

---

GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN EN ENTORNO BIM.  
MONITORIZACIÓN CON ESCÁNER LÁSER COMO  
FUENTE DE INFORMACIÓN EN EL SALÓN DORADO DE  
LA LONJA DE VALÈNCIA.

19 may. 15

---

AUTOR:

**ALEJANDRO PONS CARRASCO**

TUTOR ACADÉMICO:

Inmaculada Oliver Faubel  
Departamento de Construcciones Arquitectónicas



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR  
ENGINYERIA  
D'EDIFICACIÓ

## Resumen

En este Trabajo de Fin de Grado se pretende analizar teóricamente la aplicación de la metodología “Building Information Modeling” (BIM) a la construcción patrimonial.

Del mismo modo, se pretende realizar un estudio de la tecnología empleada en la toma de datos con un escáner láser 3D, analizando sus orígenes, características, y ventajas que ofrece respecto a una toma de datos tradicional, así como la interoperatividad con la metodología BIM.

Para terminar, basándonos en los datos obtenidos con el escáner láser 3D, analizaremos de forma práctica el desarrollo del Salón Dorado de la Lonja de València desde la toma de datos hasta el modelado BIM.

**Palabras clave:** Escáner láser 3D, Building Information Modeling, Nube de puntos, Salón Dorado, Lonja de València

## Abstract

In this Final Project Work is to theoretically analyze the application of the methodology "Building Information Modeling" (BIM) to asset building.

The same way it is intended to make a study of the technology used in data collection with a 3D laser scanner, analyzing their origins, characteristics and advantages regarding a taking traditional data as well as interoperability with BIM methodology.

Finally, based on data obtained with the 3D laser scanner in a practical way analyze the development of the Golden Hall of the Lonja de València from data acquisition to modeling BIM.

**Keywords:** 3D laser scanner, Building Information Modeling, Point Cloud, Golden Hall, Lonja de Valencia.

## Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecer a mi tutora Inmaculada Oliver y a Begoña Fuentes por darme la oportunidad de conocer la metodología BIM e iniciarme en ella, así como la confianza y dedicación puestas en el presente trabajo final de Grado.

De la misma manera, agradecer a Alberto Cerdán por la formación recibida además de su implicación y ayuda ofrecida.

También, al “Equipo BIM” por toda la unión generada en los buenos y malos momentos y todas las experiencias compartidas.

Por último, agradecer a mi familia y amigos su esfuerzo y apoyo durante todo este tiempo.

## Acrónimos utilizados

**ASCII:** American Standard Code for Information Interchange

**BIM:** Building Information Modeling

**CAD:** Computer Aided Design

**IPD:** Entrega de Proyectos Integrados

**IFC:** Industry Foundation Classes

**IAI:** International Alliance for Interoperability

**LOD:** Level Of Development

**TFG:** Trabajo Final de Grado

# Índice

## Contenido

Resumen .....	1
Abstract .....	2
Agradecimientos.....	3
Acrónimos utilizados .....	4
Índice .....	5
Justificación. ....	7
Capítulo 1. Introducción. ....	8
1    Antecedentes y motivaciones personales. ....	8
2    Objetivos del proyecto. ....	9
3    Formación previa.....	10
4    Metodología de trabajo.....	13
Capítulo 2. Metodología BIM.....	15
1    ¿Qué es BIM?.....	15
2    Antecedentes y evolución del CAD a BIM. ....	16
3    El modelo BIM (Modelo paramétrico).....	18
4    Agentes intervinientes y forma de trabajo.....	22
5    Software e interoperatividad entre ellos. ....	25
Capítulo 3. Escáner láser 3D. Nube de puntos. ....	29

1	Antecedentes e historia.....	29
2	Tipos de escáner láser. ....	31
3	Forma de trabajo y obtención de la nube de puntos. ....	34
4	Aplicaciones. ....	39
5	Software empleado. ....	43
Capítulo 4. El escaneado y modelado del Salón Dorado de la Lonja de València. ....		50
1	Historia de la Lonja de València.....	51
2	Toma de datos del Salón Dorado con el escáner láser 3D. ....	54
3	Tratamiento de la nube de puntos. ....	65
4	Obtención de datos para el modelado BIM. ....	81
5	El Modelo BIM. ....	90
Capítulo 5. Conclusiones. ....		110
Capítulo 6. Referencias bibliográficas. ....		113
Capítulo 7. Índice de figuras. ....		116
Anexo I – Planos adjuntos .....		121

## Justificación.

Después de varios años, pongo fin a mis estudios de arquitectura técnica mediante la redacción de este trabajo final de grado que lleva por título: “Gestión de la información en entorno BIM. Monitorización con escáner láser como fuente de información en el Salón Dorado de la Lonja de València.” con el que se me presenta la posibilidad de seguir aprendiendo sobre las construcciones patrimoniales y el tratamiento y la toma de datos que se realizan con nuevas técnicas de trabajo.

Entrando más en materia, la justificación de este trabajo se debe a las ventajas que se pueden obtener realizando la toma de datos de las construcciones históricas con el escáner láser 3D combinándolo con el posterior procesado de datos con un software BIM.

# Capítulo 1. Introducción.

## 1 Antecedentes y motivaciones personales.

Los antecedentes que llevan a la redacción de este TGF (Trabajo Final de Grado) es la información que durante el último curso de la titulación de Grado en Arquitectura Técnica es ofrecida por una pequeña parte del profesorado y que despierta cierta intriga personal sobre la metodología *Building Information Modeling* y todo lo que conlleva dicha forma de trabajo.

A partir de ese momento, se inicia una andadura investigando sobre dicha temática y concretamente, en la nube, leyendo los conceptos básicos sobre la metodología BIM ya que era una nueva forma de trabajo que resultaba novedosa y desconocida.

Es en esta situación cuando surgen las primeras motivaciones personales ya que es cuando se piensa que la metodología BIM es una forma de trabajo novedosa y se va meter de lleno en algo que está empezando a utilizarse en la vida profesional. Además, pienso que en un futuro puede abrir muchas puertas en el ámbito laboral lo que provoca que aumenten las inquietudes por formarse en dicho ámbito. A partir de ahí es el momento en que se plantea la posibilidad de realizar un TFG relacionado con la metodología BIM.

Junto a un grupo de compañeros, decidimos reunirnos con el profesorado que nos habló por primera vez de la metodología BIM para ver si tenían propuestas de TFG relacionadas con dicha metodología de trabajo. Es en ese mismo momento, cuando entre varias propuestas, me quedo asombrado al escuchar una de ellas que relacionaba la

metodología BIM con la toma de datos con un escáner láser 3D, que hasta ese momento no tenía conocimiento de la existencia de dicho utensilio, y que además, se realizaría del Salón Dorado de la Lonja de València, uno de los edificios patrimoniales más importantes de la ciudad.

Por todo ello y pese al desconocimiento de la materia, obtuve tan gran motivación que me decidí por la propuesta de la profesora Inmaculada Oliver Faubel.

## 2 Objetivos del proyecto.

El objetivo principal que se pretende alcanzar en la realización de este TFG consiste en:

### **La aplicación de la metodología BIM a la construcción existente y más concretamente a la construcción patrimonial.**

A partir de este objetivo principal se obtiene un conjunto de objetivos secundarios:

- Estudiar la tecnología empleada en la monitorización con el escáner láser, así como las ventajas que presenta frente a la toma de datos tradicionales aplicado a edificios patrimoniales.
- Tratar la información obtenida de la nube de puntos por dicho escáner para su posterior tratamiento con una herramienta de diseño.
- Analizar la interoperatividad entre el software del tratamiento de la nube de puntos y la herramienta BIM de modelado.

### 3 Formación previa.

Para poder afrontar con garantías la realización de este trabajo final de grado, tuve que adquirir un conjunto de conocimientos básicos que me permitirían llevar a cabo una correcta ejecución del mismo. Para ello, mi formación relacionada con la metodología BIM consistió en un curso de iniciación a la metodología BIM de una duración de 40 horas impartida en el Centro de Formación Permanente de la Universitat Politècnica de València por Alberto Cerdán, consultor y formador Revit.

En cuanto a la técnica del escaneado con láser, mi formación consistió en una jornada de formación técnica impartida por personal de la empresa *Leica Geosystems S.L* sobre el funcionamiento del escáner láser y el tratamiento que se le debe dar a la nube de puntos obtenida para su posterior utilización.



*Ilustración 1 Nube de puntos Leica Geosystems S.L. Año 2014.  
Inmaculada Oliver.*

Posteriormente, se realizó una jornada práctica del manejo del escáner láser 3D en el propio Salón Dorado de la Lonja de València, donde tuve que realizar un gran esfuerzo para asimilar rápidamente como funcionaba el escáner para así poder trabajar con la mayor eficacia y agilidad posible durante el periodo de tiempo con menor cantidad de visitantes y turistas ya que de ese modo pudimos obtener una mejor calidad de la nube de puntos.

Para finalizar, después de obtener la nube de puntos del Salón Dorado de la Lonja de València, se asistió a una última sesión teórica para instruirme en el manejo del software específico que me iba a permitir gestionar la información obtenida y la nube de puntos. Durante esta sesión tuve que realizar un gran esfuerzo para lograr entender y asimilar las funciones básicas de dicho software totalmente nuevo para mí.

Además de las jornadas específicas del escáner láser, durante la celebración de los talleres del TFG, las tutoras plantearon la realización de unos seminarios que adquirieron el nombre de “Café con BIM” en los que estuvieron presentes grandes empresas pioneras en la metodología BIM que ofrecieron un punto de vista de futuro en el que el conocimiento de dicha metodología adquiriría gran importancia en el ámbito profesional. Los distintos ponentes que hicieron posible la realización de dicho “Café con BIM” fueron *iBIM Build Twice*, *BuidingSMART*, *Swift Tools*, *Avatar BIM*, *Autodesk* y *Autodesk Student Expert program*.

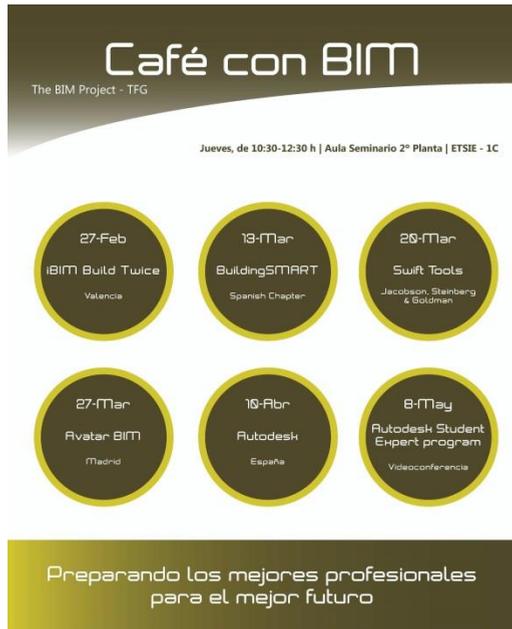


Ilustración 2: Cartel Café con BIM. Año 2014. Inmaculada Oliver.

Los ponentes hablaron sobre la metodología BIM y el impacto que causó en sus inicios en el mundo laboral, así como las expectativas de futuro que presentaba. Además, mencionaron e introdujeron una parte de todo el software empleado para llevar a cabo dicha forma de trabajo. Finalmente algunos de los ponentes presentaron ejemplos de distintos proyectos muy importantes realizados por ellos mismos mediante dicha metodología BIM como un campo de futbol, un complejo turístico, etc.

Estas reuniones informales supusieron para mí una motivación extra ya que nos apoyaron a seguir aprendiendo y a que tuviésemos presente que las herramientas BIM serían muy importantes en nuestro futuro profesional.

También, asistí a los talleres obligatorios organizados por la coordinación de TFG de la ETSIE que consistieron en: Búsqueda de información y referencias bibliográficas, Preparar trabajos académicos, Herramientas básicas para el desarrollo del TFG y Exposición y defensa.

## 4 Metodología de trabajo.

La elaboración de este TFG consistirá en la redacción de una parte teórica y otra práctica en la que se aplicarán los conocimientos estudiados y expuestos en dicha parte teórica.

En la parte teórica se realizará un estudio de la metodología BIM en cuanto a sus orígenes, además se comparará con otros métodos tradicionales aportando las ventajas que proporciona la metodología BIM. También, se estudiará el fundamento teórico del escáner láser 3D así como el manejo del software específico de dicho escáner. Para finalizar la parte teórica, se realizará un análisis de la interoperatividad entre la nube de puntos y la metodología BIM.

La parte práctica consistirá en la toma de datos del Salón Dorado de la Lonja de València realizada con un escáner láser del que se obtendrá una nube de puntos. La segunda parte práctica y más importante supondrá la gestión de toda la información recibida directamente del escáner láser, esto es, la gestión de la inmensa información que aporta la nube de puntos para conseguir hacerla útil, funcional y convertirla en la base fundamental de lo que será la tercera parte práctica del trabajo

que consistirá en el modelado del Salón Dorado de la Lonja con una herramienta de diseño BIM.

# Capítulo 2. Metodología BIM

## 1 ¿Qué es BIM?

Para llegar a entender qué es BIM debemos empezar por entender la siguiente definición del mismo:

BIM es el acrónimo de *Building Information Modeling* (modelado de la información del edificio) y se caracteriza por utilizar bibliotecas de objetos paramétricos, interpretar la relación entre los diferentes tipos de objetos y almacenar la información referente a estos objetos.

Este conjunto de características permiten obtener el modelado de un elemento que se comportará como un conjunto y que permitirá realizar modificaciones del mismo actualizándose automáticamente para que mantenga las relaciones preestablecidas de su conjunto de elementos durante su elaboración. Dichas modificaciones pueden referirse a aspectos como los materiales empleados, las propiedades de los mismos y sus cantidades, así como a los usos de cada espacio, las características térmicas de los cerramientos, etc.

Para terminar de definir el término BIM, cabe decir que la metodología BIM estudia el conjunto de un edificio durante todo su ciclo de vida. Esto incluye la fase de diseño, la de producción y también la de explotación. Por ello, permitirá que sus futuros usuarios puedan acceder a información que les sea útil para, por ejemplo, planificar el mantenimiento del edificio o para realizar la reparación de una instalación concreta.

## 2 Antecedentes y evolución del CAD a BIM.

Aunque el concepto BIM puede parecer novedoso, la realidad es que nos tenemos que remontar hasta los años 60, para hablar de sus orígenes.

Se conoce que el primer estudio fue el llevado a cabo por Douglas C. Engelbart, que ya en 1962, en los inicios de la computación, nos da una visión extraordinaria del arquitecto del futuro en su escrito *Augmenting Human Intellect: A conceptual framework*.

Su estudio refiere que:

*“...el próximo arquitecto comienza a introducir una serie de especificaciones y datos: un piso de losa de quince centímetros, 30 centímetros de muros de hormigón de dos metros de alto dentro de la excavación, y así sucesivamente. Cuando ha terminado, la escena revisada aparece en la pantalla. Una estructura está tomando forma. Se examina, ajusta... Estas listas crecen a otra cada vez más detallada, la estructura interrelacionada, que representa la maduración del pensamiento detrás del diseño real...”.*

Engelbart sugiere un diseño basado en objetos, manipulación paramétrica y una base de datos. Esto no podría realizarse sin una interfaz gráfica a través de la cual interactuar con un modelo de construcción. Por ello, se puede considerar que son las bases conceptuales de los procesos BIM actuales.

A partir de ese momento, junto con la creación de la computadora, es cuando se empiezan a crear investigaciones paralelas que

posteriormente darán lugar a la aparición de los distintos software informáticos que disponemos en la actualidad, y especialmente gracias a Ivan Edward Sutherland, que en 1963 desarrolla ‘SketchPad’, el primer programa de dibujo por computadora.

Estas investigaciones son las que nos han permitido que en la actualidad podamos trabajar con distintas herramientas informáticas plenamente desarrolladas como son el AutoCAD, Revit, ArchiCAD, etc.

En la actualidad, existe un gran debate sobre cuál de estas herramientas informáticas puede aportar mayor beneficios en el mercado laboral.

Mientras que CAD utiliza sólo geometría en 2D o 3D sin diferenciar los elementos, BIM utiliza un conjunto de objetos paramétricos. Además, la metodología BIM es capaz de lograr mejoras por medio de representaciones de los componentes que están siendo utilizados en la construcción de un edificio. Por todo ello, la representación por ordenador basado en objetos es un cambio muy importante respecto a la elaboración basada en representación vectorial utilizada en CAD.

Para terminar de comparar ambas metodologías de trabajo nos centraremos en una entrevista realizada a Jaime Franzi en el año 2009, colaborador de Autodesk, en la que decía:

*“...Siempre hay que tener en cuenta la gran utilidad que tiene CAD para el detalle de planos. Los fabricantes deben ser conscientes de la necesidad que supone acompañar el software BIM de una aplicación CAD que lo complemente.*

*Las herramientas CAD ofrecen ciertas ventajas y una gran flexibilidad para el detalle de planos que no dejarán de*

*tener importancia durante un proyecto de construcción. CAD ha dejado de ser la mejor manera de conceptualizar y diseñar un proyecto integral pero ofrece ciertas ventajas y una gran flexibilidad a la hora de detallar los planos. Los estudios de arquitectura e ingeniería que serán competitivos en el futuro tendrán equipos multifuncionales, formados en diferentes herramientas de diseño y acostumbrados a colaborar más de cerca con los demás profesionales involucrados en el mismo proyecto.”*

A pesar de todas las ventajas que aporta la metodología BIM, nos encontramos con una serie de limitaciones que impiden su completo establecimiento en el sector. Estas limitaciones son básicamente las generadas en su implementación, es decir, se requiere un hardware capaz de soportar el diferente software BIM. Además, se requiere de una formación previa para poder desenvolverse adecuadamente debido al desconocimiento general del software.

Por tanto, analizando la entrevista anterior, podemos decir que el CAD y la metodología BIM están destinados a complementarse en el presente y en el futuro aunque el CAD termine por utilizarse como un complemento BIM.

### 3 El modelo BIM (Modelo paramétrico).

El modelo paramétrico es posible gracias a que en la metodología BIM los distintos objetos utilizados para crear el modelo no son representaciones, sino elementos específicos definidos según sus características que después se utilizan y se muestran en todo tipo de plantas, secciones o axonometrías. Estos elementos se definen como objetos paramétricos cuyas características y comportamientos vienen

más o menos preestablecidos y que permiten cualquier cambio de su conjunto de propiedades.

Además, el software BIM crea una relación entre elementos de construcción, manejada por el mismo software y definida por el usuario que permite resolver los cambios que se puedan realizar posteriormente. Cuando se modifica un elemento, el software BIM determina qué otros elementos deben actualizarse y cómo realizar los cambios lo que lo convierte en un modelo paramétrico.

Todo ello es posible gracias a que el modelo del edificio se encuentra en una base de datos única, donde todo es paramétrico y todo está interconectado.

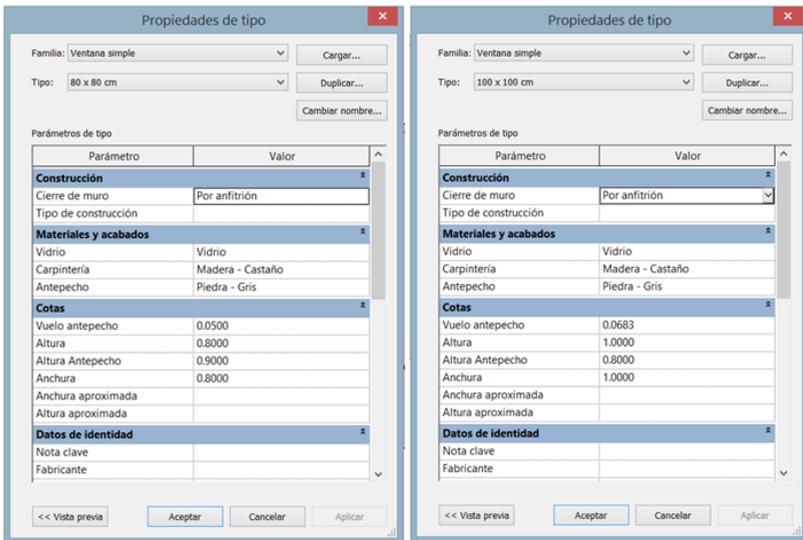
Para llegar a entender el modelo paramétrico, Autodesk, la compañía dedicada al software de diseño en 2D y 3D, pone el siguiente ejemplo:

*“... el modelado de construcción paramétrico se suele utilizar la analogía con una hoja de cálculo. Se espera que un cambio efectuado en cualquier lugar de la hoja de cálculo se actualice automáticamente en todos los demás. Lo mismo ocurre con el modelador de construcción paramétrico: auto coordinación de la información en tiempo real en cada una de las vistas del modelo. Nadie espera tener que actualizar manualmente una hoja de cálculo. De forma similar, nadie debe revisar manualmente un documento ni tabla de planificación de un modelador de construcción paramétrico...”*

A pesar de todo ello hay que decir que no todas las soluciones BIM son verdaderos modelos de construcción paramétricos debido a que no cumplen las características anteriormente mencionadas.

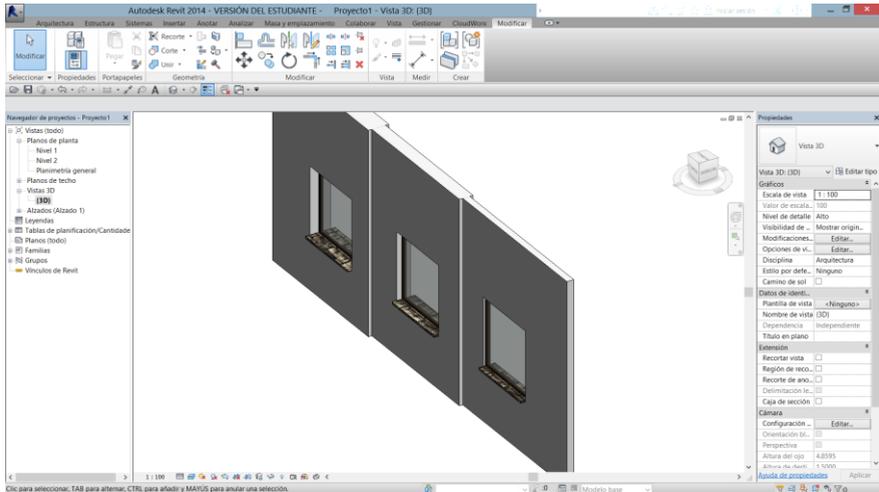
Para terminar de entender la parametrización de los objetos y la relación que tienen entre ellos, ponemos un ejemplo de una ventana y la relación de ésta con un muro.

En la metodología BIM, una ventana es un elemento que pertenece a una familia. Todo el conjunto de elementos que forman la familia comparten algunas características mientras que otras pueden cambiar paramétricamente, lo que permite que obtengamos los distintos elementos dentro de la misma familia. En la siguiente ilustración observamos algunas de las características de dos ventanas que pertenecen a una misma familia.



*Ilustración 3: Propiedades tipo de la familia ventana simple. Año 2014. Fuente propia.*

Por otra parte, en cuánto a la relación entre los distintos elementos, en las ventanas, se establece un conjunto de relaciones que impiden colocarlas sin la existencia de un muro que pueda soportarlas y una vez colocadas, si eliminamos el muro, está desaparece con él. Además, cuando se coloca la ventana, es capaz de ajustarse al ancho del muro sea cual sea.



*Ilustración 4: Relación paramétrica entre un muro de diferente ancho con una ventana tipo. Año 2014. Fuente propia.*

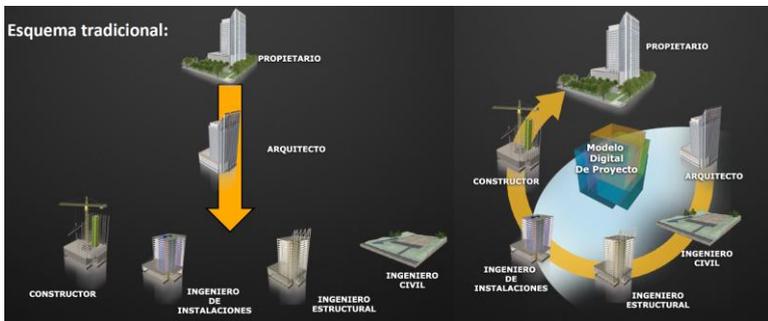
Retomando la comparación entre CAD y BIM, mientras en la metodología BIM están los elementos relacionados entre ellos, en CAD cada elemento es un bloque o conjunto totalmente definido sin ninguna parametrización y que además no guarda ninguna relación con cualquier otro elemento.

## 4 Agentes intervinientes y forma de trabajo.

La metodología BIM, se basa en el sistema IPD (Entrega de Proyectos Integrados). IPD es un flujo de trabajo en el que colaboran los distintos agentes intervinientes y en el que la principal característica es la coordinación entre los distintos departamentos que intervienen en dicho proceso.

A partir de ahí, la metodología BIM pretende conseguir que la información esté coordinada para que el proyecto pueda llevarse a cabo por parte de múltiples agentes, aunque estos se ocupen de disciplinas diferentes. Así, diversos técnicos podrían trabajar en el mismo proyecto con la seguridad de que la información que uno actualice estará disponible automáticamente para el segundo.

Esto hace que se haya evolucionado la forma de trabajar en la que cada agente se ocupaba de su trabajo independientemente de cualquier otro agente hasta el punto que para poder llevar a cabo una correcta redacción y ejecución de un proyecto sea imprescindible una coordinación entre las distintas partes intervinientes.



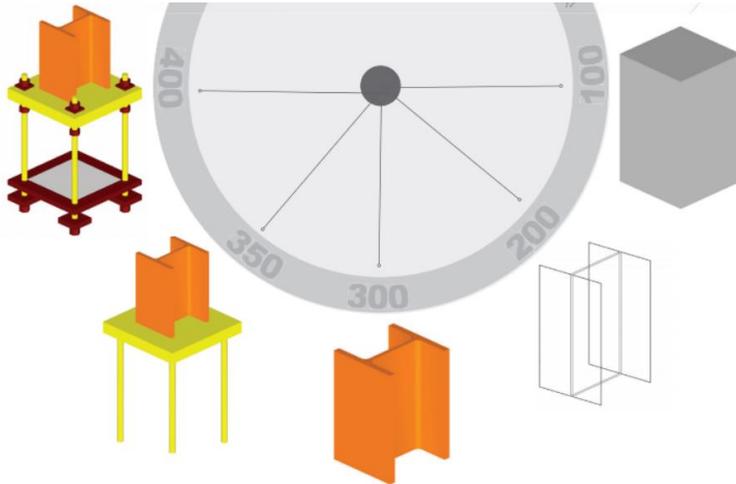
*Ilustración 5: Esquema tradicional (izquierda) y esquema coordinado (derecha) del flujo de trabajo. Autodesk.*

Una vez expuesta la importancia de la coordinación y colaboración entre los distintos agentes que intervienen en el proceso constructivo, nos centraremos en los distintos LOD (Level of development) que se puede trabajar durante las distintas fases de modelado BIM.

El LOD es una referencia que permite definir e ilustrar las características de los elementos de modelo de diferentes sistemas de construcción en diferentes niveles de desarrollo. Los LOD permiten a los usuarios entender claramente el modelo generado.

En la actualidad, según el AIA (The American Institute of Architects) podemos diferenciar los siguientes LOD:

- LOD 100 -El modelo representado aportará el volumen, la orientación y el área.
- LOD 200 - El modelo representará unas cantidades aproximadas, además de su tamaño, forma, ubicación y orientación.
- LOD 300 - El modelo se representa gráficamente como un sistema específico con cantidades, tamaño, forma, ubicación y orientación definidos de forma precisa, con un nivel de detalle importante pero no completo.
- LOD 400 - El modelo se representa con exactitud en el detallado de forma que permite una fabricación, y un montaje del elemento.
- LOD 500 - El elemento de modelo se representará de forma exacta en términos de tamaño, forma, localización, cantidad y orientación.



*Ilustración 6: Niveles de desarrollo (LOD). Año 2008. The American Institute of Architects - BIM contract document.*

Estos distintos niveles de desarrollo del modelado, serán los que nos permitirán evolucionar en la elaboración del modelo llevándonos así a facilitar el trabajo en las distintas fases del proyecto, ya sea diseño, ejecución de obra o mantenimiento de la construcción. Además, los diferentes LOD nos ofrecen que exista un mayor entendimiento entre los distintos agentes intervinientes, permitiendo resolver cualquier duda que surja en los modelos elaborados.

Para finalizar, mencionar que BIM se basa generalmente en un modelo único paramétrico que servirá para intercambiar información entre los distintos agentes intervinientes, y que estos estarán obligados a realizar un trabajo colaborativo para llevar un correcto flujo de trabajo. Este trabajo se centrará en el modelado paramétrico de un elemento del que posteriormente se crearán las correspondientes vistas que conjuntamente formarán los planos definitivos.

## 5 Software e interoperatividad entre ellos.

La elaboración de este TFG se basa principalmente en la interoperatividad entre el software del escáner láser 3D y el software de diseño de la metodología BIM. Es por ello por lo que debemos entender claramente el concepto de interoperatividad.

La interoperatividad es la capacidad de intercambio de datos o información entre distinto software garantizando el acceso a dicha información para su posterior modificación o utilización.

La interoperatividad en la metodología BIM se basa en la existencia de una gran cantidad de herramientas informáticas que pueden crear e intercambiar información de los modelos BIM y a su vez analizarlos.

Es por ello, por lo que en la metodología BIM se diferencian dos grandes grupos de herramientas:

- Creación de contenidos: Es la herramienta de diseño con la que se crea el modelo que servirá para su posterior análisis. Dicho modelo se realizará de forma progresiva a medida que se avanza en la creación del proyecto.
- Análisis: Es la herramienta que complementa a la de creación de contenidos y se necesitan para trabajar sobre el modelo obtenido. Estas herramientas permiten realizar análisis energéticos, estudios de soleamiento, facility management, etc.

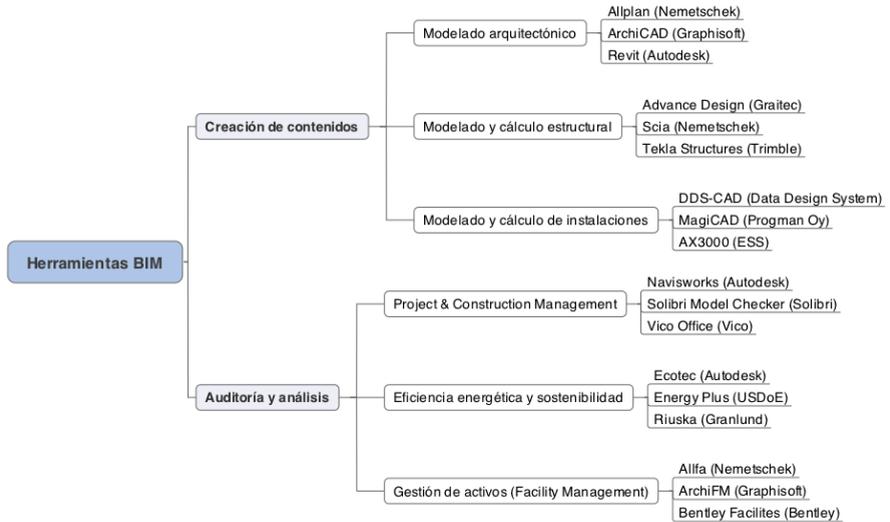


Ilustración 7: Herramientas BIM. Año 2013. Manuel Bouzas Cavada - easyBIM.

