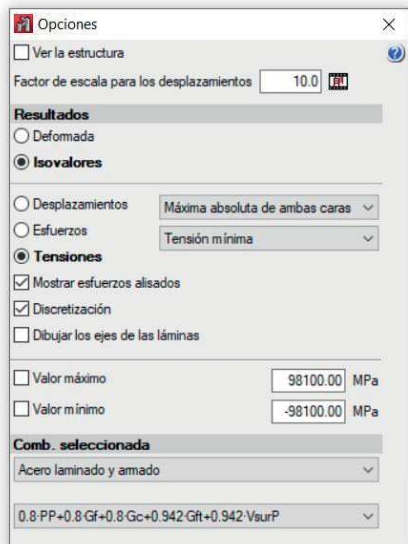


Fachada Oeste (1); Viento Oeste +; Máxima absoluta: 0.81 MPa.



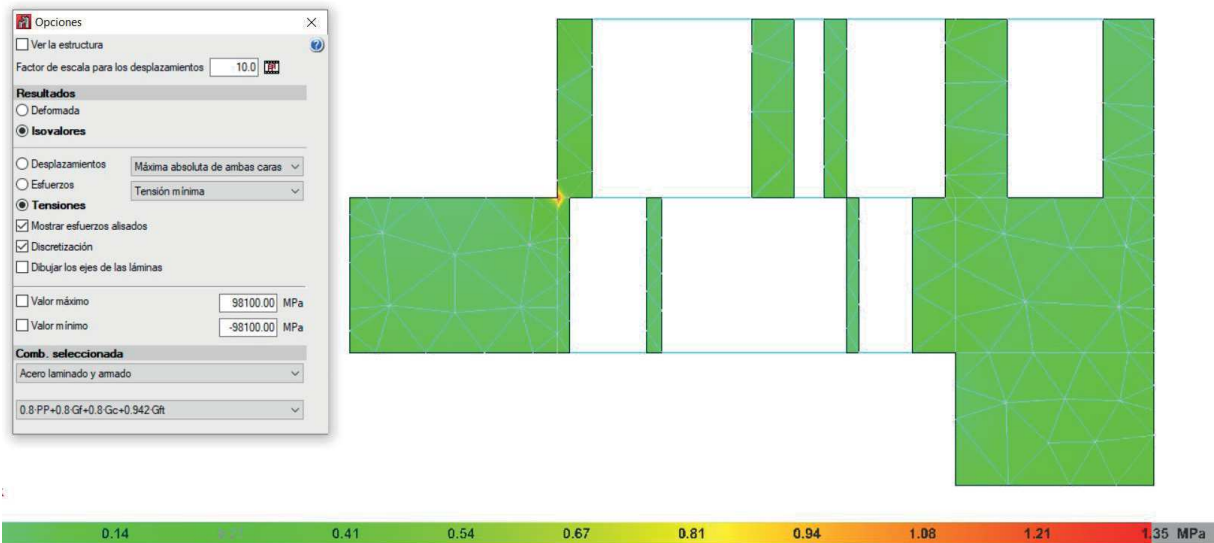


Fachada Oeste (2); Viento Oeste +; Máxima absoluta: 0.24 MPa.

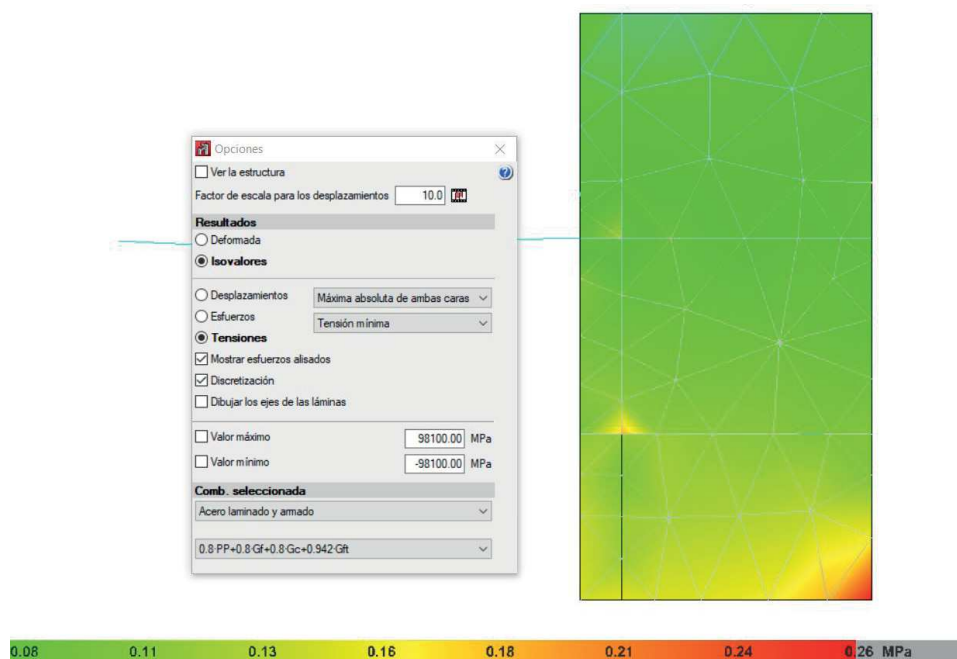


Fachada Sur; Viento Sur +; Máxima absoluta: 1.03 MPa.

La fachada norte se encuentra en el interior del complejo, es decir, no recibe la acción del viento, por lo que la combinación más desfavorable para este caso sera;  
 - Peso Propio + Cargas Permanentes.



Fachada Norte (1); Máxima absoluta: 1.35 MPa.



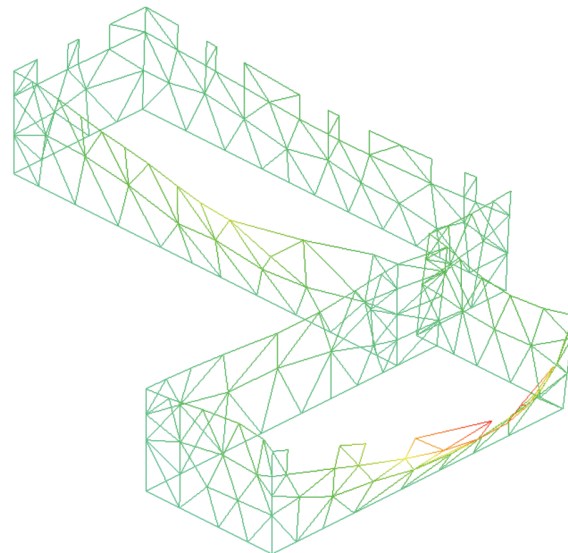
Fachada Norte (2); Máxima absoluta: 0.26 MPa.

Por los resultados obtenidos podría decirse que en la problemática más común es la acumulación de tensiones en los vértices. Los excesos de tensión podrían ser normales por la geometría de la propia lamina y por no estar vinculada en sus bordes.

Los resultados se podrían dar por validos, ya que en principio, las fachadas cumplen su función arriostrante, siendo los desplazamientos laterales obtenidos previamente más que satisfactorios.

Para analizar si se produce el efecto de la columna corta, se ha incluido en el modelo el semisotano, compuesto por paredes de ladrillo que no abarcan toda su altura, ya que dejan un espacio libre para la ventana.

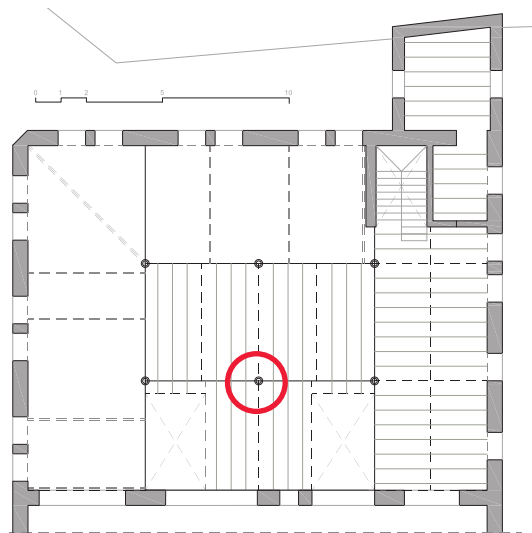
Al analizar las deformaciones por la acción sísmica (hipótesis simple) comprobamos que las mismas no son muy relevantes por lo que se concluye que no se produce este efecto;



Semisotano; Deformación máxima: 0.27.

Como caso excepcional, **los pilares** se comprueban manualmente, siguiendo las comprobaciones que indica el CTE. Esto se debe a que, al ser pilares de acero de fundición, material actualmente en desuso, el programa no nos permite introducir los perfiles directamente sino que deben introducirse con la opción de "perfil genérico", introduciendo manualmente las características mecánicas y del material, siendo necesario el cálculo manual ya que este tipo de perfiles no los calcula el programa.

Para el cálculo escogemos uno de los pilares de la zona central, sobre el que sabemos los siguientes datos;



P1(N3-N4; planta baja):

- Diámetro: 175 mm
- Espesor: 15 mm
- Área: 75.28 cm<sup>2</sup>

P2(N4-N21; planta primera):

- Diámetro: 145 mm
- Espesor: 15 mm
- Área: 61.16 cm<sup>2</sup>

Plano guía, planta cubierta./ Prod. propia

1º- Se comprueba si el perfil actual soporta la carga obtenida en la cabeza del pilar:

$$N / F_{ud} = A$$

N = Carga del pilar



$F_{ud}$  = Resistencia minorada del coeficiente de seguridad, según CTE,  $\gamma:1.1$

A = Área del perfil

$$125382 \text{ N} / (170/1.1) \text{ N/mm}^2 = 811.29 \text{ mm}^2$$

$$A_{P1} = 75.28 \text{ cm}^2 > 8 \text{ cm}^2$$

$$A_{P2} = 61.62 \text{ cm}^2 > 8 \text{ cm}^2$$

2º- Se comprueba a capacidad portante, es decir, teniendo en cuenta el momento que hay además de la carga vertical:

Para ello se emplea la expresión que ofrece el CTE, donde se realiza una relación directa entre las sollicitaciones obtenidas y la resistencia del material elegido.;

$$(N_{ED} / A \times f_{yd}) + (M_{y,ED} / W_y \times f_{yd}) < 1$$

$$M_y = 150000 \text{ Nmm}$$

$$k = \text{modulo resistente} = W \times A = (D_e^2 + D_i^2) / 8 \times D_e$$

P1

$$D_e = \text{diámetro exterior} = 175 \text{ mm}$$

$$D_i = \text{diámetro interior} = 145 \text{ mm}$$

$$W = (175^2 + 145^2 / 8 \times 175) / A = 36.89 \times 75.28 = 2777.079$$

$$(N_{ED} / A \times f_{yd}) + (M_{y,ED} / W_y \times f_{yd}) = (125382 / (7528 \times 170/1.1)) + (150000 / (2777 \times 170/1.1)) = 0.108 + 0.349 = \underline{0.46 < 1 = AGUANTA}$$

P2

$$D_e = \text{diámetro exterior} = 145 \text{ mm}$$

$$D_i = \text{diámetro interior} = 115 \text{ mm}$$

$$W = (145^2 + 115^2 / 8 \times 145) / A = 36.89 \times 61.16 = 2256.19$$

$$(N_{ED} / A \times f_{yd}) + (M_{y,ED} / W_y \times f_{yd}) = (125382 / (7528 \times 170/1.1)) + (150000 / (2256 \times 170/1.1)) = 0.108 + 0.43 = \underline{0.54 < 1 = AGUANTA}$$

En principio no se considera necesario el refuerzo de los pilares pero se recomendaría un estudio más detallado al respecto, comprobando además la resistencia al fuego ya que para poder legalizar la actividad que se quiera ejercer una vez reformado debe certificarse su resistencia al fuego, siendo probable la necesidad de utilizar algún método específico, como el recubrimiento con pintura intumescente (no hay una norma que regule la resistencia al fuego de estos elementos).

## - Verificación de la capacidad portante:

Para ello se procede a comprobar que el coeficiente de seguridad global a la rotura de las barras de acero sea superior a la unidad,

*El margen de seguridad de la normativa actual respecto a la resistencia estructural, se puede aproximar con la combinación de los coeficientes parciales de seguridad de las acciones y de los materiales en situaciones de EL Últimos. Así, se obtiene un coeficiente con el que comparar los resultados de las comprobaciones resistentes que realiza el programa informático.*

*Acciones Permanentes:  $\gamma_g = 1.35$*

*Acciones Variables:  $\gamma_q = 1.50$*

*Plastificación Acero:  $\gamma_s = 1.05$*

*Suponiendo un promedio para el coeficiente de seguridad de acciones de 1.45, los coeficientes globales de seguridad de referencia para los elementos estructurales serían:*

*Elementos de Acero Estructural:  $\gamma_{GLOBAL,s} \approx 1.50$  (Sit. Persistente).*

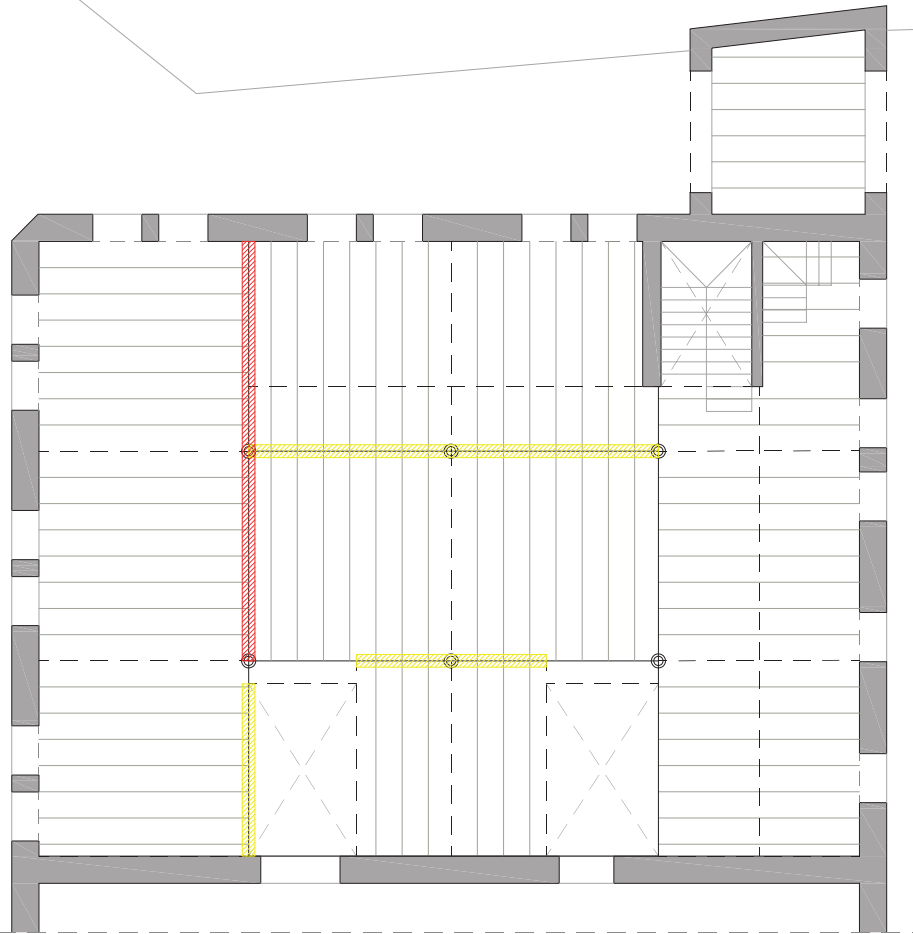
*Tratándose de un edificio histórico, en el que se está comprobando una estructura con códigos y criterios posteriores a los utilizados en el proyecto, es razonable que, en situación persistente o transitoria, se pueda aceptar como suficiente un coeficiente global de seguridad de los elementos superior al 80% del valor que se exige en las normas actuales. Y sobre todo, si las deformaciones individuales de elementos o del conjunto se encuentran dentro de los rangos de flecha y desplome delimitados actualmente como satisfactorios. Así, para el análisis del estado de los elementos, se fija este límite en los coeficientes, para identificar aquellos con un valor inferior.*

*Situación persistente o transitoria en edificios históricos:*

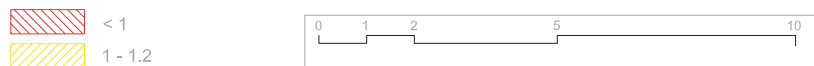
*Vigas y pilares de acero:  $\gamma_{GLOBAL} \geq 1.20$*

Se realiza por lo tanto una comprobación general del cumplimiento del coeficiente global de seguridad por planta, [Tablas en anejo], realizando un mapeo con la localización de las vigas (distinguiendo vigas principales, vigas secundarias y cerchas de madera) con coeficientes de seguridad global inferiores a los límites marcados, con el objeto de facilitar la evaluación del estado actual, evaluando los datos mediante gráficos.