El hecho de que exista una gran variedad de herramientas BIM crea el problema de que el usuario utiliza distinto software para la elaboración de un proyecto, lo que dificulta el intercambio de información y en definitiva la interoperatividad.

Debido a este problema se crea una iniciativa llamada OpenBIM que nace en 1994 con el objetivo de ofrecer una propuesta para facilitar la interoperatividad y la colaboración en el diseño, ejecución y mantenimiento de edificios. Esta iniciativa fue liderada inicialmente por Autodesk pero desde 2005 es buildingSMART la responsable de su mantenimiento y desarrollo.

Este intercambio de liderazgo es el que permite que en los años próximos aparezca el formato IFC (Industry Foundation Classes) que es

en el que se basa gran parte de la interoperatividad entre el distinto software BIM.

Según Manuel Bouzas Cavada, fundador de easyBIM, el principal desarrollo de buildingSMART es el formato IFC (Industry Foundation Classes), un protocolo que permite el intercambio de información entre distintos programas BIM, lo que resulta esencial en el entorno de la construcción. Dicho formato IFC fue creado por el IAI (International Alliance for Interoperability) y actualmente buildingSMART está realizando un constante desarrollo del mismo.

Gracias a estas investigaciones y a la creación del formato IFC, podemos hablar de la interoperatividad entre distinto software específico, especializado en distintas materias, ya sea diseño, programación, eficiencia energética, etc.



Ilustración 8: Interfaz Revit 2014. Formato IFC. Fuente propia.

Obviamente cada herramienta BIM gestiona su propia documentación y en este proceso de intercambio de información existirán ciertos datos que desaparezcan como por ejemplo las propiedades acústicas de un muro. Sin embargo el sólo hecho de poder traspasar de un programa a otro un muro y sus relaciones geométricas ahorrará muchísimo tiempo.

Por todo ello, una vez obtenido el modelo BIM con una herramienta de diseño como Revit, podremos, mediante el formato IFC, intercambiar la información para modificar o analizar dicho modelo. Algunos ejemplos son: Lumion para realizar animaciones y renderizados, Cype para cálculo de estructuras, Navisworks para la gestión del modelo BIM, Presto para mediciones y presupuesto, etc.

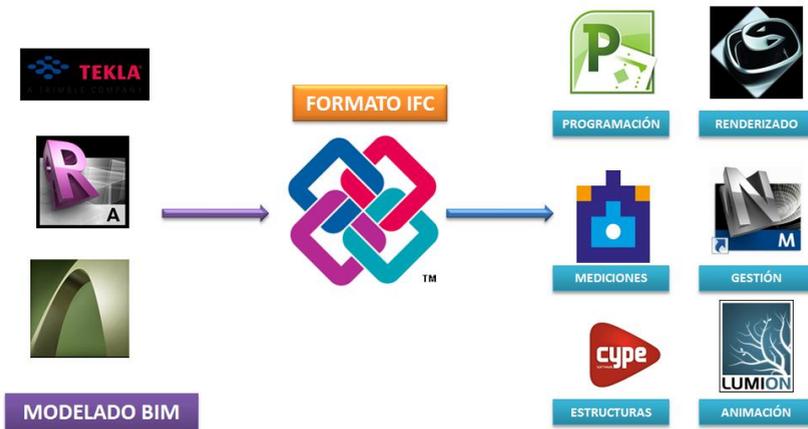


Ilustración 9: Interoperatividad posterior al modelado. Fuente propia.

Hasta el momento se ha hablado de la importancia de la interoperatividad posterior al modelado, pero no menos importante es la interoperatividad previa al modelado que se explicará después de desarrollar lo relacionado con el escáner láser 3D y la nube de puntos.

## Capítulo 3. Escáner láser 3D. Nube de puntos.

Un escáner láser 3D es un dispositivo de obtención de información de forma masiva, que genera una nube de puntos tridimensional, a partir de la medición de distancias y ángulos, mediante un rayo de luz.

Así pues, la nube de puntos es el resultado del escaneado láser, y consiste en la representación de un conjunto de puntos distribuidos en el espacio y delimitados por un conjunto de vértices tridimensionales definidos mediante las coordenadas X, Y y Z.

Los distintos puntos contienen información detallada de la geometría, forma y color del entorno u objeto analizado que posteriormente nos permitirá obtener diferentes resultados como por ejemplo alzados, secciones, modelos 3D, ortoimágenes, renderizados, animaciones, etc.

Por todo ello, el escáner láser 3D es una potencial herramienta de toma de datos en proyectos de construcción, rehabilitación y más aún sobre edificios patrimoniales por su exactitud, alcance y rapidez, así como por la cantidad de información obtenida.

### 1 Antecedentes e historia.

A partir del año 1993 se forma la empresa americana Cyra S.L. considerada como la pionera en la creación del escáner láser 3D. En el año 1995, en dicha empresa se creó el primer prototipo de escáner láser 3D con su correspondiente software llamado Cyclone, que aún se utiliza en la actualidad. A partir del primer prototipo, es cuando se

empieza a trabajar en la creación del primer escáner láser 3D, y es en el año 1998 cuando empieza a comercializarse el mismo. Después de unos años, sobre el año 2001, la empresa Leica Geosystems S.L. se hace con las acciones de Cyra S.L. obteniendo así todos los avances aportados por la misma, y convirtiéndose en la empresa puntera de escáner láser 3D. A partir de ese momento, La empresa Leica Geosystems S.L. empieza a realizar sus investigaciones particulares lo que le lleva a la creación del escáner láser 3D de alta precisión en el año 2003. En la actualidad, los diferentes equipos de los que disponemos en el mercado son evoluciones de este escáner láser de alta precisión.



*Ilustración 10: Primer escáner láser comerciable de Cyra S.L.  
Año 1999. [www.Leica Geosystems S.L.-geosystems.es](http://www.Leica_Geosystems_S.L.-geosystems.es).*

Por tanto, podemos afirmar que la empresa Cyra S.L. fue la impulsora en el desarrollo de la tecnología del escáner láser 3D que permitió que en la actualidad empresas como Leica Geosystems S.L. y FARO

Technologies, Inc., entre otras, continúen obteniendo avances en dicha tecnología.

A continuación, observamos a través de unas ilustraciones la evolución del escáner láser desde el año 1983 hasta el año 2004 en el que las empresas punteras en el sector empezaron a incorporar la tecnología 3D en sus equipos.



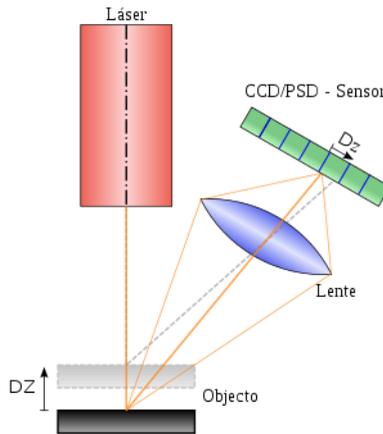
*Ilustración 11: Evolución del escáner láser desde el año 1983 hasta el 2004.  
Leica Geosystems S.L.*

## 2 Tipos de escáner láser.

Existen actualmente en el mercado una gran variedad de escáner láser 3D. Los más utilizados en la actualidad son los siguientes: escáner de triangulación, de tiempo de vuelo, de tiempo de vuelo WFD y de diferencia de fase.

El escáner 3d de triangulación usa la luz láser para examinar el objeto. En este caso el brillo del láser en el objeto se examina mediante una cámara fotográfica para determinar su posición. Dependiendo de lo lejano que esté el punto del objeto, rebotará en diversos sitios del

campo visual de la cámara formando un triángulo del que podremos obtener la posición tridimensional del punto o segmento medido.



*Ilustración 12: Esquema funcionamiento escáner de triangulación.*  
<http://sabia.tic.udc.es>

El escáner de tiempo de vuelo, ilustración 13, utiliza un láser para medir la distancia del dispositivo a cada punto del objeto. La manera de medir la distancia consiste en cronometrar el tiempo que tarda un pulso de luz emitido por el escáner en recorrer la distancia al objeto y volver. Este tipo de escáner mide un punto de su campo de visión cada vez. Usando un sistema giratorio de espejos permiten obtener varios puntos sin mover el escáner.

A continuación se muestran las distintas características de los distintos láseres escáneres mencionados. Las especificaciones de cada tipo de escáner láser se han obtenido a través de una presentación de la

empresa Leica Geosystems S.L. durante la 32ª reunión del GURV (Grupo de usuarios Revit de València).

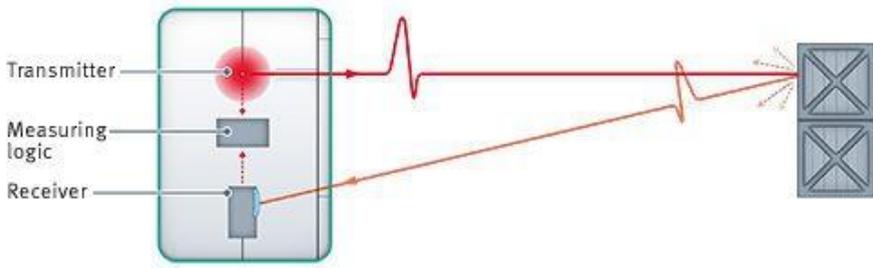


Ilustración 13: Esquema funcionamiento escáner de tiempo de vuelo.

Fuente: <http://www.pepperl-fuchs.es>

#### 1- Escáner de triangulación.

El escáner láser de triangulación es el más preciso que existe en el mercado, ya que es capaz de medir hasta 10 micrómetros, pero la principal limitación es que tiene un campo de acción de unos cuantos metros de distancia.

#### 2- Escáner de tiempo de vuelo.

Este escáner láser se caracteriza por presentar una gran versatilidad potenciada por su gran alcance que generalmente llega a los 300 m. Además presenta una velocidad de procesado de 50.000 pts/seg lo que lo convierte en un equipo muy rápido.

### 3- Escáner de Tiempo de vuelo WFD (Wave Form Digitization).

Es un equipo que trabaja a través del lanzamiento de pulsos que permiten la obtención de la nube de puntos a partir de un conjunto de puntos y sus respectivas distancias medidas desde el escáner láser. Este escáner láser presenta unas características intermedias respecto a escáner láser de tiempo de vuelo y del de diferencia de fase. La velocidad de procesado esta entorno a los 700.000 pts/seg y presenta un alcance de hasta 120 m.

### 4- Escáner de diferencia de fase.

El escáner láser de diferencia de fase se caracteriza por tener una gran velocidad de escaneado ya que es capaz de obtener 1.000.000 pts/seg aproximadamente. Este hecho lo convierte en uno de los más rápidos del mercado. El alcance de dicho láser alcanza unos 140 m, lo que provoca que generalmente se utilice para aplicaciones cinematográficas.

Por todo ello y según explica Rubén Cubell, técnico de área de la empresa Leica Geosystems S.L.:

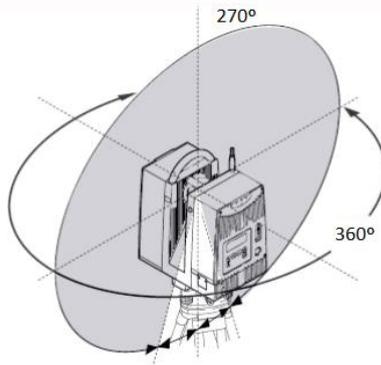
*“... lo más importante consiste en saber elegir qué equipo se requiere para cada trabajo, ya que una incorrecta elección del escáner láser puede provocar errores y retrasos en el proceso.”*

## 3 Forma de trabajo y obtención de la nube de puntos.

La forma de trabajo del escáner láser consiste en un elemento formado por un ángulo horizontal y un limbo (escala giratoria graduada en

grados sexagesimales) que mide los ángulos horizontales, y otro vertical en forma de espejo que permite obtener los ángulos verticales. Como se ha mencionado anteriormente, el escáner utiliza un láser para medir la distancia del dispositivo a cada punto del objeto a analizar. La manera de medir la distancia consiste en cronometrar el tiempo que tarda un pulso de luz emitido por el escáner en recorrer la distancia al objeto y volver.

El escáner láser 3D permite realizar un giro horizontal de 360° y un movimiento vertical de bóveda completa, 270° que le proporciona una amplia visión del espacio y, en consecuencia, una mayor obtención de información en un estacionamiento.



*Ilustración 14: Esquema de ángulos máximos del escáner láser 3D.  
Fuente: 3D RiskMapping. Teoría y práctica del escaneado láser terrestre.*

Trabaja de la misma forma que una estación total, pero se diferencia a la hora de obtener distancias, ya que la estación total obtiene distancias una a una mientras que el escáner láser 3D lanza varios pulsos a la vez

mientras realiza un movimiento horizontal que le permite obtener la nube de puntos.

El escáner láser 3D suele ir equipado con una cámara de fotos, que permite obtener imágenes al mismo tiempo que se realiza el escaneo. Con esta cámara de fotos permite a la nube de puntos obtener los colores reales de los distintos elementos escaneados.

El manejo del escáner láser in situ es realmente sencillo. Se debe de estacionar como cualquier aparato topográfico con un trípode y completamente aplomado, ilustración 15. Una vez ya estacionado y nivelado, se debe de iniciar el trabajo dándole un nombre al proyecto a través de la pantalla del dispositivo. A partir de ese momento hay que decidir que quiere uno escanear y la resolución de la nube de puntos que se va a obtener, es decir, la cantidad de puntos en horizontal y en vertical que se quiere que se escanee. A partir de ese momento y decididos todos los parámetros mencionados, se empieza a escanear.

Generalmente, debido a las diversas formas y obstáculos que presenta el elemento escaneado, será necesario estacionar el escáner láser 3D en diferentes puntos estratégicos para poder obtener la mayor información posible del mismo.

Para poder realizar correctamente dicho escaneo y tener puntos de referencia para poder unir las distintas mediciones se procederá a colocar unos elementos, llamados dianas, que permanecerán inmóviles durante toda la toma de datos. La cantidad mínima de dianas colocadas será de tres para poder realizar correcto juntado de toda la información. Cabe decir que algún profesional muy experimentado no utiliza las dianas y toma como referencias elementos característicos del

elemento a escanear, aunque generalmente se desaconseja esta práctica.



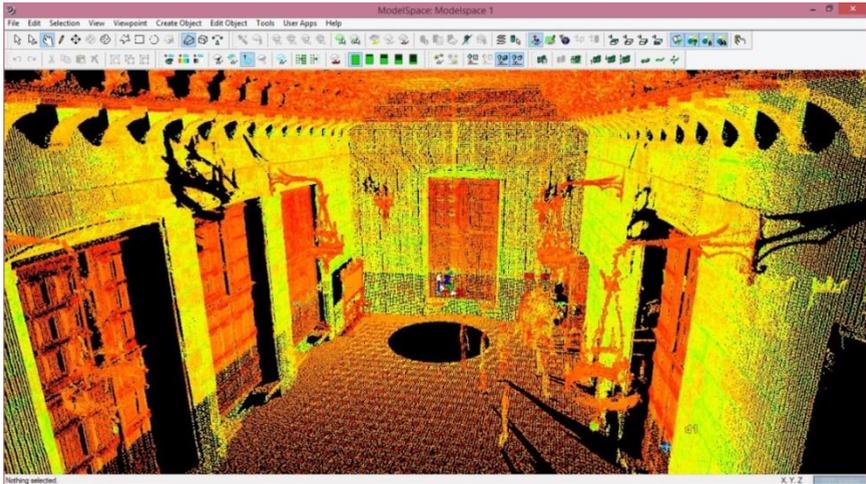
*Ilustración 15: Estacionamiento del escáner láser 3D en la Lonja de València.  
Fuente propia.*



*Ilustración 16: Elementos de referencia: dianas. Fuente propia.*

A partir de este momento, se procederá a completar el escaneado realizando los distintos cambios de estacionamiento anteriormente mencionados. Durante esta fase de obtención de la nube de puntos es recomendable intentar que no se produzcan movimientos en el entorno de la zona escaneada, ya que este hecho creará ruidos, es decir, puntos de la propia nube erróneos que deberán ser eliminados cuando posteriormente se trate la misma con el software adecuado. Estos ruidos son provocados generalmente por la circulación de vehículos o de personas si se trata de una zona concurrida.

Una vez obtenida la nube de puntos y extraída del escáner láser, se procederá a realizar un análisis de la misma con un software específico capaz de trabajar dicha información para así poder determinar el trabajo necesario para adecuar la nube de puntos para su posterior utilización. Este trabajo facilitará su posterior manejo con un software BIM como Revit o Autocad, aunque en la actualidad ya existen complementos dentro del mismo que permiten realizar dicho tratamiento sin necesidad de trabajar con un software intermediario.



*Ilustración 17: Trabajando la nube de puntos con el software específico (Cyclone). Fuente propia.*

Por tanto, podemos llegar a la conclusión que es un método de levantamiento de datos de una construcción más preciso que los métodos tradicionales en el que además se evita la utilización de elementos auxiliares como pueden ser andamios y que nos permite obtener un modelo tridimensional a través del cual procesado adecuadamente obtendremos plantas, alzados y secciones, análisis de deformaciones, modelos 3D, etc.

## 4 Aplicaciones.

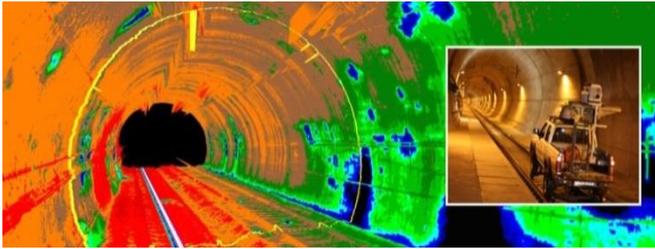
La tecnología del escáner láser abarca un amplio abanico de aplicaciones debido a la gran versatilidad a la hora de obtener información determinada tanto de un objeto como de un entorno. A

continuación, clasificamos las aplicaciones más habituales en la actualidad, aunque no son las únicas:

- 1- Topografía de alta definición: permite realizar un levantamiento topográfico con mayor definición que una estación total aunque para la realización de dicha práctica se sigue utilizando la estación total salvo en casos particulares donde se requiera una alta definición.
- 2- Ingeniería civil: se escanean túneles para realizar el seguimiento de la obra así como el proceso de excavación, se escanean estructuras para poder realizar planos y el mantenimiento de las mismas, se escanean presas para controlar posibles deformaciones, también se escanean torres eléctricas para realizar el cálculo de estructuras, entre otras.

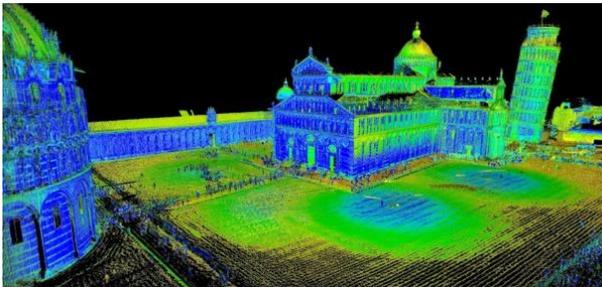


*Ilustración 18: Escaneado puente metálico.*  
<http://www.abreco.com.mx>



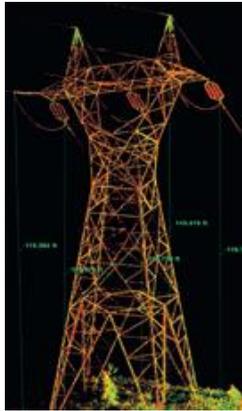
*Ilustración 19: Escaneado en movimiento de túneles.*  
<http://www.grupoacre.com>

- 3- Patrimonio y arquitectura: esta aplicación es la que obtiene mayor beneficios ya que realizando los estacionamientos adecuados se puede obtener la información necesaria para la realización de los distintos trabajos requeridos como el levantamiento de planos, el modelado 3D, la obtención de mediciones, etc. Todo esto sin la necesidad de montar andamiajes ni de provocar la deterioración de las construcciones históricas.



*Ilustración 20: Escaneado panorámico.*  
<http://detopografia.blogspot.com>

- 4- Industria: se realizan escaneos de instalaciones y maquinaria industrial para poder realizar simulaciones del funcionamiento para poder optimizar procesos, así como para realizar el mantenimiento de las mismas.



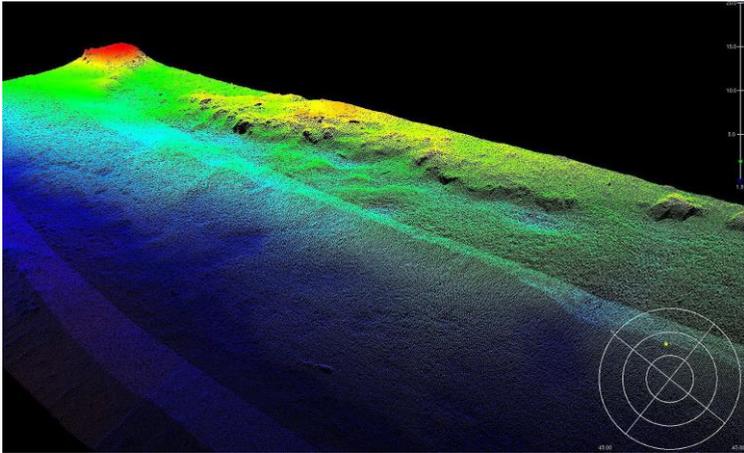
*Ilustración 21: Escaneado torre alta tensión.*

*Fuente: Catálogo Leica ScanStation C10*

- 5- Otras aplicaciones: se utiliza para escanear accidentes de tráfico, crear escenarios de películas y de videojuegos basados en espacios reales, reproducir paisajes montañosos, obtener batimetrías<sup>1</sup> aéreas, etc.

---

1 Batimetría: equivalente submarino de la altimetría. Es el estudio de las profundidades marinas, de la tercera dimensión de los fondos marinos. Un mapa o carta batimétricos normalmente muestra el relieve del fondo o terreno como isogramas, y puede también dar información adicional de navegación en superficie. Año 2013. Depth survey of Alsager Mere.



*Ilustración 22: Batimetría aérea. Año 2014. Lidar México.*

Estas son algunas de las aplicaciones más utilizadas aunque hay que mencionar que cada día aparecen nuevas aplicaciones que potencian la utilización de dicha tecnología. Nadie habría pensado durante su invención que el escáner láser sería utilizado en un futuro en la creación de escenarios de películas.

Por tanto podemos decir que es una tecnología en constante desarrollo y que según pasa el tiempo va adquiriendo mayor importancia, especialmente en la rehabilitación de edificios patrimoniales debido a la capacidad de obtener la información necesaria con gran precisión y rapidez.

## 5 Software empleado.

Posteriormente a la obtención de la nube de puntos del escáner láser, el principal problema recae en el tratamiento de la gran cantidad de

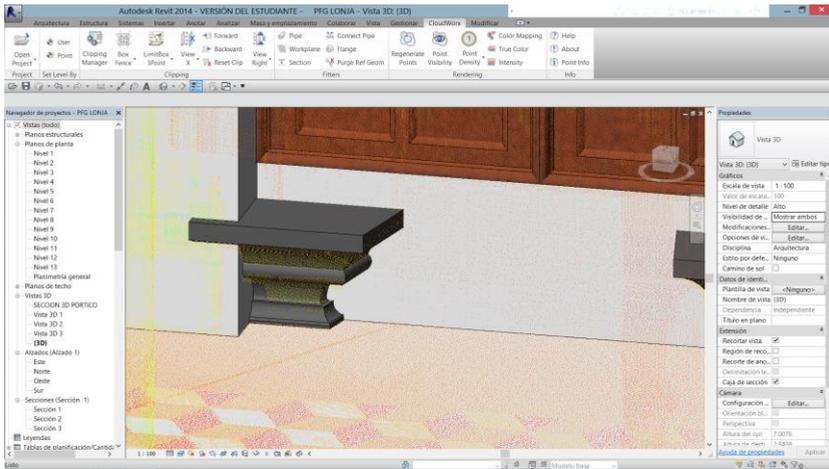
datos obtenidos ya que requiere un conjunto de software específico con el que poder abrir y manejar dicha información.

Desde la invención del escáner láser, la toma de datos mediante el escaneado con dichos equipos ha ido adquiriendo mayor importancia debido al aumento del uso del mismo. Este factor es el que ha propiciado que importantes empresas de software informático hayan apostado por la implementación de las nubes de puntos en sus propios softwares.

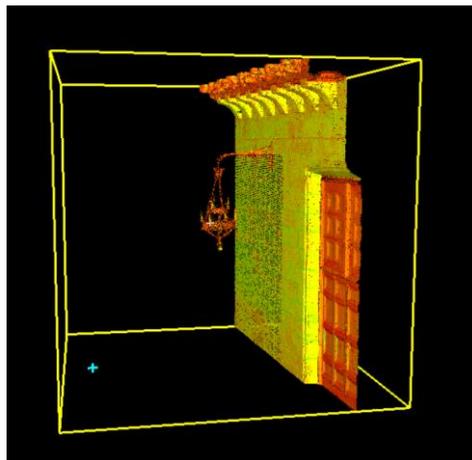
Autodesk fue la empresa pionera en permitir la inserción de las nubes de puntos en su propio software; en concreto, Revit en la versión de 2012.

Este hecho propició que diferentes empresas empezaran a desarrollar aplicaciones para facilitar el tratamiento de la nube de puntos. Dicho conjunto de software informático permite trabajar y modificar la nube de puntos de una forma muy variada y ofreciéndonos un amplio abanico de posibilidades. Permite trabajar desde objetos de la nube de puntos aislándolos de la misma hasta con el conjunto entero de la nube. Además, ofrecen una gran variedad de posibilidades que facilitan el manejo de la nube de puntos y que permiten obtener resultados muy variados dependiendo del software utilizado pudiendo así obtener modelos de mallas, modelos 3D, texturizados y documentación de proyecto, imágenes reales, entre otras muchas posibilidades.

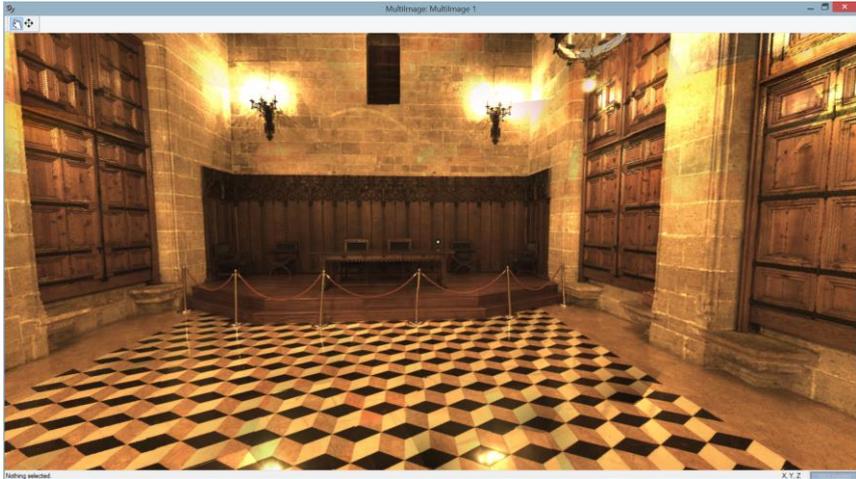
En las siguientes ilustraciones podemos observar algunas de las distintas posibilidades que nos ofrece dicho software.



*Ilustración 23: Modelado 3D de espacios y elementos basándose en la nube de puntos. Fuente propia.*



*Ilustración 24: Aislar elementos específicos. Fuente propia.*



*Ilustración 25: Imágenes tomadas con el escáner láser. Fuente propia.*

El software BIM o CAD con el que veníamos trabajando hasta la actualidad, no nos permitía trabajar con nube de puntos y nos obligaba a realizar un proceso intermedio que permitiera modificar y adecuar dicha información para su posterior uso con un software de modelado determinado. Es por ello por lo que, además de la creación del diferente software específico, actualmente existen unas aplicaciones llamadas plug-ins<sup>2</sup> que permiten abrir y trabajar dicha nube de puntos desde el software BIM o CAD de la misma manera que si se tratase de

---

2 Plug-in: aquella aplicación que, en un programa informático, añade una funcionalidad adicional o una nueva característica al software. En nuestro idioma, por lo tanto, puede nombrarse al plug-in como un complemento.

Lo habitual es que el plug-in sea ejecutado mediante el software principal, con el que interactúa a través de una cierta interfaz.

un software específico evitando así realizar un proceso intermedio obligatorio.

Revit, en particular, trabaja con un motor que soporta los formatos .rcp y .rcs de manera que nos obliga a recurrir a otras herramientas que nos permitan obtener dichos formatos ya que los diferentes escáneres láser que existen actualmente en el mercado obtienen la información en diferentes formatos según el fabricante de los mismos.

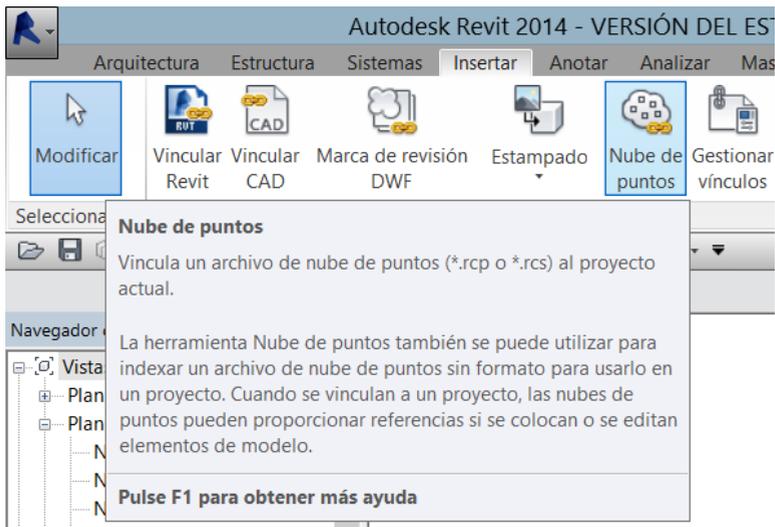


Ilustración 26: Nube de puntos. Interfaz Revit 2014. Fuente propia.

Por todo ello y como hemos mencionado, en el mercado existe una gran cantidad de plug-ins que permiten insertar la nube de puntos obtenida con el escáner láser en el propio software de modelado para poder realizar un modelado BIM basándonos dicha nube evitándonos utilizar un software intermedio.

A causa de las necesidades de mercado que han propiciado la creación de dichos softwares y plug-ins, se ha podido potenciar la interoperatividad permitiendo elegir y combinar el software más adecuado en cada momento y garantizando un adecuado intercambio de información sin pérdida de documentación.

En este caso en particular, nos referimos a la interoperatividad previa al modelado, que nos permite a partir de una toma de datos con un escáner láser 3D, intercambiar la información obtenida desde un software específico de tratamiento de la nube de puntos a una herramienta de diseño BIM para realizar su posterior modelado.

Generalmente, debido al poco desarrollo actual de las herramientas BIM respecto al tratamiento de la nube de puntos, el flujo de trabajo consiste en realizar un tratamiento de la información obtenida mediante un software específico capaz de tratar y modificar la nube de puntos; posteriormente mediante un plug-in abrir la nube de puntos tratada en la herramienta de diseño BIM; y finalmente realizar el modelado en la propia herramienta de diseño basándose en la nube de puntos.

Las empresas punteras en el sector del escáner láser 3D como FARO Technologies, Inc. y Leica Geosystems S.L. ofrecen una gran variedad de software entre la que destaca Cyclone (Leica Geosystems S.L.) y SCENE (FARO Technologies, Inc.) que nos permite trabajar una gran nube de puntos por partes para así permitir una mayor comodidad y trabajabilidad. Además, facilita a los usuarios administrar los datos de manera eficiente en las bases de datos. Para facilitar este proceso intermedio casi obligatorio, las empresas ponen a disposición diferentes plug-ins para software como 3ds MAX, AutoCAD, Revit, etc.

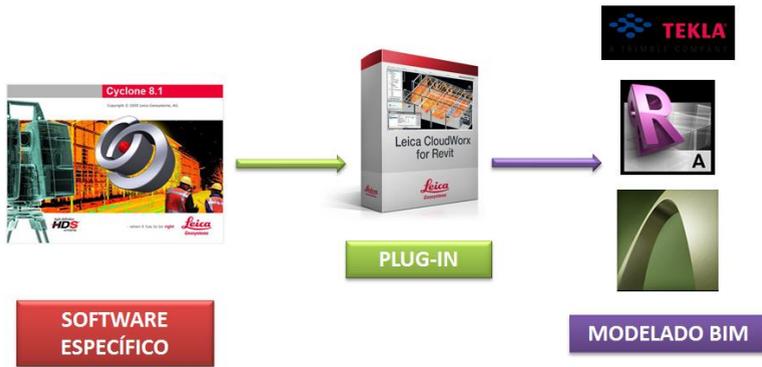


Ilustración 27: Interoperatividad previa al modelado BIM. Fuente propia.

En nuestro caso para la realización de la parte práctica del TFG utilizaremos el software Cyclone y el plugin Cloudworx para Revit de Leica geosystems S.L. que nos permitirá realizar el modelado 3D con un software de diseño BIM a partir de la nube de puntos obtenida con el escáner láser.

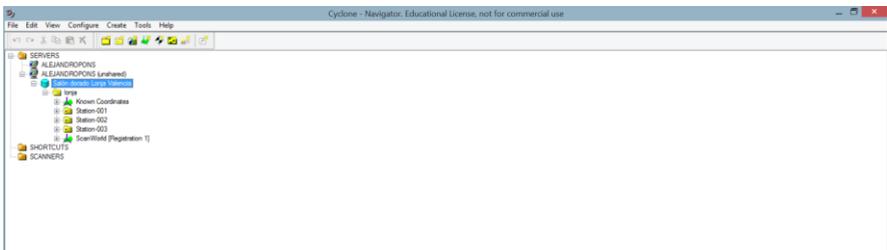
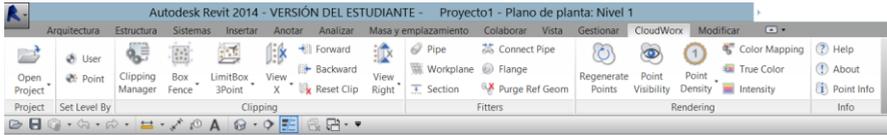


Ilustración 28: Interfaz software específico Cyclone 8.1- Leica Geosystems S.L. Fuente propia.



*Ilustración 29: Interfaz del plug-in CloudWorx para Revit. Fuente propia.*

En las ilustraciones 28 y 29 observamos la interfaz del software anteriormente mencionado que utilizaremos. Observamos como el plug-in para Revit incluye las mismas utilidades que el propio software específico para la nube de puntos.

# Capítulo 4. El escaneado y modelado del Salón Dorado de la Lonja de València.

## 1 Historia de la Lonja de València.

La Lonja de València es actualmente una de las construcciones patrimoniales más importantes de la ciudad de València debido a su belleza arquitectónica y cultural, además de pertenecer a la Lista del Patrimonio Mundial.

Para la redacción de este apartado me baso en el trabajo final de master de Inmaculada Oliver Faubel, *“La carpintería de armar de la Lonja de València. Estudio tipológico.”* del que puedo obtener la historia de la Lonja de València, y de la que a continuación expondré los hechos más relevantes.

Para empezar podemos afirmar que la actual Lonja se empezó a construir en el año 1483 con el fin de sustituir la anterior Lotja de l’Oli adoptando así el nombre de la Lonja de los Mercaderes y que se destinó a realizar todo tipo de intercambios comerciales. Dicha construcción fue necesaria debido al gran aumento de negocios mercantiles que se realizaron en la época.

A continuación, empezó a construirse en el año 1503 el Consulado del Mar. En un primer momento se construyó con una planta subterránea además de una planta baja y una planta primera, esta con una altura doble. En los años siguientes dicha planta de doble altura parece ser que se dividió mediante la creación de un artesonado de madera, actuando como atirantamiento de los muros exteriores, como recoge la

tesis doctoral *“La Lonja de València y su conjunto monumental, origen y desarrollo constructivo.”* de Manuel J. Ramírez Blanco.

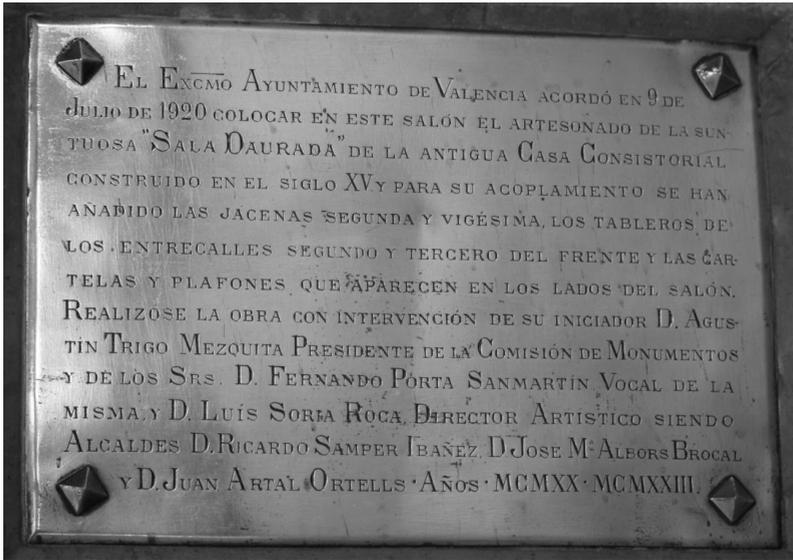
Uno de los hechos más relevante fue el incendio de la Casa de la Ciudad (1586) del que solo se pudo recuperar el alfarje que posteriormente formaría parte de la Lonja de València.

Ya en los años siguientes y terminadas las construcciones de la Lonja de los Mercaderes, se produjeron una serie de hechos que obligaron a darle uso militar a la Lonja de los Mercaderes y más en especial al Consulado del Mar convirtiéndolo en un cuartel militar. Para ello se construyeron dependencias militares en el Huerto de los Naranjos de la propia Lonja (1762).

Entorno al año 1872 empezaron las tensiones entre el ayuntamiento y el gobierno militar para intentar desalojar a los militares de la Lonja de los Mercaderes.

Es en el año 1897, cuando el ayuntamiento de la ciudad de València consigue que se desaloje a los militares de la Lonja. A partir de ese momento se inician un conjunto de obras para restaurarla y es cuando al restaurador de los edificios municipales, José Aixa, se le ocurre estudiar la posibilidad de colocar el alfarje de la Casa de la Ciudad, que se encontraba depositado en los almacenes de la ciudad después de haber fracasado el intento de venderlo, en la primera planta del Consulado del Mar de la Lonja de Mercaderes.

A partir de ese momento y durante los próximos años se llevaron a cabo dichas obras que finalizaron en el año 1923.



*Ilustración 30: Placa conmemorativa de la colocación del alfarje en el Salón Dorado de la Lonja. Año 2009. Inmaculada Oliver Fabuel.*

Desde ese momento hasta la fecha actual, el Salón Dorado de la Lonja ha sufrido una serie de patologías que se han ido solucionando como el ataque de roedores, murciélagos, y filtraciones de agua. Pero el principal problema que se presentó fue el ataque de las termitas que obligaron a restaurar las ventanas, la cubierta y parte del alfarje.

También observamos que existe un conjunto de piezas que se añadieron a las originales debido a la diferencia de tamaño que existía entre la Casa de la Ciudad y el Consulado del Mar. Estas piezas se pueden diferenciar de las originales porque tienen molduras sin dorar, como se muestra en la ilustración 31.



*Ilustración 31: Piezas añadidas sin dorar parte de las molduras.  
Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.*

Uno de los hechos más importantes en la historia de la Lonja fue la inclusión en la Lista del Patrimonio Mundial en Mérida (México) en el año 1996.

## 2 Toma de datos del Salón Dorado con el escáner láser 3D.

Para poder realizar la toma de datos y obtener la nube de puntos tuvimos que realizar un conjunto de pasos previos.

Durante los meses anteriores a la toma de datos, mi tutora Inmaculada Oliver Faubel junto con Begoña Fuentes Giner, profesoras de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València, tuvieron que realizar una serie de reuniones con varias empresas suministradoras de escáner láser 3D para elegir la mejor de ellas, así como para garantizar que obtendríamos el resultado que estábamos buscando.

En estas reuniones elegimos a Leica Geosystems S.L. porque nos garantizaba un conjunto de actividades previas a la toma de datos para poder tomar contacto con el equipo y el software del mismo.

Por todo ello, en las semanas previas a la toma de datos realizamos un seminario con Rubén Cubell, técnico de área de Leica Geosystems S.L., para tener una primera toma de contacto con el escáner láser 3D. En dicha reunión conocimos su funcionamiento básico así como el software interno del mismo, todo ello plasmado en un escaneado del aula donde estábamos reunidos.

Esta primera toma de contacto supuso para mí una gran motivación personal, ya que hasta ese momento estaba con la incertidumbre de no saber cómo iba a afrontar el proyecto, ya que me resultaba totalmente novedoso temas como el escáner láser 3D, la nube de puntos, las dianas, etc. Además de familiarizarme con el equipo, me permitió afrontar de forma segura la toma de datos del Salón Dorado de la Lonja de València.

Después de la obtención de los permisos para poder acceder con un equipo al Salón Dorado de la Lonja y de realizar el seminario anteriormente comentado, el día 29 de abril de 2014 realizamos la toma de datos de dicho espacio.



*Ilustración 32: Seminario del escáner láser 3D. Año 2014. Fuente propia.*

La toma de datos con el escáner láser 3D estuvo en todo momento tutorizada por Rubén Cubell que nos ayudó a decidir entre las distintas opciones que existen para la obtención de una adecuada nube de puntos.

Antes de ponernos a realizar la toma de datos tuvimos que decidir el número total de estacionamientos que íbamos a realizar así como la cantidad de puntos que tomaría el escáner láser 3D para formar la nube de puntos, ya que una decisión mal tomada en ese punto puede provocar obtener una nube con exceso o falta de puntos que dificulte el tratamiento de la misma.

Para realizar la toma de datos se utilizó un equipo de Leica Geosystems S.L., modelo Leica ScanStation C10 que fue alquilado a la misma empresa. Es un escáner láser de tiempo de vuelo de muy alta velocidad con un compensador de doble eje y con una precisión, alcance y campo de visión a nivel topográfico. Incorpora una cámara digital de alta

resolución, una plomada láser y un puerto USB externo totalmente integrados en el equipo.

El escáner láser Leica ScanStation C10 tiene un alcance máximo de 300 metros y un alcance mínimo de 0,1 metros. Es capaz de medir hasta 50.000 puntos/seg a velocidad máxima con un error de 2 mm como máximo. El sistema óptico está formado por un espejo de rotación vertical sobre una base que rota horizontalmente que gira automáticamente que permite alcanzar un campo de visión de 360° horizontalmente y de 270° verticalmente.

El sistema de aplomado está formado por un nivel de burbuja externo que nos permite aplomar el equipo, aunque también dispone de un nivel de burbuja electrónico y una plomada láser que nos permitirán aplomar el equipo con mayor precisión.

La cámara digital incorporada es de 4 megapíxeles y nos permite obtener hasta 260 imágenes en cada escaneo. Además podemos obtener un video con ajustes de iluminación ambiente.

El equipo incorpora una pantalla táctil con un lápiz óptico que nos permite manejar el equipo sin necesidad de utilizar una pantalla externa, ya sea de un portátil o de una tablet.

Además el escáner láser dispone de una autonomía interna de hasta 3,5 horas aunque incorpora un conjunto de cuatro baterías que permiten ampliar dicha autonomía en más de 6 horas.

Todas las prestaciones y características técnicas de escáner láser 3D han sido obtenidas de catálogo comercial de Leica Geosystems S.L. así como de la ficha técnica del escáner láser Leica ScanStation C10 utilizado para obtener la nube de puntos.

Según el equipo seleccionado para realizar la toma de datos y sus prestaciones, el técnico nos recomendó en un primer momento realizar dos estacionamientos debido a las dimensiones y a las formas que presenta el Salón Dorado de la Lonja de València. Las razones por las que se planteó realizar estos dos estacionamientos se debió principalmente a que el alfarje del Salón Dorado está formado por un conjunto de vigas y molduras que forman elementos con entrantes y salientes que tapan los elementos que tienen por detrás de ellos. Por tanto, si realizásemos un único estacionamiento centrado obtendríamos una nube con muchos espacios sin puntos y en consecuencia una nube de puntos incompleta.

Después de plantearnos los dos estacionamientos y debido a que no se nos permitió cerrar el Salón al acceso de visitantes, tuvimos que reconsiderar el número de estacionamientos ya que una existencia masiva de visitantes durante el escaneado nos podría dificultar la obtención de la nube de puntos con toda la información necesaria.

Considerando la presencia de visitantes planteamos la posibilidad de realizar entre tres o cuatro estacionamientos, pero desestimamos realizar cuatro estacionamientos debido al tamaño del Salón Dorado de la Lonja de València que es de 18 m de largo por 9 m de ancho con una altura de 15 m y a que obtendríamos una nube de puntos con mucha información duplicada.

Por todo ello, decidimos finalmente realizar tres estacionamientos ya que era la solución más óptima por las características de dicho espacio. Los estacionamientos se realizaron en un horario de poco tránsito de visitantes para así garantizar una correcta toma de datos.

A continuación, una vez definidos los estacionamientos, lo primero que hicimos fue desplegar el trípode en el punto del estacionamiento y colocar en la parte superior del mismo el escáner láser 3D. El siguiente

paso que realizamos fue corregir la posición del conjunto y mediante los mecanismos de regulación, tanto del trípode como del escáner, conseguimos aplomar el mismo.

En la ilustración 33 se observa el escáner láser 3D completamente aplomado colocado sobre un trípode y preparado para comenzar a lanzar el láser y obtener la información del Salón Dorado de la Lonja de València.

Como se ha explicado, el Salón Dorado de la Lonja de València se escanea desde tres estaciones distintas pero se desea tratar la información como un todo. Para poder juntar toda esa información en una única nube de puntos es necesario que los tres escaneos registren puntos o referencias comunes al menos dos a dos para después poder hacer coincidir dichos puntos y juntar las diferentes nubes en una sola.



*Ilustración 33: Primer estacionamiento. Año 2014. Fuente propia.*

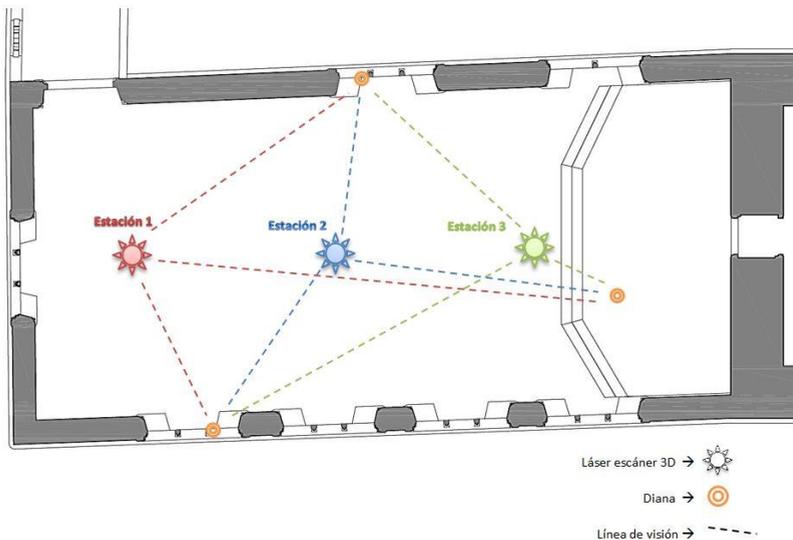


*Ilustración 34: Segundo y tercer estacionamiento. Año 2014. Fuente propia.*

Estos puntos comunes en las diferentes nubes obtenidas en cada escaneo se materializan en lo que en la técnica del escaneo láser 3D se denominan “dianas”. Se trata de unos elementos del tipo de los que se pueden apreciar en la ilustración 36. Las dianas están formadas por una base pesada que les confiere estabilidad cuando se emplazan horizontalmente y que además es magnética para poder colocarla sobre planos verticales como se muestra en la ilustración 37. La parte superior es la que funcionará técnicamente como diana. Está formada por una pieza circular con una circunferencia inscrita en el interior que nos permitirá obtener una mayor precisión para asignar un punto común en cada estacionamiento. Dicha parte circular se sujeta con una abrazadera que nos permitirá orientar la diana según la posición del escáner láser 3D.

Después de haber decidido la cantidad de estacionamientos que íbamos a realizar, colocamos las dianas en diferentes puntos estratégicos como observamos en la ilustración 35.

En dicha ilustración se observa la situación de las estaciones así como la posición de las dianas que colocadas en los diferentes puntos estratégicos nos sirven de puntos de referencia en los diferentes estacionamientos



*Ilustración 35: Posición de los estacionamientos y las dianas en planta. Año 2015. Fuente propia.*



*Ilustración 36: Dianas con imán en el soporte. Año 2014. Fuente propia.*



*Ilustración 37: Dianas colocadas en puntos estratégicos. Año 2014. Fuente propia.*



*Ilustración 38: Técnico de Leica explicando cómo aplomar el escáner.  
Año 2014. Fuente propia.*

En resumen, los pasos a seguir fueron estacionar y aplomar el equipo, escanear los dianas en cada toma de datos y lanzar el escaneado del Salón Dorado de la Lonja de València.

Este conjunto de pasos se tuvieron que repetir en cada uno de los tres estacionamientos. Además de obtener los puntos necesarios, en el estacionamiento intermedio realizamos una toma de fotografías con el escáner de la cual posteriormente hablaremos.

Una vez terminados los tres estacionamientos guardamos toda la información a través de un puerto USB instalado en el mismo escáner, permitiéndonos el descargado directo sin necesidad de llevar un ordenador portátil.



*Ilustración 39: Puerto USB del escáner láser 3D.  
Año 2014. Fuente propia.*

### 3 Tratamiento de la nube de puntos.

La nube de puntos es el resultado del escaneado láser, que consiste en la representación de un conjunto de puntos distribuidos en el espacio y delimitados por un conjunto de vértices tridimensionales definidos mediante las coordenadas X, Y y Z. Los distintos puntos obtenidos contienen información detallada de la geometría, forma y color del entorno u objeto analizado.

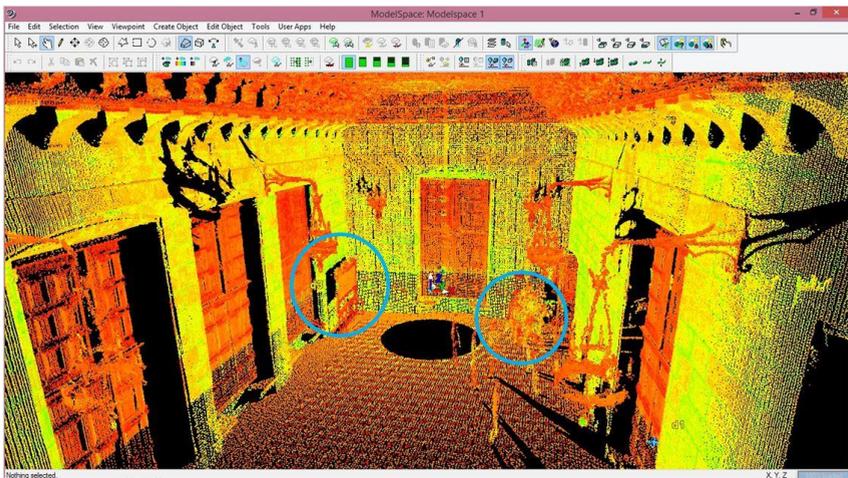
Pero esta nube de puntos obtenida tiene información que hay que tratar y adecuar al uso que se le vaya a dar. Por tanto se requiere la necesidad de utilizar un software específico capacitado para realizar dichas labores.

La nube de puntos obtenida de escaneado requiere de este tratamiento por los siguientes motivos:

- Generalmente se realizan varios estacionamientos durante el escaneado para obtener la información necesaria y es por ello por lo que las diferentes nubes de puntos obtenidas se tienen que unir para formar una única.
- En muchas ocasiones, durante el escaneado se producen movimientos de personas, vehículos, etc. que son escaneados y que se reflejan en el resultado de la nube de puntos. Estos puntos de la nube de puntos reciben el nombre de ruidos y se deben de eliminar.
- Existen elementos u objetos que son un obstáculo en la realización del escaneado. Estos obstáculos crean un espacio de

la nube de puntos donde no se puede obtener la información deseada.

En la siguiente nube de puntos, obtenida durante el escaneado del Salón dorado de la Lonja de València, observamos los diferentes motivos mencionados. En la parte izquierda observamos una mampara que actúa como un elemento que obstaculiza la llegada del láser lanzado por el escáner al muro que está detrás del propio obstáculo. Además, observamos en la parte derecha un conjunto de ruidos creados por una visita de turistas que coincidió en el momento de realizar el escaneado. Por último la zona circular negra del suelo es la sombra del propio equipo que impide escanear el suelo sobre el que se apoya.

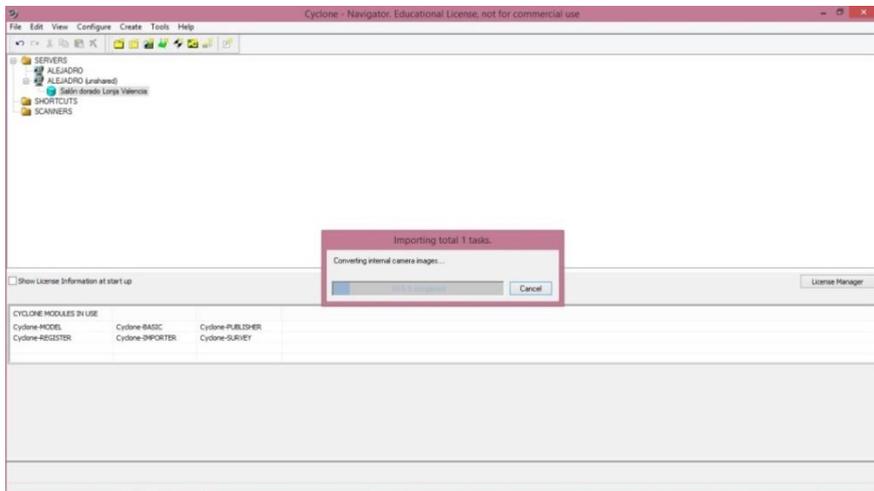


*Ilustración 40: Nube de puntos sin tratar del primer estacionamiento. Año 2015. Fuente propia.*

Por todo ello, el tratamiento y adecuación de la nube de puntos es un paso obligatorio en el proceso posterior al escaneado láser.

En nuestro caso se ha utilizado el software específico Cyclone, facilitado por la empresa Leica Geosystems S.L., suministradora del escáner láser 3D.

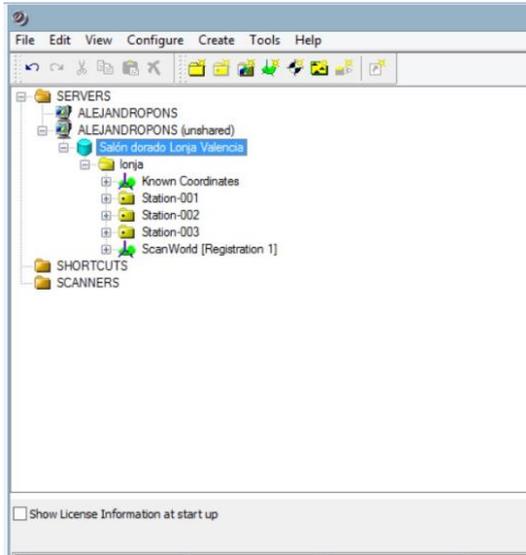
Una vez obtenidos los datos a través del puerto usb del escáner láser 3D en el momento del escaneado, empezamos a trabajar con el software específico. Para ello el primer paso que realizaremos será crear un servidor personalizado dentro del software que contendrá toda la información que importaremos a continuación.



*Ilustración 41: Importando los datos del escaneado con el software Cyclone. Año 2015. Fuente propia.*

Una vez se haya completado la importación observamos la diferente documentación que disponemos.

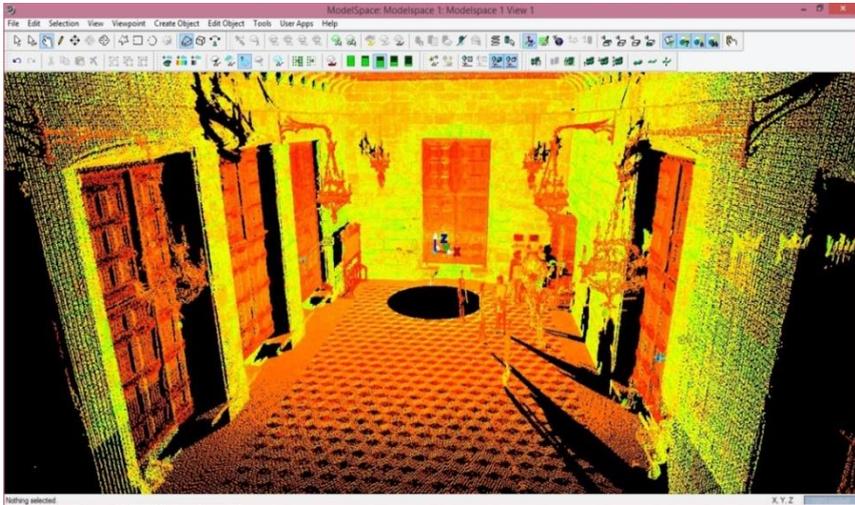
En la siguiente ilustración podemos observar las carpetas que se han creado dentro del proyecto “Salón dorado Lonja València”.



*Ilustración 42: Distribución y documentación disponible de la nube de puntos. Año 2015. Fuente propia.*

Observamos que existe una pestaña con el nombre *Known Coordenates* que contiene la información de la posición de las dianas utilizadas en el escaneado, tres carpetas con el nombre *Station-001*, *Station-002* y *Station-003* respectivamente que corresponden a las tres estaciones que realizamos durante el escaneado del Salón Dorado de la Lonja de València y que contienen las diferentes nubes de puntos tomadas en

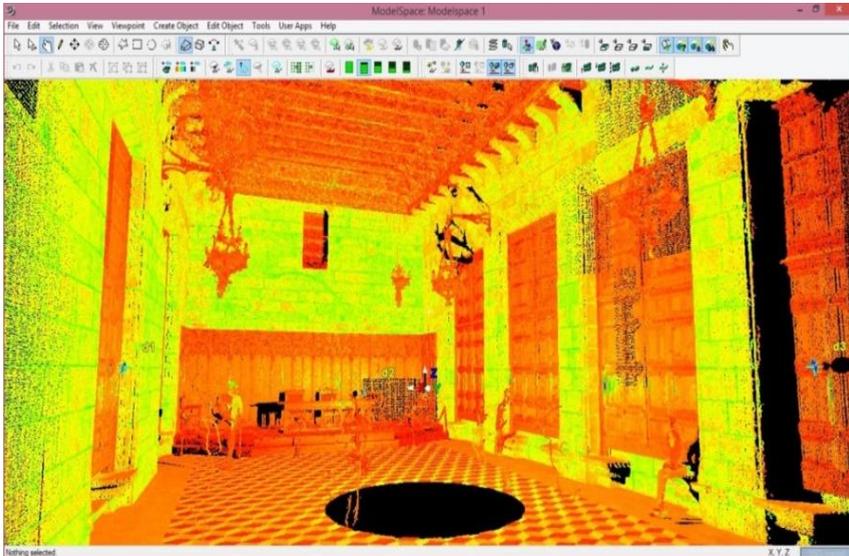
cada estación, así pues la carpeta *Station-002* contiene también el conjunto de imágenes que se tomaron durante el segundo estacionamiento; además en cada carpeta disponemos de la información de las dianas.



*Ilustración 43: Nube de puntos obtenida en el primer estacionamiento. Año 2015. Fuente propia.*

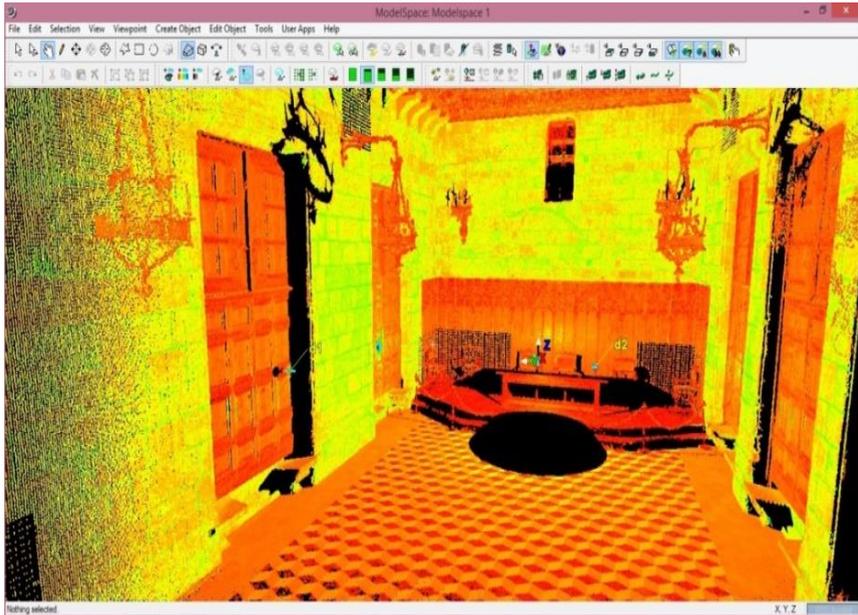
En cada una de las ilustraciones de la nube de puntos se observa un espacio circular oscuro sobre la superficie del pavimento que corresponde a la sombra creada por el escáner láser 3D durante el estacionamiento ya que el ángulo de observación vertical del láser es de  $270^\circ$ . Además, observamos gran cantidad de espacios de color negro que corresponde a las sombras creadas por la forma del propio Salón Dorado de la Lonja de València que nos obliga a realizar varios estacionamientos para minimizar dichas sombras.

Para finalizar, mencionar que en el primer y segundo estacionamiento observamos un conjunto de siluetas que corresponden a la visita de un grupo de turistas que se realizó durante el escaneado propiciado así la aparición de ruido en la nube de puntos.