PLANTA PRIMERA\_ Vigas 1er Orden:

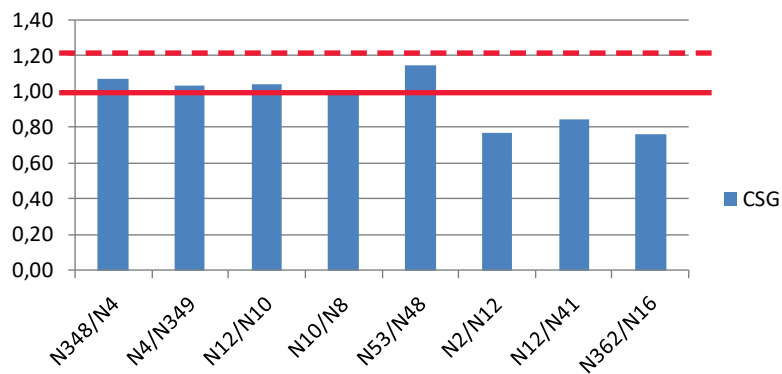


Planta primera, V. 1er orden, Coeficiente global de seguridad./ Prod. propia.



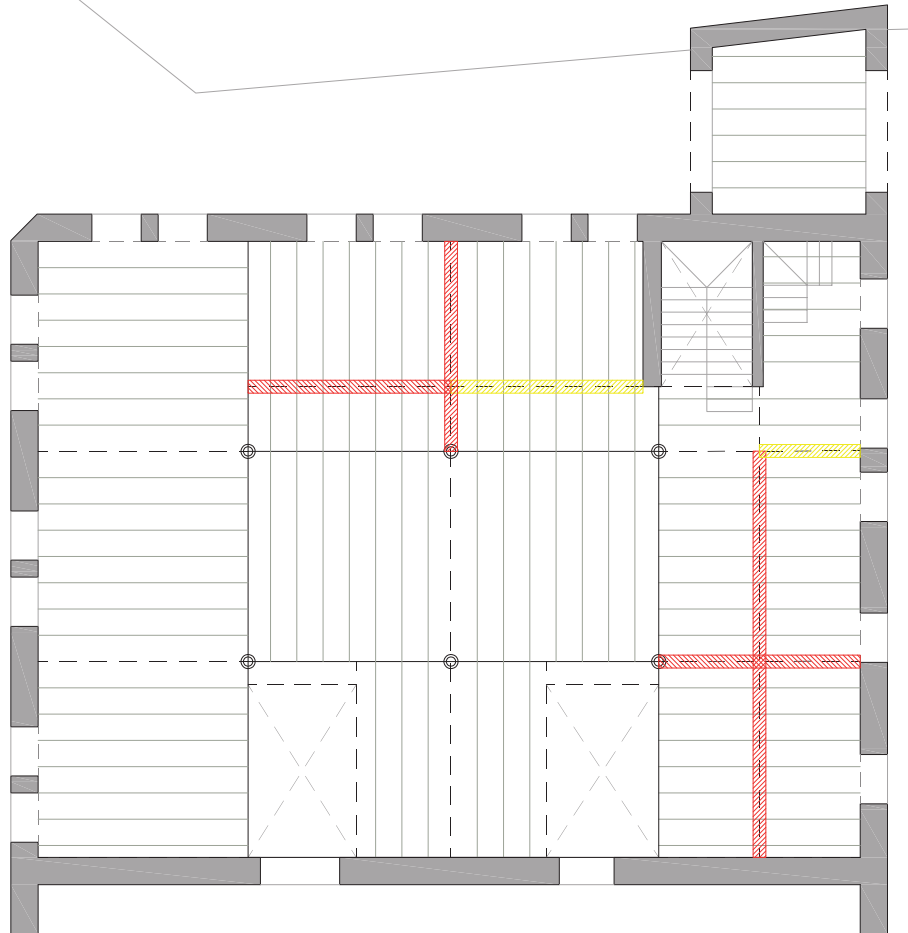
Al analizar las vigas de primer orden (suponiendo particiones en los nudos, dado que así nos aporta los datos el programa) se comprueba que el 11% tiene un coeficiente global de seguridad inferior a la unidad y el 18% se encuentra entre la unidad y el mínimo de 1,2 establecido.

En la siguiente gráfica observamos concretamente las vigas mencionadas, que sumarían un total del 29%;

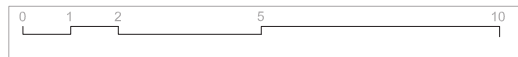




PLANTA PRIMERA\_ Vigas 2do Orden:

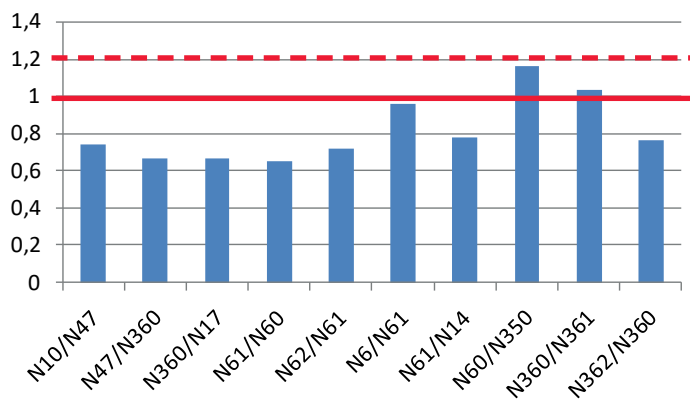


Planta primera, V. 2do. orden, Coeficiente global de seguridad./ Prod. propia.



Con respecto a las vigas de segundo orden, el 28% tiene un coeficiente global de seguridad inferior a la unidad y el 7% se encuentra entre la unidad y el mínimo de 1,2 establecido.

En la siguiente gráfica observamos concretamente las vigas mencionadas, que sumarían un total del 35%;

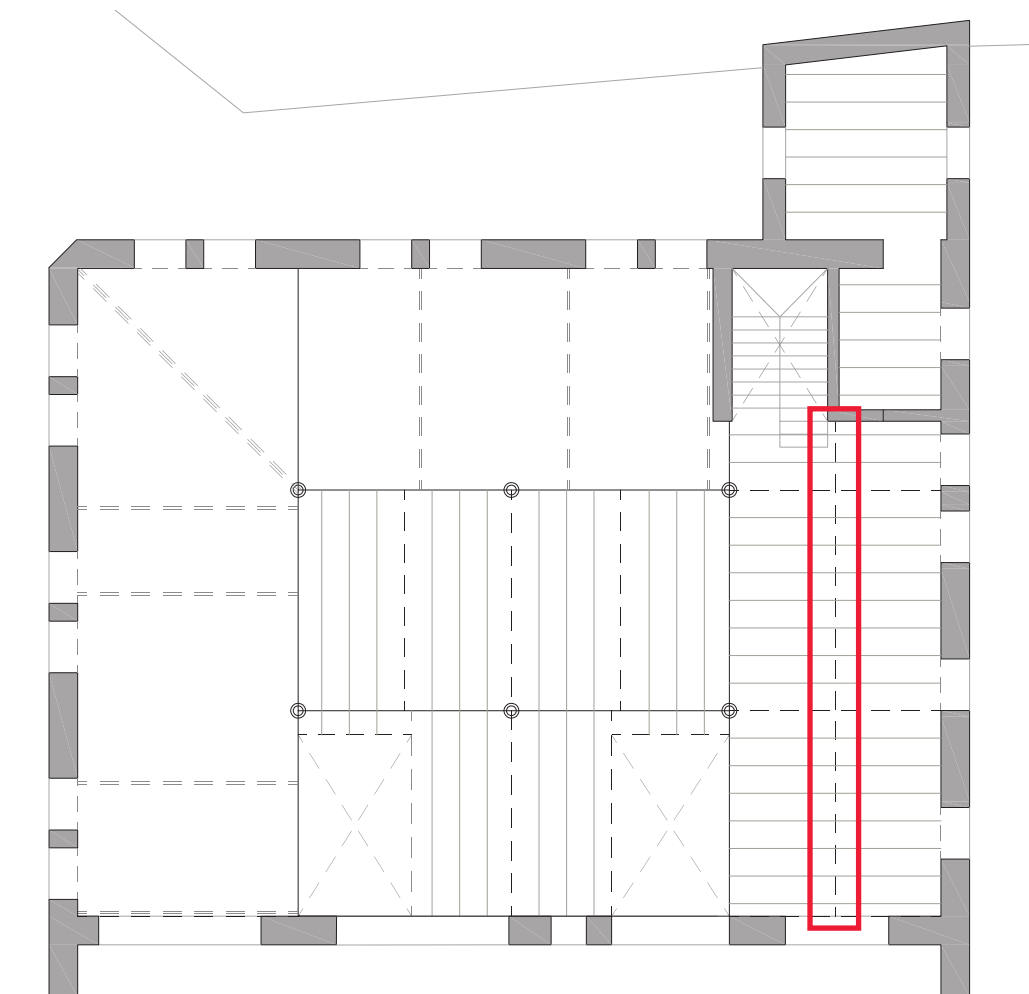


### PLANTA CUBIERTA\_ Vigas 1er Orden:

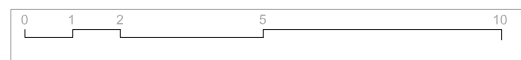
Todas las vigas de primer orden de esta planta poseen un CSG superior a 1,2; además como ya observamos en apartados anteriores, no se encuentran problemas de aprovechamiento de flecha o resistencia.

### PLANTA CUBIERTA\_ Vigas 2do Orden:

Al igual que ocurre con las vigas de primer orden, las de segundo también poseen un CSG superior a 1,2; sin embargo si que nos encontramos con un caso particular (señalada en el plano) en el que una de las vigas no se encuentra dentro de los límites de flecha máxima establecidos, contando además con la eventualidad de que se trata de la única viga doble (IPN 160)\*<sup>3</sup> que se encuentra en la planta.

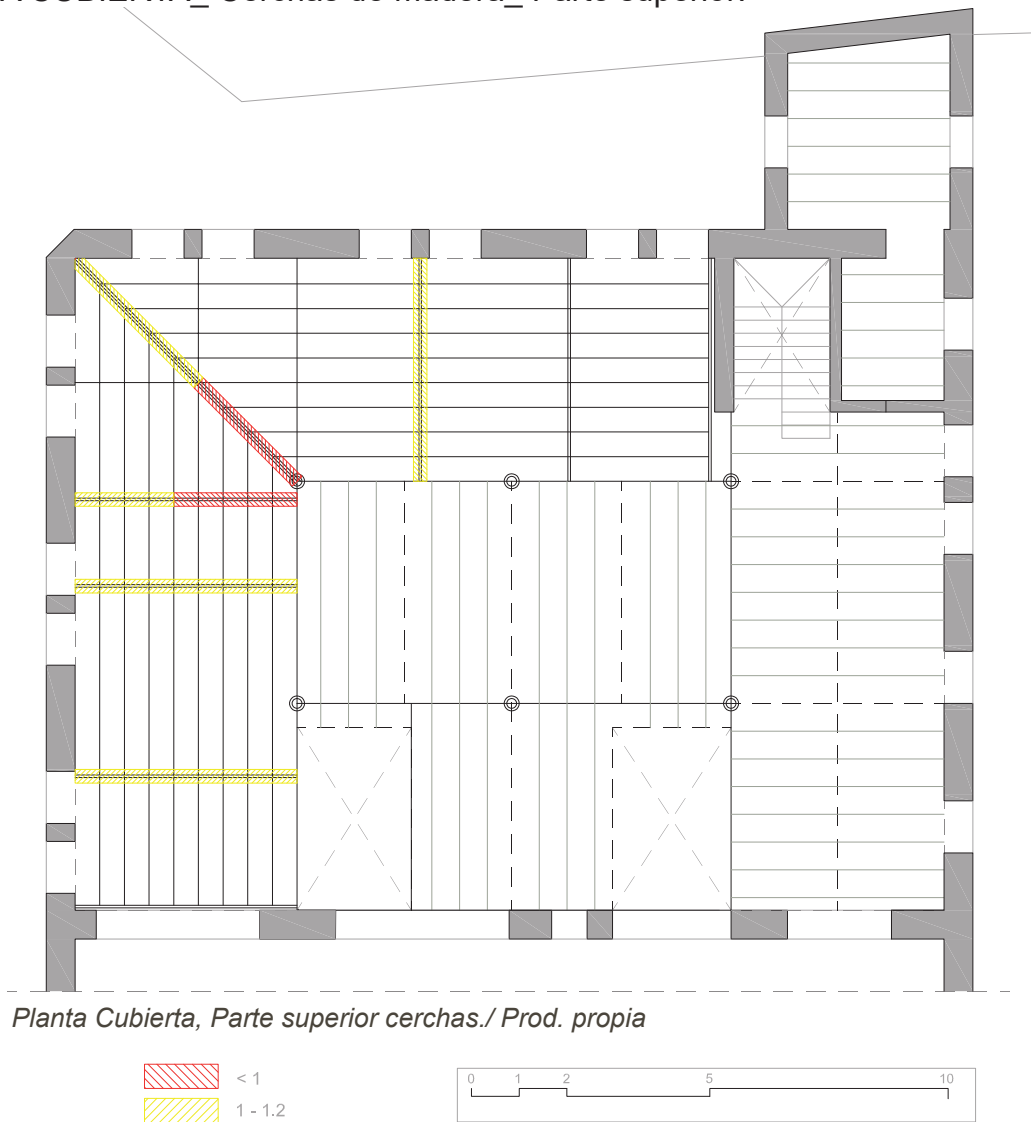


*Planta Cubierta, viga doble./ Prod. propia.*

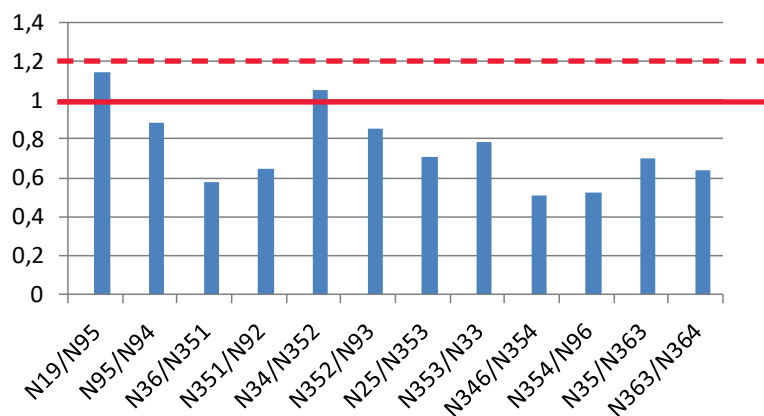


**\*3\_**, Para este caso concreto, se observa que puede ser un error del programa con este tipo de elementos, ya que al introducirlo como viga simple y aumentando el perfil (IPN 200), el aprovechamiento de flecha disminuye al 48,36%.