*Ilustración 44: Nube de puntos obtenida en el segundo estacionamiento. Año 2015. Fuente propia.*

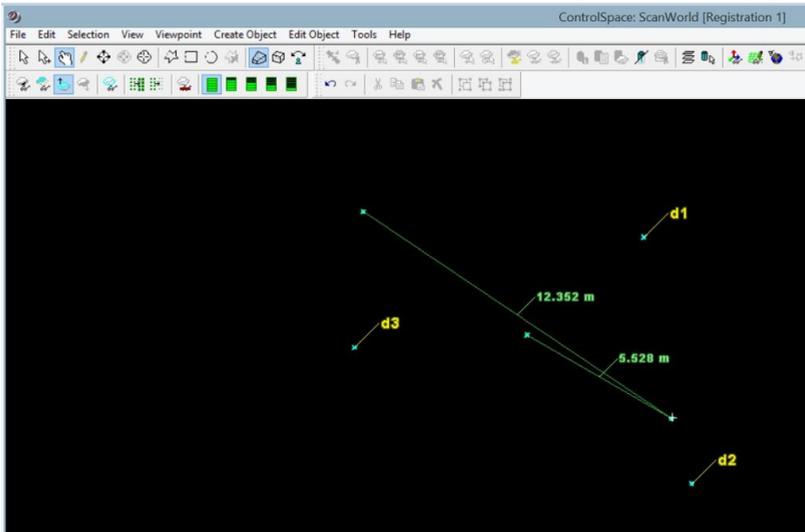
Una vez observada toda la información disponible, el siguiente paso consiste en unirlos para obtener una única nube de puntos. Para ello, y como muestra la *ilustración 42* crearemos un *ScanWorld* que consistirá en un subapartado dentro del software donde, una vez unida toda la información, realizaremos todas las modificaciones necesarias para adecuar la nube de puntos a nuestro uso.



*Ilustración 45: Nube de puntos obtenida en el tercer estacionamiento. Año 2015. Fuente propia.*

A continuación observamos varias imágenes tomadas después de la unión de toda la información.

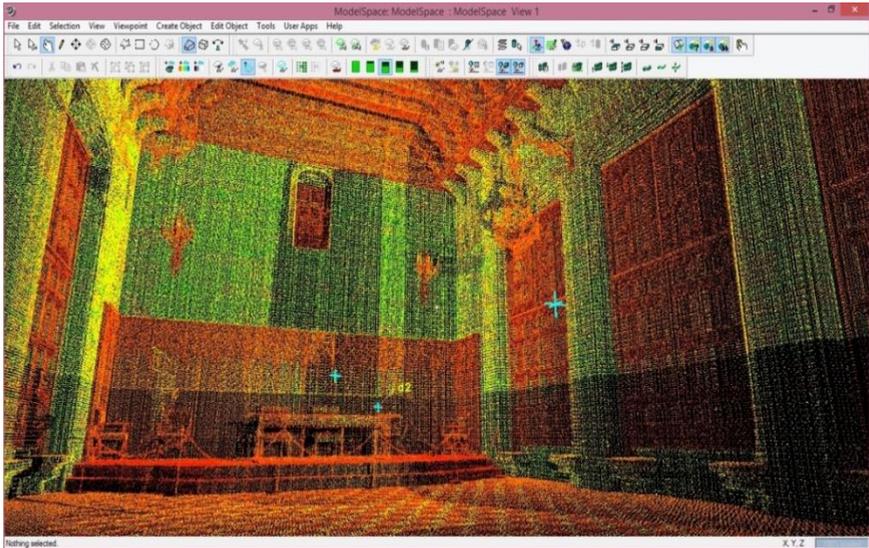
En la ilustración 46 observamos como el propio software nos ha creado un archivo en el que nos sitúa en el espacio tridimensional la situación de las tres dianas así como de los tres estacionamientos realizados y la distancia entre ellos. Esta información es en la que se basa el software para realizar una correcta unión de las diferentes nubes de puntos.



*Ilustración 46: Situación tridimensional de los estacionamientos acotados y las dianas utilizadas como referencia. Año 2015. Fuente propia.*

Así pues, en la ilustración 47, observamos cómo se ha realizado una correcta unión de las mismas y que, comparándolas con cada una de ellas por separado, observamos cómo han desaparecido las sombras, tanto las del escáner láser 3D como las del propio Salón Dorado de la Lonja de València.

Una vez realizada la unión de la información y obtenida una única nube de puntos, procedemos a adecuar la misma al uso que se le vaya a dar. En nuestro caso, procedemos a limpiarla de obstáculos y de ruidos ya que utilizaremos posteriormente la nube de puntos como base para obtener un modelado BIM con Revit.



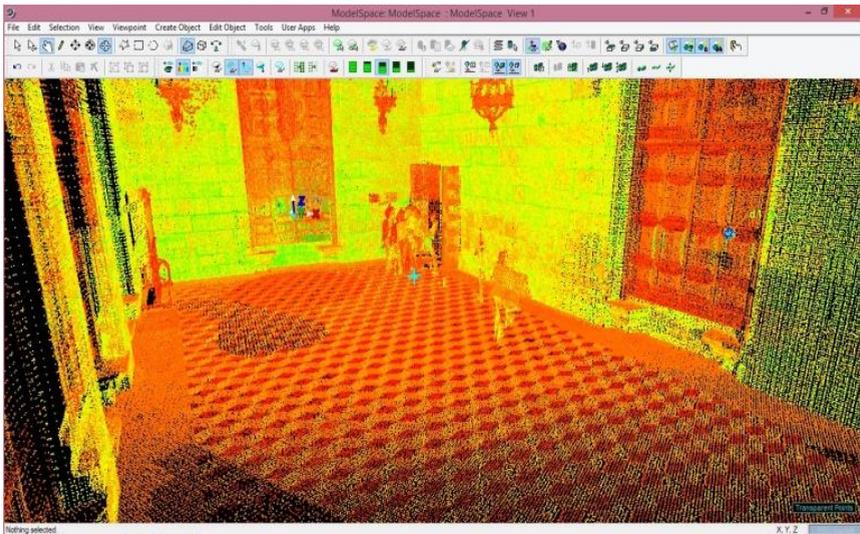
*Ilustración 47: Unión de la nube de puntos. Año 2015. Fuente propia.*

La mayor parte de ruidos que se observan en la nube de puntos son el resultado del tránsito de turistas durante el escaneado además de los enseres personales del grupo de alumnos del taller del TFG que nos acompañaron durante el escaneado.

Por ello, el software específico Cyclone dispone de un conjunto de funciones que nos permitirán eliminar cualquier información innecesaria para nuestra utilización.

Los pasos necesarios para dejar totalmente limpia nuestra nube de puntos son los siguientes:

- Antes de empezar a eliminar información, observaremos la nube de puntos con detenimiento para seleccionar los puntos que debemos eliminar de la misma.
- A continuación, una vez determinada la información a eliminar, nos desplazaremos dentro de la nube de puntos con el cursor para seleccionar un punto próximo a dicha información.



*Ilustración 48: Ruidos en la nube de puntos. Año 2015. Fuente propia.*

- Después de habernos situado en un punto cercano o propio de la información a eliminar, seleccionaremos la función *Set Limit box by cursor* incluida en el grupo *View* que nos permitirá seleccionar en un cubo tridimensional el conjunto de puntos que estén situados en el interior del mismo.

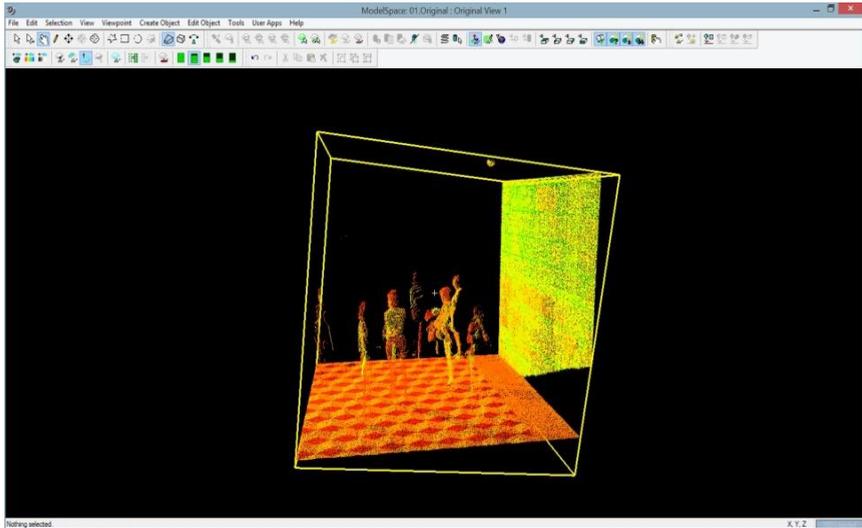
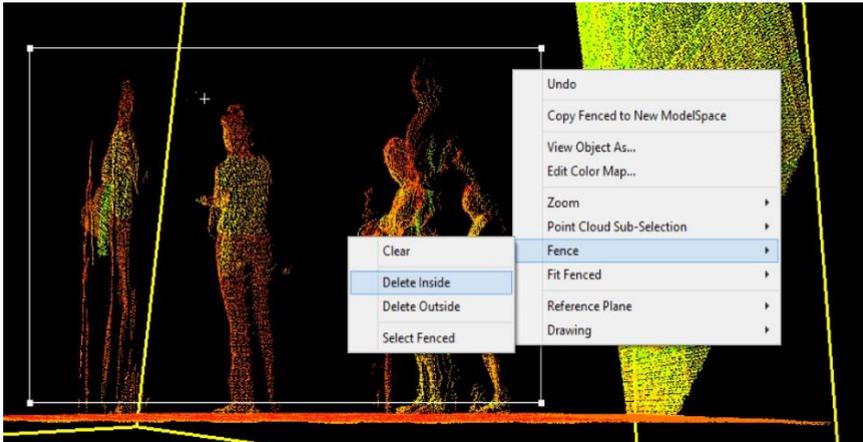


Ilustración 49: Aislamiento de los ruidos existentes. Año 2015. Fuente propia.

- Posteriormente al aislamiento del conjunto de puntos seleccionados, orientaremos la vista de modo que nos facilite la selección de los puntos a eliminar, y una vez orientada, utilizaremos la función *Fence* para seleccionar dichos puntos.
- Para finalizar, procederemos a eliminar dichos puntos seleccionados anteriormente. Para ello seleccionaremos en el desplegable de *Fence* la función *Delete inside*.

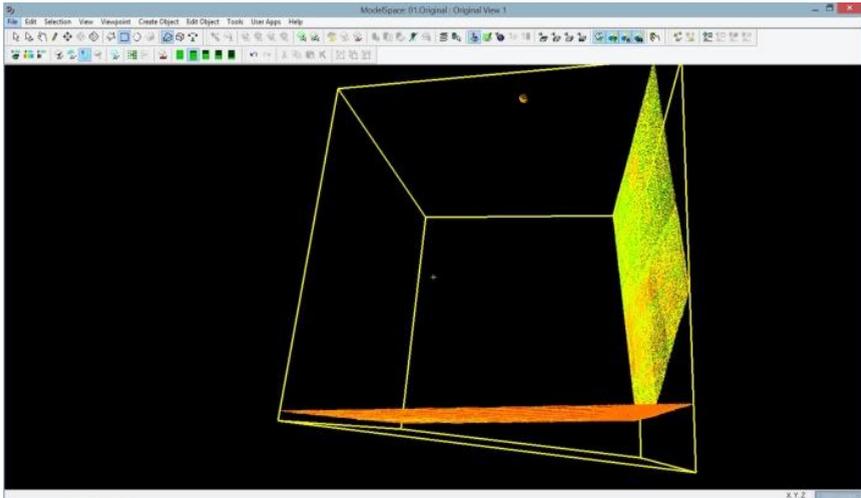


*Ilustración 50: Proceso de eliminación de los ruidos existentes.  
Año 2015. Fuente propia.*

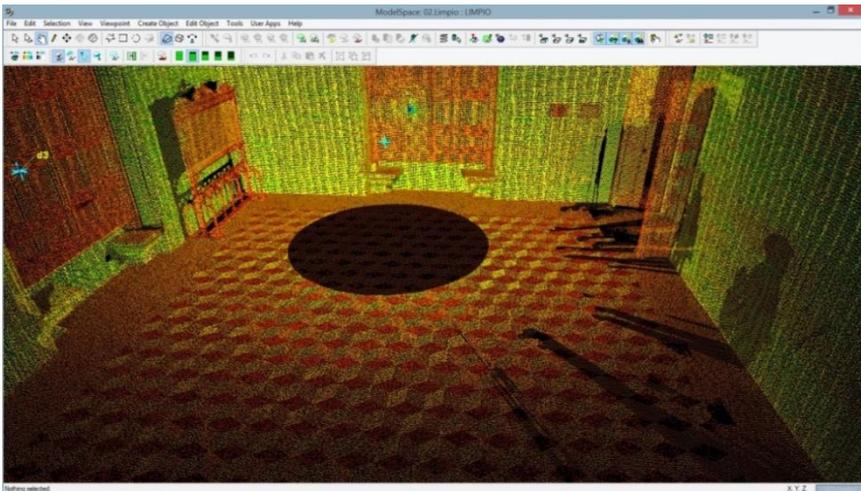
Una vez eliminados los puntos seleccionados, deberemos aumentar el zoom para continuar eliminando todos los puntos no deseados para poder obtener la mayor limpieza posible como muestra la ilustración 51.

Dicho proceso se repetirá tantas veces como sea necesario para dejar totalmente limpia de ruidos y de obstáculos la nube de puntos.

Debemos mencionar que los puntos eliminados reflejaran una menor densidad de puntos en el espacio tapado por ellos, pero que se suplirá con la unión de los diferentes estacionamientos realizados.

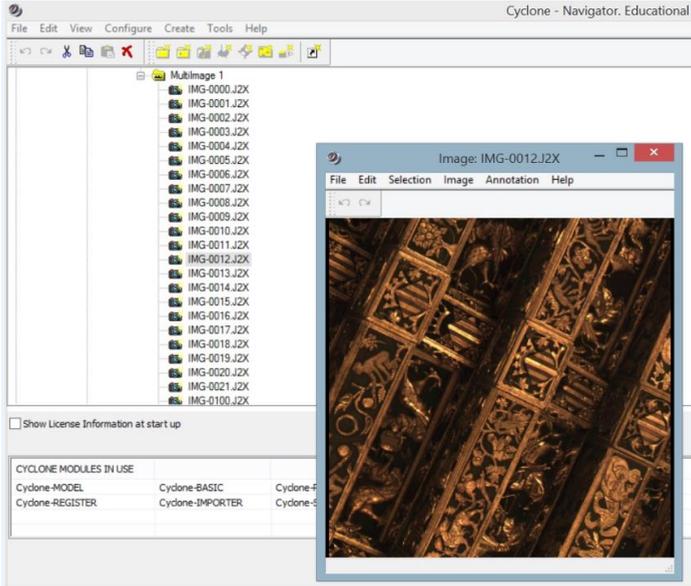


*Ilustración 51: Ruidos eliminados de la nube de puntos. Fuente propia.*



*Ilustración 52: Sombras dejadas por los ruidos eliminados. Fuente propia.*

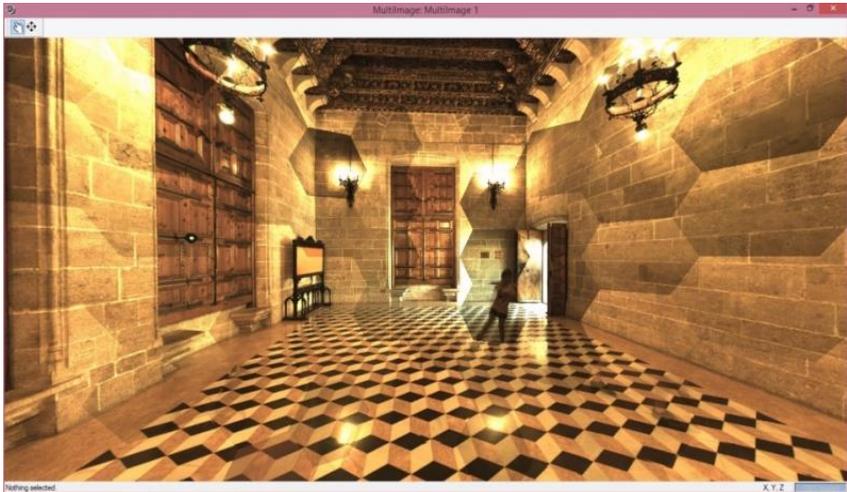
Una vez explicado el proceso a seguir para adecuar la nube de puntos, tenemos que mencionar una función que es capaz de realizar el escáner láser 3D durante el escaneado. Dicha función es la obtención de fotografías del espacio escaneado. En nuestro caso, solo realizamos una toma de fotografías durante el segundo estacionamiento para agilizar el proceso de trabajo de campo. A continuación analizamos los resultados obtenidos.



*Ilustración 53: Clasificación de las imágenes y muestra de una de ellas. Año 2015. Fuente propia.*

En la imagen anterior observamos un listado de fotografías en la que además se muestra una única imagen que refleja una pequeña parte del alfarje del Salón Dorado de la Lonja de València.

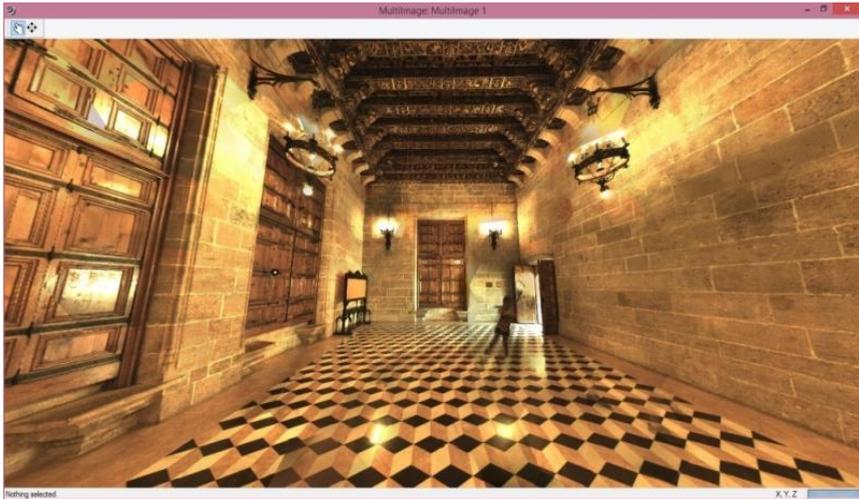
Cyclone es capaz de unir el conjunto de las imágenes y crear un espacio tridimensional por el que desplazarse y observar el espacio analizado. Eso sí, con un conjunto de imperfecciones creadas por la intensidad de la luz y por los movimientos de objetos o personas.



*Ilustración 54: Espacio tridimensional creado a partir de las imágenes tomadas con el escáner láser 3D. Año 2014. Fuente propia.*

Durante la toma de fotografías es recomendable evitar dichos movimientos, ya que en este caso solo podremos minimizar los ruidos pero no eliminarlos.

Observamos que tras el tratamiento de adecuación de las fotografías se ha conseguido reducir las imperfecciones de la imagen debidas a la intensidad de las luminarias pero no se ha podido eliminar la presencia de una niña.



*Ilustración 55: Corrección de las imágenes. Año 2014. Fuente propia.*



*Ilustración 56: Presencia de personas durante la toma de imágenes. Año 2014. Fuente propia*

## 4 Obtención de datos para el modelado BIM.

La nube de puntos que hemos obtenido después de realizar el tratamiento anteriormente detallado posee gran cantidad de información que podemos utilizar para realizar un modelado 3D, pero no contiene la totalidad de la información necesaria. Este hecho es debido a que en la nube de puntos solo tenemos información de los elementos superficiales ya que el láser utilizado no puede traspasar elementos para obtener información de otros situados detrás y por tanto con la información del láser escáner solo podríamos dibujar y no definir constructivamente.

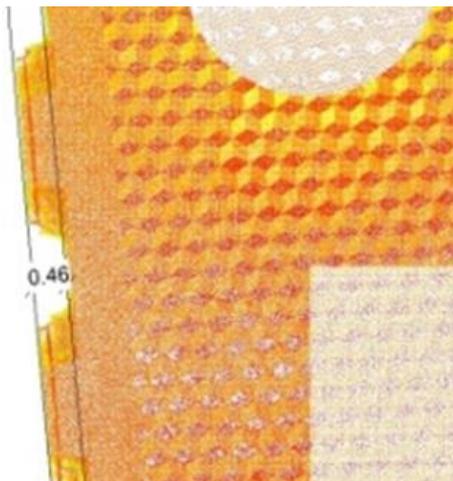
Otro factor importante fue que no pudimos acceder a través de la torre adyacente al Salón Dorado de la Lonja de València para obtener información de la estructura del alfarje. Por ello, optamos por la opción de consultar varios documentos para obtener toda la información que necesitábamos. Entre la distinta documentación consultada, destacar la tesis doctoral *“La Lonja de València y su conjunto monumental, origen y desarrollo constructivo.”* de Manuel J. Ramírez Blanco y el trabajo final de master *“La carpintería de armar de la Lonja de València. Estudio tipológico.”* de Inmaculada Oliver Faubel ya que nos fueron de gran utilidad para entender y conocer la estructura del alfarje del Salón Dorado de la Lonja de València, así como los materiales que se utilizaron en la construcción de la propia Lonja.

La nube de puntos la hemos utilizado para obtener datos como son las dimensiones totales del Salón Dorado, ya sean distancias o alturas; así como la forma, dimensión y situación de cada elemento que forma el conjunto, como son puertas, ventanas, vigas, banquetas, molduras y elementos decorativos, entre otros.

En el propio software utilizado para tratar la nube de puntos podemos obtener dicha información pero en nuestro caso utilizaremos Cloudworx un plugin para Revit que nos permitirá trabajar con la nube de puntos como base en el propio software BIM.

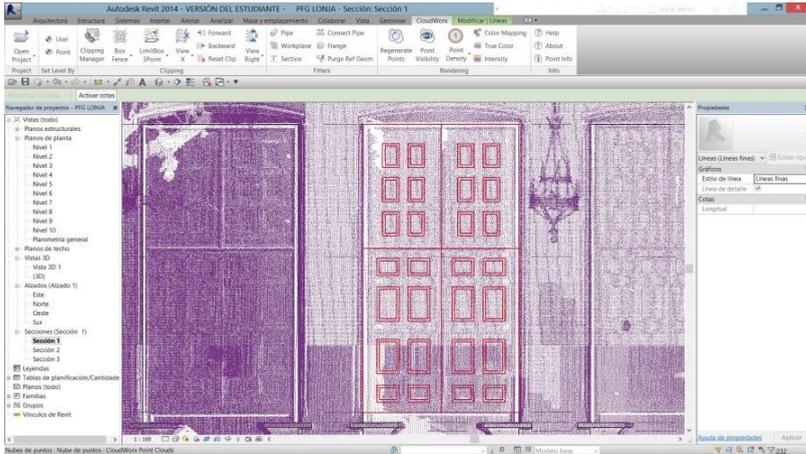
Para obtener la información de la nube de puntos utilizaremos un proceso parecido al CAD en el que a partir de la nube de puntos tendremos que trazar un conjunto de líneas auxiliares que nos permitirán acotar y dimensionar los diferentes elementos del Salón Dorado. El conjunto de líneas y cotas será eliminado una vez se haya realizado el modelado.

En las siguientes ilustraciones observamos como a partir de la nube de puntos trazamos las diferentes líneas que nos permiten, en el primer caso, acotar el ancho de un muro y, en el segundo caso, obtener la contrahuella de los escalones de la tarima de madera instalada.



*Ilustración 57: Acotando el muro exterior. Año 2015. Fuente propia.*

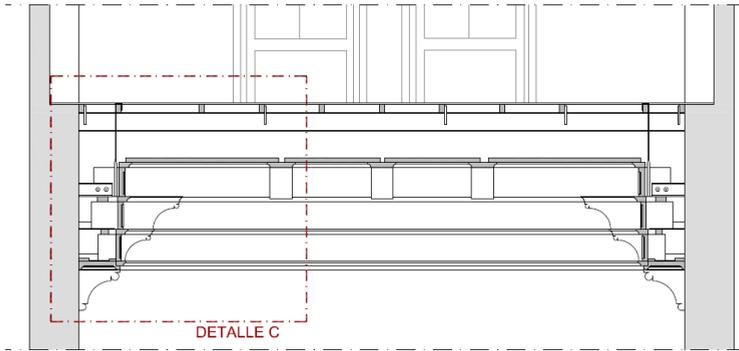




*Ilustración 60: Acotando una ventana basándonos en la nube de puntos. Año 2015. Fuente propia.*

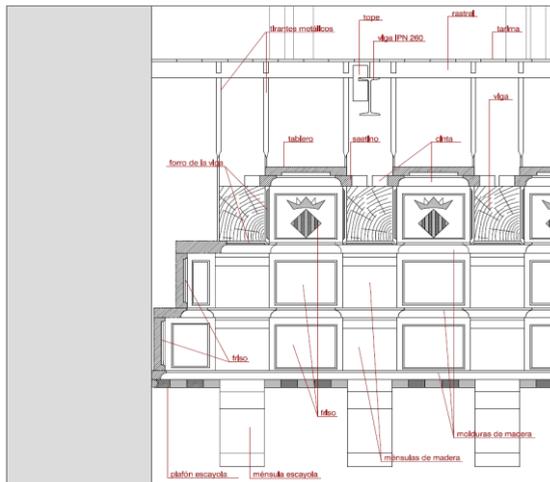
Este proceso tendremos que repetirlo tantas veces como necesitemos hasta que queden definidos todos los elementos de los que tenemos información en la nube de puntos que posteriormente serán modelados con el software BIM.

Para finalizar, y consultando la documentación anteriormente mencionada, obtendremos la información necesaria para definir con detalle la estructura del alfarje del Salón Dorado de la Lonja de València.



SECCIÓN C-C. TRANSVERSAL VIGA

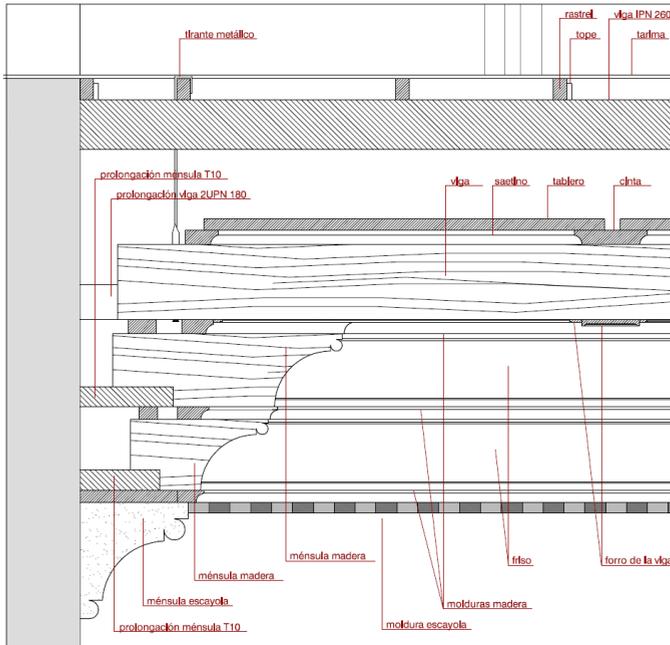
*Ilustración 61: Sección transversal del alfarje. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.*



*Ilustración 62: Despiece del alfarje. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.*

En las distintas secciones obtenidas de la documentación consultada, observamos las distintas piezas que forman el alfarje del Salón Dorado y las dimensiones de cada una de ellas.

Analizando el propio alfarje conocemos que está formado por un conjunto de vigas estructurales de madera horizontales y paralelas entre ellas, separadas una distancia fija y apoyadas en dos muros de sillería paralelos entre ellos. La separación de las vigas está cubierta por un conjunto de tableros de madera decorados que actúan como piezas de cierre.



*Ilustración 63: Despiece del alfarje. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.*

Las vigas de madera están apoyadas en una ménsula doble de madera que también se apoya en los muros de fachada. Los muros tienen aproximadamente 75 centímetros de espesor acabados con una hoja de fábrica de sillería por ambos lados y un alma de mortero de cal apagada y arena.

Como hemos mencionado, para cubrir la separación de las vigas se utilizan tableros de madera además de un conjunto de piezas que permiten sellar las diferentes uniones entre vigas y tableros. Estas piezas son el saetino y la cinta, también de madera.



*Ilustración 64: Despiece del alfarje. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.*

La cinta es una pieza rectangular que se coloca perpendicular a las tablas. Se utiliza para cubrir la junta que existe entre dos tablas consecutivas por la cara inferior del forjado, por tanto estará decorada ya que quedará totalmente vista.

Al colocar la cinta y apoyar sobre ella las tablas, se crea un espacio longitudinal entre la viga y la tabla que tendrá que ser cubierta con la otra pieza, el saetino.

Además, mencionar que debido a las dimensiones del Salón Dorado de la Lonja de València, hubo que añadir piezas al alfarje original para cubrir toda la superficie. Se añadieron dos vigas con sus correspondientes decorados. Dichas vigas añadidas ocupan las posiciones 2ª y 20ª contando desde el acceso hasta el fondo de la sala.

Para finalizar, se observa que durante la instalación del alfarje se añadieron una serie de perfiles metálicos que actúan en conjunto con la estructura de madera.

Las vigas de madera están reforzadas con dos UPN-180 atornillados en los extremos de cada viga y empotrados en los muros. Las ménsulas se complementan con un perfil T-100 que también queda empotrado en el muro.

Además, existe una estructura complementaria que sirve de soporte del suelo de madera de la segunda planta. Esta estructura está formada por 11 vigas metálicas IPN-260 empotradas en los muros, encima un conjunto de rastreles de madera perpendiculares a dichas vigas y sobre ellos se apoya el tablero de madera que sirve de suelo. Para unir el alfarje con el forjado superior existen unos tirantes metálicos que cuelgan de las vigas metálicas para abrazar las vigas de madera.



*Ilustración 65: Refuerzo metálico en vigas UPN-180.  
Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.*



*Ilustración 66: Refuerzos metálicos en ménsulas T-100.  
Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.*



*Ilustración 67: Estructura metálica complementaria.  
Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.*

## 5 El Modelo BIM.

Para el modelado BIM del Salón Dorado de la Lonja de València hemos optado por utilizar la herramienta Revit de la empresa Autodesk Inc. que ofrece una licencia gratuita de 36 meses para estudiantes. En concreto utilizamos la versión Revit 2014, la más actual en el momento de comenzar el proyecto.

En la actualidad, Revit es uno de los softwares más importantes y utilizados para hacer BIM, ya que presenta una estructura con tres programas en su interior: Revit Architecture, para realizar el modelo arquitectónico; Revit Structure, para realizar las estructuras del edificio; y Revit MEP, para diseñar las instalaciones del mismo. Además tiene a nuestra disposición un editor de familias que nos permite modificar y adecuar cualquier elemento concreto a nuestro proyecto.



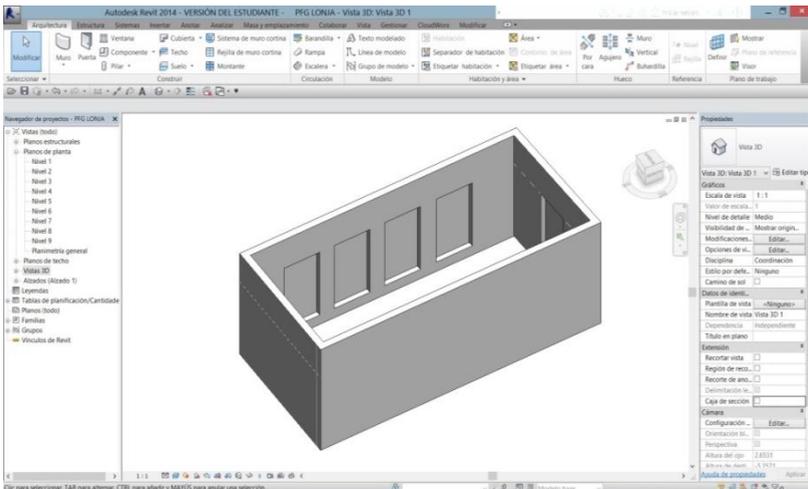
*Ilustración 68: Pantalla de carga de Autodesk Revit 2014. Fuente propia.*

Para el modelado de nuestro proyecto nos centraremos en la parte del modelo arquitectónico (Revit Architecture) y en el editor de familias, debido a la particularidad de algunas piezas del Salón Dorado de la Lonja de València.

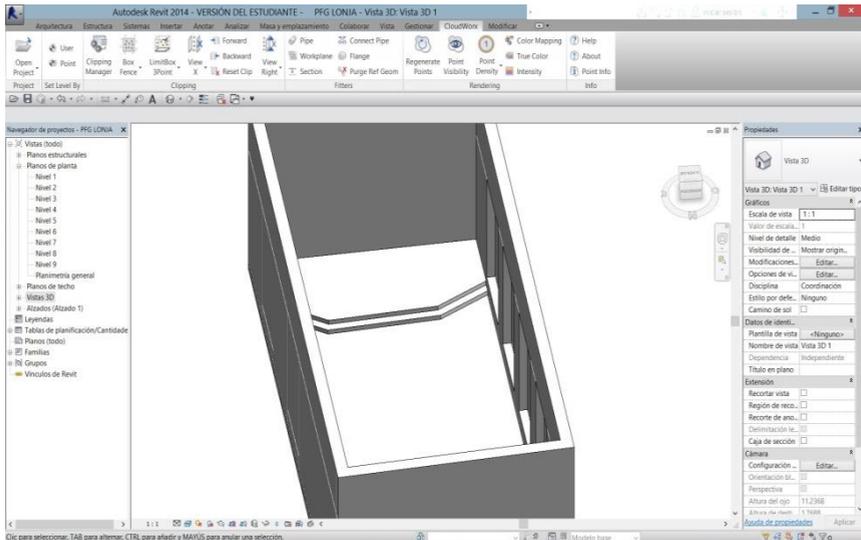
El modelado arquitectónico lo empezamos diseñando las piezas simples de forma básica, es decir, los elementos verticales los definimos como muros y los elementos horizontales como suelos, todos ellos sin definir sus características específicas. Para ello, utilizamos la nube de puntos como plantilla para obtener las dimensiones del Salón Dorado, así como las alturas de cada uno de los elementos. En las ilustraciones 69 y 70 se observan los elementos generales colocados en su posición y tamaño determinado.

Este modelado básico asociado al nivel de detalle LOD 100 nos permite entender las piezas principales sobre las que se sustenta la estructura del Salón Dorado de la Lonja de València, así como el volumen que forman.

Además, dicho modelado nos servirá como base para obtener y desarrollar los distintos elementos que forman dicho espacio.



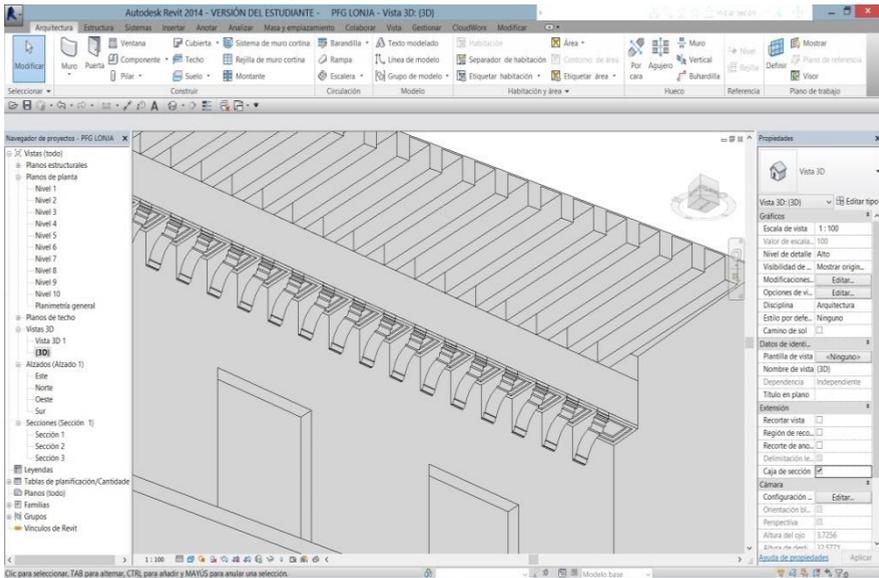
*Ilustración 69: Modelado básico de muros del Salón Dorado de la Lonja de València. Año 2015. Fuente propia.*



*Ilustración 70: Modelado básico de pavimentos del Salón Dorado de la Lonja de València. Año 2015. Fuente propia.*

Del mismo modo, una vez definidos los muros y los suelos, empezaremos con el modelado del alfarje del Salón Dorado. Para ello, utilizamos el mismo sistema; simplificamos al máximo el conjunto de piezas que forman dicha estructura y a partir de esta simplificación iremos desarrollando el modelo hasta llegar a definirlo por completo.

En la ilustración 71 observamos el proceso de desarrollo del alfarje. En este caso hemos definido las vigas y la pieza de cierre del entrevigado a partir de suelos básicos por defecto de diferentes espesores. Del mismo modo empezamos a observar que comenzamos a modelar las piezas singulares que forman la estructura de dicho alfarje. Ya aparecen las molduras inferiores y los plafones de cierre.



*Ilustración 71: Modelado básico del alfarje del Salón Dorado de la Lonja de València. Año 2015. Fuente propia.*

En este momento es cuando las familias y el editor de ellas adquieren mayor importancia, ya que nos permitirá modelar las piezas más características de Salón Dorado.

Las familias son clases de elementos en una categoría. Una familia agrupa elementos con un conjunto de parámetros comunes (propiedades), con una misma utilización y representación gráfica similar. Los distintos elementos de una familia tienen diferentes valores en algunas o todas sus propiedades, pero conservan el mismo conjunto de propiedades (sus nombres y significados). Cada familia contiene varios tipos. Un tipo puede ser un tamaño específico de una familia. Por ejemplo el caso de distintas dimensiones de ventana.

Dentro de las familias podemos encontrar diferentes tipos:

- Familias cargables: se pueden cargar en un proyecto y crear a partir de plantillas de familia.
- Familias de sistema: no se pueden cargar ni crear como archivos independientes, sino que es Revit el que predefine sus propiedades y su representación gráfica, aunque a partir de estos tipos predefinidos se pueden crear tipos nuevos. Por ejemplo: muros, cotas, techos, cubiertas, suelos y niveles.
- Familias in situ: definen elementos personalizados que el usuario crea en el contexto de un proyecto.

Por otra parte, el editor de familias nos permite crear y modificar las diferentes familias para adecuarlas e incluirlas en el proyecto.

Para crear una familia, en nuestro caso, abrimos una plantilla para modificarla y adecuarla con el editor. Según la familia que queremos crear elegiremos una plantilla u otra. Las plantillas incluyen varias vistas. El editor de familias tiene el mismo aspecto y uso en general que el entorno de proyecto de Revit, pero contiene herramientas distintas. Dichas herramientas son las que nos permiten crear diferentes tipos de familias. La disponibilidad de las herramientas depende del tipo de familia que se esté editando.

Con el editor de familias y a partir de la nube de puntos, que es la base de la cual partimos para modelar los distintos elementos del Salón Dorado de la Lonja, obtenemos los diferentes perfiles con los que podemos crear, a partir de un barrido de muro, las diferentes ménsulas que forman parte de la estructura del alfarje.

Con el siguiente conjunto de ilustraciones, de la ilustración 72 a la ilustración 75, observamos dicho proceso de modelado.

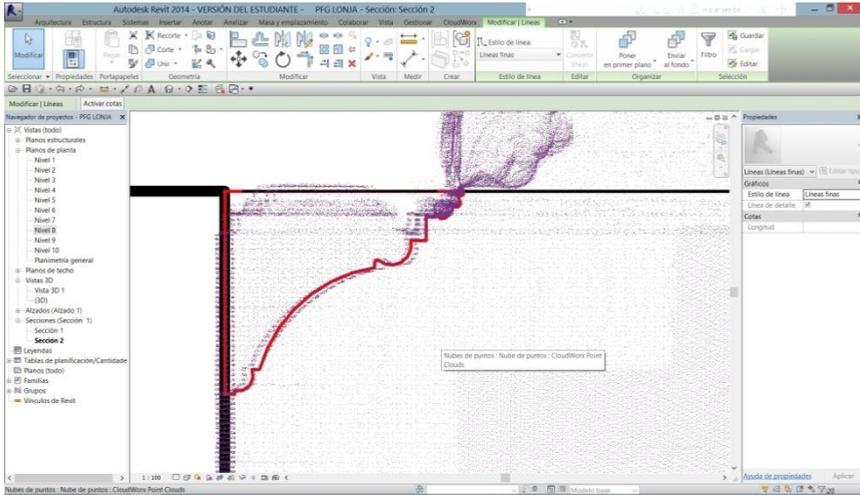


Ilustración 72: Obtención del perfil de la moldura. Año 2015. Fuente propia.

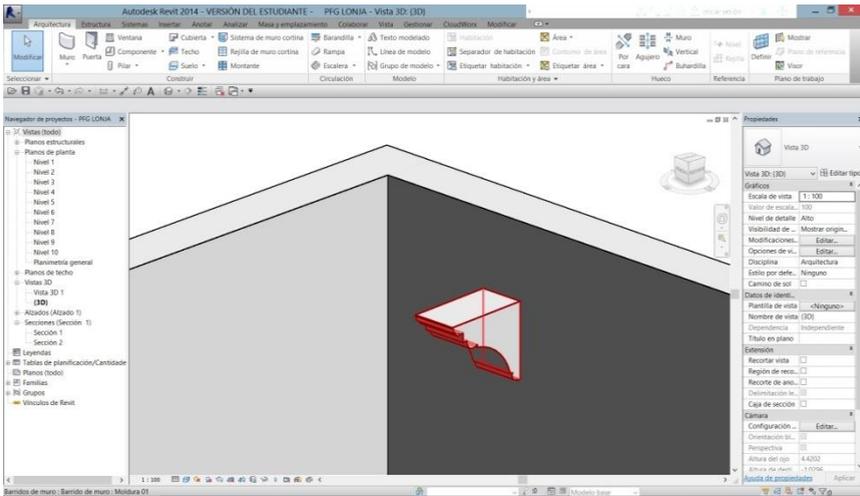


Ilustración 73: Modelado con barrido de muro. Año 2015. Fuente propia.

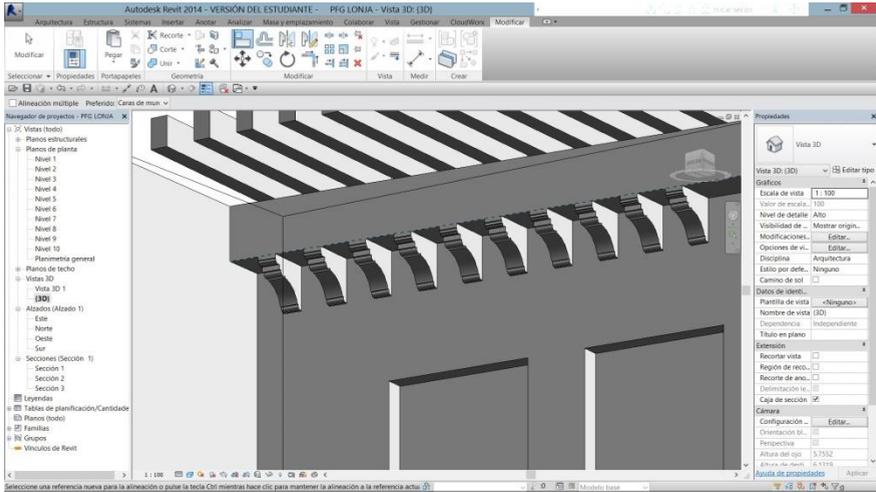


Ilustración 74: Ménsulas de escayola. Año 2015. Fuente propia.

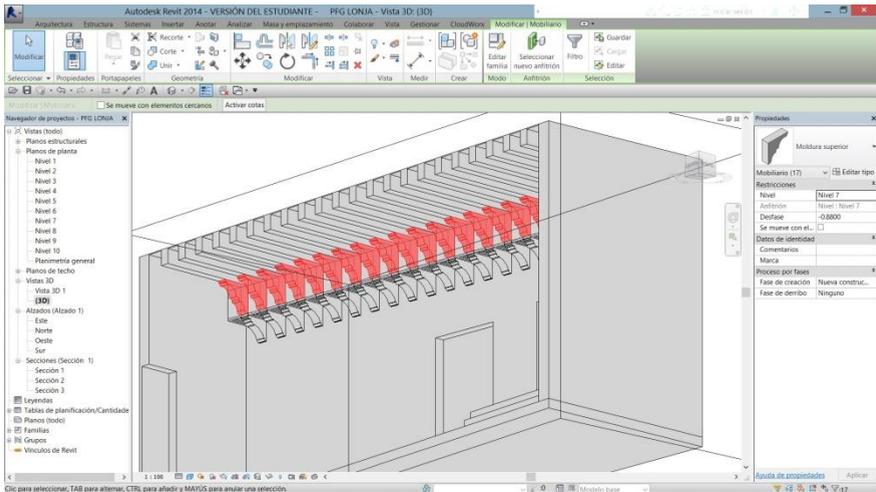


Ilustración 75: Doble ménsula del alfarje. Año 2015. Fuente propia.

Del mismo modo, utilizando el editor de familias, creamos las ventanas, las banquetas y la puerta.

En el caso de la puerta y las ventanas utilizamos como base las familias que incluye el programa por defecto.

El proceso a seguir para el modelado de las ventanas es el siguiente:

- Como hemos explicado anteriormente y como se muestra en la ilustración 76, mediante un proceso de CAD y basándonos en la nube de puntos, obtenemos las dimensiones y las molduras de las ventanas, así como cualquier elemento de decoración.

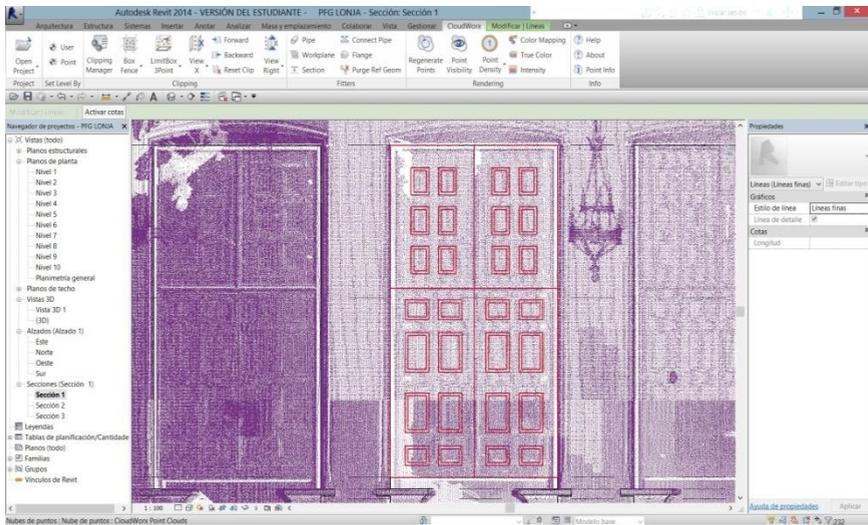
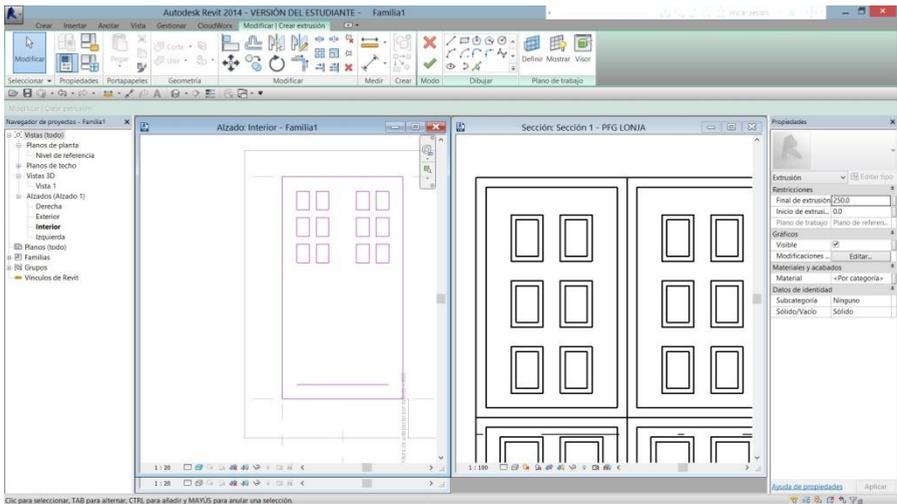


Ilustración 76: Forma y dimensiones de la ventana. Año 2015. Fuente propia.

- El siguiente paso que realizamos consiste en trasladar la información obtenida al editor de familias. Para ello abrimos la familia de ventanas por defecto que disponemos y a partir de forma obtenida anteriormente y que copiamos en dicha familia, le damos volumen a cada una de las piezas que forman las ventanas como se muestra en las siguientes ilustraciones.



*Ilustración 77: Proceso de copiado de información. Editor de familias a la izquierda y Revit Architecture a la derecha. Año 2015. Fuente propia.*

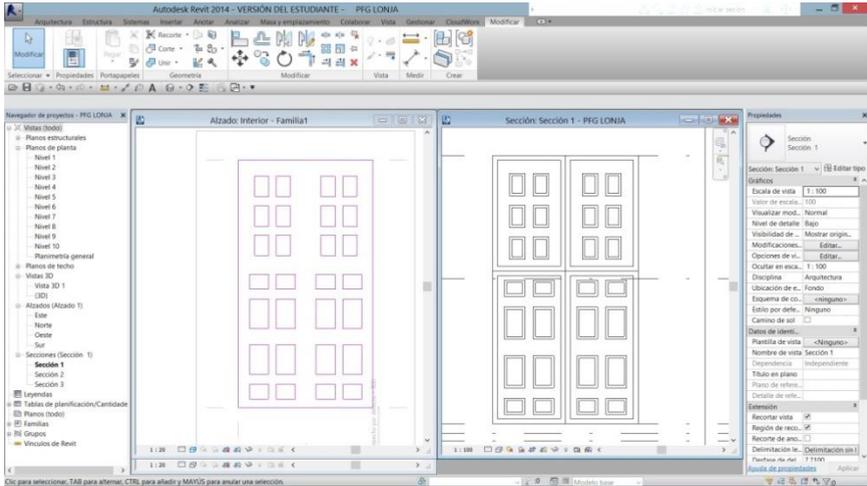


Ilustración 78: Modelado de ventanas con editor de familias. Fuente propia.

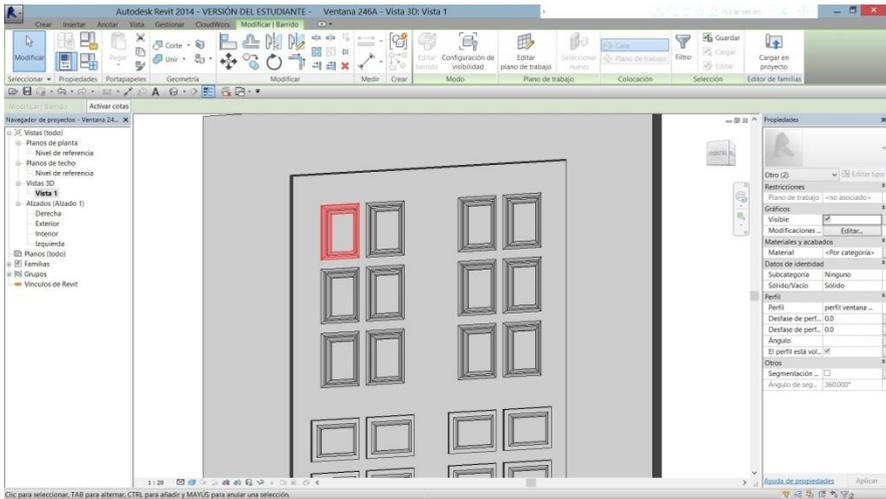


Ilustración 79: Modelando diferentes piezas de la ventana. Fuente propia.

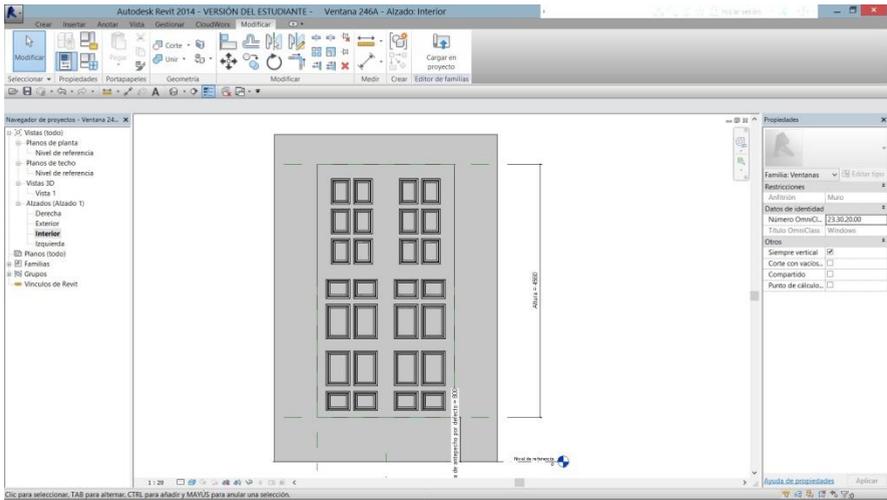


Ilustración 80: Ventana modelada con el editor de familias. Fuente propia.

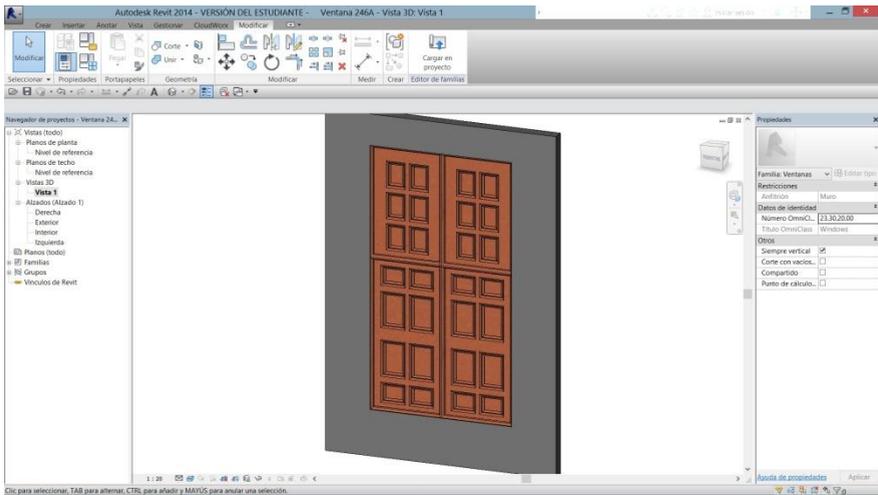


Ilustración 81: Añadiendo materiales a la ventana. Fuente propia.

- El último paso para terminar de modelar la ventana consiste en añadir los materiales al conjunto de elementos que forman la ventana como vemos en la ilustración 81.

Este mismo proceso lo utilizaremos para definir la puerta del Salón Dorado de la Lonja de València.

Una vez realizado el despiece y el modelado de los distintos elementos obtenemos un modelo tridimensional del Salón Dorado de la Lonja de València en el que podemos observar el alfarje totalmente definido, así como cada uno de los huecos que existen, como muestran las ilustraciones 82 y 83. Es por ello por lo que estaríamos hablando de un nivel de detalle LOD 200.

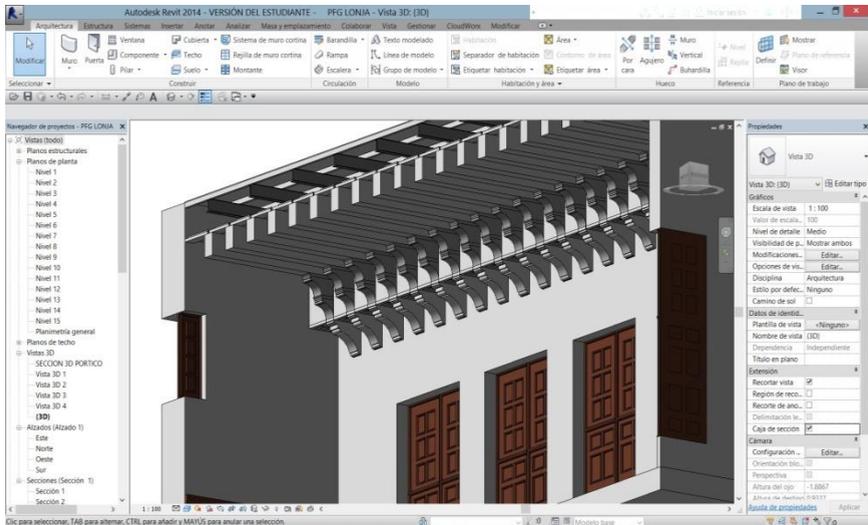
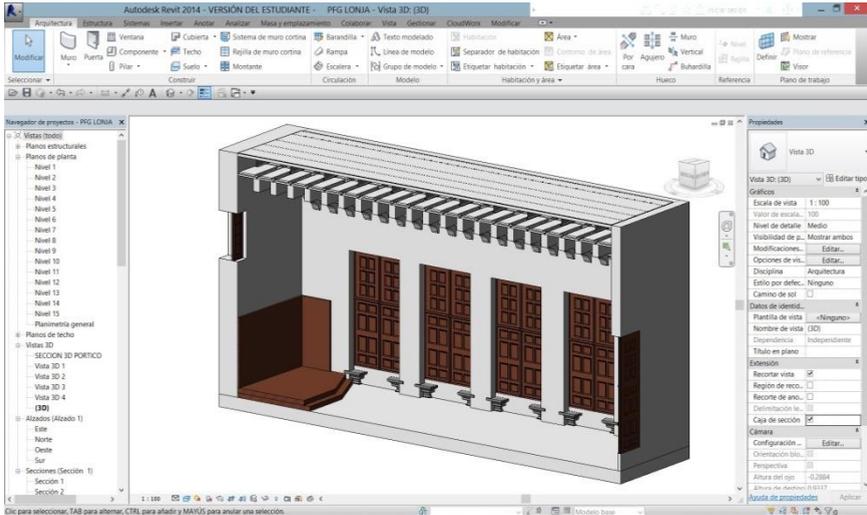


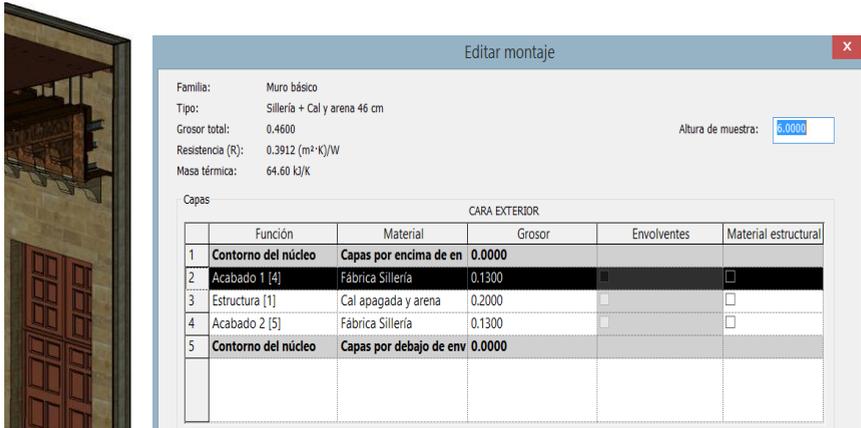
Ilustración 82: LOD 200 Salón Dorado de la Lonja de València, Revit 2014. Año 2015. Fuente propia.



*Ilustración 83: LOD 200 Salón Dorado de la Lonja de València 2, Revit 2014. Año 2015. Fuente propia.*

Hasta este momento en el modelo no definimos las capas de materiales, uniones entre elementos, acabados, etc. y es por ello por lo que una vez hemos llegado al LOD 200 empezamos a añadir dichas propiedades.

En este proceso de añadir materiales, empezamos por añadir a los muros y suelos tantas capas como tengan de su espesor determinado. Para ello, tenemos que editar la estructura del propio elemento. En el caso de los muros, por ejemplo y como observamos en la ilustración 84, pasamos de tener una capa del espesor total y sin ningún tipo de materiales a una estructura formada por tres capas. Una capa central formada por cal apagada y arena y dos capas exteriores que forman el acabado de fábrica de sillería.



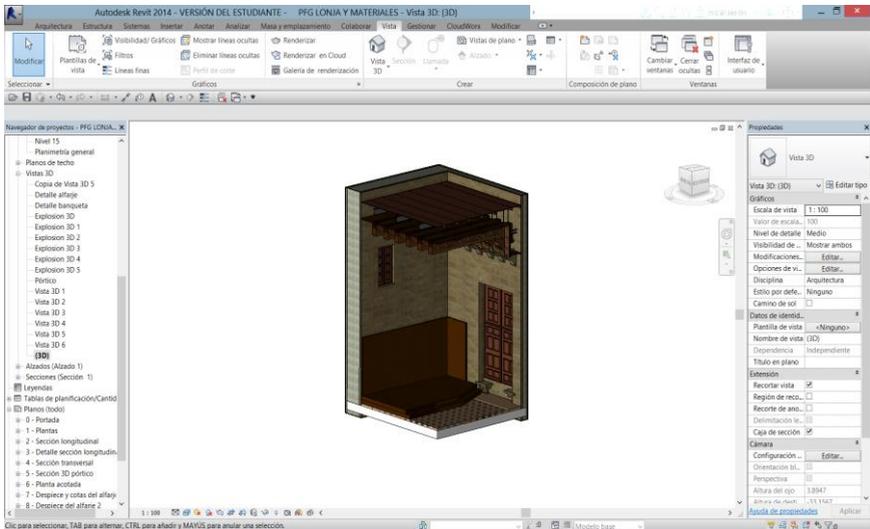
*Ilustración 84: Capas de materiales de un muro de la Lonja de València. Año 2015. Fuente propia.*

Para obtener una mayor realidad en los acabados, hemos obtenido a través de las imágenes capturadas por el escáner láser 3D y con la ayuda de un software de tratamiento de imágenes, un conjunto de texturas de los diferentes materiales que forman el Salón Dorado de la Lonja de València y que añadidas adecuadamente al material correspondiente nos garantizan dicha realidad. En la ilustración 85 observamos algunas de las texturas obtenidas.

De ese modo, obtenemos un modelo tridimensional próximo a un nivel de detalle LOD 300 en el que se han añadido las capas de materiales y sus espesores a todos los elementos del Salón Dorado de la Lonja de València. No llega a ser LOD 300 porque no se han añadido las características técnicas de los materiales ni sus cantidades.