PLANTA CUBIERTA\_ Cerchas de madera\_ Parte superior:



El conjunto de las cerchas de madera, dado su deterioro y la ausencia de mantenimiento, constituyen los elementos del conjunto estructural con mayor necesidad de reparación-sustitución; (No se añade la planta inferior de las cerchas ya que no se encuentran problemas en la misma), encontrándose el CSG del 31% por debajo de la unidad, y un 6% entre la unidad y el mínimo de 1,2.





## **PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN**

Antes de plantear el tipo de intervención adecuada para este caso concreto, se enumeran las etapas que se han concebido necesarias realizar;

- Análisis del contexto histórico,
- Estudio de su situación y estado actual
- Análisis del marco normativo urbanístico actual (dada la pertenencia del conjunto al patrimonio industrial sevillano).
- Modelado y análisis de la estructura existente.
- Evaluación del estado actual de la estructura.

La diagnosis realizada sobre estas etapas orientará los criterios para definir la estrategia de intervención en la estructura y lograr su rehabilitación.

El estado actual de conservación del edificio entra dentro de unos límites admisibles ya que no se encuentran daños irreversibles o elementos destruidos, pero siendo necesaria su rehabilitación para poder garantizar el funcionamiento seguro la estructura, teniendo en consideración para realizar esta evaluación la previsión de cargas del proyecto original.

Dentro de los objetivos principales de la intervención se encuentra la mejora del funcionamiento de la estructura posibilitando un cambio de uso (de carácter público), con una consecuente adición de cargas, respetando en la mayor medida posible la estructura dado el valor patrimonial de la misma, manteniendo la calidad arquitectónica evitando el simple refuerzo de elementos.

Prestando especial atención al respeto de la visión original de la estructura, se realiza un recorrido por algunas de las soluciones de rehabilitación de estructuras de acero más comunes que encontramos en la práctica, contemplando cual de ellas se puede adecuar mejor al objetivo:

- Aumentar las dimensiones. Se trata, en suma, de añadir material de refuerzo, con el fin de aumentar la sección resistente del perfil y/o reducir la esbeltez en pilares evitando el pandeo. En las vigas se pueden aumentar las alas para flexión, colocar chapas en el alma para flexión moderada y cortante, o cerrar el perfil con otra chapa para formar un cajón.
- Reducir la magnitud de las solicitaciones. Sucede cuando un edificio que fue calculado con un tipo de acero y secciones para resistir unas solicitaciones adecuadas al uso inicial ha cambiado dicho uso en su historia por otros que exigen un mayor dimensionado. Puede ser que en el proyecto de rehabilitación se plantee retornar al uso inicial o uno acorde con las cargas que debe soportar.
- Acomodar el diseño funcional. Consiste en la redistribución de las cargas de diseño, ya sea por la adición de nuevas piezas estructurales, mejora de la forma (inercia y esbeltez) o convertir en estructura mixta.

- Reforzar las uniones. Muchos problemas que aquejan a las estructuras de acero surgen de lesiones existentes en el punto de las uniones, por lo que será conveniente verificar su estado de conservación y la magnitud de las cargas iniciales (si se cuenta con la información), actuales y del proyecto de rehabilitación. Si el problema es por falta de rigidez de las uniones, ésta se puede conseguir con la adición de escuadras y cartelas.

Una vez analizadas las soluciones y problemáticas más comunes se explica de forma más concreta los problemas a resolver y si alguna de ellas es adecuada para intervenir en este edificio;

Como ya se ha señalado, aunque no se trate de uno de los problemas más notables de la estructura estudiada, la corrosión de la estructura es el daño principal y más frecuente en estructuras metálicas.



Viga doble del forjado de la primera planta./ Fotografía realizada por autora.

Los daños en el edificio son relativamente leves, es decir, no es necesaria la sustitución pero debe tratarse de corregirse en el mayor grado posible y proceder a la correcta protección de la estructura, con objetivo de que esta corrosión no siga avanzando, procediéndose a la limpieza y el tratamiento, chorreado o bien raspado y cepillado a fondo con cepillo de discos, con aplicación de posteriores pinturas protectoras (resinas epoxi) de similares especificaciones.

Otro de los problemas que se perciben en la visita, antes de realizar el estudio estructural, es que los forjados, no cumplen la preceptiva resistencia ante el fuego, por lo que sería necesario reforzarlos y protegerlos.

*"La acción del fuego sobre el acero modifica la plasticidad del mismo y rompe el equilibrio de las tensiones de trabajo previstas, lo que origina una pérdida de la estabilidad de la estructura. La temperatura a partir de la cual aparece el fenómeno de la plasticidad es relativamente baja para el caso del acero y se alcanza con facilidad debido a su elevada conductividad térmica. Para una temperatura de 250°C se da una modificación de la resistencia y el límite elástico. Al alcanzar la temperatura de 538°C la estructura no puede soportar completamente la carga de diseño. Finalmente, conviene señalar que una estructura metálica fluye a los pocos minutos al alcanzar la temperatura crítica de 750°C". (CTE-DB-SE).*

La problemática más manifiesta de **los forjados**, de viguetas de acero con bovedillas curvas de fábrica de ladrillo ejecutadas in situ, es la ausencia de capa de compresión, esta sirve para transmitir las cargas verticales del vano a las viguetas, así como de acodamiento transversal frente a las cargas horizontales. Para solucionar esta situación y evaluando las consideraciones realizadas previamente, se propone como intervención general en la estructura la sustitución de este por un **forjado mixto de**

**chapa nervada**, esta solución "permite una manipulación razonable en el interior del edificio, adaptación a la geometría, facilidad de sujeción a la estructura existente y su aprovechamiento como encofrado perdido, respondiendo además a los condicionantes de viabilidad constructiva. Entre sus ventajas adicionales se encuentran el espesor reducido con una gran capacidad mecánica y la posibilidad de considerar monolítica la losa de hormigón armado.

Estas cualidades pueden convertir a este forjado en colaborador de la estabilidad lateral del edificio ante cualquier acción horizontal y en homogeneizador de las deformaciones de vigas y pilares de acero.

Otro aspecto que no debe dejarse atrás, es el análisis tipológico. El forjado mixto de chapa nervada es un forjado de piso unidireccional, y por lo tanto se adecua a la transmisión de cargas en paños en la dirección más corta, respetando la concepción original del forjado de viguetas. Se puede reconocer como un forjado unidireccional canónico desde el punto de vista de la forma de trabajo, aunque realizado con la tecnología avanzada de la que disponemos hoy en día.

Se puede considerar que la implantación de este tipo de forjado no vulnera la concepción original del sistema estructural, y aporta unas ventajas que pueden constituirse en la base de la salvaguarda patrimonial".

Para evaluar el estado actual de **las vigas**, IPN 160-260, es necesario hacer una separación por planta, ya que es en planta primera donde se encuentra la problemática principal, donde las deformaciones individuales no se encuentran dentro de los rangos de flecha y desplome delimitados actualmente como satisfactorios. Además en esta planta, el 29% de las vigas de primer orden y el 35 % de las vigas de segundo orden no alcanzan el coeficiente de seguridad mínimo aceptable (incluso concibiéndose la reducción del mismo al 80% por ser un edificio histórico).

Por el contrario, con respecto a la cubierta plana, para la que se utiliza el mismo sistema que para los forjados de piso, se obtienen resultados razonablemente positivos para el 100% de las vigas, a excepción del caso particular de problema de flecha en una de ellas, contando además con la eventualidad de que se trata de la única viga doble que se encuentra en la planta. Esta casuística se desarrolla más a fondo en apartados previos, considerándose un posible error del programa.

"Para mantener la estructura actual, ante la previsión de sobrecargas del proyecto original, podrían reforzarse las vigas que lo necesiten mediante la adición de elementos simples de acero, como platabandas soldadas al ala inferior, o dispuestas lateralmente entre alas, etc.

Pero estas operaciones de simple refuerzo no dejan de ser un parcheo para resolver problemas locales de ciertas vigas. Además, si actualmente existen vigas de necesario refuerzo, por resistencia o por flecha, un aumento de cargas supondría un aumento considerable del número de vigas a reforzar. Este tipo de soluciones sólo deben acometerse cuando se hayan agotado todas las posibilidades de intervenir de una forma integral.

*Sin embargo, este tipo de forjado mixto que se propone puede convertir a la losa de hormigón en cabeza de compresión de todas las vigas de acero de los entramados horizontales. Con los adecuados elementos de conexión, las vigas pueden incrementar notablemente su inercia, y por tanto, mejorar ostensiblemente su capacidad mecánica, y su rigidez frente a las deformaciones. Por ejemplo, un IPN 300, con una losa superior vinculada de hormigón armado de 80 x 10 cm, triplica aproximadamente el valor de su inercia en el plano de la carga.*

*Con el cambio de forjado, que lleva implícito un refuerzo generalizado de vigas, se puede obtener tal mejora sustancial del comportamiento mecánico de éstas, que podría reducirse al mínimo la necesidad de refuerzos de estos elementos".*

Con respecto al sistema de **cerchas de madera** empleado en la cubierta inclinada, si se recomienda la sustitución, esto se debe su grave estado de deterioro dada la ausencia de mantenimiento. En este caso, no se siguen los criterios de protección y respecto a la estructura original dado que el valor de este sistema no es tan significativo como el sistema general de los forjados de piso y la reparación del mismo resultaría más laboriosa y costosa que la propia sustitución.

Para **los pilares**, que según los cálculos realizados manualmente se encuentran dentro de los límites de seguridad mínimos, en principio no se plantea intervención necesaria, pero dado el aumento de las cargas que supone la rehabilitación, es necesario re-calcularlos, pudiendo ser necesario el refuerzo de los mismos.

#### **"Recuadros arriostrados:**

*Para mejorar la deformabilidad general, se deben arriostrar recuadros verticales en los lugares donde sea compatible con la composición y funcionalidad del edificio. Por el tipo de estructura metálica, y para respetar los paños de fábrica ya existentes, se pueden colocar cruces de san Andrés, evitando soluciones más invasivas como las pantallas de hormigón. Se pueden montar de perfiles laminados en L (en consonancia con el resto de la estructura) o con cables y tensores de acero galvanizado. Estos elementos son compatibles con el tipo estructural del edificio, y son parte necesaria en las estructuras de acero para su estabilización horizontal.*

#### **Procedimiento:**

*El procedimiento a seguir para el estudio de estos supuestos con la previsión de implantación de nuevos usos y reparación general del edificio sería:*

- a) Cambio de las secciones de las vigas de acero de perfiles simples a vigas mixtas con cabeza de compresión de hormigón armado.*
- b) Consideración de sobrecargas correspondientes a la categoría de uso público generalizado, superiores a las previstas en el proyecto original.*

#### **Estrategia de intervención:**

- c) Colocación de cruces de san Andrés en aquellos recuadros verticales que tengan*



el paño de fábrica completo.

d) Construcción y análisis del nuevo modelo estructural de intervención, evaluación del comportamiento resultante, y comparación con el modelo de la estructura actual.

e) Si los resultados son satisfactorios, identificación y propuesta de refuerzo de aquellos elementos que lo necesiten. Si no se da el caso, debe volverse al proceso de estudio de nuevas intervenciones o al planteamiento de correcciones a la solución proyectada".

## **MODELO ESTRUCTURAL DE INTERVENCIÓN:**

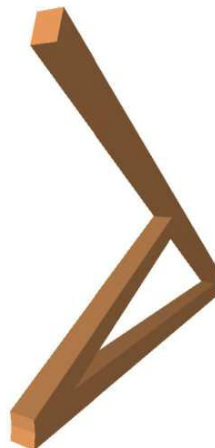
Para poder comprobar la eficacia de la intervención propuesta, modificamos el modelo estructural del estado actual realizado mediante Cype 3D. La normativa aplicada seguiría siendo la misma, ya que el programa considera la normativa vigente en la actualidad.

### **FASES:**

- **Geometría:** Se mantiene la geometría original de las barras y nudos a excepción de las cerchas de madera de la cubierta inclinada, que aunque se mantiene el diseño, se sustituyen por perfiles huecos cuadrados de acero, SHS 100x5 y SHS 120x5.



*Cercha compuesta por perfiles SHS./ Imág. Cype 3D*



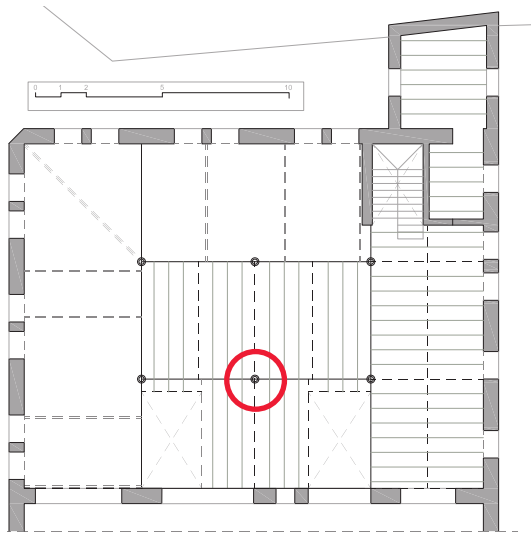
*Cercha compuesta por perfiles de madera./ Imág. Cype 3D*

- **Nudos:** Se sigue adoptando el mismo criterio que para el modelo original, (págs. 38-39), siendo estos una de las singularidades a respetar de la estructura.

- **Pilares:** al igual que se realizó para el modelo del estado actual, los pilares se comprueban manualmente, siguiendo las comprobaciones que indica el CTE. Como ya se explicó, esto se debe a que al ser pilares de acero de fundición, material actualmente en desuso, el programa no nos permite introducir los perfiles directamente sino que deben introducirse con la opción de "perfil genérico", introduciendo manualmente las características mecánicas y del material, siendo necesario el cálculo manual ya que este tipo de perfiles no los calcula el programa.

Calculamos el mismo pilar que para el modelo del estado actual, (indicado en el

plano), considerando en esta ocasión el aumento de cargas que supone la rehabilitación sobre el pilar;



P1(N3-N4; planta baja):

- Diámetro: 175 mm
- Espesor: 15 mm
- Área: 75.28 cm<sup>2</sup>

P2(N4-N21; planta primera):

- Diámetro: 145 mm
- Espesor: 15 mm
- Área: 61.16 cm<sup>2</sup>

Plano guía, planta de cubierta./ Prod. propia

1º- Se comprueba si el perfil actual soporta la carga obtenida en la cabeza del pilar:

$$N / F_{ud} = A$$

N = Carga del pilar

F<sub>ud</sub> = Resistencia minorada del coeficiente de seguridad, según CTE, γ:1.1

A = Área del perfil

$$166293 \text{ N} / (170/1.1) \text{ N/mm}^2 = 1076.01 \text{ mm}^2$$

$$A_{P1} = 75.28 \text{ cm}^2 > 11 \text{ cm}^2$$

$$A_{P2} = 61.62 \text{ cm}^2 > 11 \text{ cm}^2$$

2º- Se comprueba a capacidad portante, es decir, teniendo en cuenta el momento que hay además de la carga vertical:

Para ello se emplea la expresión que ofrece el CTE, donde se realiza una relación directa entre las solicitaciones obtenidas y la resistencia del material elegido.;

$$(N_{ED} / A \times f_{yd}) + (M_{y,ED} / W_y \times f_{yd}) < 1$$

$$M_y = 260000 \text{ Nmm}$$

$$k = \text{modulo resistente} = W \times A = (D_e^2 + D_i^2) / 8 \times D_e$$

P1

D<sub>e</sub> = diámetro exterior = 175 mm

D<sub>i</sub> = diámetro interior = 145 mm

$$W = (175^2 + 145^2 / 8 \times 175) / A = 36.89 \times 75.28 = 2777.079$$

$$\left(\frac{N_{ED}}{A} \times f_{yd}\right) + \left(\frac{M_{y,ED}}{W_y} \times f_{yd}\right) = \left(\frac{166293}{7528 \times 170/1.1}\right) + \left(\frac{260000}{2777 \times 170/1.1}\right) = 0.14 + 0.61 = 0.75 < 1 = \text{AGUANTA}$$

P2

$D_e$  = diámetro exterior = 145 mm

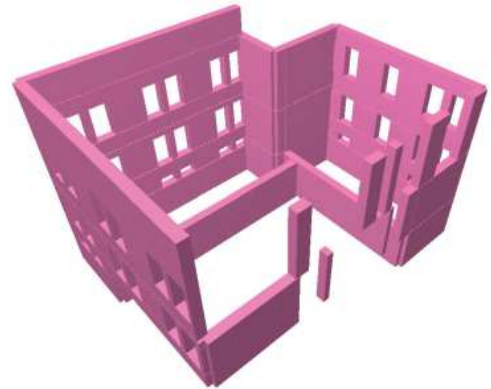
$D_i$  = diámetro interior = 115 mm

$W = (1452 + 1152 / 8 \times 145) / A = 36.89 \times 61.16 = 2256.19$

$$\left(\frac{N_{ED}}{A} \times f_{yd}\right) + \left(\frac{M_{y,ED}}{W_y} \times f_{yd}\right) = \left(\frac{166293}{7528 \times 170/1.1}\right) + \left(\frac{260000}{2256 \times 170/1.1}\right) = 0.14 + 0.74 = 0.88 < 1 = \text{AGUANTA}$$

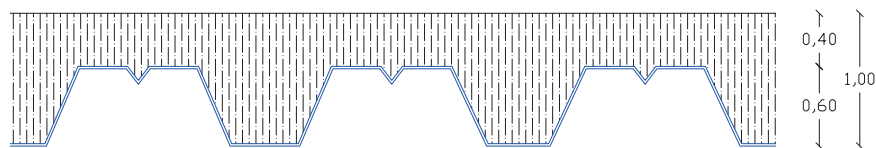
Al igual que para el modelo actual, se comprueba que en principio no es necesario el refuerzo de los pilares pero se recomendaría un estudio más detallado al respecto, comprobando además la resistencia al fuego ya que para poder legalizar la actividad que se quiera ejercer una vez reformado debe certificarse su resistencia al fuego, siendo probable la necesidad de utilizar algún método específico, como el recubrimiento con pintura intumescente (no hay una norma que regule la resistencia al fuego de estos elementos).

- **Paños de fabrica de ladrillo** se mantiene su geometría y modelización mediante laminas.  
(Pág.40)



Vista 3D de las laminas./ Imág. Cype 3D.

- **Forjados:** Se observa que el programa, Cype 3D, no aporta opciones directas para poder modelizar el forjado mixto de chapa nervada con losa de hormigón por lo que es necesario introducirlo por partes;

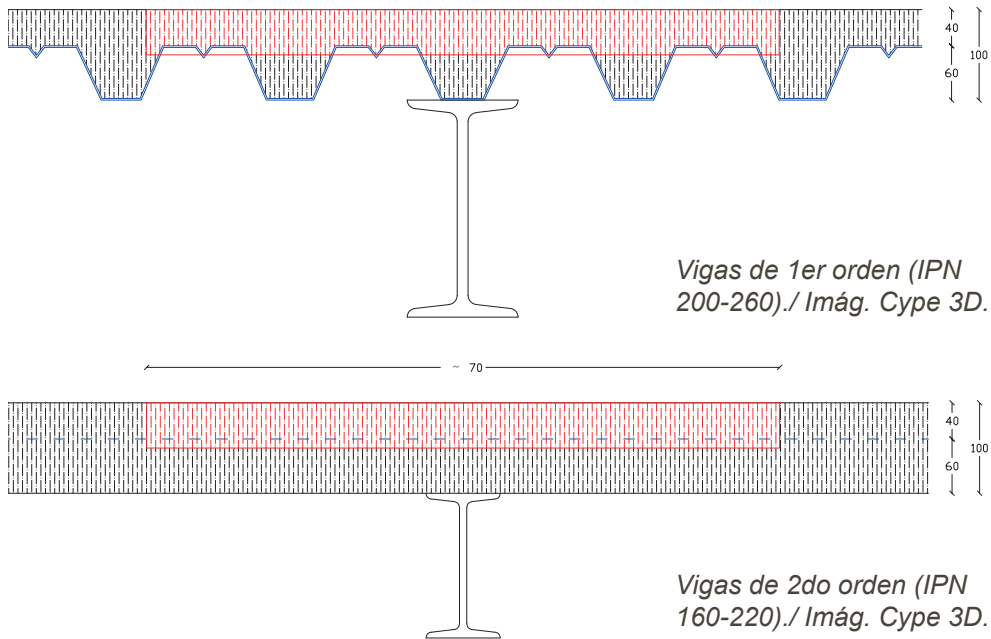


Sección forjado mixto./ Realizado por autora.

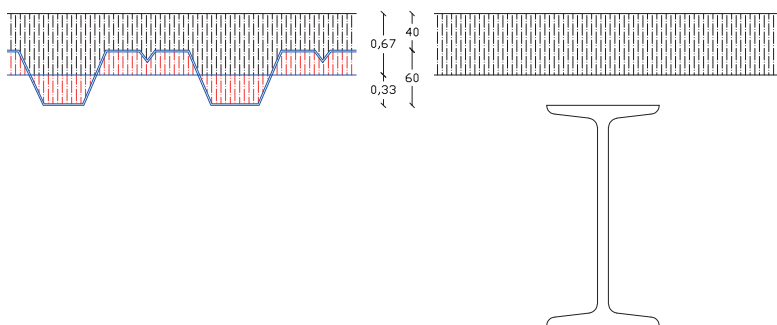
Como primer paso se edita la sección de las vigas de acero para convertirlas en perfiles mixtos, con la nueva losa del forjado de hormigón como cabeza de compresión colaborante.

*"La consideración de viga de sección mixta se puede realizar cuando se garantiza la transmisión de las tensiones del esfuerzo de flexión entre el perfil metálico y la losa de hormigón. El sistema Hilti de conectores certifica en sus fichas técnicas esta cuestión, en base a estudios y ensayos normalizados".*

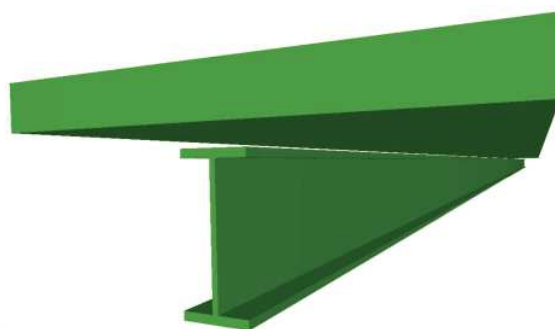
El ancho eficaz de la cabeza comprimida de hormigón de la viga mixta, se estima como 10 veces el canto de la losa, siendo este aproximadamente 6.7 ~ 7 cm (descontando los huecos de la chapa nervada);



Para su introducción en el programa, el canto equivalente de la cabeza comprimida se toma desde la fibra superior de la losa de hormigón hasta la profundidad del CDG de la chapa nervada.



Esquema explicativo del canto equivalente./ Prod. propia.

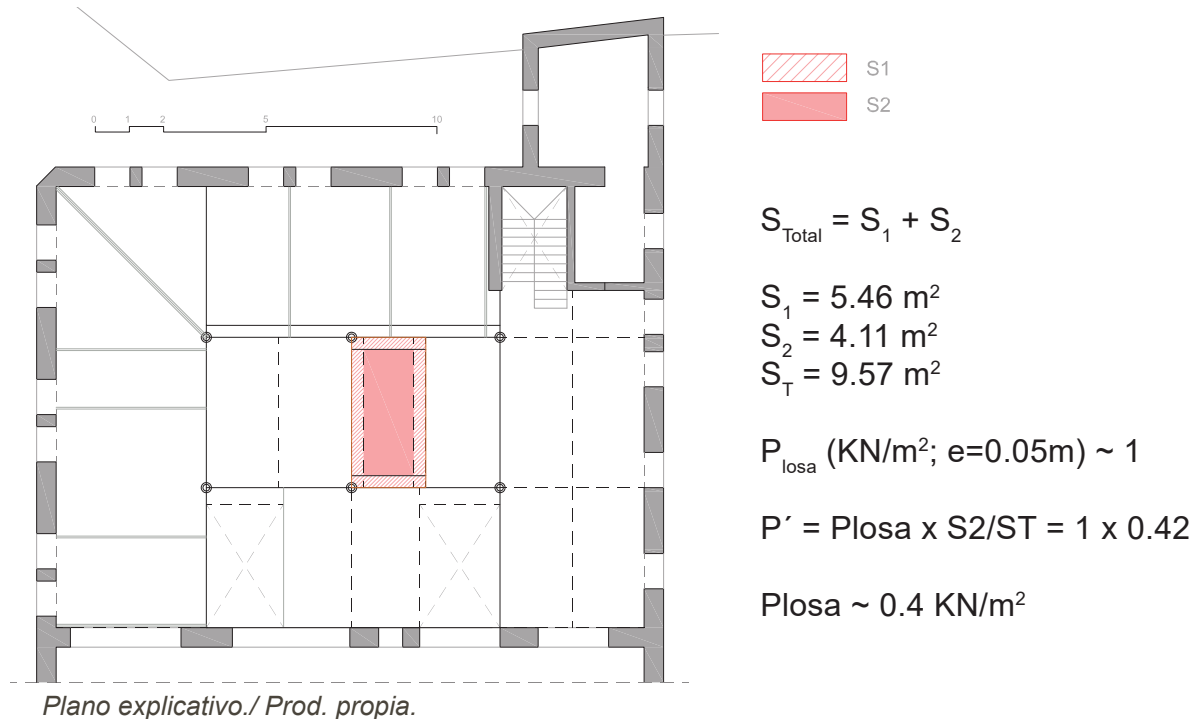


Vista 3D de una vigas de primer orden./ Imág. Cype 3D.



Posteriormente se procede a actualizar las cargas gravitatorias del nuevo forjado, añadiendo el peso correspondiente a la losa;

Para calcular con mayor exactitud el peso, se aplica la reducción correspondiente al ancho eficaz de la cabeza comprimida de hormigón de las vigas mixtas introducido en el programa, es decir, 0.35 m en todo el perímetro del vano tipo.

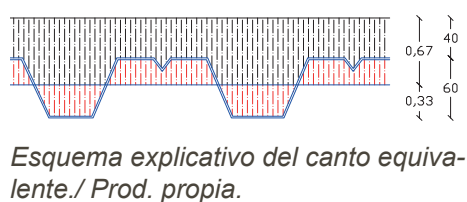


Para simular el efecto diafragma del forjado mixto ante acciones horizontales se introducen vigas virtuales de hormigón, enlazadas con la estructura formando cruces en cada recuadro entre vigas ( $S_2$ ), sea cual sea su categoría, tanto en planta primera como en planta de cubierta.

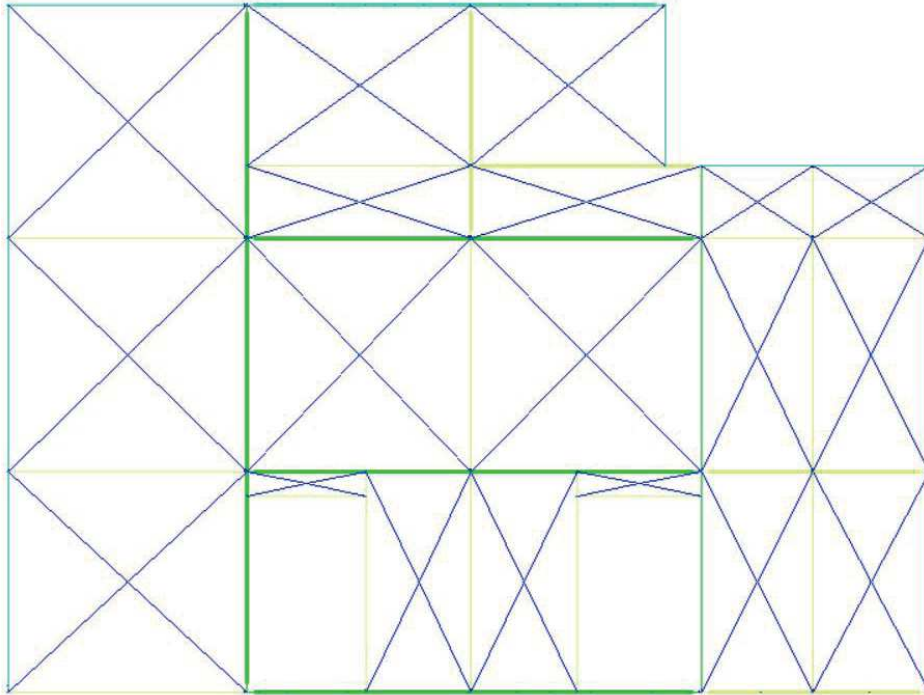
Empleando el mismo criterio con respecto a los nudos que en el resto de la estructura (Págs. 38-39), se articulan los extremos a las vigas "reales" para no romper la continuidad de estas.

Se emplean vigas de hormigón, desactivandoles el peso propio y la asignación de cargas superficiales para simular la resistencia a compresión del forjado.

La sección se estima de 7x70 cm, (6.7x(10x6.7)) con un canto igual al equivalente de la losa (sin los huecos de la chapa nervada) y un ancho de 10 veces el canto.

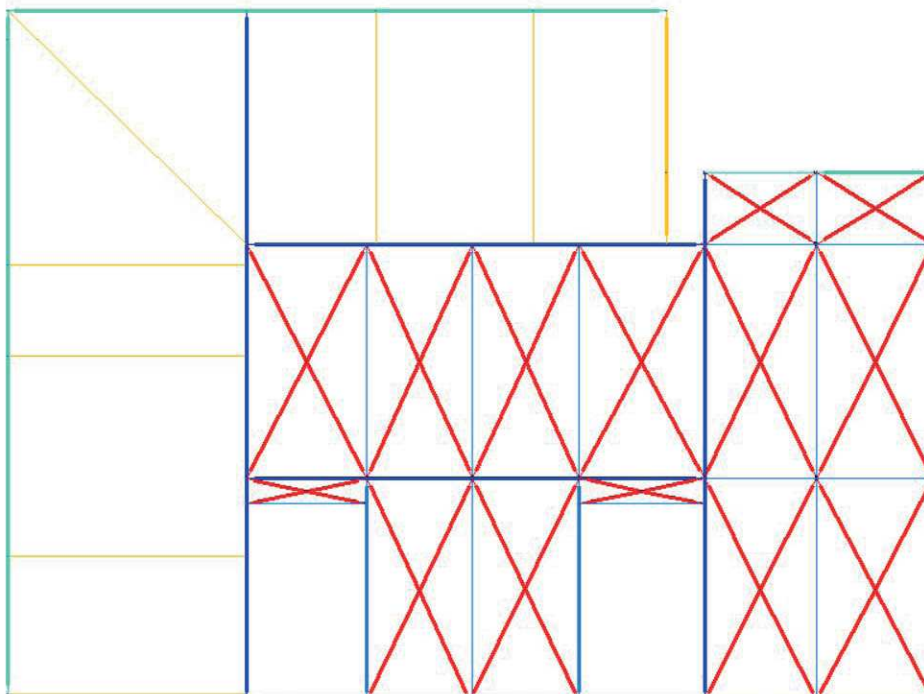


● Vigas virtuales de Planta Primera:



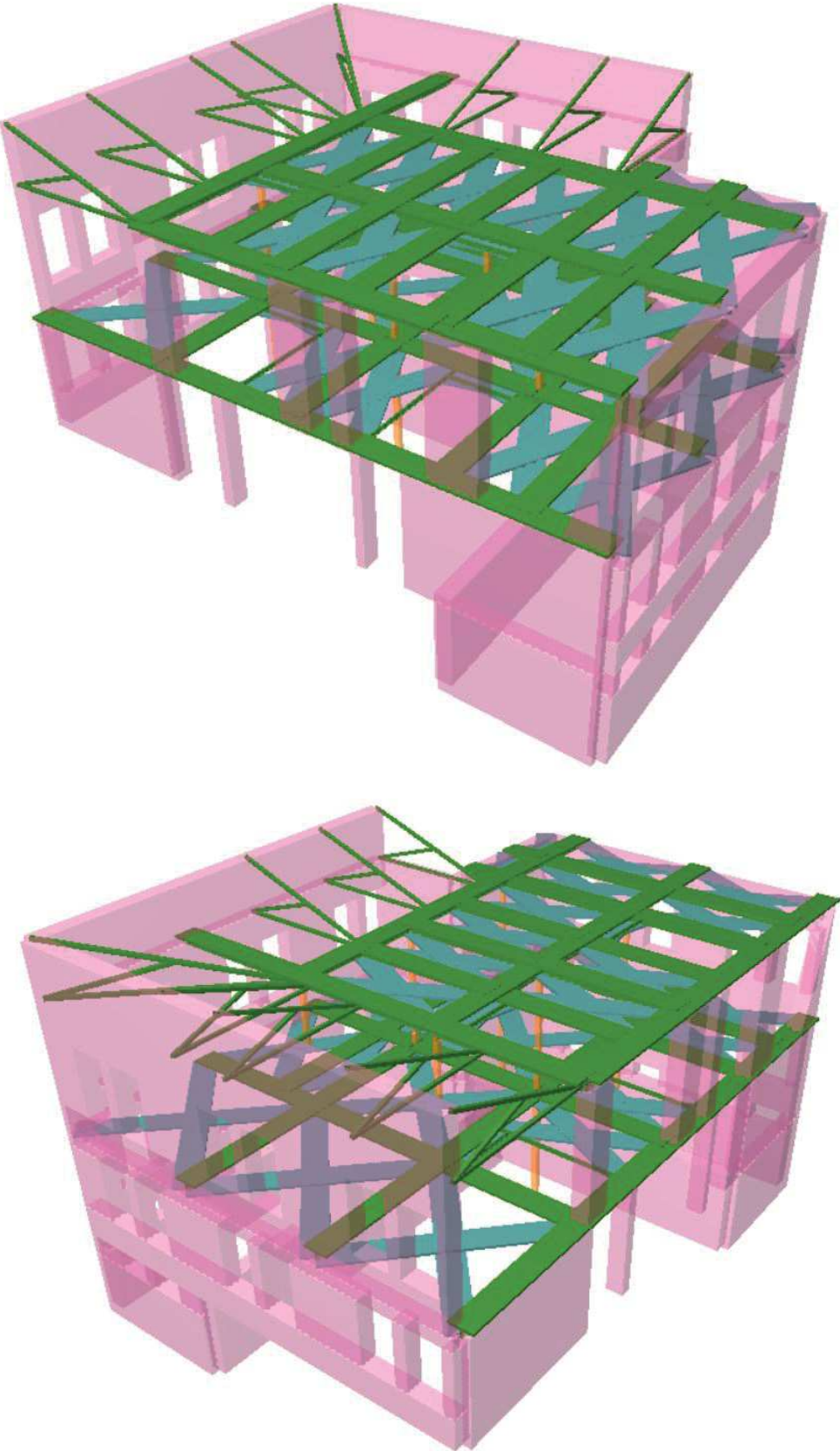
*Disposición de las barras virtuales de simulación del efecto diafragma del forjado en planta primera./ Imág. Cype 3D.*

● Vigas virtuales de Planta de Cubierta:

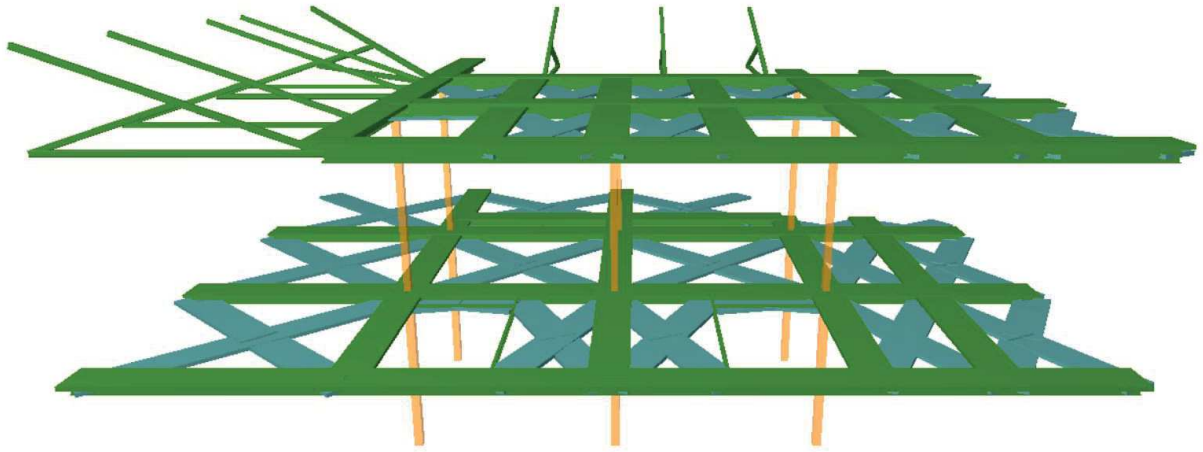


*Disposición de las barras virtuales de simulación del efecto diafragma del forjado en planta de cubierta./ Imág. Cype 3D.*

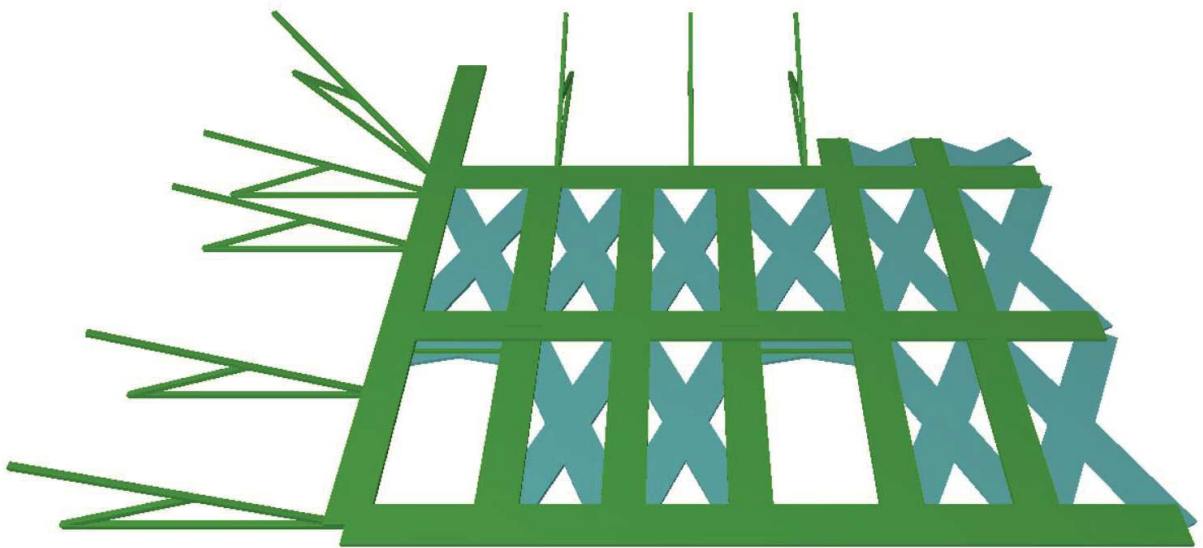
**MODELO FINAL CON ESTRUCTURA REHABILITADA:**



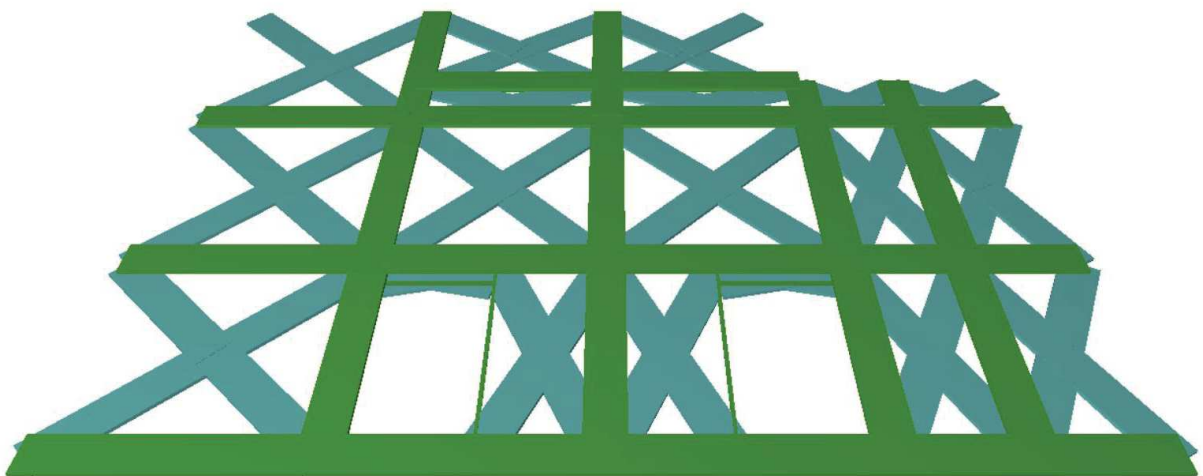
*Imágenes de Cype 3D.*



Vista 3D de la estructura metálica./ Imág. Cype 3D.



Vista 3D forjado planta primera./ Imág. Cype 3D.

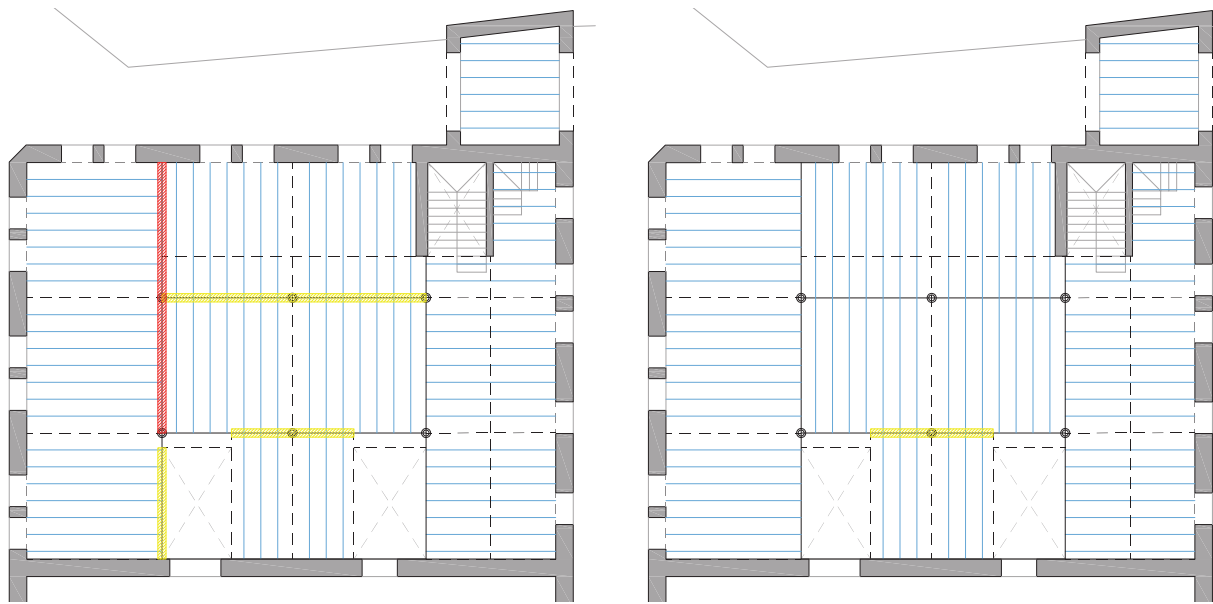


Vista 3D forjado planta primera./ Imág. Cype 3D.



Una vez terminado el modelo, se procede a obtener los **coeficientes de seguridad** ante situaciones persistentes o transitorias (Tablas en Anejo [2]), analizando y comparando los resultados con los obtenidos en el Modelo Inicial del estado actual de la estructura.

PLANTA PRIMERA\_ Vigas 1er Orden:



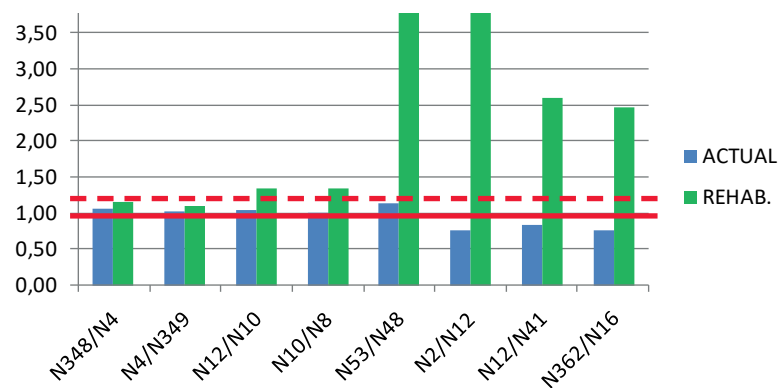
Planta primera antes y después de la rehabilitación./ Prod. propia



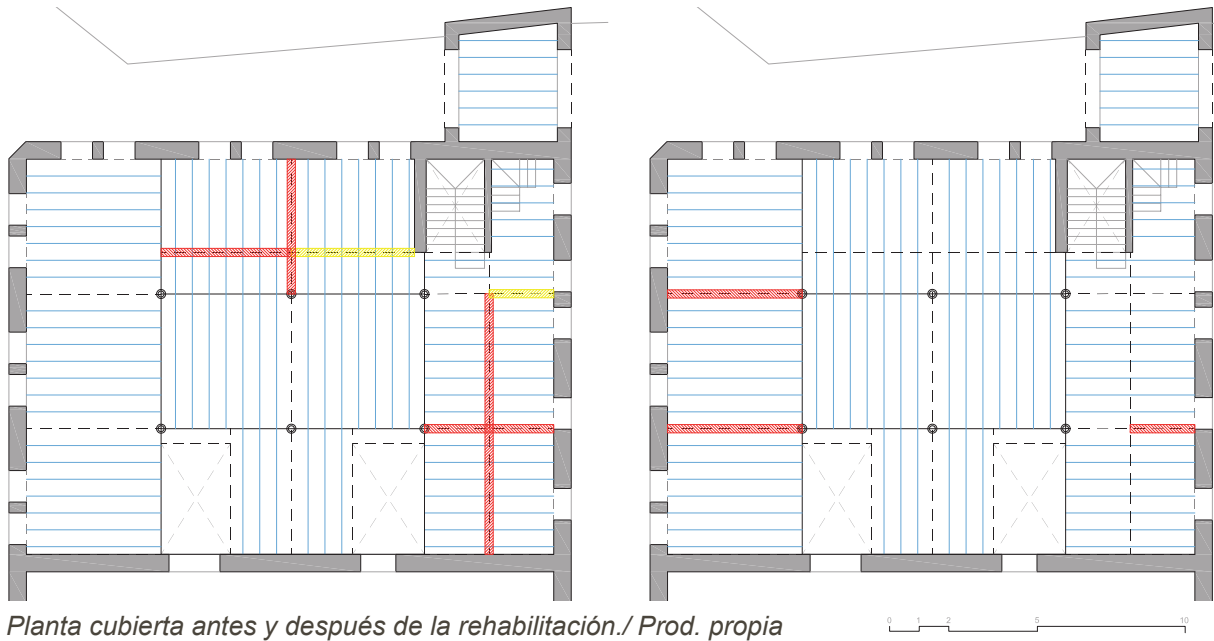
Una vez realizada la rehabilitación se advierte un aumento general considerable en el valor de los coeficientes de seguridad global. Puntualmente se analizan aquellas vigas que, antes de la rehabilitación, no cumplían los mínimos establecidos (Pág. 52);

Según el análisis del modelo actual, el 11% posee un CGS<1 y el 18% se encontraban entre 1 y 1.2, porcentajes que se reducen tras la rehabilitación a un 0% para valores inferiores a la unidad y a un 7% para valores entre 1 y 1.2.

En la siguiente gráfica observamos concretamente las vigas mencionadas, encontrándose, con valores inferiores a 1,2, en el modelo actual un 29% y en el modelo rehabilitado un 7%:



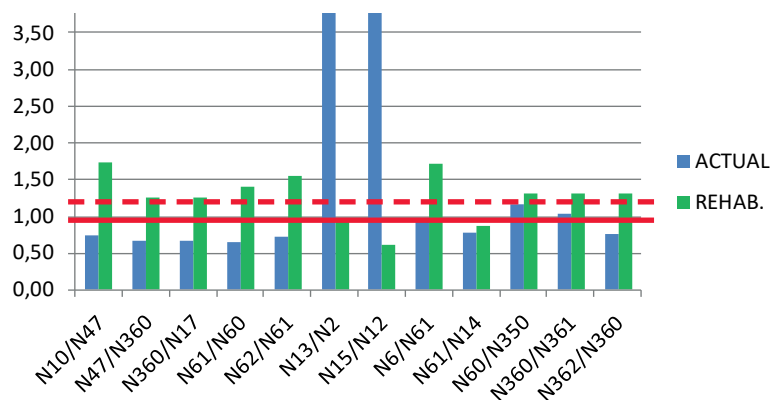
## PLANTA PRIMERA\_ Vigas 2do Orden:



Para las vigas de segundo el aumento general del valor de los coeficientes de seguridad global no es tan contundente pero si que se aprecia una mejora considerable en el reparto de cargas.

Según el análisis del modelo actual, el 28% posee un CGS<1 y el 7% se encontraban entre 1 y 1.2, porcentajes que se reducen tras la rehabilitación a un 10% para valores inferiores a la unidad y a un 0% para valores entre 1 y 1.2.

En la siguiente gráfica observamos concretamente las vigas mencionadas, encontrándose, con valores inferiores a 1,2, en el modelo actual un 35% y en el modelo rehabilitado un 10%:



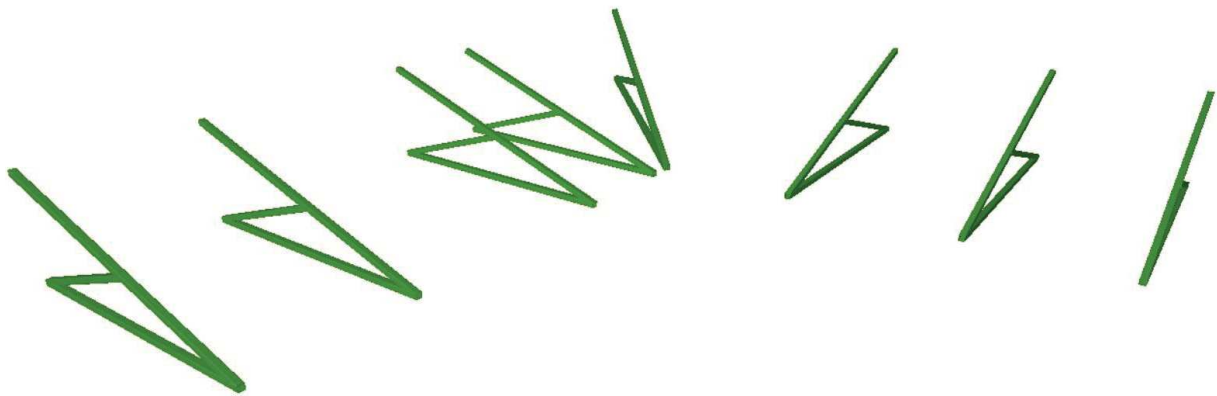
### PLANTA CUBIERTA\_ Vigas 1er Orden:

A pesar de que se obtuvieron resultados positivos en las comprobaciones iniciales, considerando el aumento de cargas ligado al cambio de uso, se lleva a cabo la misma solución que para la planta primera, mejorándose considerablemente la capacidad portante general del forjado.

### PLANTA CUBIERTA\_ Vigas 2do Orden:

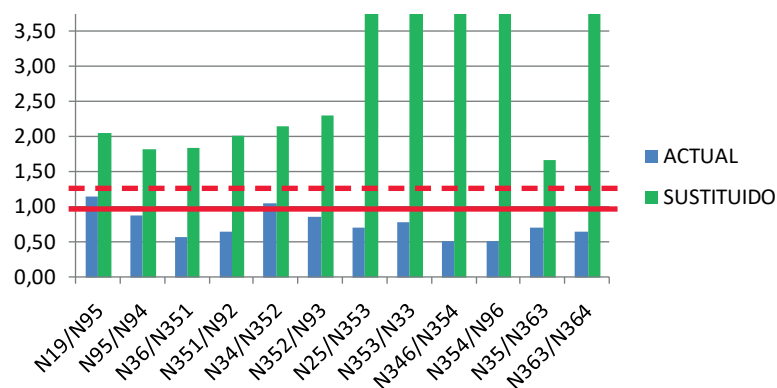
Las vigas de segundo orden se encuentran en una condición muy similar a las de primer orden por lo que se adopta la misma solución, además se soluciona puntualmente el problema de la viga doble, ya que en principio se considera que podría deberse a un problema del propio programa con este tipo de elementos, aunque se recomienda un estudio más detallado al respecto.

### PLANTA CUBIERTA\_ Cerchas:

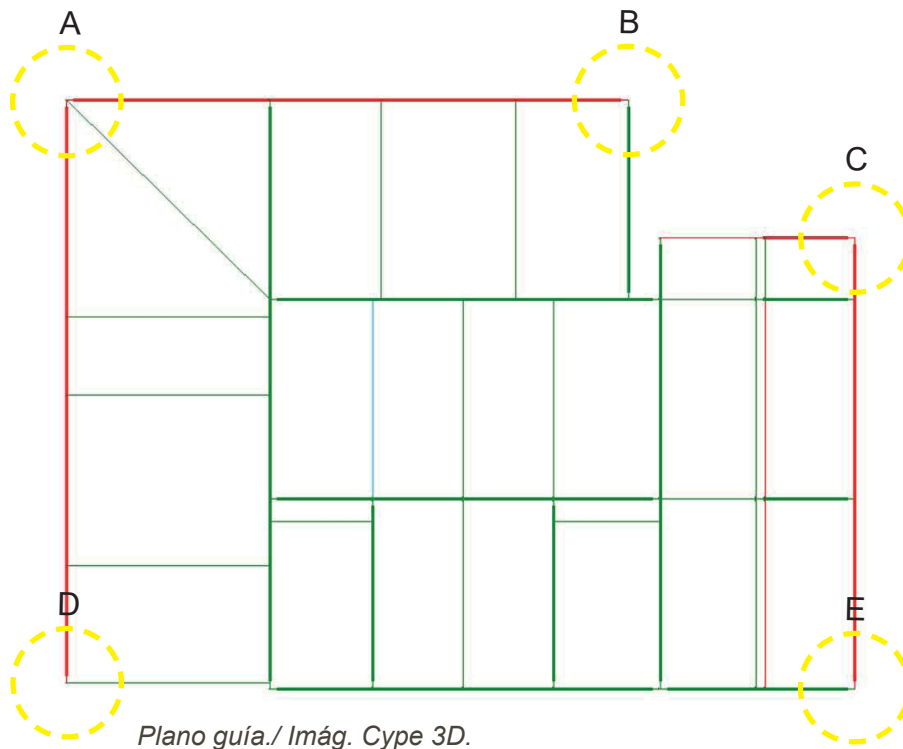


Vista 3D de las cerchas SHS./ Imág. Cype 3D.

Como ya se comentó previamente (pág. 61), las cerchas son el único elemento de la estructura que se sustituye, los nuevos perfiles (SHS 100x5-120x5), se dimensionan mayorando las cargas actuales, considerando una posible rehabilitación posterior de la cubierta exterior, como se observa en el gráfico, el valor de los CSG supera sin problema los mínimos, en contraste con el 37% resultante antes de la rehabilitación;



Posteriormente se comprueba si tras la rehabilitación se ha producido un aumento o reducción de los **desplazamientos laterales máximos** en los vértices de las esquinas superiores del edificio y comprobamos su cumplimiento;



VERTICES	Dx (mm)	H/200 (m)	H/200 (mm)	C/NC
A	10,411	0,067355	67,355	SI
B	6,474	0,067355	67,355	SI
C	0,766	0,036	36	SI
D	1,836	0,067355	67,355	SI
E	0,683	0,036	36	SI

Desplazamiento lateral./ Prod. propia.

Dado que los resultados conseguidos son similares a los obtenidos para el estado actual e incluso suponen una mejora, se obvia el análisis de las tensiones ya que siendo los desplazamientos laterales obtenidos más que satisfactorios se estima que las fachadas cumplen con su función arriostrante.



## CONCLUSIONES

### **Sobre el método:**

Para poder analizar el comportamiento real y la aptitud al servicio de la estructura del edificio escogido como caso de estudio y no llegar a conclusiones falsas, es muy importante reconocer la estructura como realmente es, es decir, teniendo en cuenta sus detalles y características particulares.

Se considera necesaria la realización de un estudio exhaustivo sobre las condiciones en las que ha sido proyectado, conociendo la normativa en vigor que se tubo en cuenta para ello, profundizando además en los métodos y técnicas empleados para su construcción y mantenimiento.

Como paso previo a la modelización mediante programas informáticos y el análisis de la aptitud al servicio de la estructura, es imprescindible además conocer el estado de conservación en el que se encuentra la misma, realizando una inspección patológica sistemática para descubrir posibles lesiones y defectos.

### **Sobre el conocimiento del edificio:**

Antes de proponer una posible intervención o actuación en el edificio, es importante conocer la historia de aquello que estamos rehabilitando ya que el objetivo principal de una rehabilitación debe ser respetar e incluso resaltar las singularidades que lo caracterizan.

En el caso de la Fabrica de sombreros, su valor como patrimonio arquitectónico industrial es una de sus particularidades más notables, que a su vez supone ciertas limitaciones de obligatorio cumplimiento ante su intervención, recogidas en la normativa urbanística.

Además, para poder analizar el diseño estructural de cada una de las naves/edificios pertenecientes al conjunto, es necesario también conocer el uso originario al que estaban destinadas cuando se construyeron, esto se debe a que la evolución de la fábrica estaba completamente ligado a la evolución de la empresa de sombreros, diseñándose y construyéndose cada nuevo espacio teniendo en cuenta el uso al que se iba a destinar.

El edificio elegido para el estudio estructural detallado, es el edificio para talleres construido en 1917, diseñado por José Espiau y Muñoz. De todo el conjunto, es en este concretamente donde puede apreciarse de forma más clara el marcado estilo regionalista que caracteriza al arquitecto, sobretodo en las fachadas, donde destaca el cuidado empleo de la fabrica de ladrillo cara vista y los detalles en la misma.

Como ya se menciona, el motivo de esta elección, aparte del señalado, y del buen estado en el que se conserva (a diferencia de otras zonas del conjunto), podría decir-

se que es la “complejidad” del mismo, apreciándose cierto orden en su estructura, ya que, además de la similitud entre las luces de los vanos, la simetría es muy evidente, rompiéndose quizás en la planta de cubierta, dada la utilización de diferentes sistemas.

### **Sobre el estado actual:**

El estado actual de conservación del edificio entra dentro de unos límites admisibles ya que no se encuentran daños irreversibles o elementos destruidos pero siendo necesaria su rehabilitación para poder garantizar el funcionamiento seguro de la estructura, teniendo en consideración para realizar esta evaluación la previsión de cargas del proyecto original.

Siendo una estructura metálica, es necesario analizar a fondo los daños por corrosión y su gravedad, como ya se menciona en el edificio son relativamente leves, es decir, no es necesaria la sustitución pero deben tratar de corregirse los daños en el mayor grado posible.

Otro de los problemas más notables es que ni los forjados ni los pilares (de acero de fundición) cumplen la preceptiva resistencia ante el fuego, por lo que sería necesario reforzarlos y protegerlos, aunque la problemática más manifiesta de los forjados, es la ausencia de capa de compresión (esta sirve para transmitir las cargas verticales del vano a las viguetas, así como de acodamiento transversal frente a las cargas horizontales), habiéndose podido suplir su efecto arriostrante con las fachadas de ladrillo de 50 cm que envuelven la estructura.

### **Sobre su situación actual:**

El cese de la actividad industrial en 2003 causa el abandono del edificio y su deterioro progresivo, pero cinco años después, la fábrica es objeto de un episodio de ocupación organizada y gracias a estos okupas el complejo se mantiene con vida.

En diciembre de 2016 la detección de «obras sin licencia y no legalizables», en concreto unos trabajos de reforma de 168 metros cuadrados del inmueble, de ampliación «por entreplanta» de 118 metros cuadrados y «de ampliación por remonte de una planta sobre las dos existentes», dieron lugar a la denuncia y expulsión de los mencionados “ocupas”; “«*Las obras de ampliación por remonte no son legalizables al no estar permitidas en la ficha de catálogo*», se aseveraba entre otros aspectos en el procedimiento promovido a finales de 2016”.

Posteriormente el conjunto pasó a manos del banco popular pero actualmente pertenece a un empresario privado, que gracias a las visitas realizadas al lugar se ha podido entrevistar y puede afirmarse que organiza cursos y talleres artesanales y además se está encargando de las obras de rehabilitación que se están efectuando.

En el caso concreto del edificio de estudio, para garantizar el funcionamiento seguro de la estructura es necesario intervenir, y a pesar de que el propietario actual quiera dedicar el edificio a talleres artesanales, y dado que siendo este el uso original

para el que fue diseñado el edificio esto no supondría un aumento en la hipótesis de carga, se propone suponer un posible cambio de uso futuro, planteando la posibilidad de albergar nuevas actividades que satisfagan las demandas sociales que ya esta solicitando el propio vecindario y que ya se están llevando a cabo en el propio conjunto.

### **Sobre la intervención:**

Tras el análisis efectuado, se llega a la consideración de que la rehabilitación del edificio estudiado es imprescindible para poder garantizar la seguridad del edificio e incluso del resto del conjunto ya que, dada su vinculación y céntrica posición en el mismo puede llegar a provocar daños en el resto de naves y edificios colindantes.

A pesar de que no se encuentran daños graves, el estado global de la estructura se encuentra en fase avanzada de deterioro, siendo menester intervenir y restaurar de forma integral, sin pasar por alto la limpieza y el tratamiento de aquellos elementos que se encuentren afectados por la corrosión.

Para realizar una propuesta de rehabilitación que se adecuase a la casuística concreta que se estudia, se ha tomado como guión la tesis doctoral de José Carlos Gutiérrez Blanco: "La rehabilitación estructural como instrumento de consolidación del patrimonio arquitectónico moderno: el edificio de la antigua comisaría de La Gavidia de Sevilla", empleando la misma solución estructural para nuestro edificio que la que él propone en su trabajo, es decir, la conversión de los forjados en forjados mixtos, de chapa nervada con losa de hormigón armado.

La elección de este método concreto frente a otros posibles sistemas que nos puede aportar la tecnología industrial se debe a la adecuación del mismo a los criterios que se pretende seguir en la intervención del edificio, es decir, intervenir respetando en la mayor medida posible la estructura dado el valor patrimonial de la misma, manteniendo la calidad arquitectónica evitando el simple refuerzo de elementos.

Este sistema, además de ser compatible con la geometría de la estructura, se centra de forma concreta en la rehabilitación de los forjados, la problemática más manifiesta dada la ausencia de capa de compresión en ellos y la carencia de resistencia que se observa de forma generalizada en vigas y viguetas.

*"Los forjados no sólo sirven de soporte primario de las cargas sino que son piezas fundamentales en la estabilidad y comportamiento global de la estructura; el forjado mixto de chapa nervada con losa de hormigón armado, gracias a la fácil conectividad con las vigas de acero aumenta de forma muy importante la capacidad mecánica de éstas, al convertirlas en vigas mixtas. Bajo la previsión de aumento de cargas por futuros usos, el refuerzo generalizado de las vigas sería del todo necesario, y con esta solución se llega a la práctica eliminación de estos refuerzos.*

*Con la consideración de monolitismo de la nueva losa de forjado, la estructura consigue la disminución generalizada de las deformaciones y su homogeneización, hechos claves para reducir en gran medida las futuras patologías de elementos*

*constructivos del edificio. Además, se consigue una respuesta razonable del edificio frente al sismo; se mejora notablemente la capacidad de resistencia, estabilidad y aislamiento de los forjados frente al fuego; y se incrementa el valor de la frecuencia propia del forjado, que aleja el límite de la posibilidad de vibraciones derivadas el uso."*

Como caso particular, respecto al sistema de cerchas de madera empleado en la cubierta inclinada, si se recomienda la sustitución, esto se debe su grave estado de deterioro dada la ausencia de mantenimiento. En este caso, no se siguen los criterios de protección y respecto a la estructura original dado que el valor de este sistema no es tan significativo como el sistema general de los forjados de piso y la reparación del mismo resultaría más laboriosa y costosa que la propia sustitución.

Con respecto a los pilares, de acero de fundición, son calculados manualmente (dado a que este material se encuentra obsoleto y el programa informático empleado no permite su inclusión en el modelo) se encuentran dentro de los límites de seguridad mínimos pero aunque en principio no se plantea intervención necesaria si se recomienda un estudio más detallado al respecto, comprobando además la resistencia al fuego del materia, ya que para poder legalizar la actividad que se quiera ejercer una vez reformado debe certificarse su resistencia al fuego, siendo probable la necesidad de utilizar algún método específico, como el recubrimiento con pintura intumescente (no hay una norma que regule la resistencia al fuego de estos elementos).

*"Esta rehabilitación estructural respeta la configuración original de la estructura y del edificio. Con esta propuesta, se transfiere al edificio un enorme potencial de posibilidades futuras, colaborando en gran medida a su supervivencia y a la sostenibilidad como bien arquitectónico patrimonial."*



## VI - ANEJO DE CALCULO

[1] Coeficientes de seguridad global, antes de la rehabilitación.  
(Rojo {0-1}; amarillo {1-1.2})

PLANTA PRIMERA		
V. 1er ORDEN	$\eta$	CSG
N53/N327	11,20	8,93
N327/N332	0,10	1000,00
N332/N323	11,80	8,47
N323/N54	3,10	32,26
N54/N334	12,70	7,87
N334/N55	0,10	1000,00
N55/N336	1,40	71,43
N336/N338	2,00	50,00
N338/N56	0,80	125,00
N56/N325	3,60	27,78
N325/N329	6,40	15,63
N329/N340	3,20	31,25
N340/N57	1,60	62,50
N2/N348	41,60	2,40
N348/N4	93,30	1,07
N4/N349	96,40	1,04
N349/N6	43,60	2,29
N12/N10	95,80	1,04
N10/N8	99,30	1,01
N53/N48	86,90	1,15
N48/N2	83,30	1,20
N2/N12	129,30	0,77
N12/N41	118,50	0,84
N41/N362	75,00	1,33
N362/N16	130,70	0,77
N6/N8	27,30	3,66
N51/N6	36,00	2,78
N57/N51	24,30	4,12
N8/N18	10,00	10,00
PLANTA PRIMERA		
V. 2do ORDEN	$\eta$	CSG
N10/N47	134,70	0,74
N47/N360	149,30	0,67
N360/N17	149,30	0,67
N48/N49	6,90	14,49
N50/N51	7,40	13,51

N60/N59	15,10	6,62
N61/N60	154,40	0,65
N4/N10	4,30	23,26
N55/N4	4,50	22,22
N54/N49	8,30	12,05
N56/N50	8,80	11,36
N62/N61	138,80	0,72
N13/N2	8,60	11,63
N52/N53	5,60	17,86
N57/N342	1,20	83,33
N342/N62	2,70	37,04
N62/N344	5,40	18,52
N344/N58	2,20	45,45
N15/N12	5,30	18,87
N6/N61	104,20	0,96
N61/N14	128,40	0,78
N41/N47	35,50	2,82
N47/N345	76,00	1,32
N345/N18	55,50	1,80
N8/N60	70,30	1,42
N49/N348	8,30	12,05
N50/N349	8,80	11,36
N60/N350	86,30	1,16
N360/N361	96,50	1,04
N362/N360	130,90	0,76
<b>PLANTA CUBIERTA</b>		
<b>V. 1er ORDEN</b>	<b>η</b>	<b>CSG</b>
N27/N39	23,90	4,18
N39/N36	14,70	6,80
N36/N67	14,60	6,85
N67/N20	20,00	5,00
N20/N35	17,40	5,75
N35/N34	21,90	4,57
N34/N19	21,90	4,57
N19/N28	17,60	5,68
N19/N72	20,70	4,83
N72/N346	21,10	4,74
N346/N22	38,40	2,60
N22/N25	39,90	2,51
N25/N73	24,30	4,12
N73/N347	24,10	4,15

N347/N23	20,30	4,93
N20/N66	16,20	6,17
N66/N21	32,50	3,08
N21/N70	32,90	3,04
N70/N24	16,30	6,13
N27/N331	9,50	10,53
N331/N64	9,70	10,31
N64/N333	10,10	9,90
N333/N29	10,00	10,00
N29/N335	6,70	14,93
N335/N337	7,70	12,99
N337/N69	7,80	12,82
N69/N339	7,00	14,29
N339/N30	6,50	15,38
N30/N71	10,90	9,17
N71/N24	9,90	10,10
N24/N23	10,30	9,71
N23/N42	5,10	19,61
N30/N341	9,20	10,87
N341/N46	13,20	7,58
N46/N359	18,10	5,52
N359/N343	19,50	5,13
N343/N89	19,00	5,26
<b>PLANTA CUBIERTA</b>		
<b>V. 2do ORDEN</b>	<b>η</b>	<b>CSG</b>
N29/N21	2,30	43,48
N21/N22	1,80	55,56
N66/N72	2,00	50,00
N70/N73	1,90	52,63
N43/N44	3,30	30,30
N67/N65	9,20	10,87
N68/N71	5,10	19,61
N23/N43	36,50	2,74
N43/N356	37,40	2,67
N356/N26	37,40	2,67
N24/N45	54,10	1,85
N46/N45	29,20	3,42
N64/N65	4,90	20,41
N65/N66	10,10	9,90
N69/N68	5,90	16,95
N68/N70	5,90	16,95

N45/N358	55,10	1,81
N358/N97	55,10	1,81
N45/N43	32,50	3,08
N359/N358	51,40	1,95
N358/N356	57,10	1,75
N356/N357	6,10	16,39
<b>PLANTA CUBIERTA</b>		
<b>CERCHAS</b>	<b>η</b>	<b>CSG</b>
N25/N31	56,80	1,76
N38/N35	57,60	1,74
N37/N39	34,80	2,87
N40/N36	70,50	1,42
N32/N34	48,30	2,07
N39/N63	78,80	1,27
N63/N91	65,60	1,52
N37/N63	24,00	4,17
N19/N90	32,00	3,13
N19/N95	87,20	1,15
N95/N94	112,50	0,89
N98/N100	22,00	4,55
N346/N255	56,50	1,77
N347/N355	27,70	3,61
N355/N98	4,00	25,00
N36/N351	172,80	0,58
N351/N92	153,50	0,65
N40/N351	56,90	1,76
N34/N352	94,40	1,06
N352/N93	116,50	0,86
N32/N352	33,20	3,01
N90/N95	37,10	2,70
N347/N100	69,50	1,44
N100/N99	59,20	1,69
N25/N353	140,90	0,71
N353/N33	127,50	0,78
N31/N353	46,20	2,16
N346/N354	195,10	0,51
N354/N96	189,10	0,53
N255/N354	64,20	1,56
N38/N363	35,10	2,85
N35/N363	142,10	0,70
N363/N364	154,80	0,65



**[2]** Coeficientes de seguridad global una vez llevada a cabo la rehabilitación.

(Rojo {0-1}; amarillo {1-1.2}) (El término N´se emplea para aquellas vigas que han dejado de existir al eliminar la viga doble, insistiendo en el hecho de que el programa calcula algunas vigas por partes, de nudo a nudo).

PLANTA PRIMERA REHABILITADA		
V. 1er ORDEN	$\eta$	CSG
N53/N327	11,20	8,93
N327/N332	0,10	1000,00
N332/N323	3,30	30,30
N323/N54	2,50	40,00
N54/N334	9,70	10,31
N334/N55	0,10	1000,00
N55/N336	1,50	66,67
N336/N338	2,30	43,48
N338/N56	0,90	111,11
N56/N325	8,20	12,20
N325/N329	8,60	11,63
N329/N340	6,00	16,67
N340/N57	5,50	18,18
N2/N348	22,10	4,52
N348/N4	86,60	1,15
N4/N349	89,70	1,11
N349/N6	24,80	4,03
N12/N10	74,00	1,35
N10/N8	74,40	1,34
N53/N48	8,50	11,76
N48/N2	5,50	18,18
N2/N12	25,20	3,97
N12/N41	38,40	2,60
N´	38,40	2,60
N41/N16	40,30	2,48
N6/N8	22,50	4,44
N51/N6	24,80	4,03
N57/N51	21,10	4,74
N8/N18	11,40	8,77
PLANTA PRIMERA REHABILITADA		
V. 2do ORDEN	$\eta$	CSG
N10/N47	57,40	1,74
N47/N17	79,80	1,25
N´	79,80	1,25
N´	79,80	1,25
N´	79,80	1,25

N60/N59	15,60	6,41
N61/N60	71,10	1,41
N4/N10	7,00	14,29
N55/N4	6,70	14,93
N´	6,70	14,93
N´	6,70	14,93
N62/N61	64,40	1,55
N13/N2	105,20	0,95
N52/N53	3,70	27,03
N57/N342	4,10	24,39
N342/N62	3,10	32,26
N62/N343	2,20	45,45
N343/N58	1,90	52,63
N15/N12	163,50	0,61
N6/N61	58,60	1,71
N61/N14	115,70	0,86
N41/N47	46,90	2,13
N47/N344	79,60	1,26
N344/N18	69,60	1,44
N8/N60	39,90	2,51
N´	39,90	2,51
N´	39,90	2,51
N60/N349	76,50	1,31
N´	76,50	1,31
N´	76,50	1,31
<b>PLANTA CUBIERTA REHABILITADA</b>		
<b>V. 1er ORDEN</b>	<b>η</b>	<b>CSG</b>
N27/N39	62,30	1,61
N39/N36	13,60	7,35
N36/N67	21,10	4,74
N67/N20	22,70	4,41
N20/N35	25,40	3,94
N35/N34	14,10	7,09
N34/N19	24,50	4,08
N19/N28	14,10	7,09
N19/N72	13,30	7,52
N72/N345	44,90	2,23
N345/N22	40,90	2,44
N22/N25	43,70	2,29
N25/N73	17,40	5,75
N73/N346	14,60	6,85

N346/N23	11,60	8,62
N20/N66	12,00	8,33
N66/N21	37,30	2,68
N21/N70	38,10	2,62
N70/N24	13,00	7,69
N27/N331	6,80	14,71
N331/N64	7,40	13,51
N64/N333	9,50	10,53
N333/N29	8,70	11,49
N29/N335	7,80	12,82
N335/N337	4,80	20,83
N337/N69	4,90	20,41
N69/N339	5,20	19,23
N339/N30	3,80	26,32
N30/N71	10,10	9,90
N71/N24	13,10	7,63
N24/N23	9,50	10,53
N23/N42	4,10	24,39
N´	4,10	24,39
N´	4,10	24,39
N´	4,10	24,39
N´	4,10	24,39
N´	4,10	24,39
<b>PLANTA CUBIERTA REHABILITADA</b>		
<b>V. 2do ORDEN</b>	<b>η</b>	<b>CSG</b>
N29/N21	2,30	43,48
N21/N22	2,50	40,00
N66/N72	3,50	28,57
N70/N73	3,30	30,30
N43/N44	4,50	22,22
N´	4,50	22,22
N´	4,50	22,22
N23/N43	27,60	3,62
N43/N26	26,80	3,73
N´	26,80	3,73
N24/N45	39,50	2,53
N46/N45	24,10	4,15
N64/N65	7,60	13,16
N65/N66	4,30	23,26
N69/N68	8,80	11,36
N68/N70	6,60	15,15

N30/N341	12,70	7,87
N341/N46	13,70	7,30
N46/N89	8,70	11,49
N45/N97	39,90	2,51
N45/N43	26,80	3,73
N´	26,80	3,73
<b>PLANTA CUBIERTA REHABILITADA</b>		
<b>CERCHAS</b>	<b>η</b>	<b>CSG</b>
N25/N31	17,20	5,81
N38/N35	19,50	5,13
N37/N39	10,30	9,71
N40/N36	21,50	4,65
N32/N34	15,70	6,37
N39/N63	25,60	3,91
N63/N91	22,70	4,41
N37/N63	6,40	15,63
N19/N90	16,50	6,06
N19/N95	48,70	2,05
N95/N94	54,60	1,83
N98/N100	6,00	16,67
N346/N255	16,50	6,06
N347/N357	13,70	7,30
N357/N98	3,60	27,78
N36/N351	53,90	1,86
N351/N92	49,70	2,01
N40/N351	14,50	6,90
N35/N352	46,40	2,16
N352/N353	43,50	2,30
N38/N352	12,70	7,87
N34/N354	38,10	2,62
N354/N93	34,50	2,90
N32/N354	10,10	9,90
N90/N95	20,30	4,93
N347/N100	22,10	4,52
N100/N99	19,50	5,13
N25/N355	42,90	2,33
N355/N33	42,10	2,38
N31/N355	12,00	8,33
N346/N356	58,90	1,70
N356/N96	59,50	1,68
N255/N356	16,50	6,06



## VII - BIBLIOGRAFÍA

### Referencias Imágenes:

F.1. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://www.juntadeandalucia.es/instituto-deestadisticaycartografia/atlashistoriaecon/atlas\\_cap\\_41.html](https://www.juntadeandalucia.es/instituto-deestadisticaycartografia/atlashistoriaecon/atlas_cap_41.html)

F.2. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://www.juntadeandalucia.es/instituto-deestadisticaycartografia/atlashistoriaecon/atlas\\_cap\\_41.html](https://www.juntadeandalucia.es/instituto-deestadisticaycartografia/atlashistoriaecon/atlas_cap_41.html)

F.3/F.4. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: <http://masdearte.com/centros/caixa-forum-barcelona/>

F.5. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/revolucion-energetica-en-alemania-2\\_9762](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/revolucion-energetica-en-alemania-2_9762).

F.6. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Jos%C3%A9\\_Espiau\\_y\\_Mu%C3%B1oz](https://es.wikipedia.org/wiki/Jos%C3%A9_Espiau_y_Mu%C3%B1oz) F.6.Foto retrato José Espiau y Muñoz./ Wikipedia.

F.7. Bulevar Sur. *El edificio Ciudad de Londres se convierte en tienda de Pronovias*. ABC de Sevilla 15/04/2015. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: <https://sevilla.abc.es/estilo/bulevarsur/noticias/moda/el-edificio-ciudad-de-londres-se-convierte-en-tienda-de-pronovias/>

F.8. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Edificio\\_La\\_Adri%C3%A1tica\\_\(Sevilla\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Edificio_La_Adri%C3%A1tica_(Sevilla))

F.9. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: <https://www.todocoleccion.net/postales-andalucia/sevilla-fabrica-sombreros-vda-c-l-palarea-vistal-parcial-diciembre-1926-grafos~x126632755>

F.11/F.12/F.13. DÍAZ, Raúl. *El banco malo quiere echar a los «okupas» de las sevillanas naves de San Luis*. ABC de Sevilla 18/04/2014. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: <https://sevilla.abc.es/sevilla/20140418/sevi-okupas-sanluis-sa-reb-201404171952.html>

F.14/F.15/F.16. Ficha de identificación del ARI-DC-04 (FÁBRICA DE SOMBREROS), Nuevo Plan General de Ordenación Urbanística, 14 de Junio de 2006.

F.17. Ficha de identificación del ARI-DC-04 (FÁBRICA DE SOMBREROS), Nuevo Plan General de Ordenación Urbanística, 14 de Junio de 2006.

F.18. Plan general ordenación urbana de Sevilla. Ayuntamiento de Sevilla, 2006.

F.19. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: [http://sig.urbanismosevilla.org/jsapi/ideS/SocialMediaViewer/index\\_BIC.html?webmap=e18ed1ee72694170bd0788245c70f57a&showAboutDialogOnLoad=true](http://sig.urbanismosevilla.org/jsapi/ideS/SocialMediaViewer/index_BIC.html?webmap=e18ed1ee72694170bd0788245c70f57a&showAboutDialogOnLoad=true)

F.20/F.21. Modificación de la Norma MV101/1962 "Acciones en la Edificación", que

pasa a denominarse NBE-AE/88 "Acciones en la Edificación". Ministerio de la Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1988.

F.22-F.28.Norma Tecnológica de la Edificación NTE-ECG/1976 "Estructuras cargas: Gravitatorias". Ministerio de Fomento. Madrid, 1976

### **Monografías:**

SALAS, Nicola, "*Sevilla Fabril. Homenaje a la industria tradicional sevillana*". Ed: Guadalquivir. Sevilla, 2008.

VILLAR MOVELLÁN, Alberto. "*Arquitectura del regionalismo en Sevilla (1900-1935)*", Ed: Diputación de Sevilla. Sevilla, 2010.

VILLAR MOVELLÁN, Alberto. "*Introducción a la arquitectura regionalista - El modelo sevillano*", Universidad de Córdoba. Córdoba, 2007.

VILLAR MOVELLÁN, Alberto. "*Introducción a la arquitectura regionalista - El modelo sevillano*". Ed: Diputación de Sevilla. Sevilla, 2010.

### **Normativas:**

Código Técnico de la Edificación, DB-SE: Seguridad Estructural. Ministerio de Fomento. Madrid, 2007.

Código Técnico de la Edificación, DB-SE-A: Acero. Ministerio de Fomento. Madrid, 2007.

Código Técnico de la Edificación, DB-SE-AE: Acciones en la Edificación. Ministerio de Fomento. Madrid, 2007.

Instrucción de Acero Estructural (EAE-11). Ministerio de Fomento. Madrid, 2011.

Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08). Ministerio de Fomento. Madrid, 2008.

Norma de Construcción Sismorresistente en Edificación (NCSE-02). Ministerio de Fomento. Madrid, 2002.

Modificación de la Norma MV101/1962 "Acciones en la Edificación", que pasa a denominarse NBE-AE/88 "Acciones en la Edificación". Ministerio de la Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1988.

Norma Tecnológica de la Edificación NTE-ECG/1976 "Estructuras cargas: Gravitatorias". Ministerio de Fomento. Madrid, 1976

Plan general ordenación urbana de Sevilla. Ayuntamiento de Sevilla, 2006. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: <http://www.pgou.eu/Sevilla.htm>

## **Tesis y otros Trabajos Académicos:**

GUTIÉRREZ BLANCO, José Carlos. *La rehabilitación estructural como instrumento de consolidación del patrimonio arquitectónico moderno: el edificio de la antigua comisaría de La Gavidia de Sevilla*. Directores: Narciso J. Vázquez Carretero y Ricardo Hernández Soriano. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, Dpto. de Estructuras de Edificación e Ingeniería del Terreno, 2017.

BILBAO MOYA, Gonzalo. *Corral de artesanos en Fábrica de sombreros Fernández y Roche*. Directores: Tribunal 6.01 ETSIE. Proyecto Fin de Grado. Universidad de Sevilla, 2016.

GRAZIOSO, Francesco. *Estudios previos a la intervención en edificios patrimoniales: la Antigua Fábrica de Sombreros Fernández y Roche de Sevilla*. Director: Gregorio Manuel Mora Vicente. Proyecto Fin de Grado. Universidad de Sevilla, 2017.

MAIORANO, Gaetano. *Una propuesta de acercamiento al patrimonio constructivo mediante el uso de la fotomodelación: La Fábrica de sombreros Fernández y Roche*. Director: Gregorio Manuel Mora Vicente. Proyecto Fin de Grado. Universidad de Sevilla, 2017.

DONOSO SEQUEIROS, Isabel Aurora Donoso. *Rehabilitación de la antigua Fábrica de sombreros de C/Heliotropo y del corral de artesanos de la C/Castellar (casco norte de Sevilla); Colegio+ Centro social/cultural + Espacio de producción*. Directores: Tribunal 6.04 ETSA. Proyecto Fin de Grado. Universidad de Sevilla, 2016.

## **Enlaces:**

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: <https://www.alquiansa.es/es/jose-espiou-munoz-catalogo-la-obra-completa-orden-cronologico/>

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: <https://www.europapress.es/andalucia/sevilla-00357/noticia-urbanismo-ordena-demoler-entrepantas-remonte-ejecutados-licencia-fabrica-sombreros-20180213174326.html>

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: <https://guiadigital.iaph.es/bien/inmueble/21851/sevilla/sevilla/fabrica-de-sombreros-fernandez-y-roche>

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: <https://www.fernandezyroche.com/fabrica-sombreros/>

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: [http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/10716/mod\\_resource/content/1/html/resistencia/node117.html](http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/10716/mod_resource/content/1/html/resistencia/node117.html)

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://academia.ingnova.es/recursos/apuntes\\_demo/patologias.pdf](https://academia.ingnova.es/recursos/apuntes_demo/patologias.pdf)

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: <https://coaatlugo.com/archivos/docs/Ejemplo-de-aplicacion-prescripcion-ventanas.pdf>

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/atlashistoriaecon/atlas\\_cap\\_41.html](https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/atlashistoriaecon/atlas_cap_41.html)

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/atlashistoriaecon/atlas\\_cap\\_41.html](https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/atlashistoriaecon/atlas_cap_41.html)

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: <http://masdearte.com/centros/caixaforum-barcelona/>

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/revolucion-energetica-en-alemania-2\\_9762](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/revolucion-energetica-en-alemania-2_9762).

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Jos%C3%A9\\_Espiau\\_y\\_Mu%C3%B1oz\\_F.6.Foto\\_retrato\\_Jos%C3%A9\\_Espiau\\_y\\_Mu%C3%B1oz](https://es.wikipedia.org/wiki/Jos%C3%A9_Espiau_y_Mu%C3%B1oz_F.6.Foto_retrato_Jos%C3%A9_Espiau_y_Mu%C3%B1oz)./ Wikipedia.

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Edificio\\_La\\_Adri%C3%A1tica\\_\(Sevilla\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Edificio_La_Adri%C3%A1tica_(Sevilla))

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: <https://www.todocoleccion.net/postales-andalucia/sevilla-fabrica-sombreros-vda-c-l-palarea-vistal-parcial-diciembre-1926-grafos~x126632755>

[Consulta: 30-08-19], Disponible en: [http://sig.urbanismosevilla.org/jsapi/ideS/SocialMediaViewer/index\\_BIC.html?webmap=e18ed1ee72694170bd0788245c70f57a&showAboutDialogOnLoad=true](http://sig.urbanismosevilla.org/jsapi/ideS/SocialMediaViewer/index_BIC.html?webmap=e18ed1ee72694170bd0788245c70f57a&showAboutDialogOnLoad=true)

Bases de datos del Patrimonio Inmueble de Andalucía; [Consulta: 30-08-19], Disponible en: [<http://www.iaph.es/web/canales/conoce-el-patrimonio/base-de-datos-en-linea/>]

## **Revistas:**

RUESGA, Manuel. *Urbanismo paraliza las obras para rehabilitar la antigua fábrica de sombreros*. Diario de Sevilla, 18/05/2017. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://www.diariodesevilla.es/sevilla/Urbanismo-paraliza-rehabilitar-antigua-sombreros\\_0\\_1136886812.html](https://www.diariodesevilla.es/sevilla/Urbanismo-paraliza-rehabilitar-antigua-sombreros_0_1136886812.html)

RUESGA, Manuel. *Ordenan restituir a su estado original la fachada de la antigua fábrica de sombreros*. Diario de Sevilla, 18/12/2018. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: [https://www.diariodesevilla.es/sevilla/Ordenan-restituir-original-fachada-sombreros\\_0\\_1310269406.html](https://www.diariodesevilla.es/sevilla/Ordenan-restituir-original-fachada-sombreros_0_1310269406.html)

Anónimo. *Multa a la antigua fábrica de sombreros por no respetar la fachada original*. ABC de Sevilla 22/09/2018. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: <https://sevilla.abc.es/sevilla/sevi-multa-antigua-fabrica-sombreros-no-respetar-fachada-origi>

nal-201809221448\_noticia.html

DÍAZ, Raúl. *El banco malo quiere echar a los «okupas» de las sevillanas naves de San Luis*. ABC de Sevilla 18/04/2014. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: <https://sevilla.abc.es/sevilla/20140418/sevi-okupas-sanluis-sareb-201404171952.html>

BULEVAR SUR. *El edificio Ciudad de Londres se convierte en tienda de Pronovias*. ABC de Sevilla 15/04/2015. [Consulta: 30-08-19], Disponible en: <https://sevilla.abc.es/estilo/bulevarsur/noticias/moda/el-edificio-ciudad-de-londres-se-convierte-en-tienda-de-pronovias/>

VILLAR MOVELLÁN, Alberto. Catálogo de la arquitectura de José Espiau y Muñoz (1879-1938). Ed: Árbol académico. Revista histórica, literaria y artística, ISSN 0210-4067, Tomo 68, Nº 209, 1985, págs. 145-174.

VILLAR MOVELLÁN, Alberto. *Arquitectura y ciudad en Andalucía.: Balance de una experiencia historiográfica*. Ed: Árbol académico, 2009, ISBN 978-84-96926-31-8, págs. 325-330.

VILLAR MOVELLÁN, Alberto. *El Modernismo arquitectónico andaluz y su singularidad*. Ed: Arbat Árbol académico, 1987, ISBN 84-505-6479-4, págs. 169-192