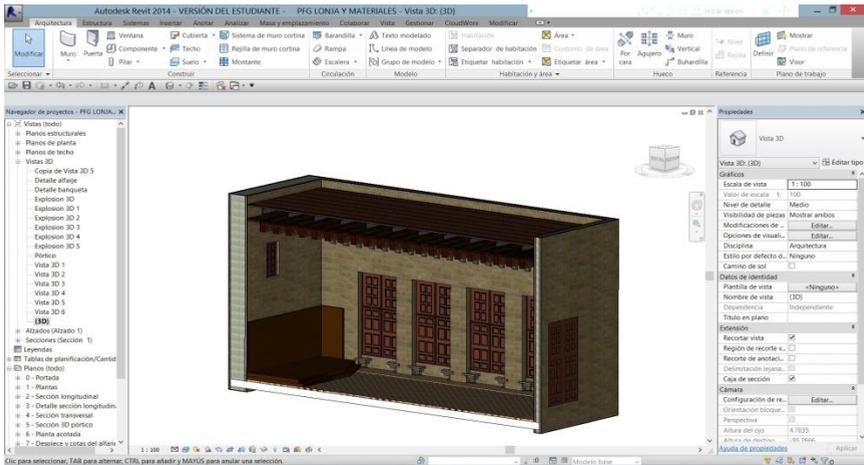


*Ilustración 85: Texturas obtenidas a través de las imágenes del escáner láser 3D y tratadas con Photoshop. Año 2015. Fuente propia.*



*Ilustración 86: LOD 300 Salón Dorado de la Lonja de València. Año 2015. Fuente propia.*

**No hay ninguna fuente en el documento actual.**

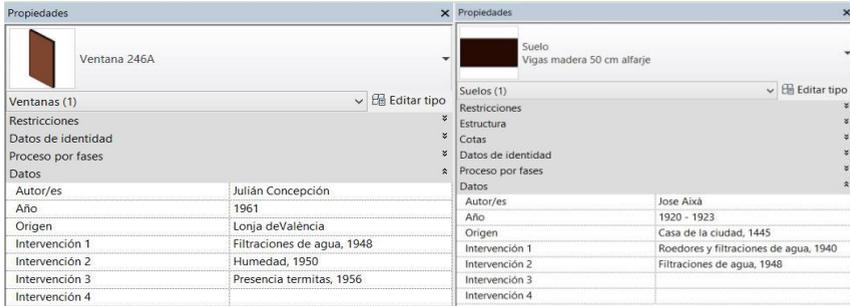


*Ilustración 87: LOD 300 Sección longitudinal. Año 2015. Fuente propia.*

A partir de este momento el espacio está modelado pero a punto para poder introducir en él toda la información que quisiéramos como por ejemplo, hemos creado un conjunto de propiedades a cada uno de los elementos para completar la base de datos que disponemos con el modelo BIM. Entre las propiedades añadidas destacar aquellas que nos permiten definir el autor de dicho elemento, el año en que se construyó, si se han realizado intervenciones y porqué, así como la precedencia del mismo.

De este modo, el modelo BIM creado nos serviría como base de datos para recoger en tiempo real toda la información del bien patrimonial, permitiéndonos así, catalogar y estructurar cada uno de los elementos que forman el espacio del Salón Dorado de la Lonja de València. Además de identificar cada elemento por su autor, época, origen, intervenciones realizadas, nos permitiría utilizar el modelo como base para que posibles futuras obras de intervención queden documentadas

y tengamos un registro y un testimonio por si alguna vez el bien patrimonial desaparece.



*Ilustración 88: A la izquierda, propiedades añadidas de las ventanas. A la derecha, propiedades añadidas del alfarje. Fuente propia.*

En la ilustración 88 observamos diferentes propiedades que hemos decidido añadir a la base de datos del software BIM para documentar los diferentes elementos del Salón Dorado hasta la fecha actual.

Además, del mismo modo, planteamos el diseño de una ficha de propiedades en la que podría quedar documentada toda la información que tenemos hasta la fecha actual, así como las futuras intervenciones que se realizarán.

Para obtener la ficha técnica de propiedades realizamos la exportación de una tabla de propiedades creada en el software BIM basándonos en las diferentes propiedades añadidas a cada elemento que forma el alfarje del Salón Dorado de la Lonja de València, permitiendo así, obtener directamente en formato Excel toda la información existente en la base de datos de la pieza deseada del alfarje.

Propiedades	
Suelo	Vigas madera 50 cm alfarje
Suelos (1)	 Editar tipo
Restricciones	⌵
Estructura	⌵
Cotas	⌵
Datos de identidad	⌵
Proceso por fases	⌵
Datos	⌶
Autor/es	Jose Aixà
Año	1920 - 1923
Origen	Casa de la ciudad, 1445
Intervención 1	Roedores y filtraciones de agua, 1940
Intervención 2	Filtraciones de agua, 1948
Intervención 3	
Intervención 4	

Ilustración 89: Propiedades añadidas al alfarje. Fuente propia

<ALFARJE Salón Dorado Lonja de València>						
A	B	C	D	E	F	G
Familia y tipo	Autores	Año	Intervención 1	Intervención 2	Intervención 3	Intervención 4
Suelo: Cinta decorada	Jose Aixà	1920 - 1923	Roedores y filtraciones de agua, 1940	Filtraciones de agua, 1948		
Suelo: Suelino	Jose Aixà	1920 - 1923	Roedores y filtraciones de agua, 1940	Filtraciones de agua, 1948		
Suelo: Tabla de madera decorada	Jose Aixà	1920 - 1923	Roedores y filtraciones de agua, 1940	Filtraciones de agua, 1948		
Suelo: Vigas madera 50 cm alfarje	Jose Aixà	1920 - 1923	Roedores y filtraciones de agua, 1940	Filtraciones de agua, 1948		
Suelo: Vigas madera 50 cm alfarje sin decorar	Jose Aixà	1920 - 1923	Roedores y filtraciones de agua, 1940	Filtraciones de agua, 1948		

Ilustración 90: Tabla de propiedades creada en el modelo BIM. Fuente propia.

SALÓN DORADO DE LA LONJA DE VALÈNCIA		
ELEMENTO A ESTUDIO	CONSTRUCCIÓN	
DESCRIPCIÓN Vigas estructurales de madera, horizontales y paralelas entre ellas, separadas una distancia fija y apoyadas sobre dos muros de sillería que forman parte del alfarje. 	UBICACIÓN	Alfarje del Salón Dorado de la Lonja de València
	AÑO CONSTRUCCIÓN	1920 - 1923
	ORIGEN	Casa de la ciudad, 1445
	AUTOR	Jose Aixà
	CARPINTERO	Teodoro Llorente /Juan Dordá
	PINTOR	

Ilustración 91: Tabla exportada a Excel. Completada con la descripción del elemento analizado. Fuente propia.

INTERVENCIONES			
INTERVENCIÓN 1		INTERVENCIÓN 2	
OBJETO DE LA INTERVENCIÓN	Eliminación de roedores	OBJETO DE LA INTERVENCIÓN	Filtraciones de agua
AUTOR	Vicente Valls	AUTOR	Vicente Valls
AÑO	1940	AÑO	1948
GRAVEDAD	Intermedia	GRAVEDAD	Grave
REPARACIÓN	Desratizar el desván y la cámara de aislamiento	REPARACIÓN	Dotar de estanqueidad y proteger de la presencia de agua procedente diferentes filtraciones.
FINANCIACIÓN		FINANCIACIÓN	
INTERVENCIÓN 3		INTERVENCIÓN 4	
OBJETO DE LA INTERVENCIÓN		OBJETO DE LA INTERVENCIÓN	
AUTOR		AUTOR	
AÑO		AÑO	
GRAVEDAD		GRAVEDAD	
REPARACIÓN		REPARACIÓN	
FINANCIACIÓN		FINANCIACIÓN	

*Ilustración 92: Ficha técnica de intervenciones. Fuente propia.*

INSPECCIONES			
INSPECCIÓN 1	TÉCNICO	Nº COLEGIADO	
	FECHA Y HORA	EDIFICIO Y ZONA INSPECCIONADA	
	PATOLOGÍAS		
	OBSERVACIONES		FIRMA
INSPECCIÓN 2	TÉCNICO	Nº COLEGIADO	
	FECHA Y HORA	EDIFICIO Y ZONA INSPECCIONADA	
	PATOLOGÍAS		
	OBSERVACIONES		FIRMA

*Ilustración 93: Ficha técnica para futuras inspecciones. Fuente propia.*

De este modo damos por concluido el presente TFG y abrimos la puerta a una posible continuación del mismo permitiendo así añadir más propiedades y características a la ficha planteada para que se permita realizar un seguimiento en tiempo real del estado de los distintos elementos que forman el Salón Dorado de la Lonja de València.

## Capítulo 5. Conclusiones.

Durante la redacción de este Trabajo Final de Grado se han conseguido los objetivos planteados al inicio del mismo.

En primer lugar, después de realizar el análisis teórico de la tecnología del escáner láser 3D y de compararlo con la metodología tradicional de toma de datos en lo que se refiere a edificios patrimoniales, se puede llegar a la conclusión de que ésta proporciona un conjunto interesante de ventajas. Estas ventajas se traducen en una mayor agilidad en la toma de datos, una necesidad nula de colocar elementos auxiliares que obliguen a cerrar el espacio temporalmente para realizar los trabajos y unos márgenes de errores casi nulos.

Dichas ventajas son debidas a que la toma de datos se basa en la utilización de un equipo que puede ser transportado y utilizado por un solo técnico, traduciéndose en una mayor agilidad y velocidad a la hora de obtener la información ya que de forma tradicional necesitaríamos de una serie de personas que colaborasen conjuntamente para obtener las diferentes mediciones necesarias.

Del mismo modo el utilizar un equipo de toma de datos como el escáner láser 3D nos permite obtener la información con unos errores casi inexistentes debido a la precisión del mismo mientras que si realizásemos la toma de datos de forma tradicional estaríamos expuestos a obtener unos resultados con unos márgenes de error mucho más elevados ya que se utilizarían elementos como cintas métricas, escuadras, niveles, etc. que junto con la percepción del ojo humano podría acarrear una acumulación de errores llegando así a obtener un resultado totalmente diferente del real.

Además, con una toma de datos tradicional hubiésemos necesitado elementos auxiliares como andamios, escaleras, etc., para poder llegar a los puntos más altos requiriendo cerrar el espacio al público y poniendo en riesgo el bien patrimonial si se produce algún accidente; por tanto, utilizando un escáner láser 3D nos evitamos el colocar dicha infraestructura reduciendo al máximo los peligros que conlleva dicha instalación y nos evitaríamos también cerrar un espacio de interés turístico como la Lonja de València, en nuestro caso. Todo esto es posible gracias al alcance del escáner láser 3D que nos permite obtener toda la información necesaria de los puntos más lejanos.

Como hemos mencionado, el tiempo es un factor muy importante, ya que para el patrimonio y el turismo y, en definitiva, para ciudades como València, tener dichos espacios patrimoniales cerrados podría acarrear repercusiones económicas negativas para el sector de la hostelería y el turismo. Con la toma de datos realizada con el escáner láser 3D, nos evitaríamos dicho problema y podríamos no tener que cerrar el bien patrimonial a las visitas o si fuese necesario hacerlo, sería muy poco tiempo comparándolo con otros métodos de toma de datos y es por ello, por lo que la tecnología del escáner láser 3D aporta tantas ventajas relacionadas con el tiempo.

Para concluir con las ventajas que presenta la tecnología del escáner láser 3D, mencionar que la nube de puntos que obtenemos en la toma de datos forma una base de datos geométrica que tendremos a nuestra disposición para consultar siempre que sea necesario. Esta nube de puntos podrá ser consultada por todos los agentes que intervienen en el proyecto sin necesidad que sea el propio usuario que realiza la toma de datos de campo el que realice la consulta, potenciando así, el trabajo colaborativo, característica importante de la metodología BIM.

Todas estas ventajas se han ratificado durante la toma de datos realizada durante la redacción de este TFG.

Por otra parte, tras realizar el análisis teórico de la metodología BIM, llegamos a la conclusión que supone un gran avance en el sector de la construcción, y que en unos años está llamada a sustituir a los diferentes métodos con los que se viene trabajando hasta este momento. Este hecho se debe a que en la metodología BIM se trabaja sobre un único archivo en el que colaboran todos los agentes intervinientes en el proceso, donde la información de este archivo es única y está actualizada en todo momento.

Tras haber estudiado ambas metodologías y analizando la interoperatividad que presentan entre ellas, podemos concluir diciendo que la interoperatividad previa al modelado BIM tiene la misma importancia que la posterior, ya que en este caso nos permite trasladar toda la información que obtenemos en la toma de datos a un modelo tridimensional que posteriormente podremos utilizar con todas las posibilidades y ventajas que nos ofrece el software BIM.

Para terminar con mi valoración personal, creo que la metodología BIM dominará en los próximos años el sector de la construcción y que por más tecnologías vayan surgiendo siempre se podrán adaptar para ser utilizadas en construcciones patrimoniales.

El presente TFG me ha permitido trabajar y aprender el funcionamiento del software BIM así como el del escáner láser 3D, permitiéndome adquirir las competencias que presentan dichas metodologías. Estas competencias serán reseñadas en mi currículum a partir de este momento.

Una vez terminada la carrera, sé que me espera un duro camino por recorrer pero lo voy afrontar con muchas ganas y fuerza para poder desarrollar las competencias adquiridas y seguir formándome en la metodología BIM.

## Capítulo 6. Referencias bibliográficas.

- (1) Bergin, Alexandra & Bergin, Michael. (2008). Architecture Research Lab. Enlace disponible: <http://www.architectureresearchlab.com>
- (2) De construmática. (Marzo de 2009). Revista online de arquitectura, ingeniería y construcción. Artículo “Del CAD al BIM: la profundidad del cambio”. Enlace disponible: <http://de.construmatica.com>
- (3) Autodesk. Modelado de información de edificios Revit.-El modelado de construcción paramétrico: la base de BIM. Enlace disponible: <http://images.autodesk.com>
- (4) Autodesk, México. (2014). México es espectacular. Entrega de proyectos integrados. Enlace disponible: <http://www.autodesk.mx>
- (5) Building design + construction. (Agosto de 2013).Level of Development: Will a new standard bring clarity to BIM model detail? Enlace disponible: <http://www.bdcnetwork.com>
- (6) BuildingSMART. (2012). IFC Workshop. Foro técnico anual. Que es IFC? Enlace disponible: <http://www.ifcworkshop.es>
- (7) The american institute of architects (AIA). (2012). Integrated Project Delivery. Enlace disponible: <http://www.aia.org>

- (8) Barrios Deluquez, Jair Eviel. (Septiembre de 2008). Apuntes de topografía. Enlace disponible: <https://es.scribd.com/doc/6046640>
- (9) Bouzas, Manuel. easyBIM. (Mayo de 2013). Abramos la caja de herramientas BIM (I y II), Enlace disponible: <http://manuelbouzas.wordpress.com>
- (10) Cerdán, Alberto. 32ª Reunión del GURV (Grupo de Usuarios Revit de València). (Julio de 2013). Leica-Geosystems. Escáner láser 3D. Enlace disponible: <http://vimeo.com/71813337>
- (11) 4M intelligent building design, España. (2013). Soluciones BIM. Que es BIM? Enlace disponible: <http://www.es.4mbim.com>
- (12) Dataedro. (2013). Acerca del BIM. Origen y definición de BIM. Enlace disponible: <http://www.dataedro.com>
- (13) Zaje, Sebastián (Autodesk). (Febrero de 2012). BIM en Expo Construcción y vivienda, 2012. BIM (Modelos de información para la construcción). Enlace disponible: <http://www.sonda-mcolatam.com/>
- (14) BIMforum americano. (Agosto de 2013). Level of development specification. Enlace disponible: <http://www.bimforum.org/>
- (15) García Gómez, Ismael; Fernández De Gorostiza, Miren; Mesanza Moraza, Amaia. (Diciembre de 2011). Escáner láser y nube de puntos. Un horizonte aplicado al análisis arqueológico de edificios. Enlace disponible: <http://arqarqt.revistas.csic.es/>

- (16) Paul F. Aubin. (2013). Renaissance Revit. Creating classical architecture with modern software. ISBN: 978-14-921-5092-3
- (17) Vandezande, James; Read, Phil; Krygiel, Eddy. (2013). Revit Architecture 2013. ISBN: 978-84-415-3354-7
- (18) Vandezande, James; Read, Phil; Krygiel, Eddy. (2014). Mastering Autodesk Revit Architecture 2014. ISBN: 978-1-118-52130-4
- (19) Autodesk. (Abril de 2010). Revit Architecture 2011. Manual del usuario.
- (20) Ramírez Blanco, Manuel J. “La Lonja de Valencia y su conjunto monumental, origen y desarrollo constructivo”. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de València, 2013 ISBN: 978-84-9048-045-8
- (21) Oliver Faubel, Inmaculada. “La carpintería de armar de la Lonja de València. Estudio tipológico”. Trabajo final de master. Universitat Politècnica de València, Noviembre de 2009.

## Capítulo 7. Índice de figuras.

<i>Ilustración 1 Nube de puntos Leica Geosystems S.L. Año 2014. Inmaculada Oliver.</i>	10
<i>Ilustración 2: Cartel Café con BIM. Año 2014. Inmaculada Oliver.</i>	12
<i>Ilustración 3: Propiedades tipo de la familia ventana simple. Año 2014. Fuente propia.</i>	20
<i>Ilustración 4: Relación paramétrica entre un muro de diferente ancho con una ventana tipo. Año 2014. Fuente propia.</i>	21
<i>Ilustración 5: Esquema tradicional (izquierda) y esquema coordinado (derecha) del flujo de trabajo. Autodesk.</i>	22
<i>Ilustración 6: Niveles de desarrollo (LOD). Año 2008. The American Institute of Architects - BIM contract document.</i>	24
<i>Ilustración 7: Herramientas BIM. Año 2013. Manuel Bouzas Cavada - easyBIM.</i>	26
<i>Ilustración 8: Interfaz Revit 2014. Formato IFC. Fuente propia.</i>	27
<i>Ilustración 9: Interoperatividad posterior al modelado. Fuente propia.</i>	28
<i>Ilustración 10: Primer escáner láser comerciable de Cyra S.L. Año 1999. www.Leica Geosystems S.L.-geosystems.es.</i>	30
<i>Ilustración 11: Evolución del escáner láser desde el año 1983 hasta el 2004. Leica Geosystems S.L.</i>	31
<i>Ilustración 12: Esquema funcionamiento escáner de triangulación. <a href="http://sabia.tic.udc.es">http://sabia.tic.udc.es</a></i>	32
<i>Ilustración 13: Esquema funcionamiento escáner de tiempo de vuelo. Fuente: <a href="http://www.pepperl-fuchs.es">http://www.pepperl-fuchs.es</a></i>	33
<i>Ilustración 14: Esquema de ángulos máximos del escáner láser 3D. Fuente: 3D RiskMapping. Teoría y práctica del escaneado láser terrestre.</i>	35
<i>Ilustración 15: Estacionamiento del escáner láser 3D en la Lonja de València. Fuente propia.</i>	37

*Ilustración 16: Elementos de referencia: dianas. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 38

*Ilustración 17: Trabajando la nube de puntos con el software específico (Cyclone). Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 39

*Ilustración 18: Escaneado puente metálico. <http://www.abreco.com.mx>* \_\_\_ 40

*Ilustración 19: Escaneado en movimiento de túneles. <http://www.grupoacre.com>* \_\_\_\_\_ 41

*Ilustración 20: Escaneado panorámico. <http://detopografia.blogspot.com>* \_ 41

*Ilustración 21: Escaneado torre alta tensión. Fuente: Catálogo Leica ScanStation C10* \_\_\_\_\_ 42

*Ilustración 22: Batimetría aérea. Año 2014. Lidar México.* \_\_\_\_\_ 43

*Ilustración 23: Modelado 3D de espacios y elementos basándose en la nube de puntos. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 45

*Ilustración 24: Aislar elementos específicos. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 45

*Ilustración 25: Imágenes tomadas con el escáner láser. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 46

*Ilustración 26: Nube de puntos. Interfaz Revit 2014. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 47

*Ilustración 27: Interoperatividad previa al modelado BIM. Fuente propia.* \_\_\_ 49

*Ilustración 28: Interfaz software específico Cyclone 8.1- Leica Geosystems S.L. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 49

*Ilustración 29: Interfaz del plug-in CloudWorx para Revit. Fuente propia.* \_\_\_ 50

*Ilustración 30: Placa conmemorativa de la colocación del alfarje en el Salón Dorado de la Lonja. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.* \_\_\_\_\_ 53

*Ilustración 31: Piezas añadidas sin dorar parte de las molduras. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.* \_\_\_\_\_ 54

*Ilustración 32: Seminario del escáner láser 3D. Año 2014. Fuente propia.* \_\_\_ 56

*Ilustración 33: Primer estacionamiento. Año 2014. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 59

*Ilustración 34: Segundo y tercer estacionamiento. Año 2014. Fuente propia.* \_ 60

*Ilustración 35: Posición de los estacionamientos y las dianas en planta. Año 2015. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 61

*Ilustración 36: Dianas con imán en el soporte. Año 2014. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 62

*Ilustración 37: Dianas colocadas en puntos estratégicos. Año 2014. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 62

<i>Ilustración 38: Técnico de Leica explicando cómo aplomar el escáner. Año 2014. Fuente propia.</i>	63
<i>Ilustración 39: Puerto USB del escáner láser 3D. Año 2014. Fuente propia.</i>	64
<i>Ilustración 40: Nube de puntos sin tratar del primer estacionamiento. Año 2015. Fuente propia.</i>	66
<i>Ilustración 41: Importando los datos del escaneado con el software Cyclone. Año 2015. Fuente propia.</i>	67
<i>Ilustración 42: Distribución y documentación disponible de la nube de puntos. Año 2015. Fuente propia.</i>	68
<i>Ilustración 43: Nube de puntos obtenida en el primer estacionamiento. Año 2015. Fuente propia.</i>	69
<i>Ilustración 44: Nube de puntos obtenida en el segundo estacionamiento. Año 2015. Fuente propia.</i>	70
<i>Ilustración 45: Nube de puntos obtenida en el tercer estacionamiento. Año 2015. Fuente propia.</i>	71
<i>Ilustración 46: Situación tridimensional de los estacionamientos acotados y las dianas utilizadas como referencia. Año 2015. Fuente propia.</i>	72
<i>Ilustración 47: Unión de la nube de puntos. Año 2015. Fuente propia.</i>	73
<i>Ilustración 48: Ruidos en la nube de puntos. Año 2015. Fuente propia.</i>	74
<i>Ilustración 49: Aislamiento de los ruidos existentes. Año 2015. Fuente propia.</i>	75
<i>Ilustración 50: Proceso de eliminación de los ruidos existentes. Año 2015. Fuente propia.</i>	76
<i>Ilustración 51: Ruidos eliminados de la nube de puntos. Fuente propia.</i>	77
<i>Ilustración 52: Sombras dejadas por los ruidos eliminados. Fuente propia.</i>	77
<i>Ilustración 53: Clasificación de las imágenes y muestra de una de ellas. Año 2015. Fuente propia.</i>	78
<i>Ilustración 54: Espacio tridimensional creado a partir de las imágenes tomadas con el escáner láser 3D. Año 2014. Fuente propia.</i>	79
<i>Ilustración 55: Corrección de las imágenes. Año 2014. Fuente propia.</i>	80
<i>Ilustración 56: Presencia de personas durante la toma de imágenes. Año 2014. Fuente propia</i>	80
<i>Ilustración 57: Acotando el muro exterior. Año 2015. Fuente propia.</i>	82

<i>Ilustración 58: Acotando la contrahuella de la tarima de madera. Año 2015. Fuente propia.</i>	83
<i>Ilustración 59: Obteniendo el perfil de una pieza decorativa. Fuente propia.</i>	83
<i>Ilustración 60: Acotando una ventana basándonos en la nube de puntos. Año 2015. Fuente propia.</i>	84
<i>Ilustración 61: Sección transversal del alfarje. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.</i>	85
<i>Ilustración 62: Despiece del alfarje. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.</i>	85
<i>Ilustración 63: Despiece del alfarje. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.</i>	86
<i>Ilustración 64: Despiece del alfarje. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.</i>	87
<i>Ilustración 65: Refuerzo metálico en vigas UPN-180. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.</i>	89
<i>Ilustración 66: Refuerzos metálicos en ménsulas T-100. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.</i>	89
<i>Ilustración 67: Estructura metálica complementaria. Año 2009. Inmaculada Oliver Faubel.</i>	89
<i>Ilustración 68: Pantalla de carga de Autodesk Revit 2014. Fuente propia.</i>	90
<i>Ilustración 69: Modelado básico de muros del Salón Dorado de la Lonja de València. Año 2015. Fuente propia.</i>	91
<i>Ilustración 70: Modelado básico de pavimentos del Salón Dorado de la Lonja de València. Año 2015. Fuente propia.</i>	92
<i>Ilustración 71: Modelado básico del alfarje del Salón Dorado de la Lonja de València. Año 2015. Fuente propia.</i>	93
<i>Ilustración 72: Obtención del perfil de la moldura. Año 2015. Fuente propia.</i>	95
<i>Ilustración 73: Modelado con barrido de muro. Año 2015. Fuente propia.</i>	95
<i>Ilustración 74: Ménsulas de escayola. Año 2015. Fuente propia.</i>	96
<i>Ilustración 75: Doble ménsula del alfarje. Año 2015. Fuente propia.</i>	96
<i>Ilustración 76: Forma y dimensiones de la ventana. Año 2015. Fuente propia.</i>	97
<i>Ilustración 77: Proceso de copiado de información. Editor de familias a la izquierda y Revit Architecture a la derecha. Año 2015. Fuente propia.</i>	98
<i>Ilustración 78: Modelado de ventanas con editor de familias. Fuente propia.</i>	99
<i>Ilustración 79: Modelando diferentes piezas de la ventana. Fuente propia.</i>	99

*Ilustración 80: Ventana modelada con el editor de familias. Fuente propia.* \_ 100  
*Ilustración 81: Añadiendo materiales a la ventana. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 100  
*Ilustración 82: LOD 200 Salón Dorado de la Lonja de València, Revit 2014. Año 2015. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 101  
*Ilustración 83: LOD 200 Salón Dorado de la Lonja de València 2, Revit 2014. Año 2015. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 102  
*Ilustración 84: Capas de materiales de un muro de la Lonja de València. Año 2015. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 103  
*Ilustración 85: Texturas obtenidas a través de las imágenes del escáner láser 3D y tratadas con Photoshop. Año 2015. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 104  
*Ilustración 86: LOD 300 Salón Dorado de la Lonja de València. Año 2015. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 104  
*Ilustración 87: LOD 300 Sección longitudinal. Año 2015. Fuente propia.* \_\_\_\_ 105  
*Ilustración 88: A la izquierda, propiedades añadidas de las ventanas. A la derecha, propiedades añadidas del alfarje. Fuente propia.* \_\_\_\_\_ 106

# Anexo I – Planos adjuntos

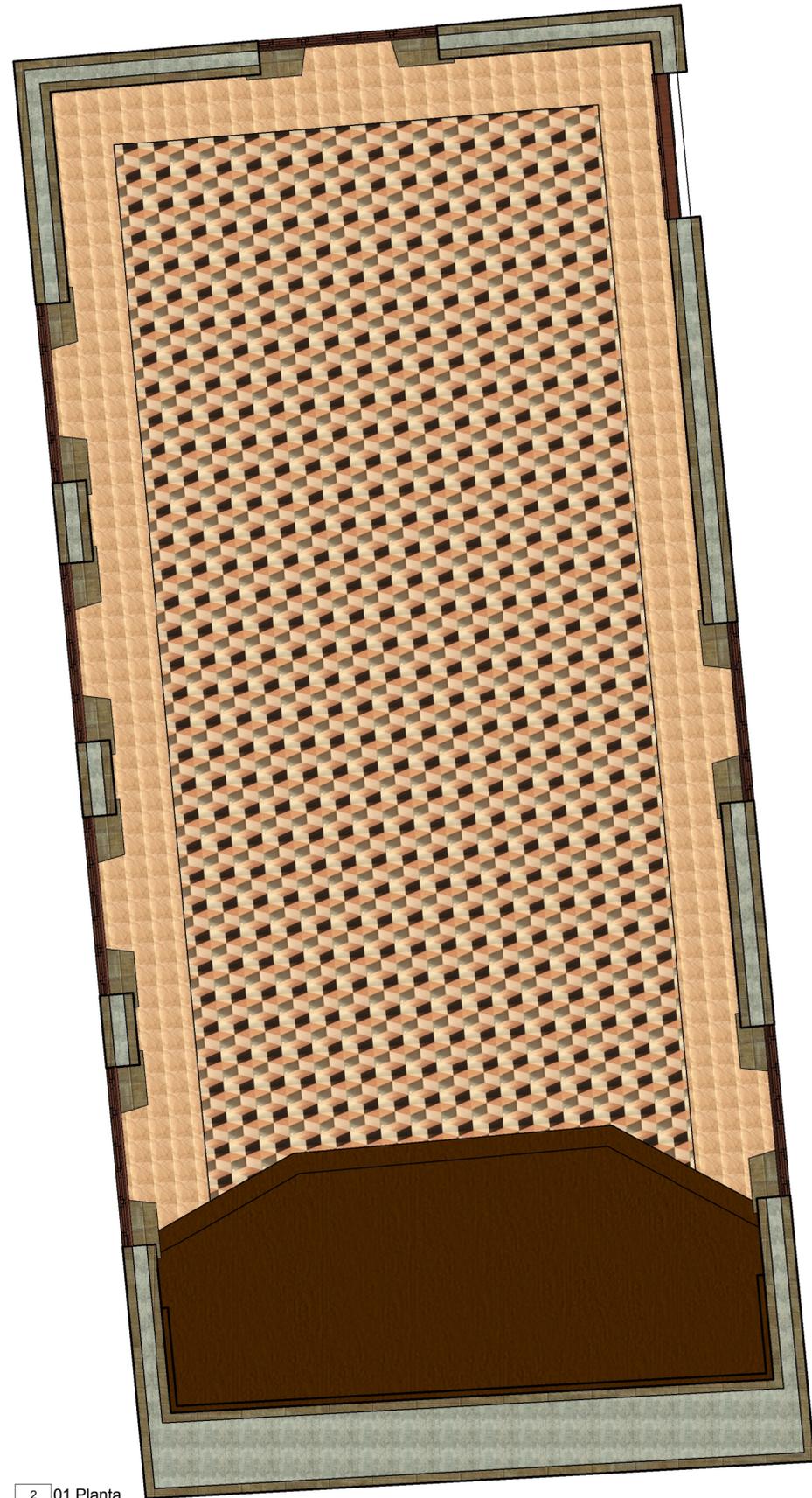
# La Lonja de València: el Salón Dorado.



ÍNDICE	
Nº	NOMBRE
1	Plantas
2	Sección longitudinal
3	Detalle sección longitudinal
4	Sección transversal
5	Sección 3D pórtico
6	Planta acotada
7	Despiece y cotas del alfarje
8	Despiece del alfarje 2
9	Sección transversal acotada
10	Vistas interiores
11	Explosión 3D

**Autor: Pons Carrasco, Alejandro.**

**Tutor: Oliver Faubel, Inmaculada.**

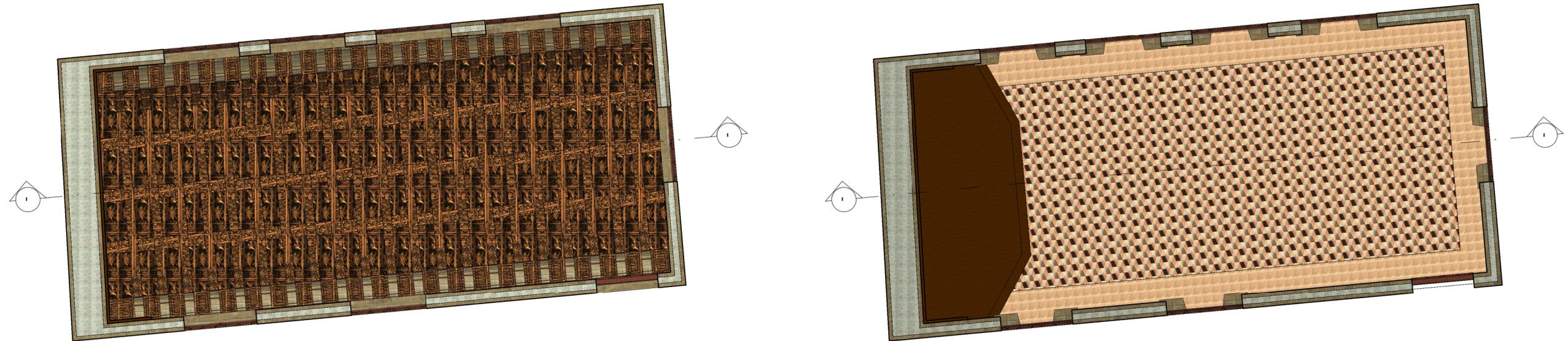


2 01 Planta  
1 1:60



1 02 Planta Cenital  
1 1:60

El Salón Dorado de la Lonja de València		
PLANO	Plantas	
AUTOR	Pons Carrasco, Alejandro	02/06/15
TUTOR	Oliver Faubel, Inmaculada	ESCALA 1 : 60
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN



Propiedades

Ventana 246A

Ventanas (1) Editar tipo

Restricciones

Datos de identidad

Proceso por fases

Datos

Autor/es	Julián Concepción
Año	1961
Origen	Lonja deValència
Intervención 1	Filtraciones de agua, 1948
Intervención 2	Humedad, 1950
Intervención 3	Presencia termitas, 1956
Intervención 4	

Propiedades

Muro básico  
Estrado madera

Muros (1) Editar tipo

Restricciones

Estructura

Cotas

Datos de identidad

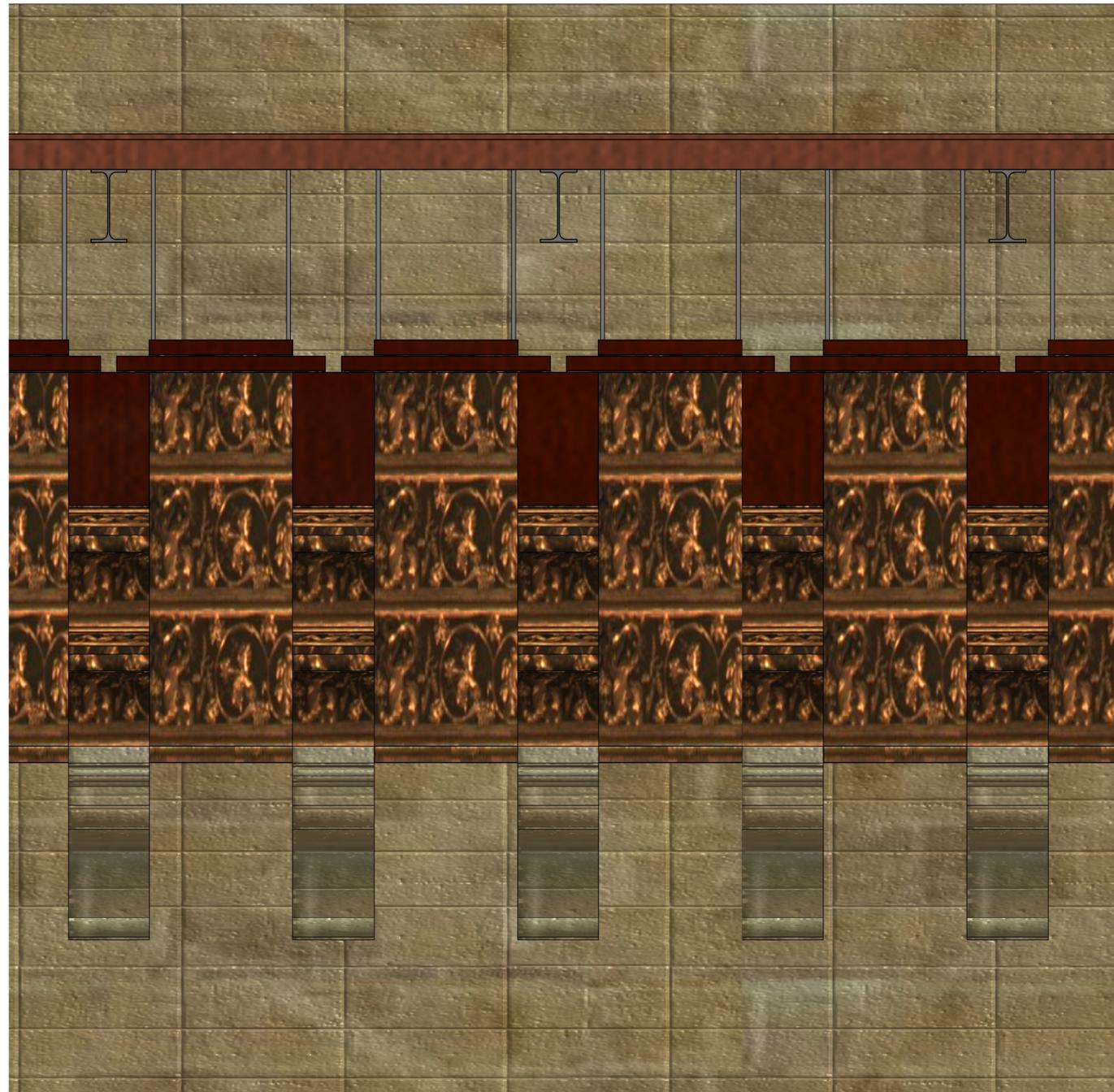
Proceso por fases

Datos

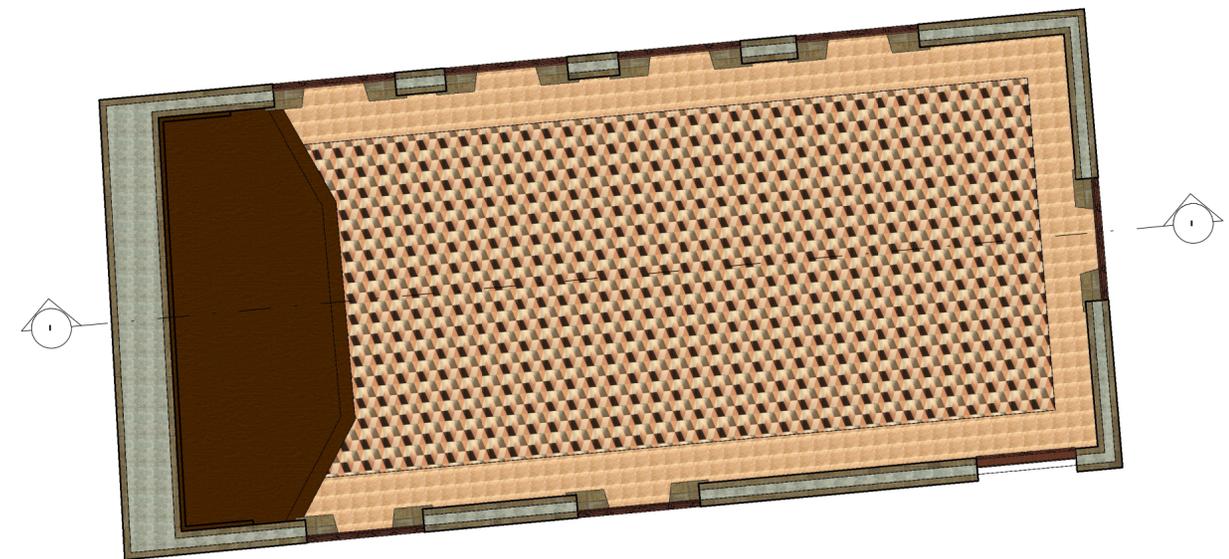
Autor/es	
Año	1924
Origen	Sala daurada Antigua Casa Consistorial
Intervención 1	Daños por roedores, 1928
Intervención 2	
Intervención 3	
Intervención 4	

1 01 Sección longitudinal  
2 1:50

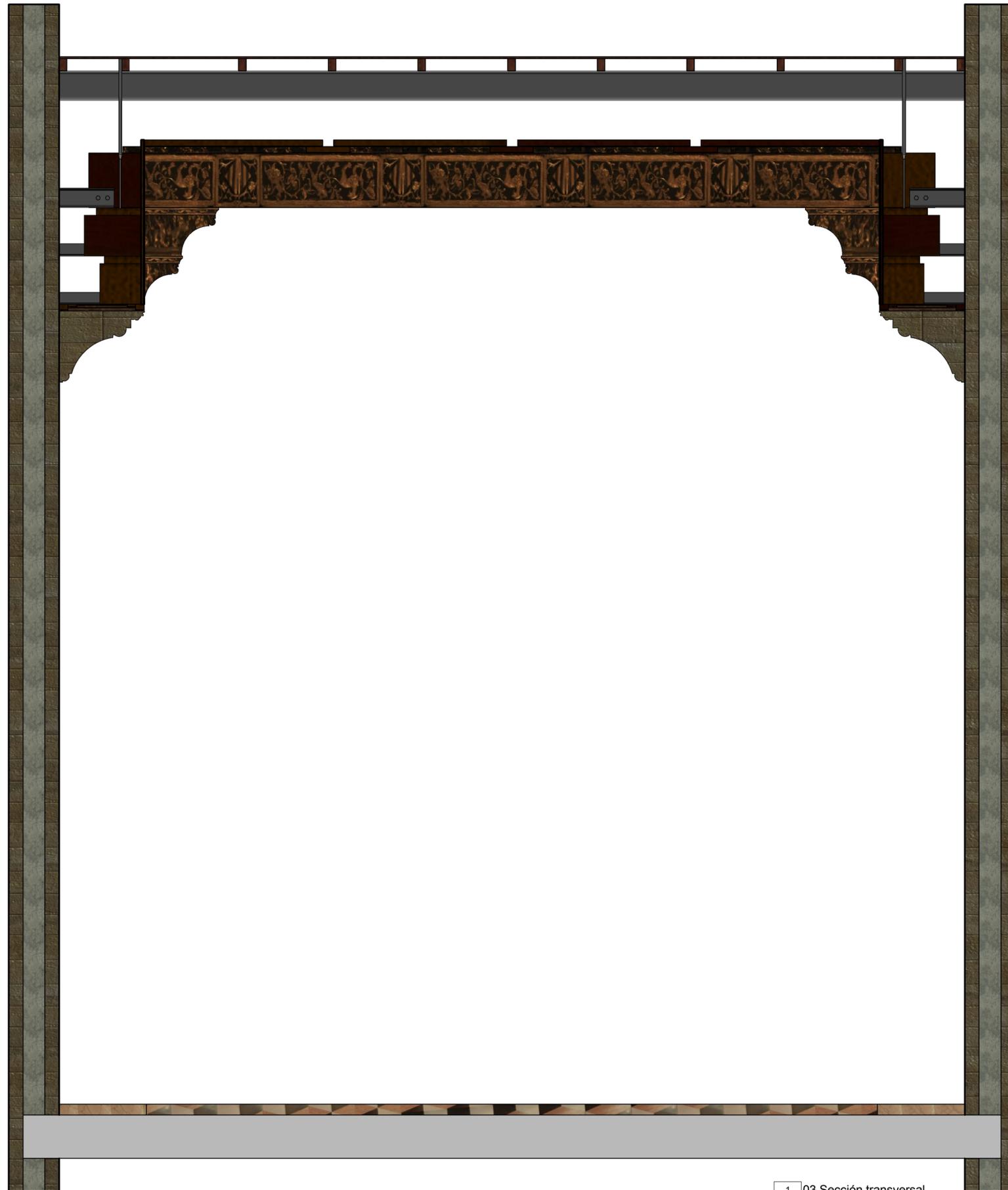
El Salón Dorado de la Lonja de València		
PLANO	Sección longitudinal	
AUTOR	Pons Carrasco, Alejandro	02/10/15
TUTOR	Oliver Faubel, Inmaculada	ESCALA Como se indica



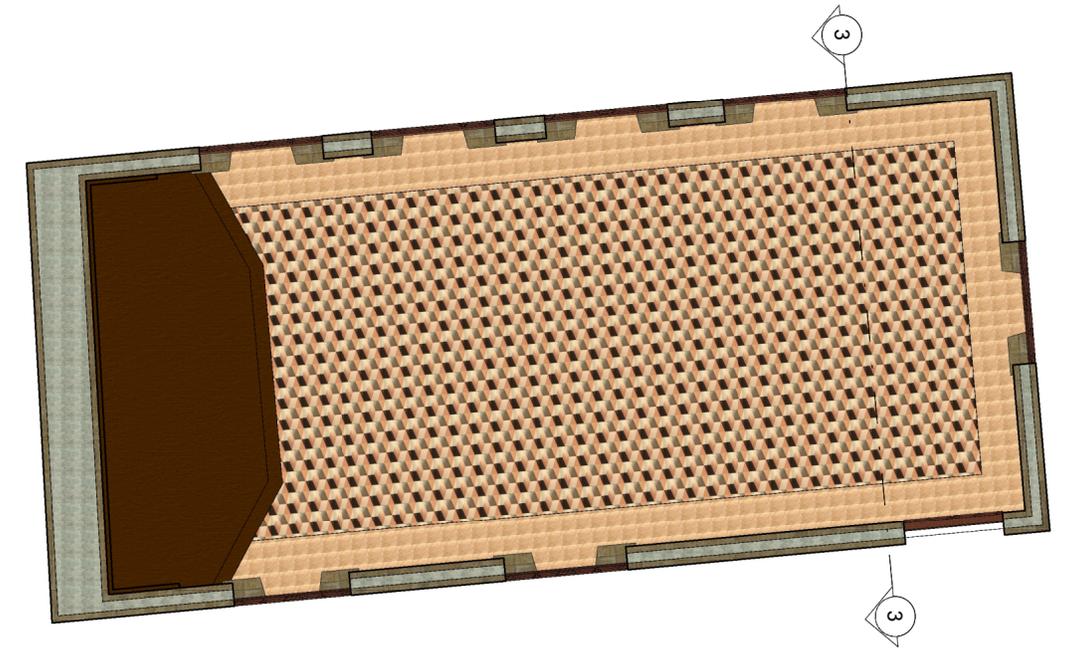
2 02 Detalle  
3 1:15



El Salón Dorado de la Lonja de València		
PLANO	Detalle sección longitudinal	
AUTOR	Pons Carrasco, Alejandro	02/10/15
TUTOR	Oliver Faubel, Inmaculada	ESCALA Como se indica
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN



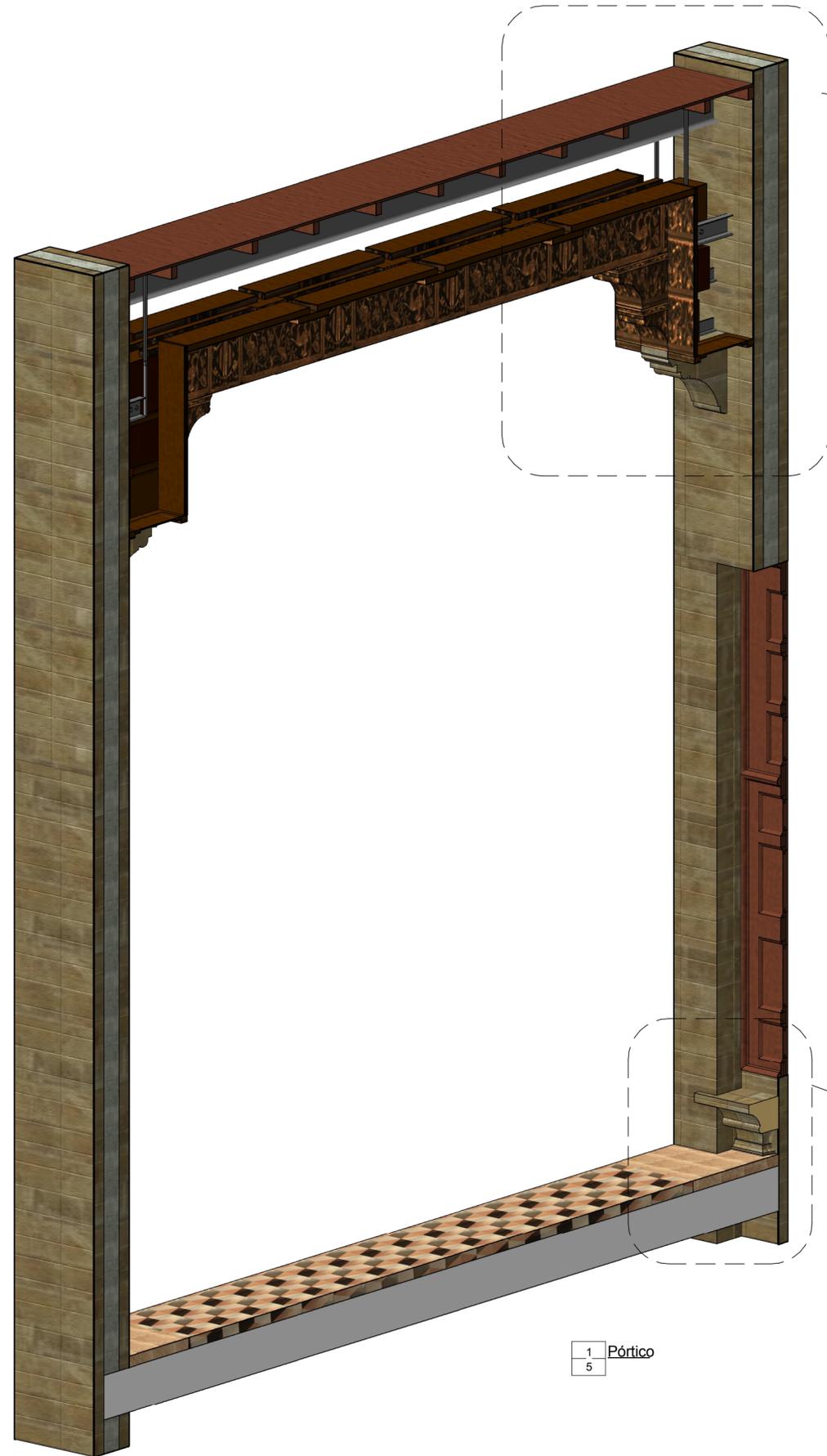
1 03 Sección transversal  
4 1 : 30



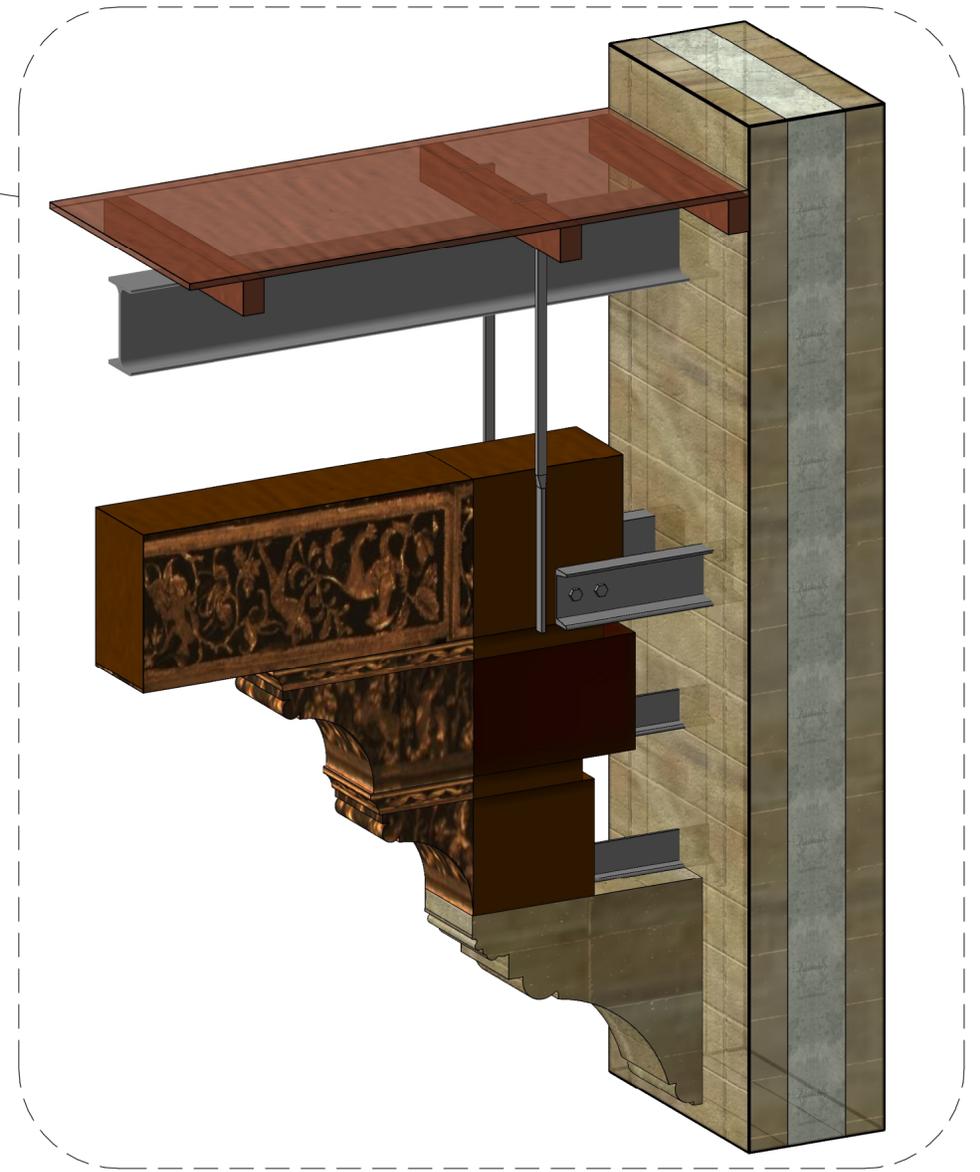
Propiedades	
Suelo	Vigas madera 50 cm alfarje
Suelos (1)	Editar tipo
Restricciones	
Estructura	
Cotas	
Datos de identidad	
Proceso por fases	
Datos	
Autor/es	Jose Aixà
Año	1920 - 1923
Origen	Casa de la ciudad, 1445
Intervención 1	Roedores y filtraciones de agua, 1940
Intervención 2	Filtraciones de agua, 1948
Intervención 3	
Intervención 4	

Propiedades	
Muro básico	Sillería + Cal y arena 46 cm
Muros (1)	Editar tipo
Restricciones	
Estructura	
Cotas	
Datos de identidad	
Proceso por fases	
Datos	
Autor/es	Pere Compte
Año	1548
Origen	Lonja de València
Intervención 1	Restauración sillares, 1957
Intervención 2	
Intervención 3	
Intervención 4	

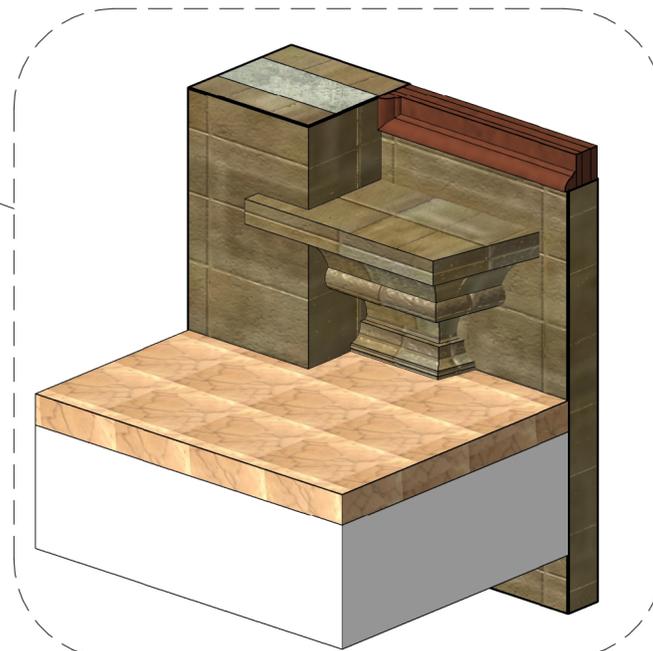
El Salón Dorado de la Lonja de València		
PLANO	Sección transversal	
AUTOR	Pons Carrasco, Alejandro	02/10/15
TUTOR	Oliver Faubel, Inmaculada	ESCALA Como se indica
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN



1 Pórtico  
5

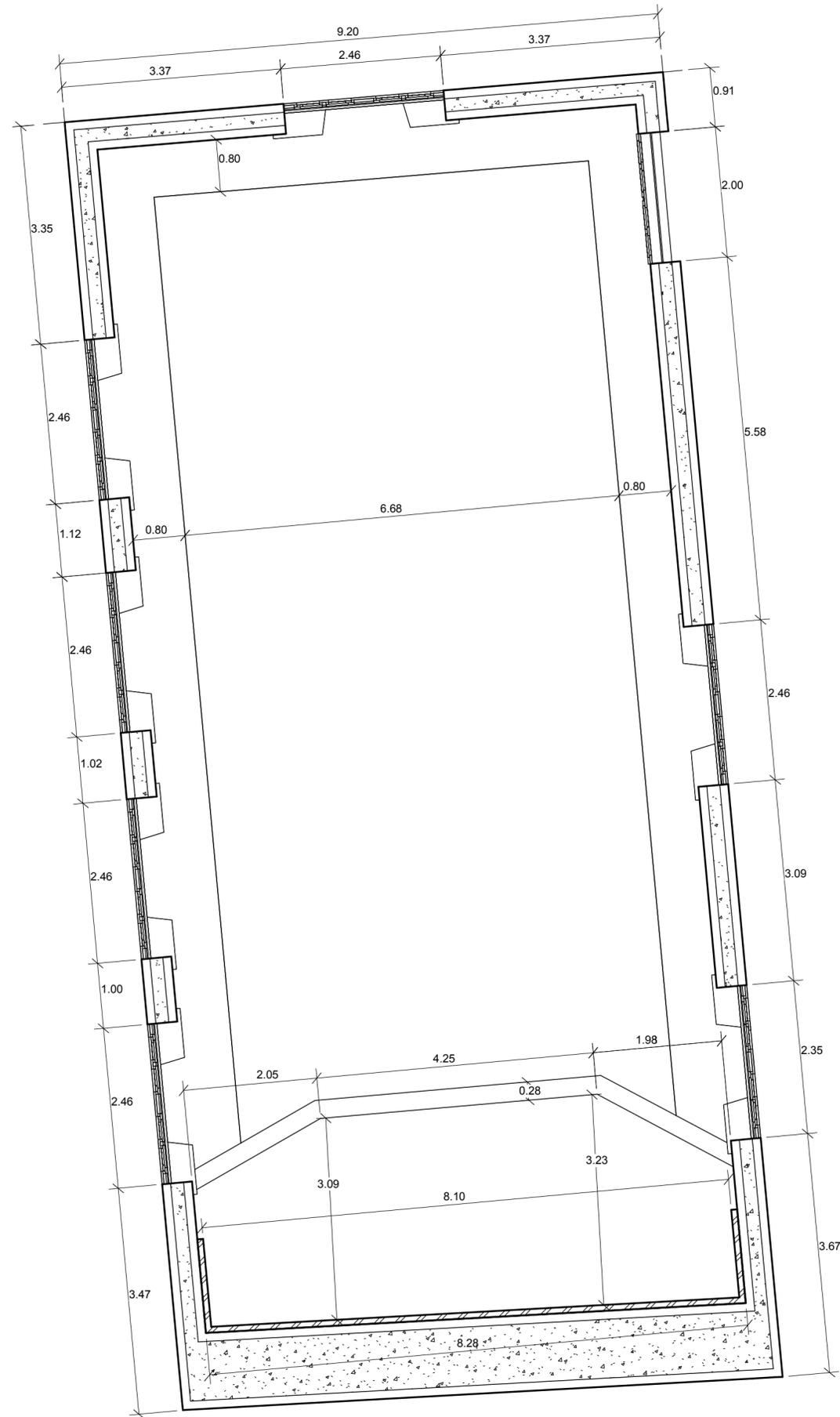


3 Detalle alfarje  
5



2 Detalle banqueta  
5

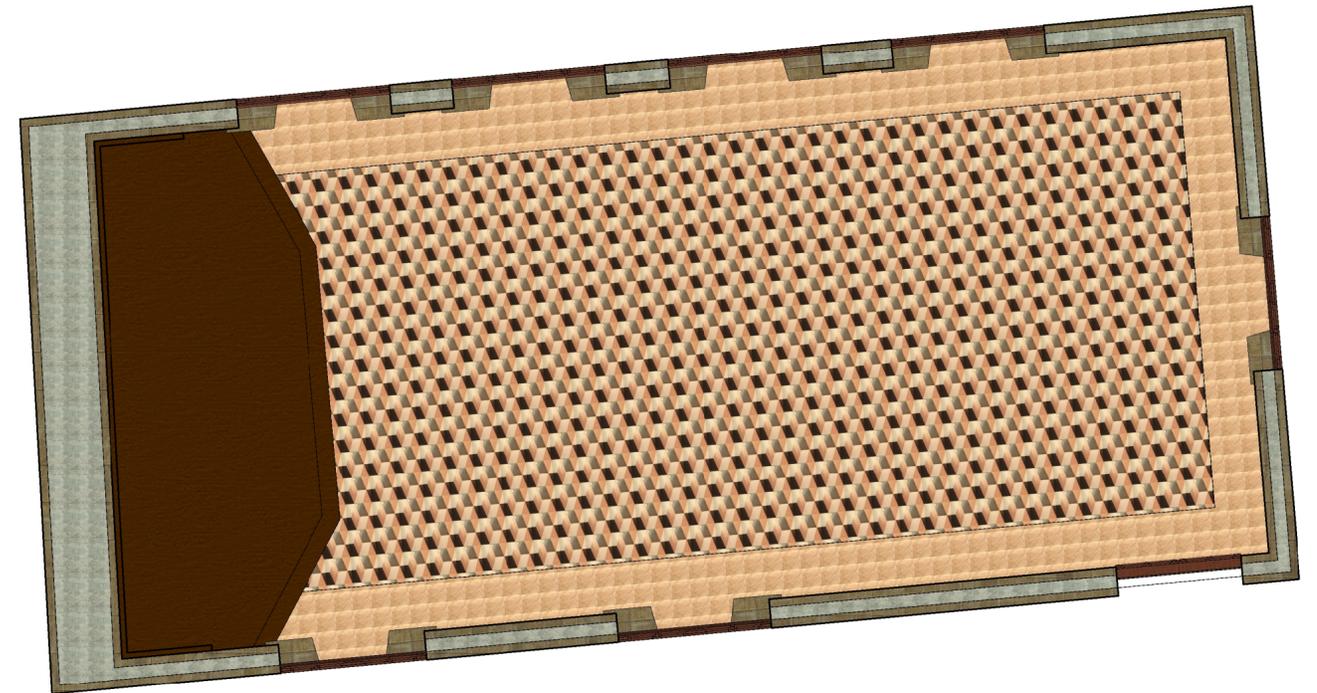
El Salón Dorado de la Lonja de València		
PLANO	Sección 3D pórtico	
AUTOR	Pons Carrasco, Alejandro	02/04/15
TUTOR	Oliver Faubel, Inmaculada	ESCALA
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN



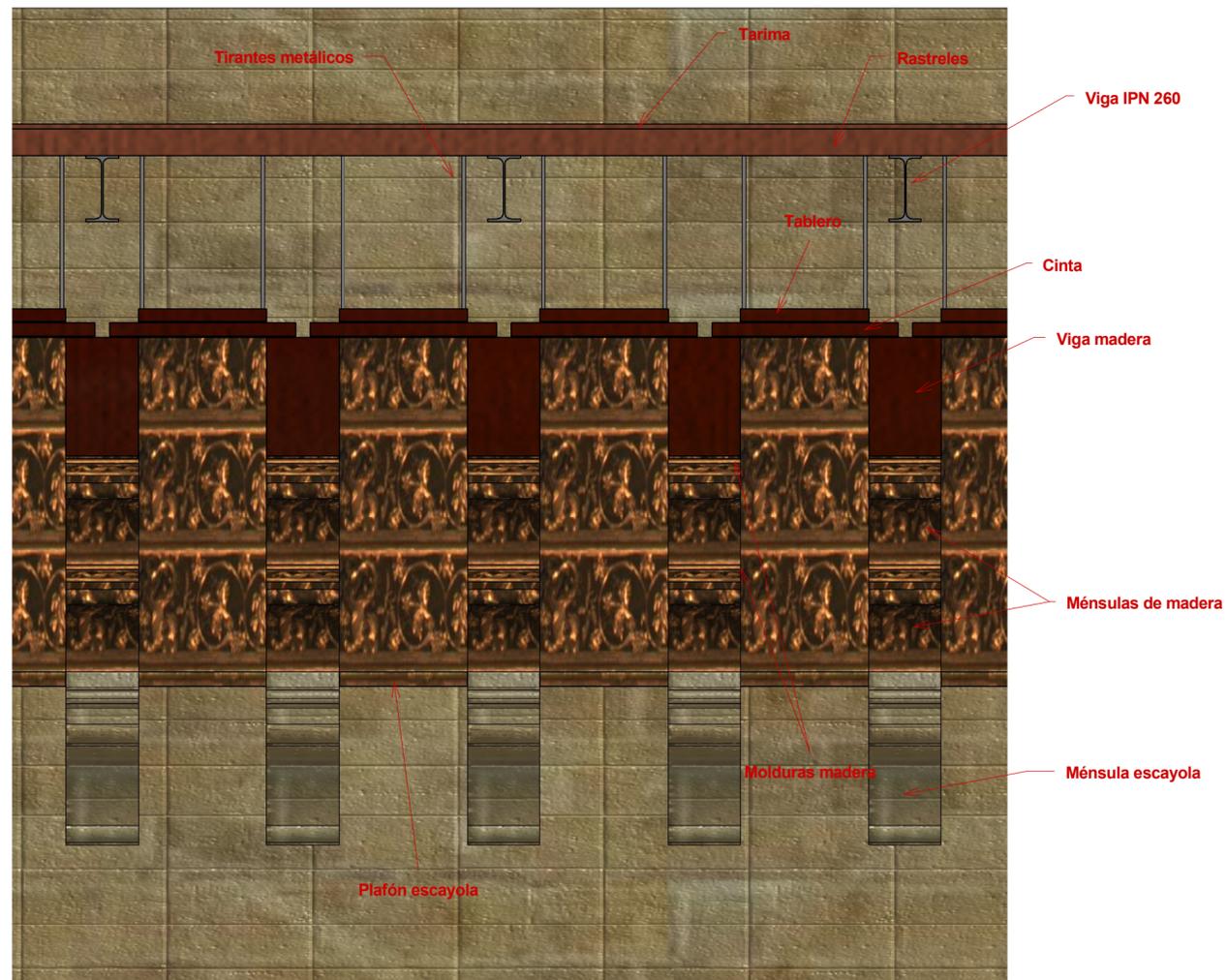
1 01.1 Planta acotada  
6 1:60



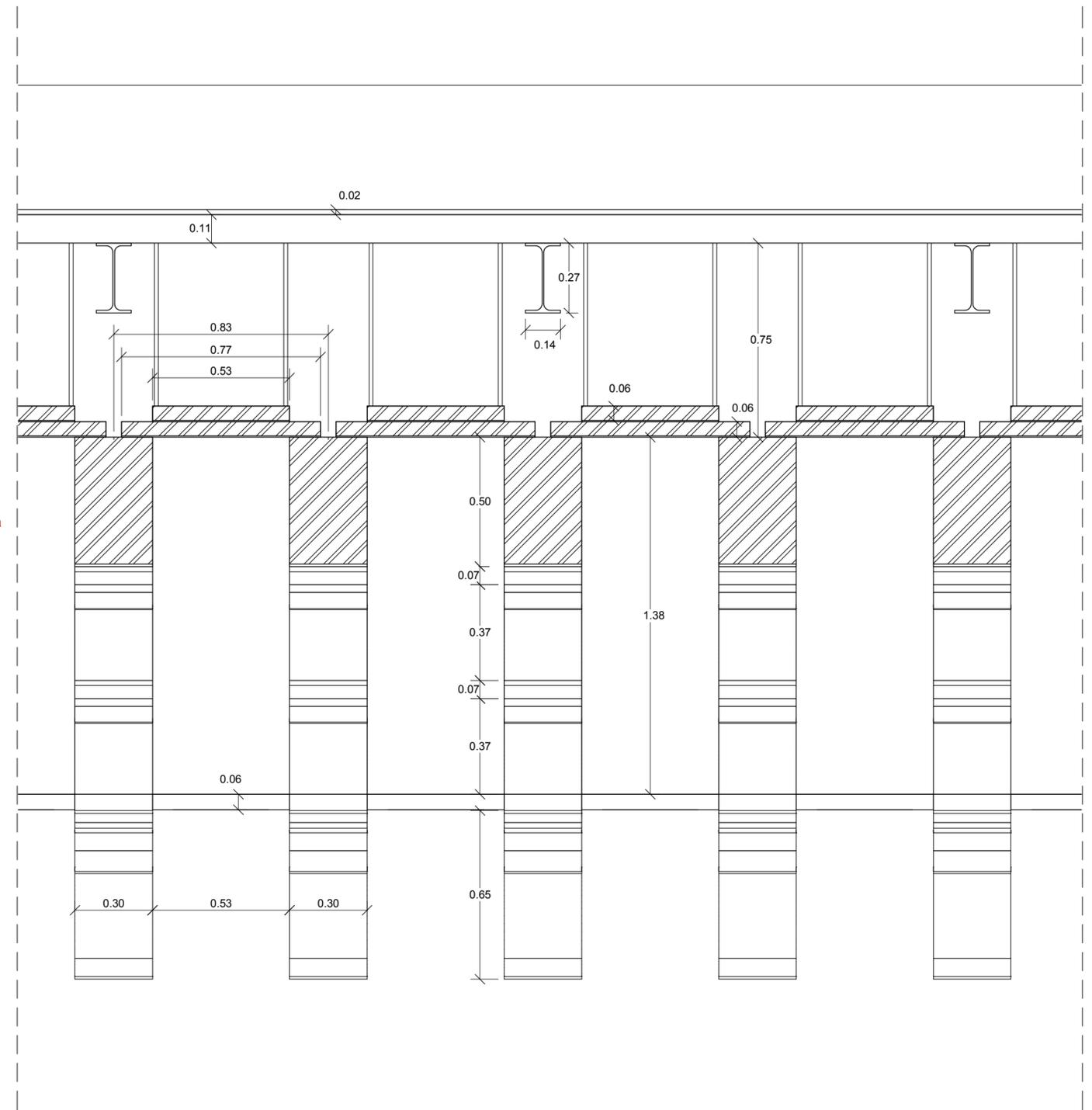
1.40 - Nivel 10



El Salón Dorado de la Lonja de València		
PLANO	Planta acotada	
AUTOR	Pons Carrasco, Alejandro	02/18/15
TUTOR	Oliver Faubel, Inmaculada	ESCALA Como se indica
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

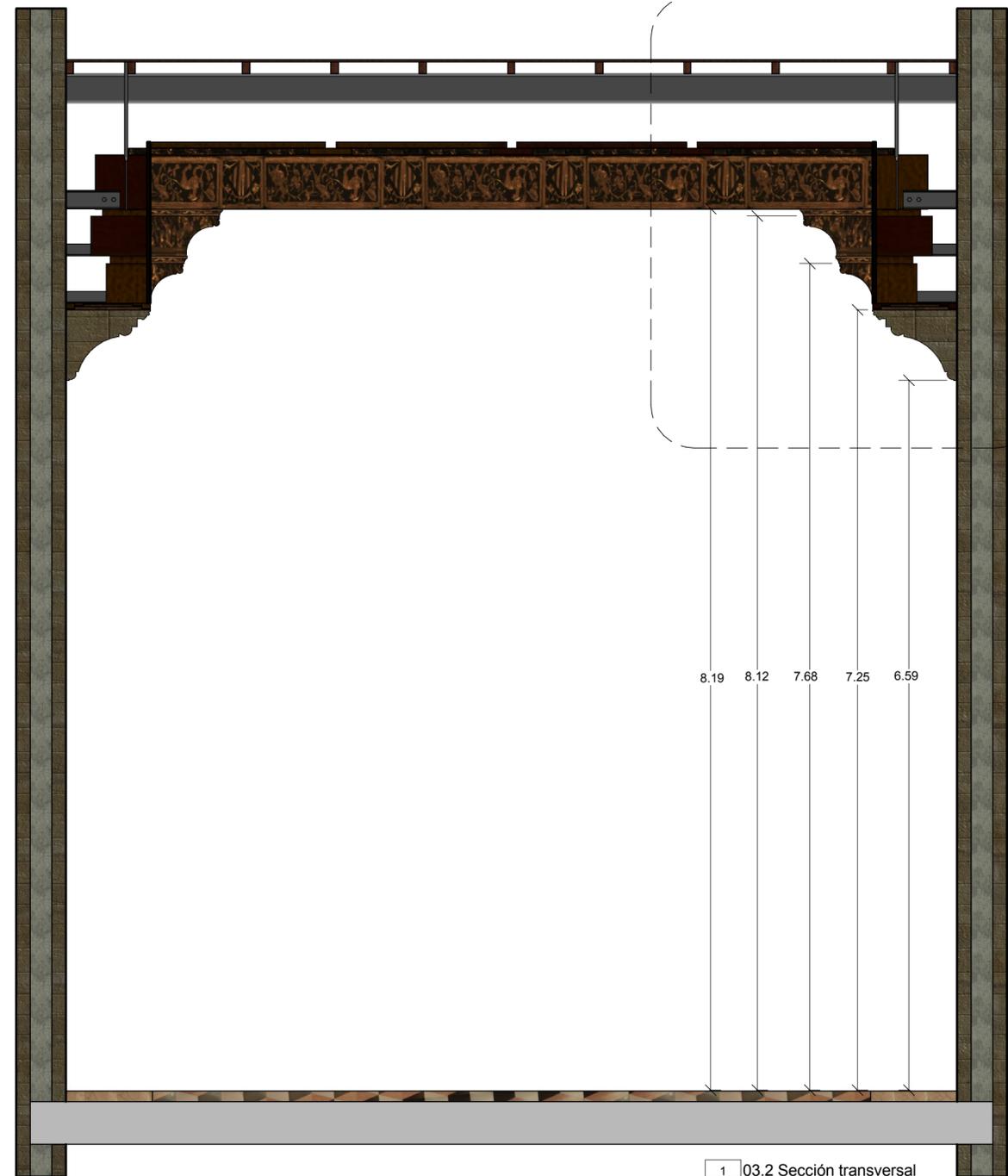


1 02.1 Despiece  
7 1:20

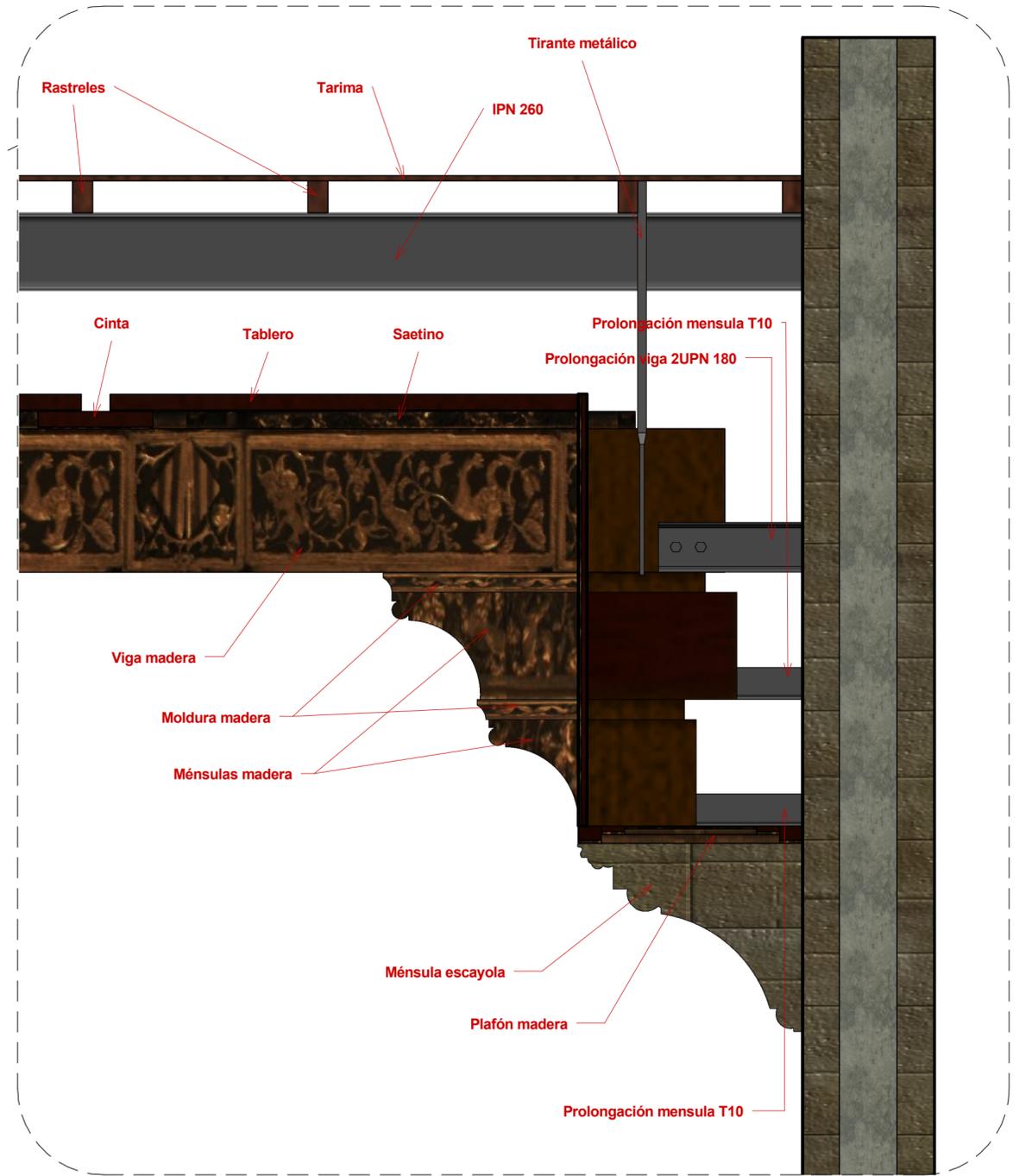


2 02.2 Cotas  
7 1:15

El Salón Dorado de la Lonja de València		
PLANO	Despiece y cotas del alfarje	
AUTOR	Pons Carrasco, Alejandro	02/18/15
TUTOR	Oliver Faubel, Inmaculada	ESCALA Como se indica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

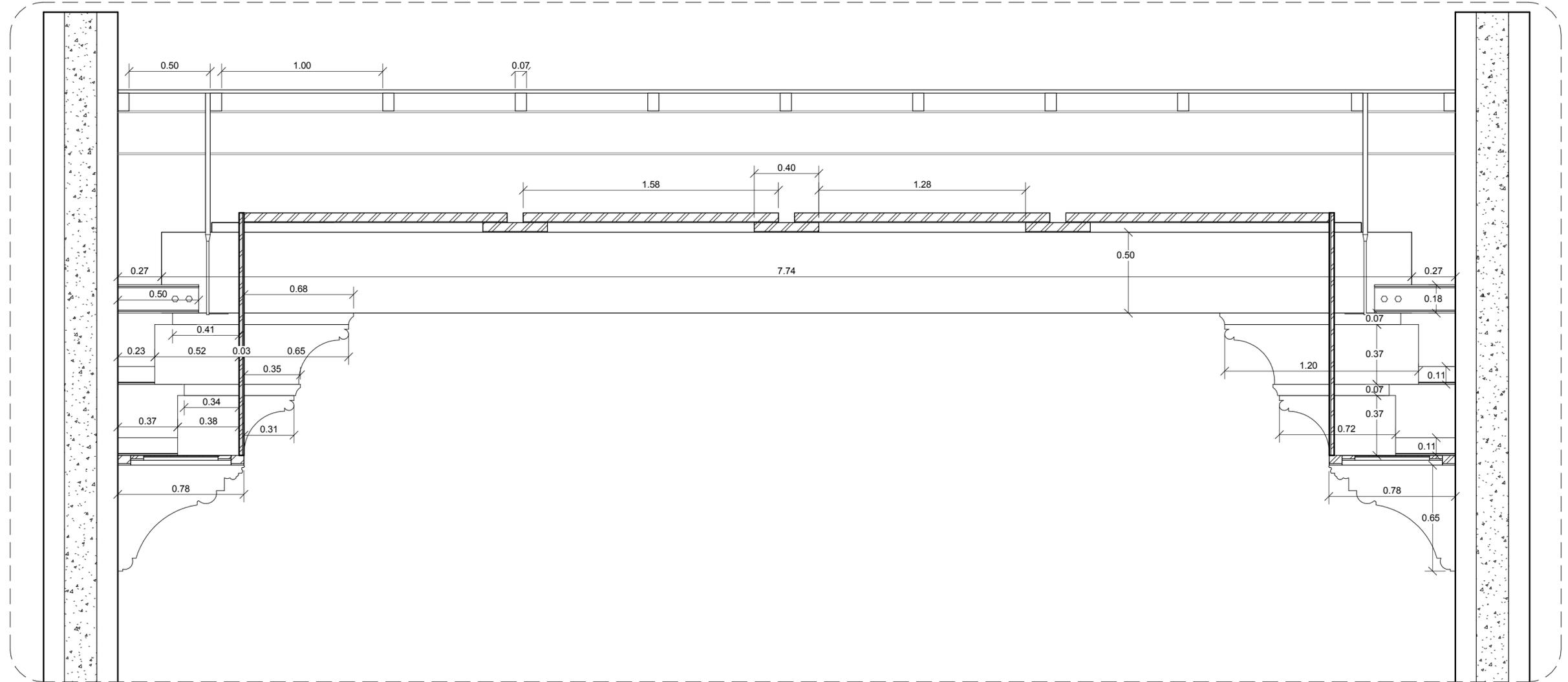


1 03.2 Sección transversal  
8 1:40

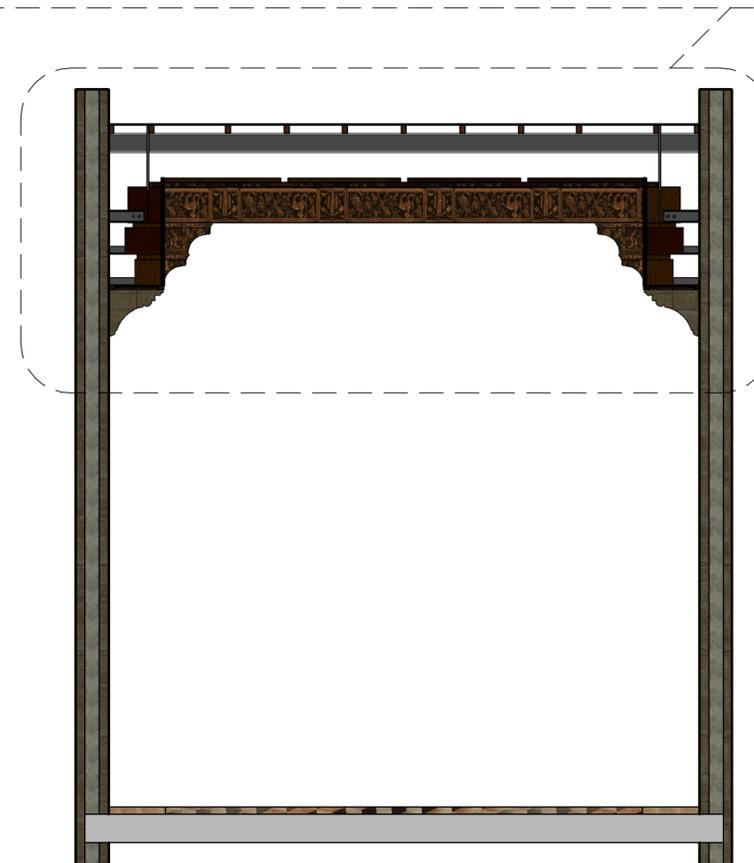
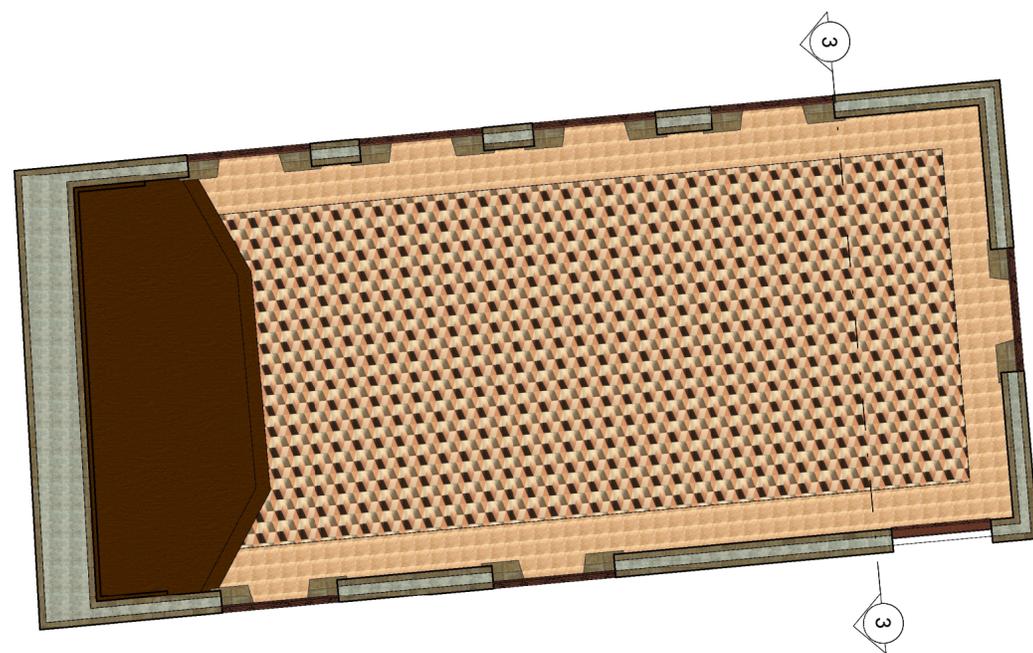


2 03.2 Zoom Sección transversal  
8 1:15

El Salón Dorado de la Lonja de València		
PLANO	Despiece del alfarje 2	
AUTOR	Pons Carrasco, Alejandro	02/18/15
TUTOR	Oliver Faubel, Inmaculada	ESCALA Como se indica
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN



1 03.1 Sección transversal  
9 1:20



El Salón Dorado de la Lonja de València		
PLANO	Sección transversal acotada	
AUTOR	Pons Carrasco, Alejandro	02/18/15
TUTOR	Oliver Faubel, Inmaculada	ESCALA Como se indica
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN



1 Vista 3D.5  
10

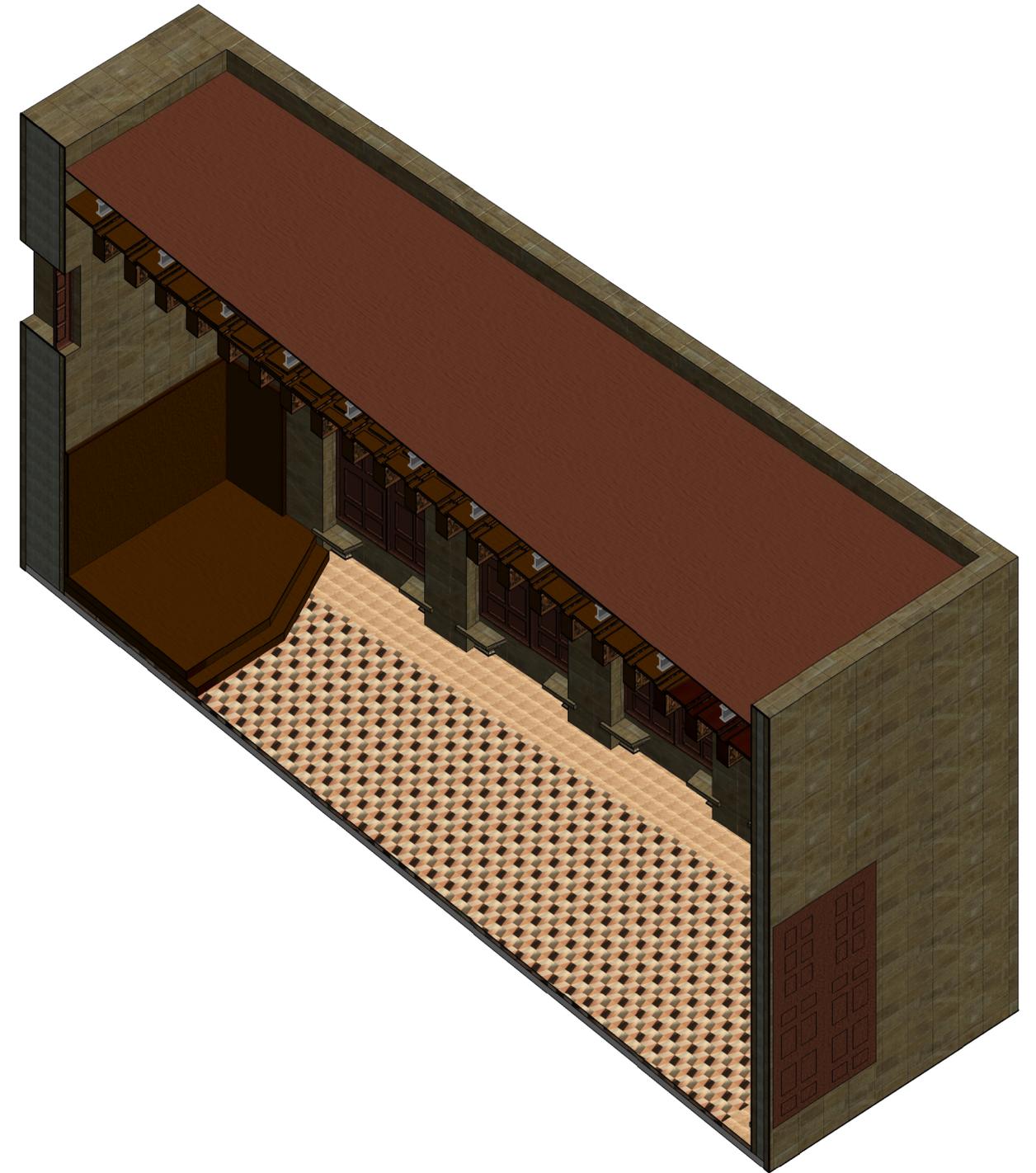
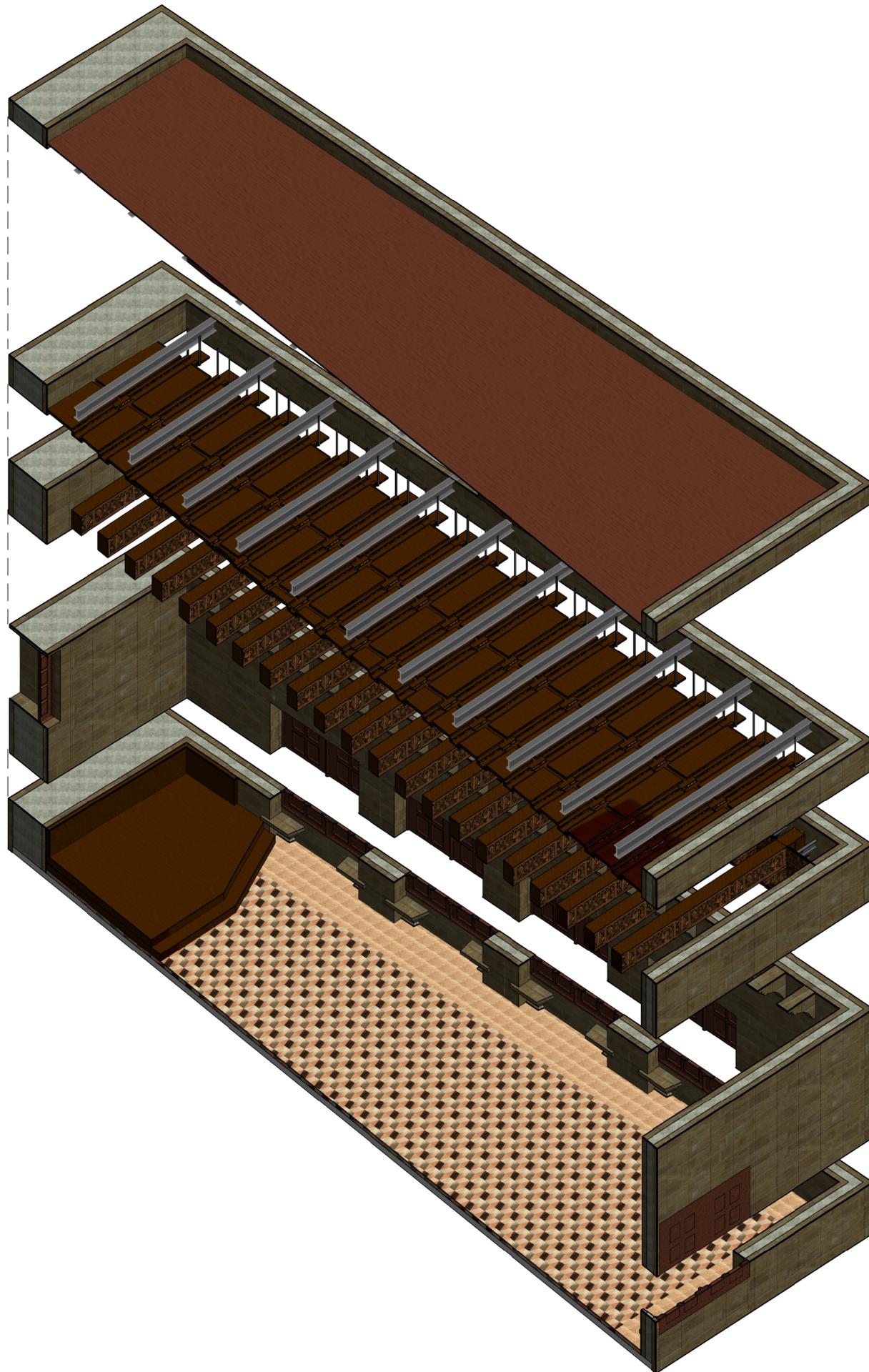


3 Vista 3D.6  
10



2 Vista 3D.4  
10

El Salón Dorado de la Lonja de València		
PLANO	Vistas interiores	
AUTOR	Pons Carrasco, Alejandro	02/19/15
TUTOR	Oliver Faubel, Inmaculada	ESCALA
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN



El Salón Dorado de la Lonja de València		
PLANO	Explosión 3D	
AUTOR	Pons Carrasco, Alejandro	02/19/15
TUTOR	Oliver Faubel, Inmaculada	ESCALA
	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN