



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

**ELABORACIÓN DE MODELO
BIM DEL EDIFICIO ZABALETA
DEL CAMPUS DE
“LAS LAGUNILLAS”**

Alumno: Manuel Chamizo Medina

Tutor: Prof. D. Manuel Antonio Ureña Cámara

**Dpto: Ingeniería Cartográfica, Geodésica y
Fotogrametría**

Febrero, 2019



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Informática

Don Manuel Antonio Ureña Cámara, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado:
Elaboración de modelado BIM del edificio Zabaleta del Campus de “Las Lagunillas”,
que presenta Manuel Chamizo Medina, autoriza su presentación para defensa y
evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, 14 de febrero de 2019

El alumno:

Los tutores:

Manuel Chamizo Medina

Manuel Antonio Ureña Cámara

Contenido

Resumen.....	6
Abstract.....	6
1 Introducción.....	6
1.1 BIM	7
1.1.1 Ventajas del BIM	8
1.1.2 Inconvenientes del BIM	10
1.1.3 Dimensiones del BIM	10
1.1.4 Marco legislativo	11
1.1.5 Principales plataformas BIM.....	12
1.1.6 Revit.....	13
1.1.7 Niveles de desarrollo de un proyecto	15
1.2 Láser escáner terrestre	16
1.2.1 Funcionamiento.....	16
1.2.2 Aplicaciones.....	17
2 Objetivos	18
3 Descripción del edificio y localización	19
4 Fases del proyecto	22
4.1 Instrumentación.....	24
4.2 Planificación y escaneado	24
4.2.1 Escaneado exterior	25
4.2.2 Escaneado Interior	27
4.3 Formación de la nube de puntos del edificio con SCENE.....	29
4.4 Procesado con CloudCompare	39
4.5 Modelado	42
4.5.1 Importación de la nube de puntos	42
4.5.2 Creación de niveles.....	42
4.5.3 Planos del edificio	43
4.5.4 Construcción del modelo.....	44
4.6 Creación de la topografía del entorno	51
4.7 Estudio de la incertidumbre a posteriori.....	53
4.8 Definición de materiales y pinturas.....	58
5 Cálculo de superficies en el plano original y el modelo BIM	61
6 Resultados	64
6.1 Comparación entre el plano original y el plano de BIM.....	64

6.2	Fotografías y Render.....	65
6.3	Tabla con grosores de muros.....	67
7	Presupuesto.....	69
7.1	Cálculo de jornadas.....	69
7.2	Tabla de precios simples.....	70
7.3	Tabla de precios descompuestos.....	71
7.4	Presupuesto de ejecución material.....	74
7.5	Presupuesto total	74
8	Conclusión	75
9	Bibliografía	76
10	Anexos	80
10.1	Familias y tipos de ventanas y puertas.....	80
10.2	Tabla de pinturas	89
10.3	Fotografías del Edificio Zabaleta	90
10.4	Informes de errores.....	
10.5	Planos.....	

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Relación entre los distintos agentes de un proyecto. (Fuente: Elaboración propia)	8
Ilustración 2. Evolución de la legislación en España. (CADBIM3D Blog (2017)	12
Ilustración 3. Organización de la jerarquía de un BIM. Alfonso Miró Sardá (2017)	14
Ilustración 4. Niveles de desarrollo de un BIM (Fuente MundoBIM).....	15
Ilustración 5. Fotografía del edificio Zabaleta (Fuente Ujaen.es).	19
Ilustración 6. Fotografía del edificio Zabaleta 2 (Fuente Ujaen.es)	20
Ilustración 7. Localización de la comunidad autónoma de Andalucía (fuente GoogleMaps) .	21
Ilustración 8. Localización del edificio Zabaleta (Fuente GoogleMaps).....	21
Ilustración 9. Zonas propuestas para el estacionamiento (Fuente GoogleMaps)	25
Ilustración 10. Pantalla de configuración de la estación.....	26
Ilustración 11. Estacionamiento del láser escáner.	26
Ilustración 12. Interior del edificio Zabaleta.....	27
Ilustración 13. Zonas propuestas del láser escáner en la Planta Baja.	28
Ilustración 14. Zonas propuestas del láser escáner en la Primera Planta	28
Ilustración 15. Zonas propuestas del láser escáner en la Segunda Planta.	28
Ilustración 16. Distribución de estacionamiento del láser escáner.	29
Ilustración 17. Detalle de la eliminación de un coche.	30
Ilustración 18. Detalle de la eliminación de un grupo de coches.....	30
Ilustración 19. Ejemplo de elementos marcados entre los escaneos 10a y 11, representados en la ilustración 28.	31
Ilustración 20. Detección de artefactos.....	32
Ilustración 21. Detección de artefactos.....	32
Ilustración 22. Detección y causa de los artefactos detectados donde se aprecia una distancia similar.....	33
Ilustración 23. Detalle del tratamiento de las ventanas (Fuente GoogleMaps).....	33
Ilustración 24. Nube de puntos generada del edificio Zabaleta.....	34
Ilustración 25. Artefactos generados a causa de las ventanas.	35
Ilustración 26. Orden de registro de la segunda (izquierda) y primera planta (derecha).	36
Ilustración 27. Orden de registro de la planta baja.....	36
Ilustración 28. Orden de registro del exterior del edificio.	37
Ilustración 29. Extracto del informe de errores	39
Ilustración 30. Nube de puntos del edificio Zabaleta.....	40
Ilustración 31. Detalle del análisis de una de las columnas de la planta baja.	41
Ilustración 32. Detalle de uno de los muros del edificio.	41
Ilustración 33. Nube de puntos importada en Revit.	42
Ilustración 34. Niveles creados en Revit.....	43
Ilustración 35. Nube de puntos y plano de la primera planta.	44
Ilustración 36. Ejemplo de creación de un muro.	45
Ilustración 37. Lista de tipos de muros creados.....	46
Ilustración 38. Vista del modelo con muros, suelos y techos.	47
Ilustración 39. Detalle de la creación de dos ventanas.	48
Ilustración 40. Vista del edificio con puertas y ventanas.	49
Ilustración 41. Ejemplo de creación de una escalera.....	49
Ilustración 42. Ventana de creación de un parámetro.....	50
Ilustración 43. Muestra del resultado de una barandilla. (Fuente: propia Elaboración)	50

Ilustración 44. Ejemplo de columna de la azotea. (Fuente: propia Elaboración)	51
Ilustración 45. Comparación del salón de grados en el modelo y en el plano.	51
Ilustración 46. Ajuste de la superficie de puntos al modelo.....	52
Ilustración 47. Superficie triangulada.....	53
Ilustración 48. Detalle de las columnas analizadas.....	54
Ilustración 49. Detalle de la columna “I” (Ilustración 48).	55
Ilustración 50. Plano de la primera planta con las precisiones de las columnas en mm con los nuevos resultados.....	56
Ilustración 51. Informe de errores del primer registro.....	57
Ilustración 52. Informe de errores del segundo registro.	58
Ilustración 53. Ventana de edición de materiales.....	59
Ilustración 54. Ventana del relieve elegido y resultado.	59
Ilustración 55. Detalle de la división de caras de un suelo y los muros contiguos.....	60
Ilustración 56. Comparación del edificio Zabaleta con el modelo (Fuente GoogleMaps).	60
Ilustración 57. Planos creados en el navegador y botón para crear las áreas.	61
Ilustración 58. Contorno para el cálculo de una superficie.....	62
Ilustración 59. Componentes de la carpeta de Anotaciones.	63
Ilustración 60. Creación de un texto de etiqueta.	63
Ilustración 61. Contorno de cálculo de la superficie de la primera planta.....	64
Ilustración 62. Comparación entre el plano y el modelo BIM (arriba el plano original y abajo el plano del BIM).	65
Ilustración 63. Comparación entre una fotografía (izquierda) y un render en la misma posición (derecha).....	66
Ilustración 64. Comparación entre una fotografía (izquierda) y un render en la misma posición(derecha).....	66
Ilustración 65. Comparación entre una fotografía (izquierda) y un render en la misma posición (derecha).....	67
Ilustración 66. Detalle de la medición de uno de los muros del modelo	68
Ilustración 67. Detalle de la medición de uno de los muros del modelo	69
Ilustración 68. Fotografía de la entrada al vicerrectorado en la segunda planta.	90
Ilustración 69. Fotografía del pasillo principal de la primera planta.....	91
Ilustración 70. Detalle del almacén en la primera planta.....	92
Ilustración 71. Fotografía de la entrada principal en la planta baja.	93
Ilustración 72. Detalle del techo en la entrada principal del edificio.	94
Ilustración 73. Detalle del exterior del edificio.....	95
Ilustración 74. Fotografía desde el descansillo situado entre las plantas baja y primera.....	96
Ilustración 75. Detalle de la columna ubicada junto la entrada de la sucursal.....	97

Resumen

El objetivo de este trabajo es la elaboración de un BIM (Building Information Modelling) del Edificio D1 (Zabaleta) de la Universidad de Jaén. El exterior del edificio, y algunas zonas interiores (pasillos) se obtendrán mediante un escaneado láser 3D, para las demás salas y la planta del sótano se dispondrá de los planos facilitados por la Universidad. Serán necesarios un conjunto de diferentes programas para el procesado de datos y la construcción del edificio. Como producto final tendremos un modelo con medidas no teóricas de un plano sino reales.

Abstract

The objective of this work is the development of a BIM (Building Information Modeling) of the building D1 (Zabaleta) at the University of Jaén. The exterior of the building, and some interior areas will be obtained through laser scanning, for the other rooms and basement plans was used by the University. A series pieces of software will be used for data processing and building construction. As a final product we will have a model with non-theoretical measures of a plane but real.

1 Introducción

Hasta hace relativamente poco a la hora de realizar cualquier tipo de proyecto lo habitual era dibujar los planos en un programa de Computer Aided Desing (CAD), donde se hacía una representación gráfica en dos dimensiones del proyecto en cuestión, posteriormente esos planos se representaban en 3 dimensiones para obtener imágenes virtuales para presentar al propietario o cliente. Para el cálculo estructural había que crear ese mismo modelo en un software específico y luego usar otro para los presupuestos, las mediciones y análisis correspondientes. No había ningún programa que abarcase todas las etapas del proceso constructivo. Había un conjunto de planos para el personal responsable de las mediciones, otro para el calculista de estructuras y otro para los distintos tipos de instalaciones (agua, luz, etc.), esto podía producir interferencias entre todos ellos y no propiciar la coordinación en caso de la modificación de alguno de los elementos. Todos estos inconvenientes han

quedado resueltos simultáneamente con el uso de softwares BIM. En los siguientes apartados se introducirá de forma amena las ventajas e inconvenientes, la jerarquía de organización y las características de esta filosofía y más en concreto con el software Revit para ir familiarizándonos con el entorno BIM.

Inicialmente haremos una breve introducción a BIM, hablaremos de las ventajas e inconvenientes que encontramos a la hora de organizar un proyecto, de cómo se trabajaba hasta el momento y qué ha supuesto en el mundo de la ingeniería la entrada del BIM en el panorama actual, que ventajas y desventajas encontramos y cómo se estructura. Comentaremos las plataformas más utilizadas del mercado. También se hablará de las estaciones de láser escáner, de cómo facilitan la toma de datos, su funcionamiento, los tipos que encontramos en el mercado y sus aplicaciones.

Como parte práctica se explicará detalladamente y paso a paso desde la planificación en gabinete para ubicar la estación hasta cómo obtenemos la nube de puntos de nuestro edificio por el exterior y algunas zonas del interior. Tras ello y con la ayuda de los planos originales podremos desarrollar un modelo exacto con un programa BIM.

Tras el modelado se realizará un caso práctico analizando la dimensión real de un edificio para saber cómo se ha ejecutado realmente y conocer si hay diferencias cuantitativas entre los planos del arquitecto y la obtenida midiendo algunas superficies de forma orientativa.

1.1 BIM

“BIM es el acrónimo de Building Information Modelling (modelo de la información del edificio) y se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua empleando una base de datos donde se recoge toda la información referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar” (Coloma Picó, E.,2008,p.10). Podemos ver que usa los conceptos “base de datos”, “conjuntos de metodologías” e “información continua” en la misma definición, indicándonos que forma un singular “todo” útil donde desde el momento de creación sirve como almacén

que puede ser modificado en cualquier etapa de la vida del producto. Esa información se almacena en una base de datos en lugar de un formato específico y para trabajar con ella no es necesario hacerlo directamente en un dibujo.

1.1.1 Ventajas del BIM

La forma con la que trabaja y la organización de un BIM conllevan numerosas ventajas o mejoras, las más relevantes son:

Interoperabilidad e intercambio de información. Es un modelo que abarca una gran cantidad de actividades, por lo tanto, vincula a personas, procesos y herramientas de una manera simultánea, pudiendo interactuar entre ellos desde cualquier punto de la cadena de un proyecto.

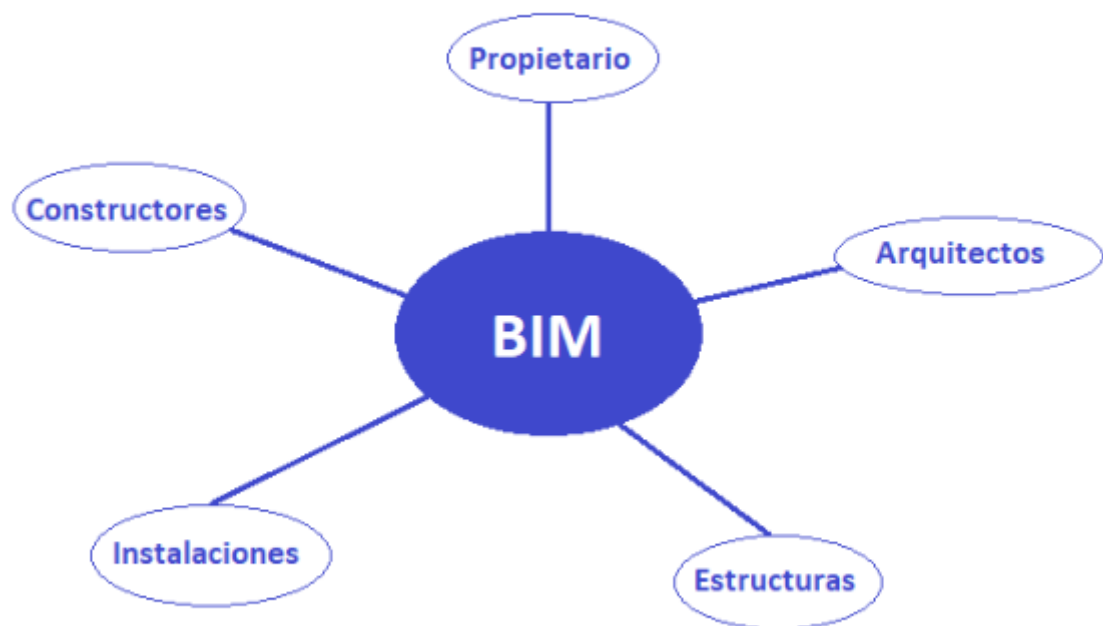


Ilustración 1. Relación entre los distintos agentes de un proyecto. (Fuente: Elaboración propia)

Relación topológica. Como en cualquier sistema de información geográfica, BIM establece relaciones entre los elementos a fin de facilitar su diseño, el especialista en

Autodesk, Sergio R. J. Bernal (2014) en su artículo "La verdadera historia del BIM" trata de explicarlo con un caso práctico similar: si modificamos la cota altimétrica o la pendiente de un techo o azotea, la pared que la soporta se adaptará y cambiará su altura automáticamente, esos cambios también se producirán en todas las plantas, secciones y cualquier vista relacionada con él.

Dato único. Todo está más simplificado puesto que se trabaja sobre un único modelo, evitando la descoordinación y la pérdida de información. Además, al estar todo centralizado, no se producen ambigüedades en los documentos de diseño entre diferentes equipos, y en el caso de que ocurra alguna diferencia, no hay nada materializado ni en construcción, así que no se producen pérdidas ni temporales ni monetarias.

Reducción de tiempos. La capacidad de que una modificación se produzca en tiempo real tanto en un plano como en el modelo o en una instalación de cualquier ámbito, facilita la coordinación entre todos los miembros del equipo de trabajo y reduce los errores en los documentos. El tiempo que de otra manera se dedicaría a la verificación y coordinación entre los diferentes departamentos y encargados se puede invertir en el trabajo real de mejorar el proyecto de construcción.

Mayor velocidad. No es necesario que se acabe un proceso el proyecto para comenzar el siguiente, si no que a medida que se avanza con el diseño, por ejemplo, se puede comenzar el modelado de las partes acabadas o la instalación eléctrica. Además, sabemos que, de producirse un cambio, este se coordina automáticamente a través del proyecto. Esto permite al equipo de diseño realizar el trabajo más rápido [2].

Reducción de costes. La centralización de todos los procedimientos hace que se reduzca la cantidad de personal y con menos personas, es más fácil la comunicación y hay menos desacuerdos. El apartado del presupuesto no debe esperar a que todos los demás hayan terminado por lo que se dispondrá de más tiempo para detectar posibles errores en la estimación de costos. En la construcción se reducen costes pues la calidad del documento es mayor y la planificación mejor[2].

Por todas las ventajas anteriores, los documentos resultantes son de mayor calidad, gracias en parte a lo comentado antes respecto al dato único. Al compartir herramientas comunes de modelado de información de construcción, los encargados de cada equipo trabajan juntos al mismo tiempo en todas las fases del proyecto, y eso se traduce en una mejor comunicación a la hora de ejecutar el diseño. El constructor puede preparar fácilmente planes que muestren la utilización del sitio o las fases de renovación del propietario, minimizando el impacto de las operaciones [2].

1.1.2 Inconvenientes del BIM

Como en cualquier otro ámbito, la aparición de una nueva técnica, BIM requiere formación, esto no quiere decir que resulte un proceso de aprendizaje complejo, al contrario, no se requiere demasiado tiempo para llegar a desarrollar tareas principales. Esto no quita que sea imprescindible la presencia de un individuo con conocimientos avanzados en un equipo de trabajo capaz de solucionar las tareas más complejas [6].

Pero el mayor problema desde el punto de vista productivo y que puede ser más difícil de superar es el cambio de filosofía, pasar del 2D al 3D, por ejemplo, ver con otra perspectiva el proceso de elaboración. El individuo debe aprender a diseñar manipulando objetos en lugar de dibujarlos, que es lo que se ha hecho siempre [6].

1.1.3 Dimensiones del BIM

Durante el ciclo de vida de un proyecto, tienen lugar una serie de etapas donde tendrán que coordinarse todos los agentes implicados. Como se ha comentado anteriormente en un BIM se integran varios programas que permiten no solo modelar sino tener una planificación de costes y tiempos de obra, sostenibilidad, simulaciones o mantenimiento del edificio. García Fernández, M. (2018) hace referencia a cada una de las diferentes dimensiones:

1D- La idea. Es lo que comúnmente se conoce como planificación, en esta dimensión se determina la localización óptima y condiciones iniciales. Se hacen estimaciones iniciales de volumen, superficies, costes, se dibujan los primeros croquis para saber el tamaño del proyecto.

2D- El boceto. Preparamos el software para empezar a modelar planteando materiales más adecuados y cargas estructurales, así como las bases del proyecto.

3D- El modelado del edificio. Comenzamos a trabajar con el software, cualquier tipo de información del proyecto debe estar plasmada ahí. Esta dimensión es la base principal de las demás.

4D- El tiempo. Ya explicamos en las ventajas que el tiempo en un BIM cambia radicalmente al no estar limitados el inicio de un proceso a final del anterior. Esto dota al proyecto de dinamismo y permite hacer una planificación más precisa de todos los procesos.

5D- El coste. En esta dimensión se estiman los gastos del proyecto con el objetivo de mejorar la rentabilidad del proyecto.

6D- Simulación. Permite realizar simulaciones y ver las consecuencias de determinadas decisiones antes de que se materialicen en la realidad para así poder escoger de entre todas la que más nos convenga.

7D- Ciclo de vida. Cuando se termina la construcción del proyecto comienza esta última dimensión que trata de gestionar la vida útil de la obra. Aquí se lleva a cabo el control logístico tales como inspecciones, reparaciones, mantenimientos, etc.

1.1.4 Marco legislativo

En cuanto al marco legislativo para el uso del BIM, desde febrero de 2014, los Estados miembros de la Unión Europea se rigen por la Directiva UE 2014/24/UE, que promueve la modernización en la contratación pública europea y la reducción de costes. Fomentando y requiriendo el uso de la metodología BIM a partir del 2016 para proyectos con fondos provenientes de la UE [3].

El Ministerio de Fomento fijó su aprobación Normativa para 2018 y su uso obligatorio en Licitaciones Públicas de Edificación a partir de diciembre de 2018 y de Infraestructuras en 2019.



Ilustración 2.Evolución de la legislación en España. (CADBIM3D Blog (2017))

1.1.5 Principales plataformas BIM

Existen una gran cantidad de plataformas que trabajan con la filosofía BIM, entre todas ellas las más importantes del sector son:

- Autodesk Revit Architecture. Es la más joven del panorama, usa un único archivo para todo el proyecto (vistas, librerías, planos y materiales). Dispone de una interfaz gráfica de parametrización que le permite modelar cualquier elemento independientemente de su uso y tiene herramientas para establecer relaciones asociativas entre objetos. Sin embargo, al llevar menos tiempo en el mercado que sus competidores tiene carencias en su plataforma como la conexión directa con otras aplicaciones[4].
- Graphisoft ArchiCAD. Es el más antiguo y tiene más cantidad de usuarios, esto garantiza un servicio de soporte muy bueno y estar en constante innovación. Como Revit, organiza todo en un único archivo, pero está más desarrollada. De una misma planta se pueden crear varias diferentes y guardarlas como vistas bajo una estructura en árbol totalmente configurable. La ventaja principal que tiene respecto a Revit es que mientras que el modelado a simple vista es igual en los dos, se necesita una computadora con recursos altos (procesador, memoria RAM y tarjeta gráfica) para que al desplazarte en el espacio de trabajo de Revit no tengas problemas y se “congele” la imagen [4].
- Nemetschek Allplan. Allplan se describe así mismo como “un sistema CAD orientado a BIM”, esto significa que para usuarios o empresas

acostumbrados a trabajar con flujos de trabajo en 2D, pueden empezar de esa forma y luego seguir en 3D sin perder los trabajos anteriores. La razón de ello es que la información del modelo no está concentrada en solo un archivo, sino que se divide en carpetas donde cada una corresponde a una planta o una categoría de objeto. Con esto se consigue que haya una buena organización de cara al proyecto. Sin embargo, este sistema organizativo es más complejo que los anteriores. Respecto a Revit, Allplan si goza de conexión con otras aplicaciones con las que puede suplir carencias e incluso cubrir numerosas disciplinas.

En este proyecto se trabajará con Revit debido a la familiaridad con AutoCAD, su intuitivo interfaz gráfico, que no se van a realizar operaciones complejas y además la Universidad de Jaén proporciona su acceso por medio de Campus Autodesk.

1.1.6 Revit

Como Diego Martínez (2015) explica en su presentación, Revit fue creado en el año 2000 por Leonid Raiz e Irwin Jungreis y comprada en 2002 por Autodesk, se trata de una aplicación con una interfaz cuidada formada por un motor de transición de los cambios en tiempo real (de hecho, Revit es el acrónimo de Revise Instantly). Gracias a esto, cualquier cambio efectuado desde una vista, es transmitido al resto de manera instantánea, puesto que a diferencia de otros softwares BIM, no se trata de representaciones generadas con posterioridad, sino de vistas dinámicas de la base de datos global.

Algo básico antes de trabajar con Revit y para entender su filosofía a grandes rasgos es que los elementos están jerarquizados. Alfonso Miró Sardá (2017) los explica y ordena en su blog de una forma muy sencilla [11]:

- 1- Disciplina. Es el orden mayor dentro de la jerarquía, hay 5: Arquitectura, estructura, electricidad, fontanería y mecánica. Las disciplinas no se pueden crear ni eliminar, son simplemente parámetros de vista. La visibilidad de cada elemento dependerá de la disciplina a la que pertenezca.
- 2- Categoría. Agrupadas dentro de cada disciplina, estas tampoco se pueden crear ni eliminar y sus elementos están ordenados según características

comunes. Aquí podemos encontrar escaleras, paredes, rampas, ventanas, etc.

- 3- Familias. A diferencia de las jerarquías anteriores puede haber tantas familias como necesite el usuario. Cada familia tendrá una forma o unos materiales determinados como puede ser una ventana de aluminio, una puerta corredera, pilares rectangulares o cuadrados, etc.
- 4- Tipos. Se refiere a las diferentes dimensiones o medidas que puede tener cada familia.
- 5- Ejemplar. Es cada uno de los elementos que se encuentran en el proyecto, el cual es único y tiene sus propios parámetros.

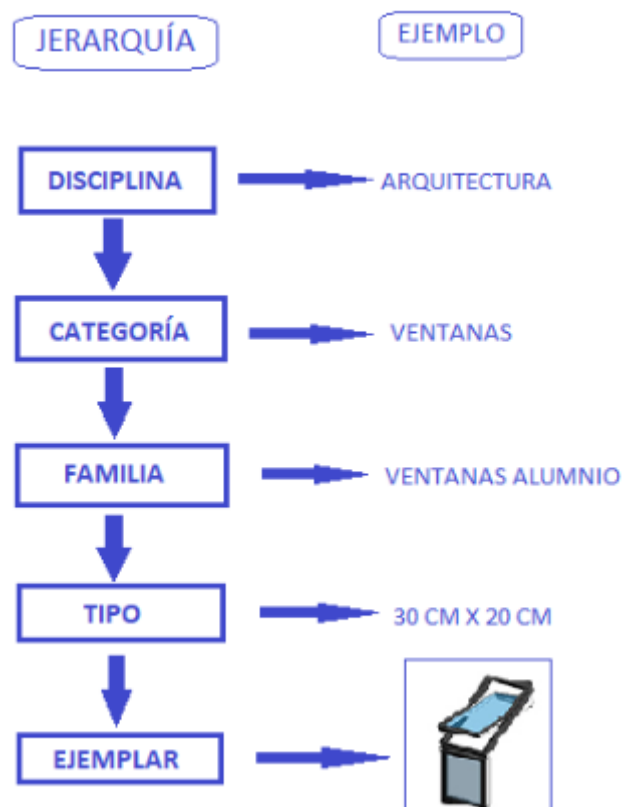


Ilustración 3. Organización de la jerarquía de un BIM. Alfonso Miró Sardá (2017)

1.1.7 Niveles de desarrollo de un proyecto

Un aspecto importante del desarrollo de un BIM es el Level of Development (LoD), que define el nivel de desarrollo de un modelado en un proyecto BIM, este aumenta a medida que se avanza en un proyecto (ver ilustración 4). Montilla Duque, A. (2016) habla sobre ellos brevemente:

- LOD 100. Es el nivel más básico y su diseño es solo conceptual, su representación gráfica permite simplemente su volumen, área u orientación.
- LOD 200. Aquí se representa gráficamente el modelo como un objeto o sistema con datos aproximados, ya sea la ubicación, la forma o el tamaño.
- LOD 300. En este nivel si se especifica de forma precisa parámetros como la forma o el tamaño y su ubicación en el proyecto. El modelo puede ir acompañado de información no gráfica.
- LOD 400. Aporta información precisa en términos de tamaño, forma, ubicación, orientación con detalle fabricación de montaje e información de instalación.
- LOD 500. El elemento modelo es una representación sobre el terreno verificado en términos de tamaño, forma, ubicación u orientación tal y como será ejecutado en la realidad.

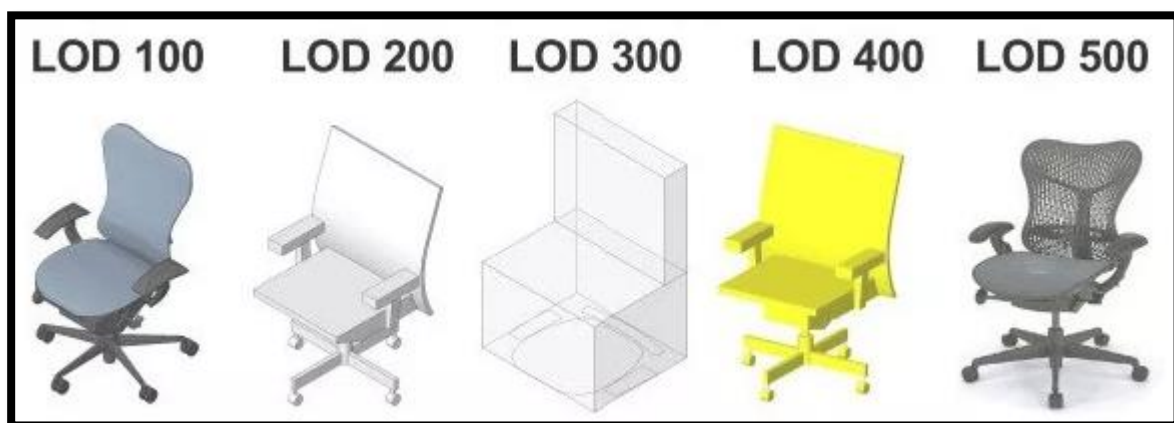


Ilustración 4. Niveles de desarrollo de un BIM (Fuente MundoBIM).

La importancia del LoD reside, como podemos deducir en la ilustración 4, en el nivel de precisión y detalle que queramos que tenga nuestro modelo y, a mayor detalle, mayor tiempo de trabajo y mayor coste. Todo depende de las necesidades y exigencias de la entidad que nos encargue el proyecto.

1.2 Láser escáner terrestre

La tecnología láser está ocupando cada vez una mejor posición en el mundo topográfico gracias a la necesidad de toma de datos masiva y con precisión, además de los avances alcanzados en la última década por parte de las principales empresas del sector.

Un láser escáner es básicamente una estación topográfica que realiza un gran número de observaciones sobre áreas previamente seleccionadas. Además, cuenta con la incorporación de cámaras fotográficas que registran la información del rango visible. Podemos encontrarlos de tipo cinemático, donde el aparato se va moviendo a la vez que toma las medidas, ya sea en vehículo como en Google Maps, en un avión (LiDAR), o simplemente llevándolo en la mano o a la espalda, estos últimos son muy utilizados para interiores de viviendas. También los encontramos estáticos que como su nombre indica están fijos a un elemento de sujeción, normalmente un trípode. Estos cuentan con una mayor precisión que los nombrados anteriormente y es como el que usaremos para el proyecto. Dentro de los estáticos a su vez, se diferencian entre fijos y móviles. En los fijos, denominados tipo "cámara" la estación no gira sobre sí, sino que permanece inmóvil y es el espejo del interior el que va girando y registrando el entorno. Tiene la limitación de que al no girar sobre sí solo capta un ángulo horizontal de aproximadamente 100° y un ángulo horizontal de 60°. En los móviles la estación permite girar completamente y registrar los 360 grados (como es nuestro caso). También hay un tipo intermedio menos utilizado llamado "híbrido", que es como el fijo pero la estación gira sobre su eje vertical.

1.2.1 Funcionamiento

Funciona por medio del envío de un haz láser infrarrojo al centro de un espejo que va rotando de forma vertical. Con la rotación horizontal de la estación se puede

captar un entorno de 360 grados. La señal láser reflejada en los objetos queda registrada en el escáner. El origen de coordenadas cartesianas de la estación está ubicado en el espejo que va oscilando y los ejes se materializan por medio de sus ejes de rotación vertical y horizontal

La distancia a los objetos se puede obtener midiendo el tiempo de vuelo o bien mediante el cambio de fase. En el primer método la distancia se calcula midiendo el tiempo que pasa desde que se emite el pulso de luz hasta que se recibe usando la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{1}{2} c * t$$

Donde "c" es la velocidad de la luz y "t" el tiempo de viaje.

Por el contrario, en el método de cambio de fase, la estación lleva un modulador que emite una señal sinusoidal. Esta señal, al chocar con el objeto y volver, permite medir el ángulo de desfaseamiento " φ ":

$$t = \frac{\varphi}{2\pi * fm}$$

Donde "fm" la frecuencia modulada y "t" el tiempo

Como el escáner emplea un haz de luz, empleando las dos ecuaciones anteriores calculamos la distancia final:

$$\rho = \frac{1}{2} c * t = \frac{c}{4\pi} * \frac{\varphi}{fm}$$

Los datos obtenidos con el escáner se pueden almacenar de forma interna (en la propia estación para después extraerla con un pendrive o con una tarjeta SD) o de forma externa enviando la información a la controladora o por internet a una nube.

1.2.2 Aplicaciones

La versatilidad del láser escáner y la variedad de los equipos hacen que esta tecnología este aceptada en un amplio campo de aplicaciones, entre las que destacan:

- Control de deformaciones: es posible hacer un seguimiento de gran precisión continuamente sobre una gran estructura para así poder tomar decisiones previamente.
- Investigación forense: gracias a un registro rápido y numérico exhaustivo los forenses pueden investigar la escena de un crimen sin la necesidad de estar en el lugar del crimen y servirse de otras herramientas de análisis.
- Arquitectura: inspección tridimensional de estructuras de edificios y componentes de fachadas antes del montaje final o frente a desastres naturales saber con exactitud que elemento resultaron dañados y por donde repararlos.
- Modelado 3D de planta industriales: El modelado de datos agiliza la transferencia de paquetes de datos para la realización de simulaciones o creación de realidad y posteriores análisis gracias a unos datos 3D exhaustivos.
- Patrimonio cultural: ya sea para la restauración o el análisis científico, para asegurar edificios protegidos o para crear presentaciones virtuales de emplazamientos históricos.
- Ingeniería civil: se puede escanear y analizar con facilidad cualquier tipo de objeto alto, largo o de difícil acceso en un tiempo más reducido que con otras técnicas más convencionales.
- Construcción naval: el escaneado 3D garantiza que los cascos y componentes se puedan digitalizar en caso de que falten planos originales además de poder detectar pequeños desperfectos o grietas.

2 Objetivos

El principal objetivo de este TFG es llevar en práctica los conocimientos obtenidos a lo largo del Grado de Ingeniería Geomática y Topográfica, en especial los relacionados con las asignaturas “Métodos y aplicaciones no cartográficas” y “Topografía automatizada”, además de aprender nuevas técnicas puesto que se

utilizan algunos programas no utilizados durante el grado, pero que tienen una gran proyección de futuro. Se pretende probar la capacidad de aprendizaje, uso y aplicación de un software totalmente desconocido y saber improvisar y actuar frente a posibles obstáculos que puedan surgir adaptándose a su filosofía.

3 Descripción del edificio y localización

El edificio Zabaleta o “D1” (ver ilustración 5), nombrado así por su posición respecto a los otros edificios del campus denominado “Las Lagunillas” fue construido en 1997 y es uno de los edificios más emblemáticos de la Universidad.



Ilustración 5. Fotografía del edificio Zabaleta (Fuente Ujaen.es).

La singular composición de su estructura exterior, formada por plantas no uniformes y zonas tanto planas como redondeadas hacen de él un curioso conjunto y perfecto para realizar este TFG. El interior goza de una buena luminosidad gracias a sus ventanales y de grandes espacios que lo hacen perfecto para realizar exposiciones. Dispone de 4 puertas de acceso, aunque sólo la principal está habilitada al público y una puerta de emergencia situada en la cafetería.



Ilustración 6. Fotografía del edificio Zabaleta 2 (Fuente Ujaen.es)

Está formado por un total de 4 plantas y una cubierta, en las cuales encontramos las siguientes instalaciones:

- Planta baja: una cafetería, conserjería, una sala de exposiciones y oficinas de atención al usuario. Una característica de esta planta son los grandes ventanales que permiten una perfecta iluminación en su interior.
- Primera planta: una sucursal bancaria de la Caja Rural, una sala de juntas con capacidad para 77 personas y un salón de grados con capacidad para 82 personas.
- Segunda planta: el Vicerrectorado de Tecnologías de la Información y la Comunicación e Infraestructuras.
- Sótano: en esta planta encontramos el servicio de informática formada por oficinas y servidores de toda la universidad.

En cuanto a su localización, el edificio se encuentra en España, en la comunidad autónoma de Andalucía, en la provincia de Jaén.



Ilustración 7. Localización de la comunidad autónoma de Andalucía (fuente GoogleMaps)

Situado al norte del campus, delimita al norte con la carretera Bailén-Motril, al sur con el edificio “C1” o Aula Magna, al este con el edificio “D2” de Humanidades y Ciencias de la Educación y al oeste con los aparcamientos.



Ilustración 8. Localización del edificio Zabaleta (Fuente GoogleMaps)

Datos relativos al edificio:

-Latitud: 37,7897 grados.

-Longitud: -3,7780 grados.

-Altura: 435,440 metros.

-Superficie útil/construida: 2.285,17 m² / 2.633,31 m².

-Fecha de terminación de las obras: 1997.

4 Fases del proyecto

El proyecto se dividirá en dos fases principales claramente identificadas. La primera será la de la adquisición de la nube de puntos del edificio por medio de una estación de escáner láser terrestre. La segunda será la del modelado BIM donde a partir de dicha nube se irán creando elementos en el lugar correspondiente. Tras los escaneos se hará una alineación del exterior individual en busca de errores y del interior también, después una alineación conjunta. Finalmente obtendremos un modelo BIM con un nivel de desarrollo LOD 400, el cual contiene el detalle necesario para su construcción y un nivel de mediciones exacto, planos de las plantas escaneadas con la estación y en los que se incluirán renders de interior como demostración. Esos planos servirán para comparar nuestro producto con los planos originales y comprobar si se han producido cambios. La ilustración 9 muestra un gráfico con el orden de las fases seguido:

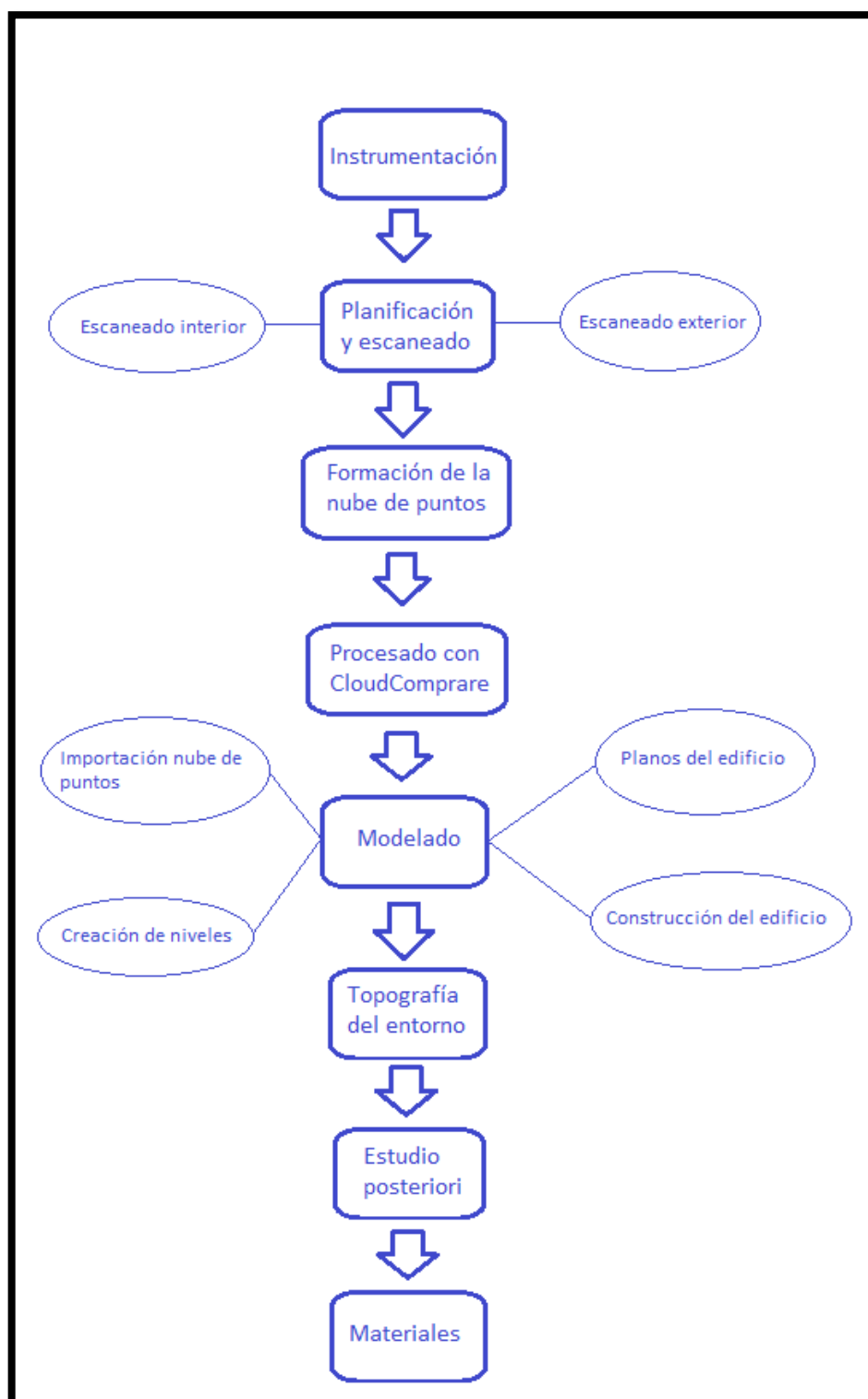


Ilustración 9. Gráfico de los apartados de la fase del proyecto

4.1 Instrumentación

Para llevar a cabo el proyecto necesitaremos:

- Estación Faro Focus modelo X 130: con el que se realizará la toma masiva de datos del edificio.
- Software SCENE de Faro: adquirido conjuntamente con la estación láser, con él se registran los escaneos para generar la nube de puntos. Se tarda poco en familiarizarse con él gracias al intuitivo interfaz donde se indica paso a paso el orden a seguir en cada proceso.
- AutoCAD: programa de diseño en 2D que se usará para la edición de los planos facilitados inicialmente por la Universidad de Jaén.
- Revit: programa de modelado BIM de Autodesk con el se trabajará la mayor parte del TFG.
- CloudCompare. software gratuito con el que podemos editar la nube de puntos y hacer desde operaciones sencillas como secciones, suavizados, cálculos de distancias y generar o eliminar puntos hasta otras más complejas como animaciones, alineaciones o clasificaciones de puntos.
- Cámara de teléfono móvil: para fotografiar algunos detalles interiores del edificio, materiales y colores.

4.2 Planificación y escaneado

Previamente a la salida de campo se realiza en gabinete un análisis de la zona circundante al edificio por medio del visor de mapas Google Maps para seleccionar las posibles zonas óptimas donde estacionar nuestro láser escáner.

Destacar que este primer paso es sólo para tener una idea inicial del entorno que rodea el edificio puesto que no disponemos de la fecha en la que realizaron las tomas y es posible que se haya producido algún tipo de cambio. Además, con una vista cenital, cuesta bastante intuir si la topografía sufre cambios bruscos de pendiente o si por el contrario bajo una zona cubierta se encuentra una posición óptima para realizar un estacionamiento. Es por ello que se hace imprescindible visitar la zona, allí se hace un itinerario para examinar la topografía del entorno, obstáculos que dificultasen la

visión como pueden ser arbustos o árboles y posibles zonas ocultas. También la separación entre las estaciones al tratarse de un registro por nube de puntos sin dianas por lo que el solape debe ser suficiente para poder identificar la mayor cantidad de puntos comunes en la nube.

4.2.1 Escaneado exterior

Para la zona sur se tuvo en cuenta hacer las tomas a una distancia prudencial debido a la imposibilidad de realizar escaneos en la azotea del edificio (lo más alejado posible sin poner obstáculos de por medio).

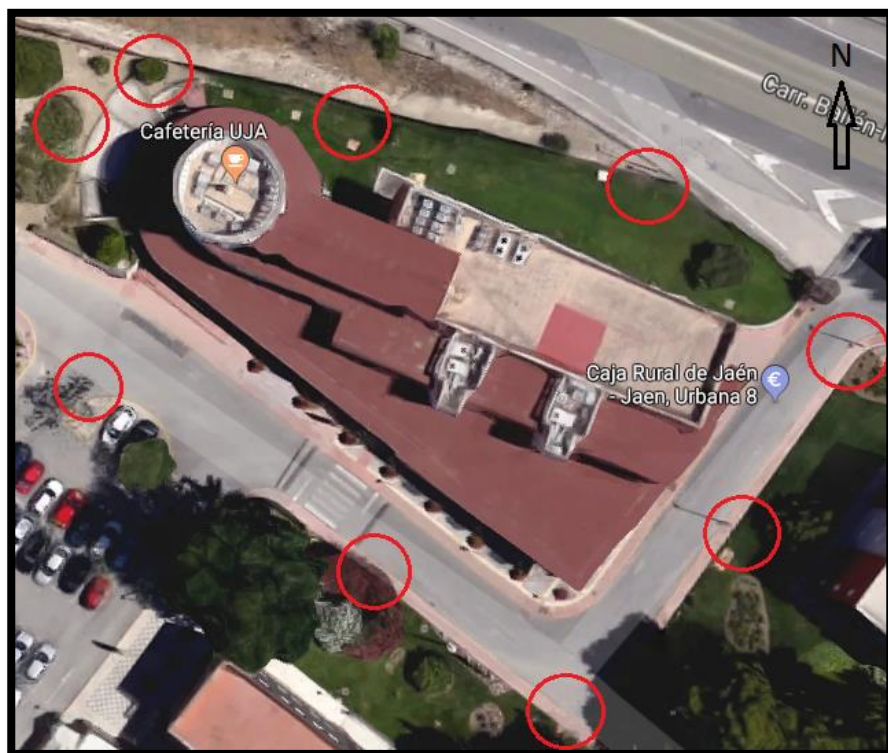


Ilustración 9. Zonas propuestas para el estacionamiento (Fuente GoogleMaps)

Respecto a la configuración de la estación del láser escáner, se basó en los dos principales parámetros: la densidad de la nube de puntos o distancia entre puntos (resolución) y la cantidad de veces que la estación mide un punto y hace el promedio (calidad).

Calculando que la distancia estimada entre el láser escáner y el edificio variaría entre los 5 y los 25 metros, se optó por una configuración corta-media cuyos

parámetros son: Resolución 1/8 de 10,9 millones de puntos y una calidad x3. Para la observación en el exterior se activaron todos los sensores: brújula, clinómetro y GPS. Para el barrido en el área horizontal los 360.0 grados y en el vertical desde los -60.0 hasta los 90.0 grados (los 180.0 grados están incompletos debido a la parte oculta del trípode). Con todo ello la duración de cada toma alcanza los 5 minutos y 6 segundos.

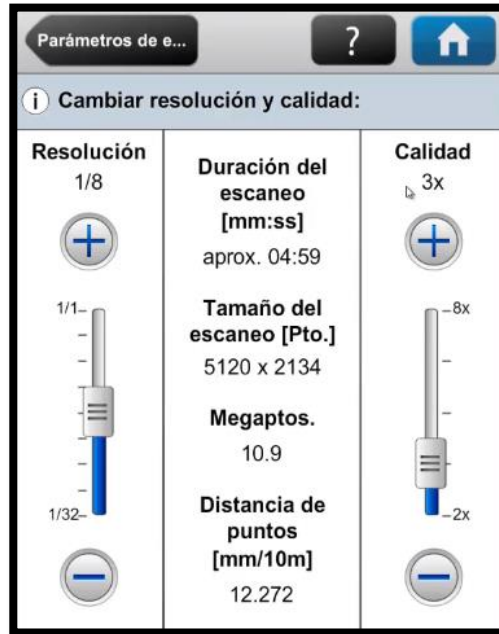


Ilustración 10. Pantalla de configuración de la estación.



Ilustración 11. Estacionamiento del láser escáner.

4.2.2 Escaneado Interior

En la selección de zonas del interior, además de partes ocultas y obstáculos se aborda el problema de registrar varias plantas, siendo necesario estacionar en los descansillos de las escaleras.

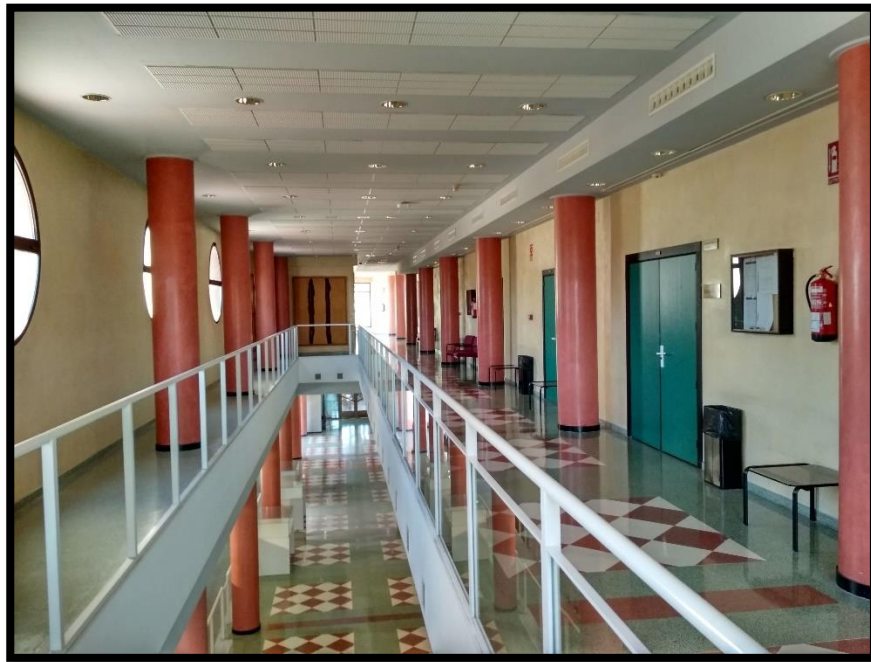


Ilustración 12. Interior del edificio Zabaleta.

Tampoco se puede estacionar cerca de las paredes debido a las numerosas columnas que encontramos en los pasillos. En las ilustraciones 13, 14 y 15 puede verse la planificación de las estaciones propuestas sobre los planos del edificio proporcionados por la Universidad.

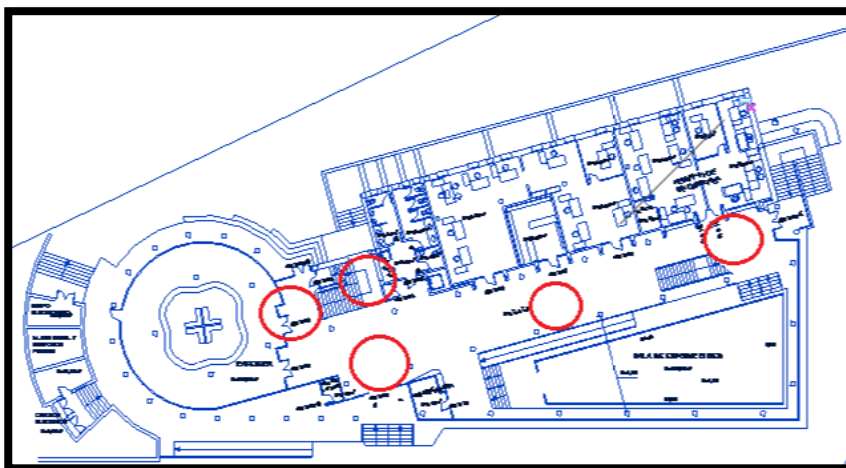


Ilustración 13. Zonas propuestas del láser escáner en la Planta Baja.

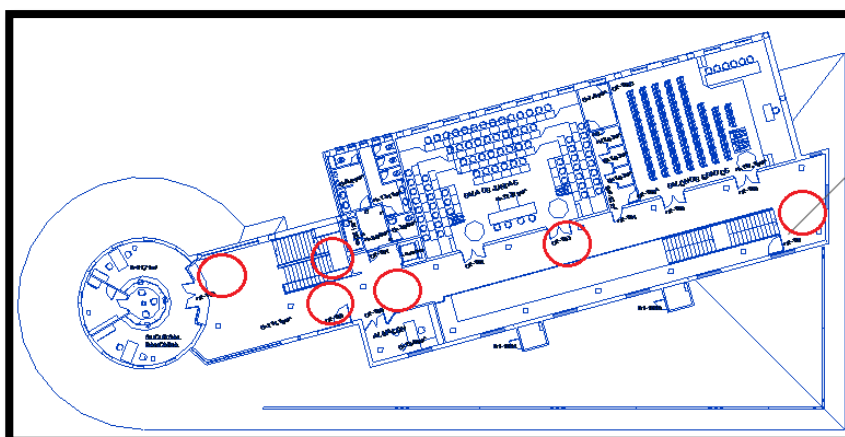


Ilustración 14. Zonas propuestas del láser escáner en la Primera Planta

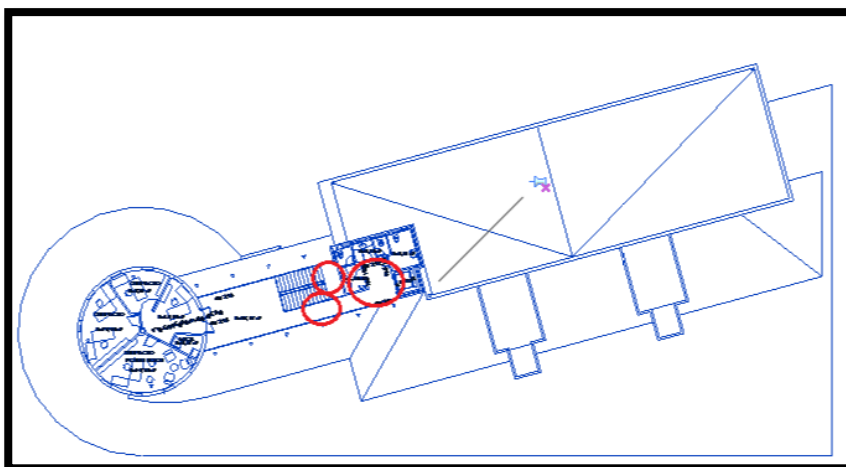


Ilustración 15. Zonas propuestas del láser escáner en la Segunda Planta.

Para mejorar el enlace entre los escaneos exterior e interior se hicieron dos más, uno a los pies de la escalera principal y otro en la acera de enfrente (ver círculos amarillos en la ilustración 16).



Ilustración 16. Distribución de estacionamiento del láser escáner.

4.3 Formación de la nube de puntos del edificio con SCENE

Como primer paso, importamos todos los escaneos y generamos la nube de puntos de cada uno de ellos. Para poder detectar más fácilmente posibles errores o anomalías surgidas al escanear el edificio se realizó, por un lado, un clúster exterior y por otro, uno interior independiente.

Algunos escaneos del exterior se realizaron en días diferentes y a la hora de unir las nubes de puntos pueden ocurrir errores de registro si el programa no encuentra los puntos homólogos por lo que es necesario eliminar objetos que no son comunes en los registros como vehículos en su mayoría, con la herramienta ClippingBox se pueden eliminar puntos de forma sencilla (ver ilustraciones 17 y 18).

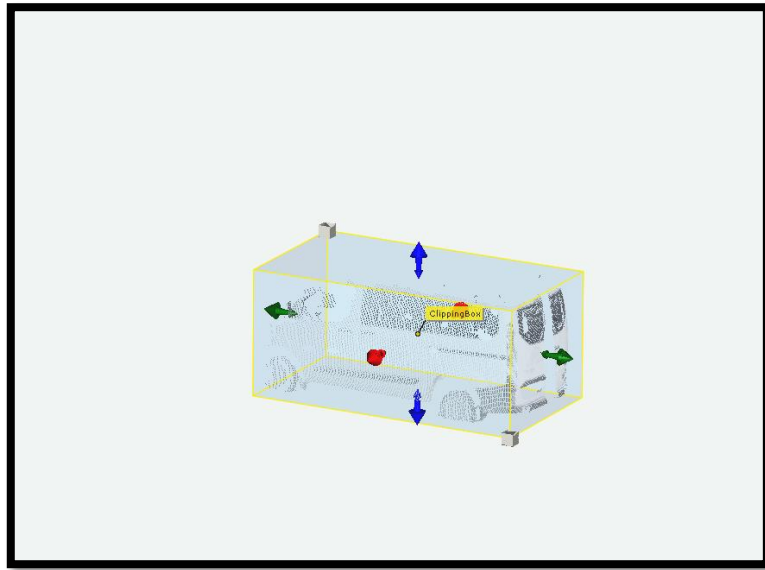


Ilustración 17. Detalle de la eliminación de un coche.

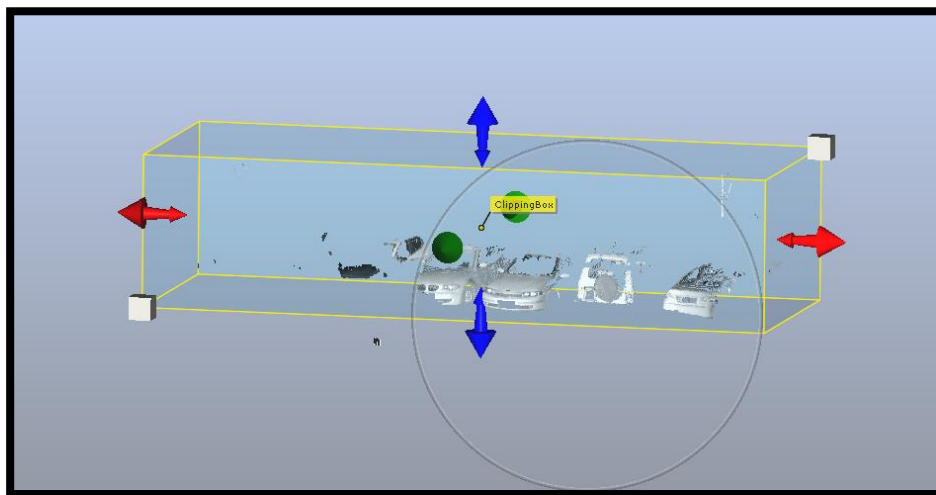


Ilustración 18. Detalle de la eliminación de un grupo de coches.

El siguiente paso es hacer el registro de forma manual señalando puntos y planos comunes en cada par de tomas, son necesarios como mínimo tres elementos homólogos para que el software establezca coincidencias, a partir de ahí cuantos más puntos marquemos y mejor definidos estén los elementos en los escaneos comunes mejor serán los resultados. La opción de usar esferas para los registros se descartó inicialmente puesto que las estaciones están a una óptima distancia unas de otras y también por limitaciones de potencia del ordenador de trabajo, colocar esferas

requiere un aumento de la densificación de los escaneos y se necesita un buen equipo de trabajo del que en esta ocasión no se disponía.

Una vez se tiene suficientes elementos, nos quedamos con unos de los dos escaneos y pasamos a la siguiente toma y buscar más puntos y planos.

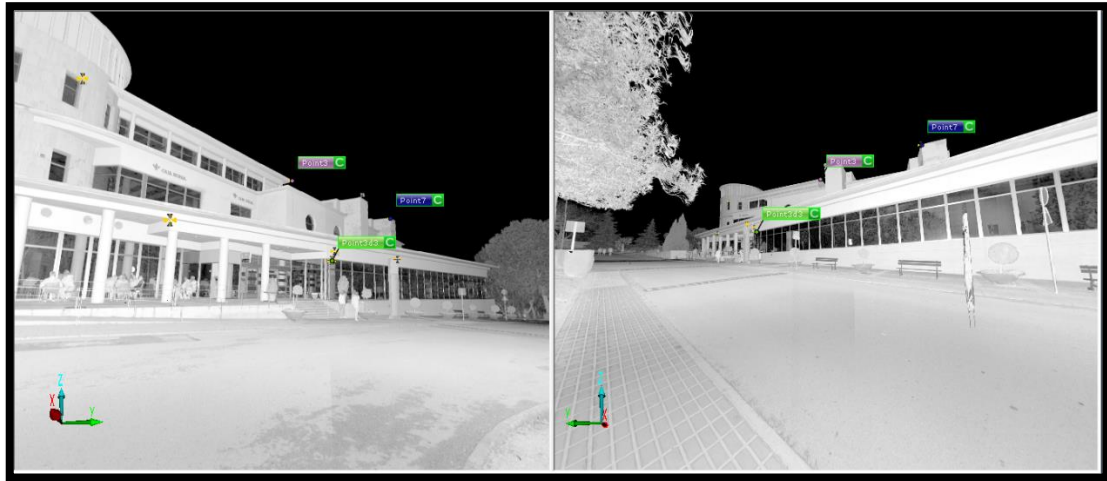


Ilustración 19. Ejemplo de elementos marcados entre los escaneos 10a y 11, representados en la ilustración 28.

Tras hacer todos los registros se examina el resultado y se observa lo que parecen las partes de pared suspendida en el aire. En la ilustración 20 y 21 podemos apreciarlas. En un principio se piensa que ha habido un error al registrar algún par de escaneos y que el software no los ha orientado correctamente entre sí, pero realizando de nuevo el proceso varias veces se obtiene un resultado idéntico.



Ilustración 20. Detección de artefactos.



Ilustración 21. Detección de artefactos

A la vista de los artefactos mostrados en las ilustraciones 20 y 21 se opta por analizar uno por uno todos los registros en busca de esos elementos hasta detectar que en los escaneos ubicados cerca de los grandes ventanales de la planta baja se crean dentro del edificio lo que parecen ser árboles, arbustos y paredes. Casualmente estas paredes están a la misma distancia de las ventanas que el edificio de al lado y cuyos muros son totalmente paralelos a estos (ilustración 22).

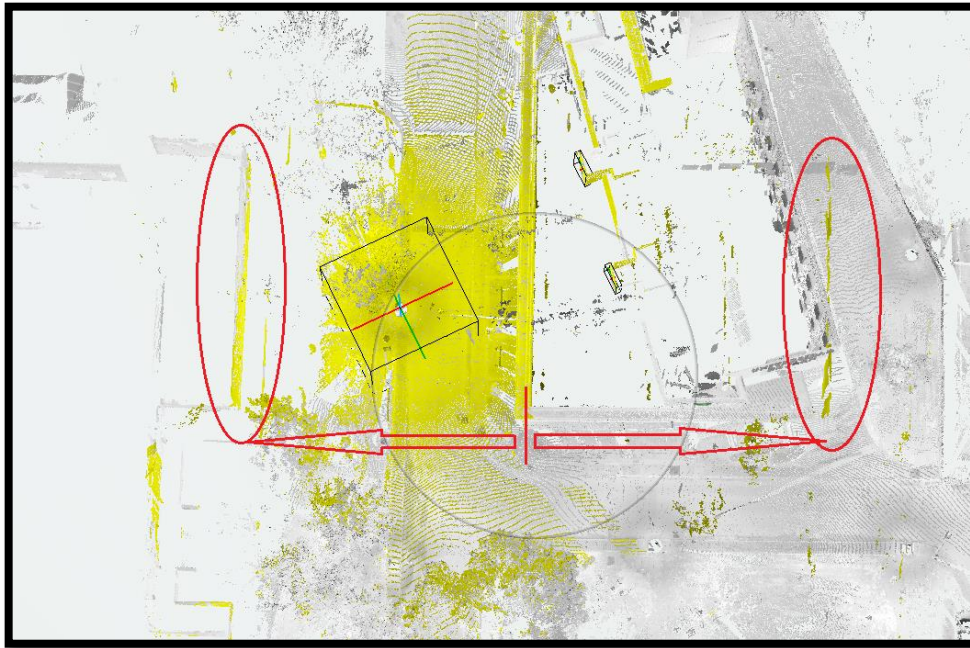


Ilustración 22. Detección y causa de los artefactos detectados donde se aprecia una distancia similar.

Lo que se pensaba que era el interior del edificio es en realidad otro edificio. La señal emitida por la estación no se refracta en los ventanales, si no que se refleja, debido al tratamiento dado a estos.



Ilustración 23. Detalle del tratamiento de las ventanas (Fuente GoogleMaps)

Se procede a depurar con la herramienta ClippingBox las paredes y los árboles que se han reflejado al tomar los datos. El resultado se aprecia en la ilustración 24.



Ilustración 24.Nube de puntos generada del edificio Zabaleta

En el caso de los interiores la selección de puntos homólogos debe ser mayor porque las nubes no tienen la información posicional del GPS por lo que no tienen una primera orientación relativa en posición. Además, el efecto que producen los ventanales es el mismo, pero con un resultado mucho mayor llegando a crear habitaciones espejo (ilustración 25).



Ilustración 25. Artefactos generados a causa de las ventanas.

Después de comprobar el conjunto final del interior y no percibir más anomalías se pasa a hacer el clúster interior y exterior conjuntamente de forma manual. Es entonces cuando nos ayudamos del software para hacer un último solape automático, mejorando notablemente la precisión. Al no poder seguir un único orden de emparejamientos se hicieron varios clústeres con el siguiente orden

El clúster principal empieza en el interior en la segunda planta (1 en la ilustración 26), se ha bajado hasta la entrada del edificio y se ha rodeado hasta llegar a la estación número 18.

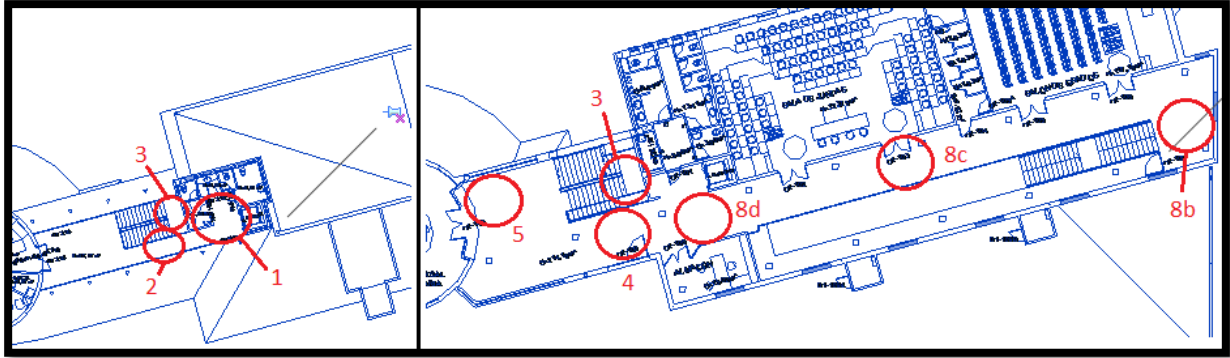


Ilustración 26. Orden de registro de la segunda (izquierda) y primera planta (derecha).

El segundo clúster empieza en la estación número 8 prosigue con la 8a hasta la 8d en la primera planta. La 8a se empareja con 8aa debajo de las escaleras y de la misma forma con 10 y 10a en el exterior.

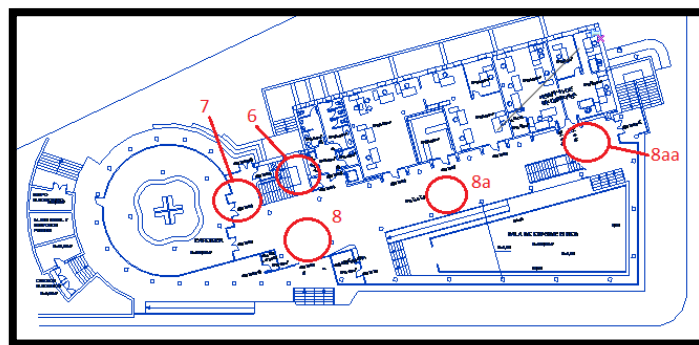


Ilustración 27. Orden de registro de la planta baja.



Ilustración 28. Orden de registro del exterior del edificio.

Las siguientes tablas muestran los distintos clústeres con el número de las ilustraciones 26, 27 y 28 con su ID.

Clúster principal:

ID	Número
Interior_d1013	1
Interior_d1009	2
Interior_d1012	3
Interior_d1005	4
Interior_d1004	5
Interior_d1011	6
Interior_d1003	7
Interior_d1000	8
B1_roberto014	9
B1_roberto015	10
Nuevo_proyecto_Scan_002	11
Nuevo_proyecto_Scan_003	12
Nuevo_proyecto_Scan_004	13
Nuevo_proyecto_Scan_005	14
Nuevo_proyecto_Scan_006	15
Nuevo_proyecto_Scan_007	16
Nuevo_proyecto_Scan_008	17
Nuevo_proyecto_Scan_009	18

Clúster secundario:

ID	Número
Interior_d1000	8
Interior_d1001	8a
Interior_d1008	8b
Interior_d1007	8c
Interior_d1006	8d

Emparejamientos:

ID	Número
Interior_d1001	8a
Interior_d1002	8aa

ID	Número
B1_roberto015	10
Nuevo_proyecto_Scan_001	10a

En el informe (Ilustración 29) vemos que excepto 2 errores no muy altos (10,9 y 12,8), los demás están de color verde, señal de que están por debajo del error permitido y que en algunos, la superposición es muy baja en algunos casos pero eso se debe a que cuando SCENE empareja las nubes de puntos automáticamente, no sigue el orden del proceso manual, si no que procura emparejar cada escaneo con todos los posibles a su alrededor y obviamente cuanto más alejados están unas de otras menor es el porcentaje de superposición. En los anexos podemos ver en informe de errores completo.

Agrupamiento/escaneo 1	Agrupamiento/escaneo 2	Error de punto [mm]	Superposición
Interior_d1013	Interior_d1009	2.3	63.8 %
Interior_d1012	Interior_d1009	3.2	46.4 %
Interior_d1012	Interior_d1013	2.1	27.7 %
Interior_d1005	Interior_d1012	6.1	43.6 %
Interior_d1006	Interior_d1005	1.4	75.7 %
Interior_d1006	Interior_d1011	2.6	30.7 %
Interior_d1006	Interior_d1008	2.5	25.6 %
Interior_d1007	Interior_d1005	3.2	30.5 %
Interior_d1007	Interior_d1006	2.7	43.5 %
Interior_d1007	Interior_d1008	3.2	54.1 %
Interior_d1004	Interior_d1005	2.7	48.6 %
Interior_d1004	Interior_d1011	2.4	39.5 %
Interior_d1003	Interior_d1011	10.9	37.0 %
Interior_d1003	Interior_d1000	2.0	57.1 %
Interior_d1003	B1_roberto014	3.6	6.3 %
Interior_d1000	B1_roberto014	3.0	32.6 %
Interior_d1001	Interior_d1002	3.1	43.8 %
Interior_d1008	Interior_d1005	1.1	20.2 %
Interior_d1008	Interior_d1001	2.7	37.1 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	B1_roberto014	5.7	59.4 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	B1_roberto015	12.8	53.4 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	Nuevo_proyecto_Scan_002	6.2	28.6 %
Nuevo_proyecto_Scan_003	Nuevo_proyecto_Scan_002	5.0	34.8 %
Nuevo_proyecto_Scan_004	Nuevo_proyecto_Scan_003	4.7	33.7 %
Nuevo_proyecto_Scan_004	Nuevo_proyecto_Scan_005	2.1	55.2 %
Nuevo_proyecto_Scan_005	Nuevo_proyecto_Scan_006	3.0	24.7 %
Nuevo_proyecto_Scan_007	Nuevo_proyecto_Scan_006	2.9	37.0 %
Nuevo_proyecto_Scan_007	Nuevo_proyecto_Scan_008	4.6	33.5 %
Nuevo_proyecto_Scan_009	Nuevo_proyecto_Scan_008	2.7	41.6 %

Ilustración 29. Extracto del informe de errores

Por último, exportamos la nube de puntos y para ello elegimos el formato “e57” (<http://www.libe57.org/>), este es un formato muy versátil y es soportado por multitud de plataformas.

4.4 Procesado con CloudCompare

La nube resultante está formada por 128 millones de puntos, un número y tamaño muy elevado para trabajar cómodamente en Revit, por ello hacemos uso del software CloudCompare con el que realizamos un recorte del terreno y edificios colindantes que ya no son necesarios además de una simplificación de los puntos con la herramienta Sub Sampling (definimos una distancia y todos los puntos respecto los

demás dentro del radio de esa distancia serán eliminados). Esta herramienta también se encuentra disponible en SCENE, pero por estar más familiarizado con CloudCompare se escogió esta opción.

Se hacen 2 simplificaciones diferentes, de 1 cm (21 millones de puntos) y de 2 cm (8,5 millones de puntos), eligiendo este último para realizar el modelo. El motivo por el que se hacen varios filtrados es buscar un equilibrio entre el número de puntos y el correcto funcionamiento de la nube en el ordenador para trabajar con ella.

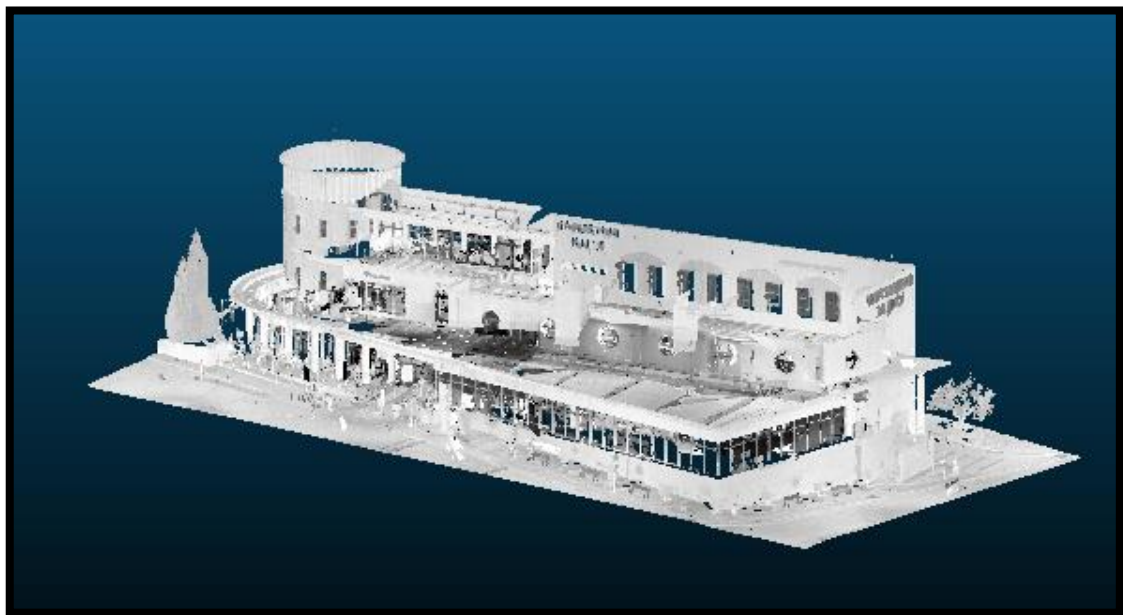


Ilustración 30.Nube de puntos del edificio Zabaleta.

Se hacen secciones longitudinales y transversales en busca de fallos que SCENE no haya sido capaz de detectar como por ejemplo en las zonas de unión entre nube de puntos. Los elementos analizados son paredes, suelos y columnas.

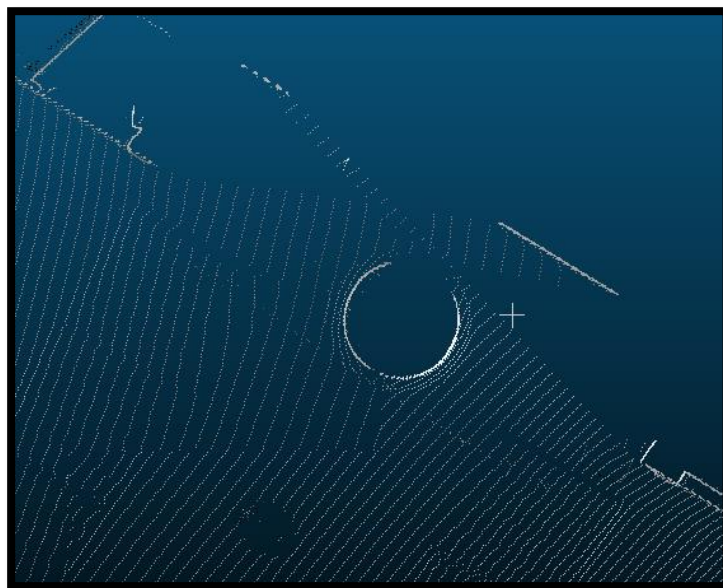


Ilustración 31. Detalle del análisis de una de las columnas de la planta baja.

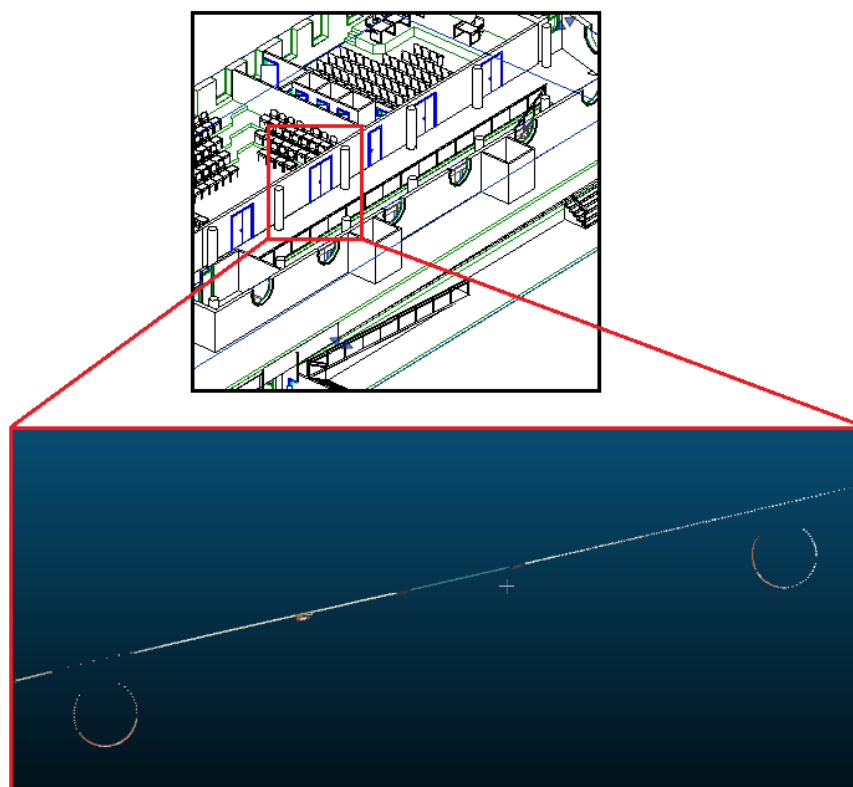


Ilustración 32. Detalle de uno de los muros del edificio.

4.5 Modelado

Llegamos a la fase principal del proyecto, en ella se detallan los pasos a partir de importar la nube obtenida con SCENE y cómo preparamos el modelo previamente con la creación de los niveles que sirven de referencia para todos los demás elementos. Estos se van describiendo por orden de creación, hablando de sus familias, tipos y criterios de alineación respecto la nube. Para finalizar se comentará la implementación de la topografía del entorno y la aplicación de materiales.

4.5.1 Importación de la nube de puntos

Revit sólo lee archivos de nubes de puntos con extensión “rcp” o “rcs”*, con lo que es necesario una reconversión de archivos. Al importar los datos en “e57” se genera automáticamente otro con el mismo nombre, pero en formato “rcp”.

*Nota: Hasta la versión 2018, Revit es capaz de importar distintos formatos que luego convierte a “rcp” y “rcs”, en versiones posteriores no es capaz de realizar esta conversión.

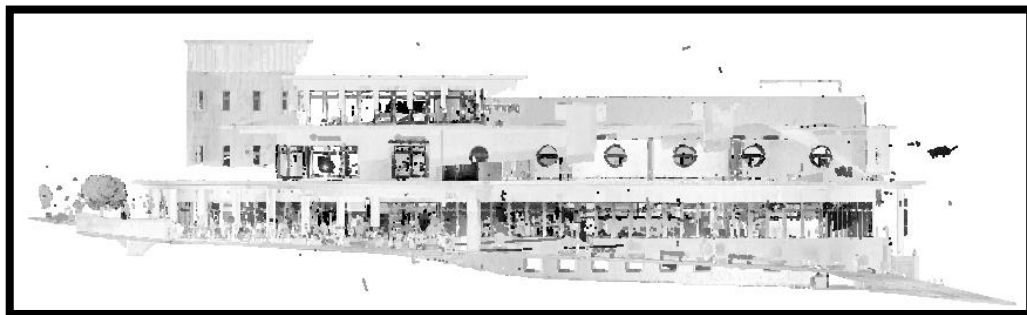


Ilustración 33. Nube de puntos importada en Revit.

4.5.2 Creación de niveles

Los niveles son un paso fundamental a la hora de trabajar con cualquier software BIM, son la base de referencia de todos los elementos, posteriormente cuando los creamos, su posición respecto al plano Z estará relacionada con esta entidad, tanto la parte inferior como la superior. Para poder hacer un nivel es necesario primero crear

una sección, estas pueden ser longitudinales o transversales y con ellas podemos ver con más detalle cualquier elemento o tomar medidas, cosa que será muy importante a partir de ahora. Para el cálculo de la altura de cada uno de los niveles se ha creado una vista longitudinal a lo largo del edificio y se ha medido la distancia de todos respecto al sótano. Los niveles creados en Revit para este proyecto son los siguientes (ver ilustración 34):

- Sótano: al ser el nivel más bajo y por comodidad para no tener niveles con cota negativa le asignamos cota 0 metros.
- Planta Baja Descansillo: nivel de pequeña extensión al que se accede desde la planta baja, se decide crearlo para evitar problemas a la hora de definir las escaleras y rampas que la componen, tiene una cota de 2,931 metros.
- Planta Baja: planta principal con una cota de 3,958 metros.
- Primera Planta: tiene una cota de 8,404 metros.
- Segunda Planta: tiene una cota de 12.825 metros.
- Cubierta: cubierta del edificio con una cota de 16,833 metros.

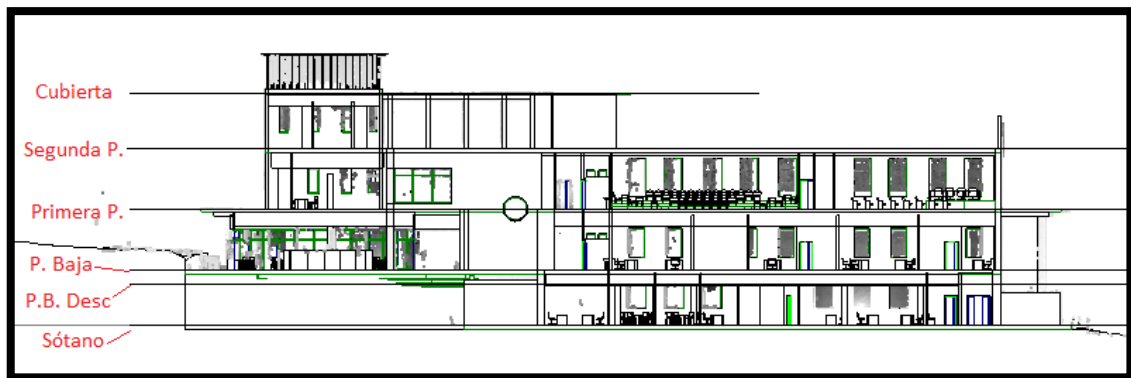


Ilustración 34. Niveles creados en Revit

4.5.3 Planos del edificio

Durante la realización del TFG sólo se han escaneado las zonas comunes del edificio con el fin de no interferir en su funcionamiento. Por tanto, no tenemos información del interior de las demás salas (baños, oficinas, etc.), es por ello que

necesitamos los planos originales para hacernos una idea cuando construyamos el modelo.

Tras la petición, la administración de la Universidad facilitó un archivo en formato dwg con los planos, donde estaban todas las plantas agrupadas en un único archivo. Para separarlos se hizo uso del software AutoCAD y se dividieron las plantas en un archivo cada una.

Ya en Revit, para importar un plano hay que abrir una vista del nivel en el que se quiere insertar, puesto que sólo será visible desde ahí.

Es importante que se definan las unidades de importación en metros para que se visualicen correctamente los planos. En la ilustración 35 vemos por un lado la nube de puntos de la primera planta y por otro el plano del mismo.

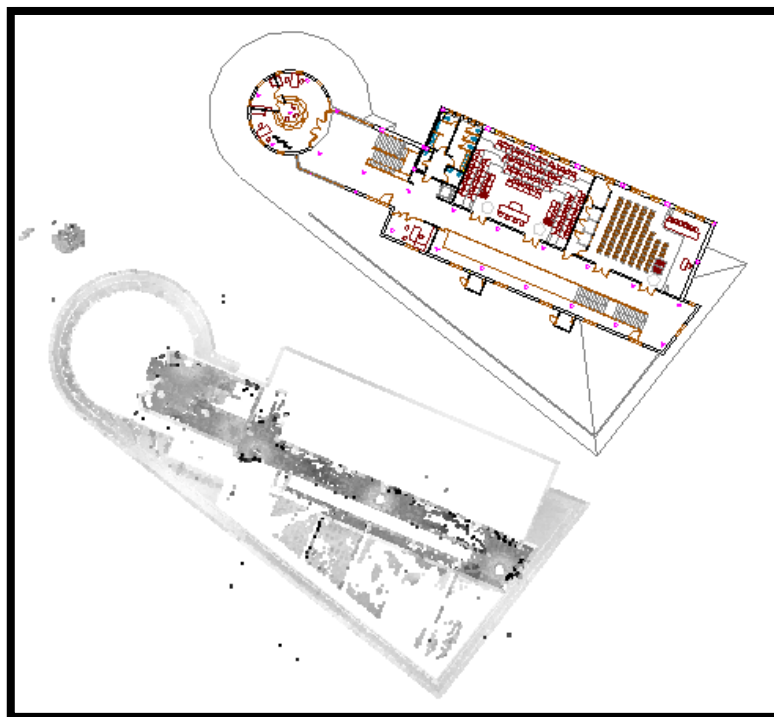


Ilustración 35.Nube de puntos y plano de la primera planta.

4.5.4 Construcción del modelo

En esta fase se construye el modelo BIM, el orden de implementación será empezar por los elementos más generales (muros, suelos y techos) hasta terminar con los más singulares (puertas, barandillas).

-Muros, suelos y techos

Se colocarán los elementos planta por planta empezando desde la Planta Baja y se irá ascendiendo al siguiente piso, el último será el sótano al no disponer de los datos del interior. Para insertarlos se colocarán a lo largo de una línea de puntos y de esquina a esquina con la ayuda de la herramienta "snap" gracias a la cual cuando pasamos el cursor del ratón, automáticamente selecciona el punto más cercano de la nube para mejorar la precisión cuando insertamos un elemento.

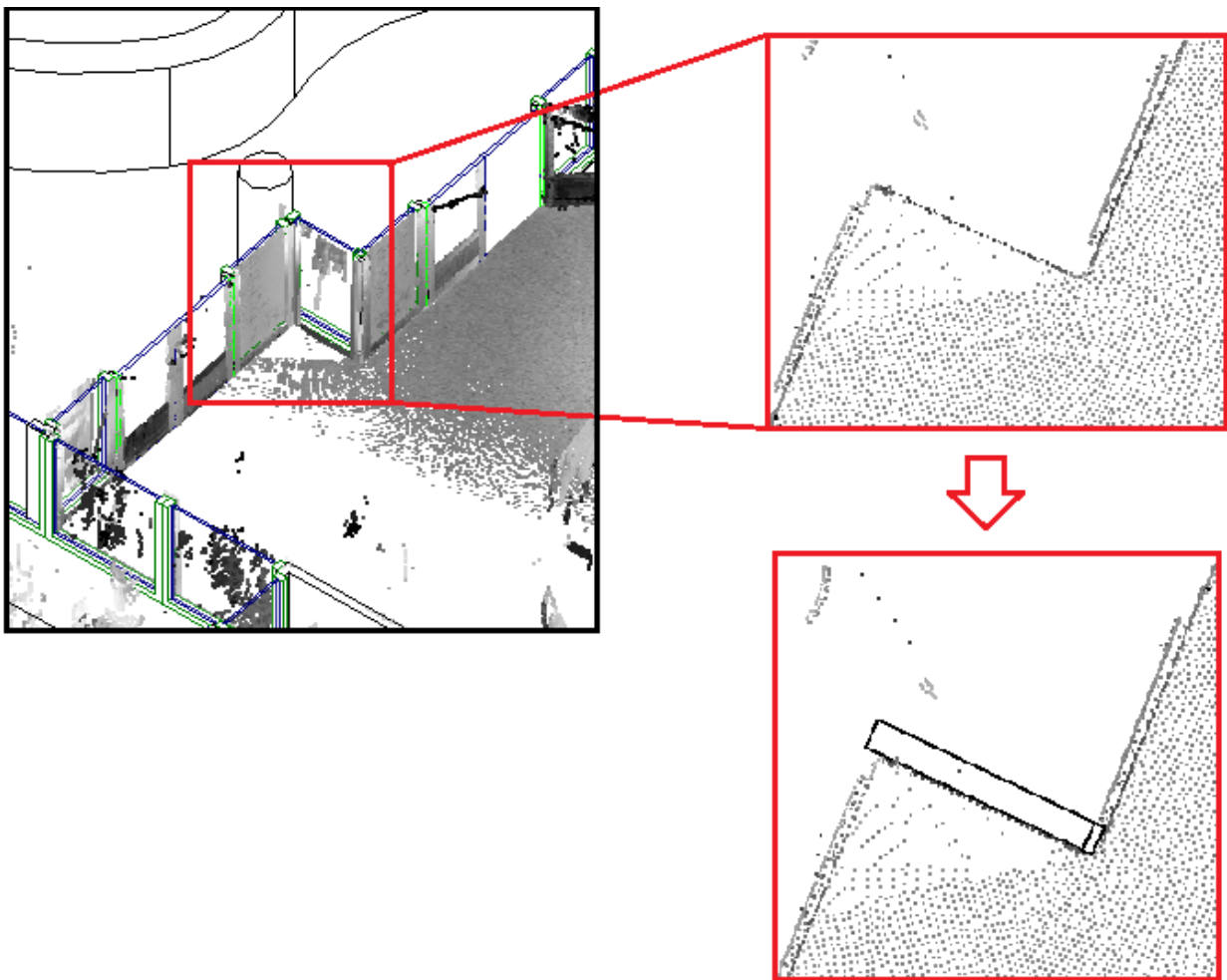


Ilustración 36. Ejemplo de creación de un muro.

A la hora de crear muros, Revit da la posibilidad de que la inserción sea desde el eje, la cara exterior o la interior, en este caso se usará la cara interna como referencia.

Respecto al grosor, si se ha escaneado por los dos lados una pared o un techo se obtendrá la medida real, en caso de tener sólo una de las caras (o ninguna como en las salas sin escanear), el grosor será a partir de la medida sobre los planos.

-Familias y tipos de muro, techo y suelos

Todos los muros compartirán la misma familia (Muro básico) pero de tipos habrá tantos como diferentes grosores se hayan medido en Revit. Con los techos se hará lo mismo. En el apartado de resultados se muestra una tabla con todos los tipos de muros creados donde se comentan.

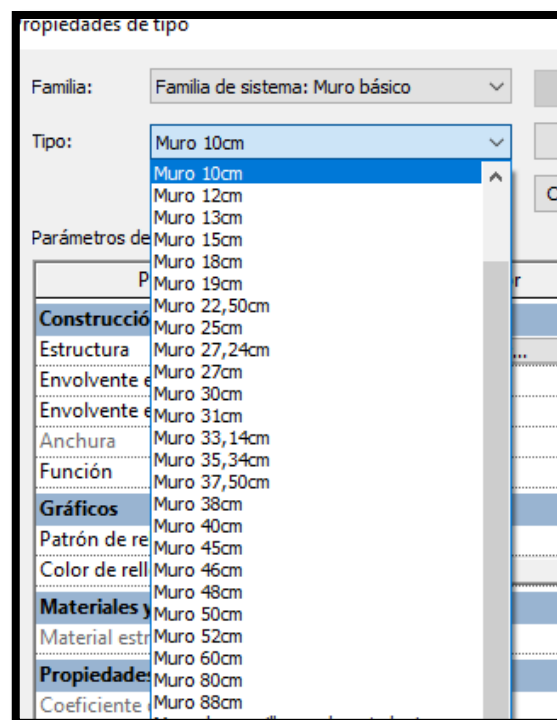


Ilustración 37. Lista de tipos de muros creados.

En la ilustración 38 vemos cómo el modelo ya tiene la forma del edificio:

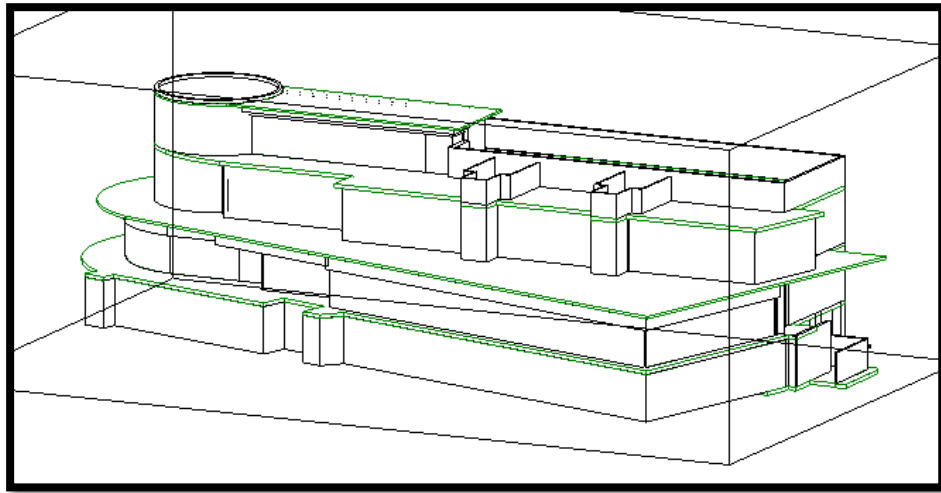


Ilustración 38. Vista del modelo con muros, suelos y techos.

-Ventanas y puertas

Las ventanas y puertas son lo que se conocen como componentes hospedados, significa que no se pueden situar en cualquier espacio, así como así, si no que necesitan colocarse en elementos como los muros, es otra de las razones por la que se crean después.

Para poder saber cuáles son las medidas de una ventana se crea una sección totalmente paralela al muro y se miden las dimensiones del objeto y la altura desde el suelo. Tanto para la colocación de las puertas como de las ventanas no se usó la herramienta “snap” (o forzado) porque los puntos escaneados no siempre coinciden con los vértices del objeto y para evitar estas imprecisiones se realizó de forma manual asegurando la correcta alineación del objeto.

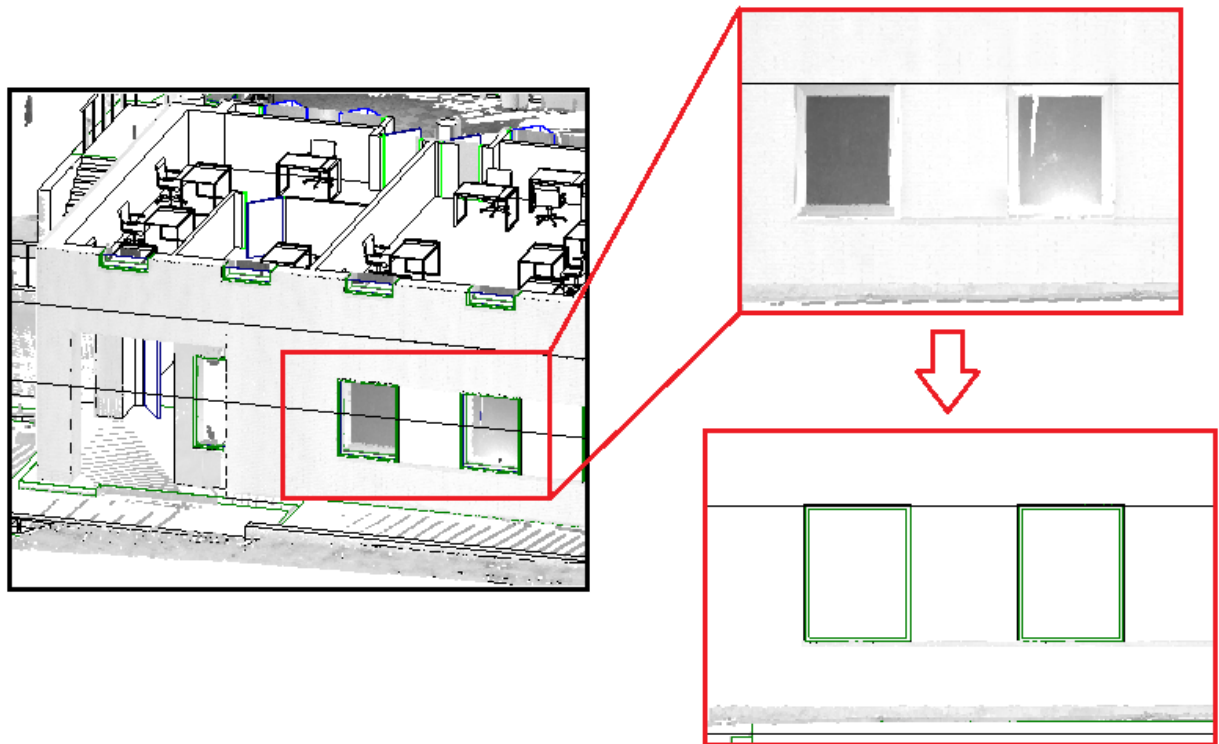


Ilustración 39. Detalle de la creación de dos ventanas.

-Familias y tipos de ventanas y puertas

Como se mencionó en un principio el propósito de este TFG es el de obtener las medidas reales de un edificio dejando a un lado la creación objetos idénticos como pueden ser muebles, ventanas o puertas, por lo tanto a la hora de elegir una familia se ha hecho uso de la librería de Revit (es una carpeta con diseños ya creados) o mediante la descarga de más librerías en otras páginas webs (<http://www.arquihoy.com/2014/07/familias-de-puertas-para-revit.html>) y siempre buscando el diseño que más se asemeja a la realidad. A partir de cada familia se han creado tipos dependiendo de las diferentes medidas obtenidas. En el apartado de los anexos se muestra un inventario con todas la familias y tipos de puertas y ventanas creadas.

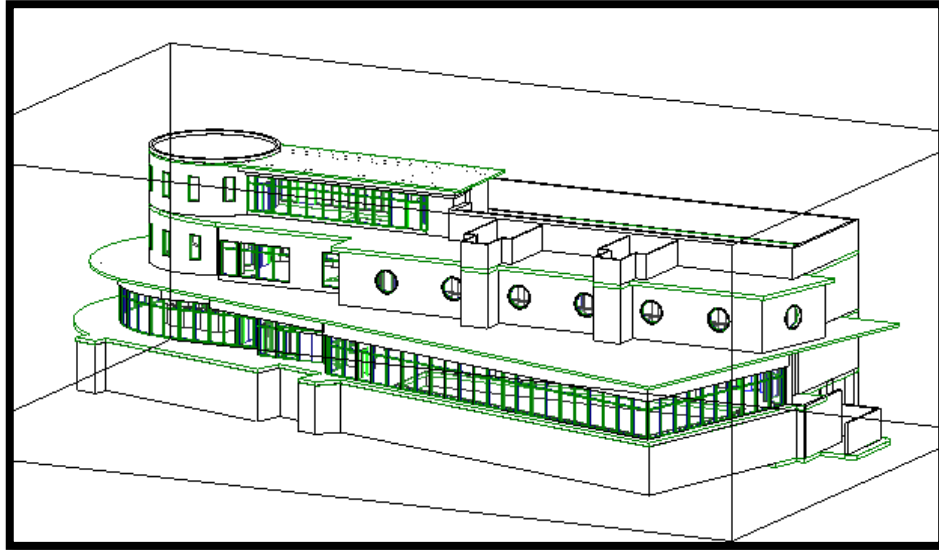


Ilustración 40. Vista del edificio con puertas y ventanas.

-Otros elementos

Para las escaleras es necesario definir la huella, contrahuella, anchura y altura final, con las rampas el ángulo de inclinación y longitud.

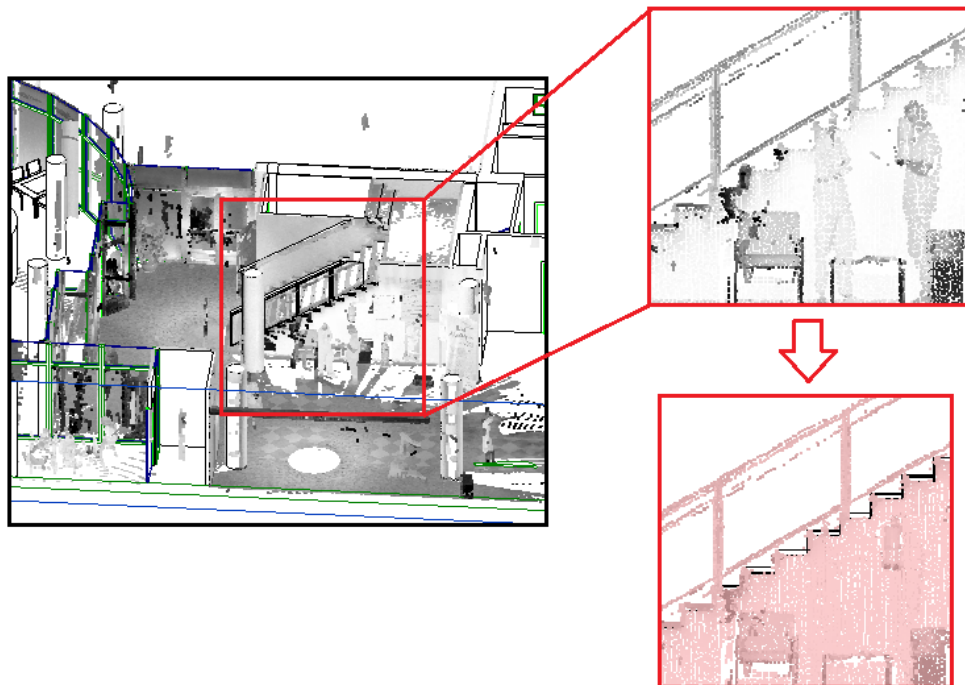


Ilustración 41. Ejemplo de creación de una escalera.

En cuanto a las barandillas, sólo está disponible la familia básica (tipo rectangular) y se quiere una de forma circular para tener más semejanza al modelo real, para ello se sigue el proceso de crear un parámetro al que le asignamos una medida, área o ángulo.

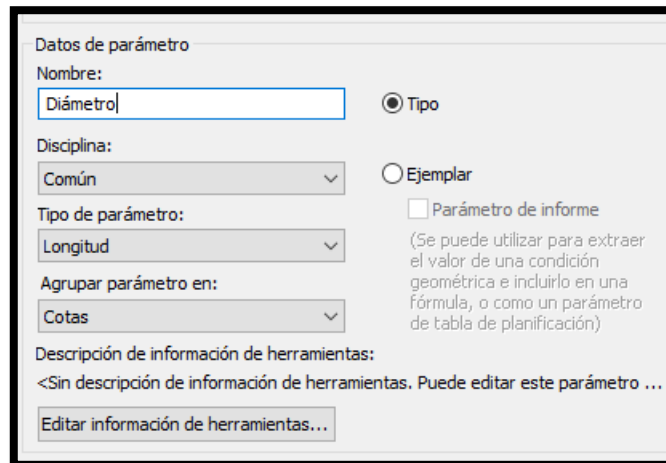


Ilustración 42. Ventana de creación de un parámetro.

Con ello conseguimos tener distintos tipos dentro de esa familia modificando esa variable. Para los balaustres se usaron los de la librería modificando las dimensiones.

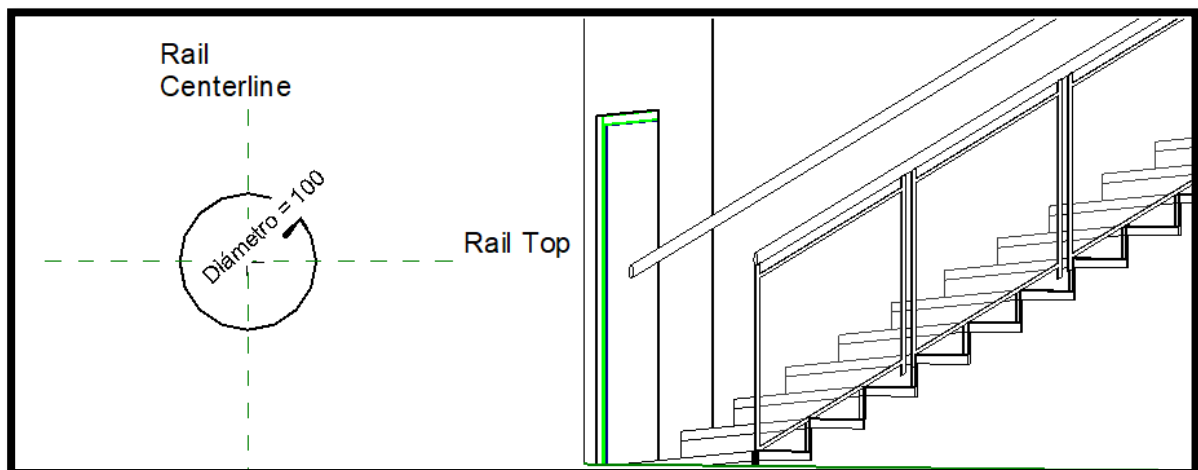


Ilustración 43. Muestra del resultado de una barandilla. (Fuente: propia Elaboración)

Las columnas pertenecientes a la parte de la azotea también se personalizaron por no tener una forma uniforme (tienen forma de herradura) y se colocaron una a una manualmente girándolas.

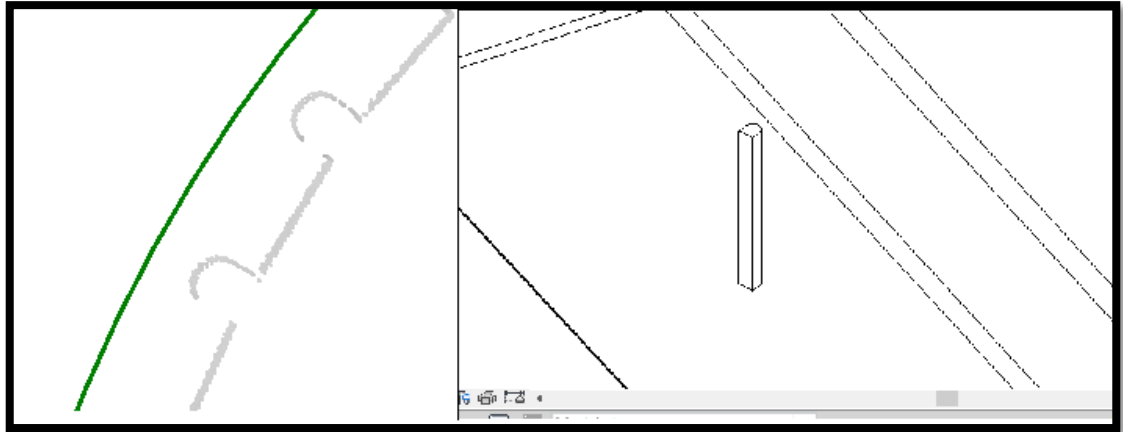


Ilustración 44. Ejemplo de columna de la azotea. (Fuente: propia Elaboración)

Para el mobiliario se usaron de referencia los planos facilitados por la Universidad.

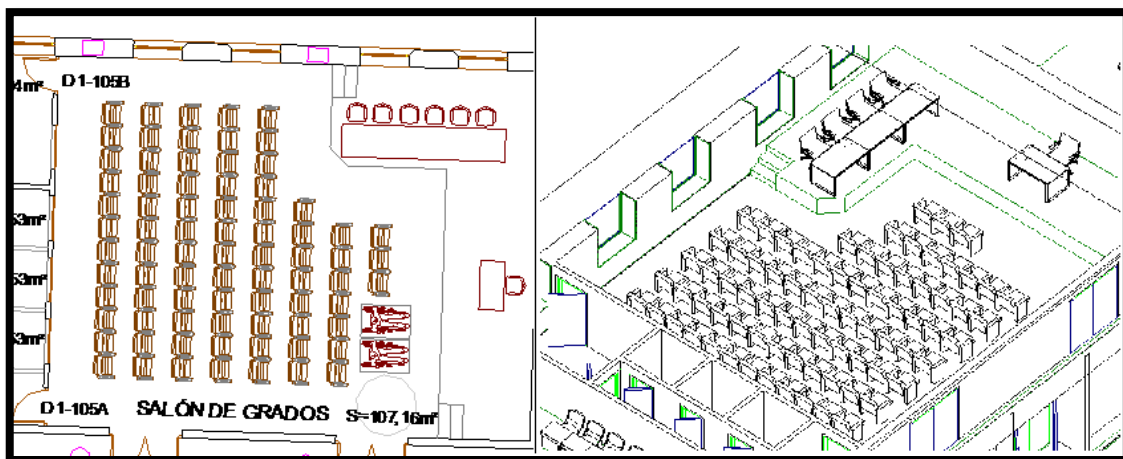


Ilustración 45. Comparación del salón de grados en el modelo y en el plano.

4.6 Creación de la topografía del entorno

Este apartado no se muestra antes en el proyecto pues la superficie que rodea al edificio tiene un carácter meramente estético y para que el edificio no quede “volando”. En la creación de esta superficie no se usa la obtenida a partir de los

escaneos por la gran cantidad de artefactos encontrados que imposibilitarían una buena homogeneidad al crear las curvas de nivel, además no se requiere una superficie con gran cantidad de puntos pues la finalidad de este TFG se centra totalmente en la información perteneciente al edificio en sí y la superficie del entorno es meramente estética, por esta razón se ha optado por descargar la nube de puntos LiDAR del PNOA y de la que se han eliminado los puntos que no pertenecen al terreno. La nube se ha descargado del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) de las elaboradas para el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) en el que se puede acceder a nubes de puntos de toda España. En el visualizador buscamos la universidad y descargamos una región de 2x2 km (mínimo tamaño), después con CloudCompare recortamos la nube y nos quedamos sólo con los alrededores. Cuando importamos en Revit trasladamos la nube hasta que coincida exactamente con la posición de nuestra nube ya que el BIM diseñado está en sus propias coordenadas.



Ilustración 46. Ajuste de la superficie de puntos al modelo.

Después eliminamos los puntos del edificio, nos quedamos con los del terreno y realizamos la triangulación. Para evitar que la superficie atravesase el edificio una vez ajustado con este, se eliminan los puntos intermedios con la herramienta “Plataforma de Construcción” utilizando por la plana baja por un lado del edificio y el sótano por el otro (ver resultados en la ilustración 47).

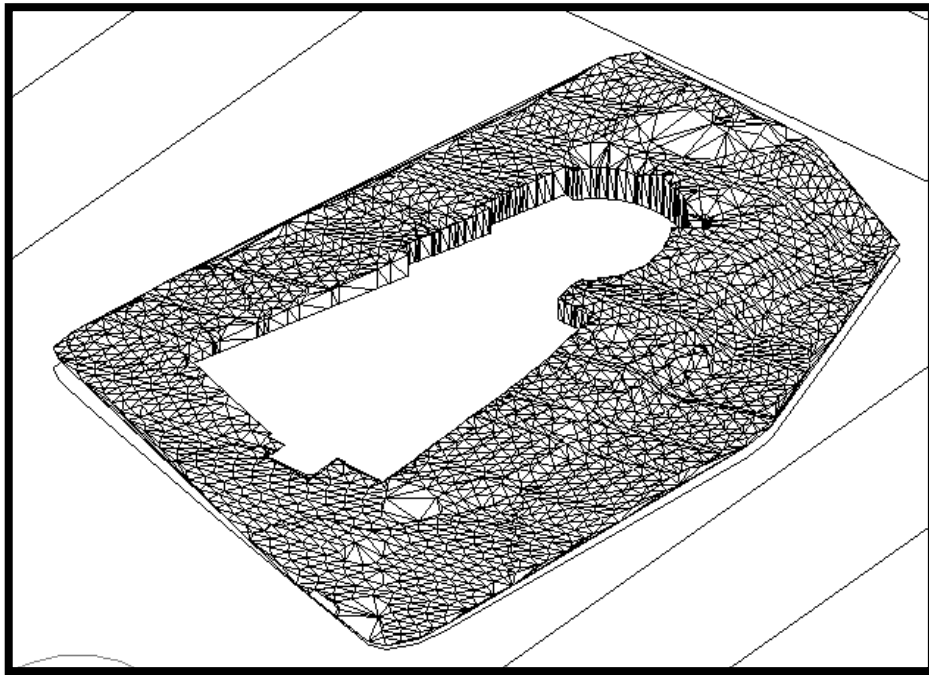


Ilustración 47. Superficie triangulada.

4.7 Estudio de la incertidumbre a posteriori

Se ha omitido un estudio a priori en este TFG porque no tenemos una especificación de la precisión necesaria, nuestra finalidad es la de elaborar un modelo y después informar de su precisión, por lo tanto, es más útil un estudio a posteriori que asegure que la forma y dimensiones de nuestro modelo construido es correcto.

La forma ideada para un estudio aproximado consiste en analizar el método de alineación entre los diferentes escaneos. Sabiendo que ese método usado utiliza objetos comunes y cada elemento tiene una precisión igual a la del instrumento se realizará una composición entre el número de estaciones desde la primera usada en la alineación hasta la última, para la parte exterior los objetos a analizar son las columnas. En la hoja de especificaciones del láser escáner (se puede descargar en el siguiente enlace: <https://www.faro.com/en-gb/resource/faro-laser-scanner-focus3d-x-130-hdr/>) vemos que el aparato tiene un sigma (σ) de 0,6 centímetros aproximadamente por punto. Si tenemos en cuenta que se emplearon un total de 10 estaciones tenemos que el error es:

$$\frac{6 * \sqrt{10}}{\sqrt{2}} = 12 \text{ mm}$$

Al realizar la alineación de nubes comenzando y terminando por la misma podemos considerar que el error se distribuye desde cualquier origen hasta el escaneo más lejano, por ello, podemos dividirlo por $\sqrt{2}$ mejorando la precisión.

Observando las columnas se ve claramente como los contornos son circunferencias bastante exactas (ilustración 48):

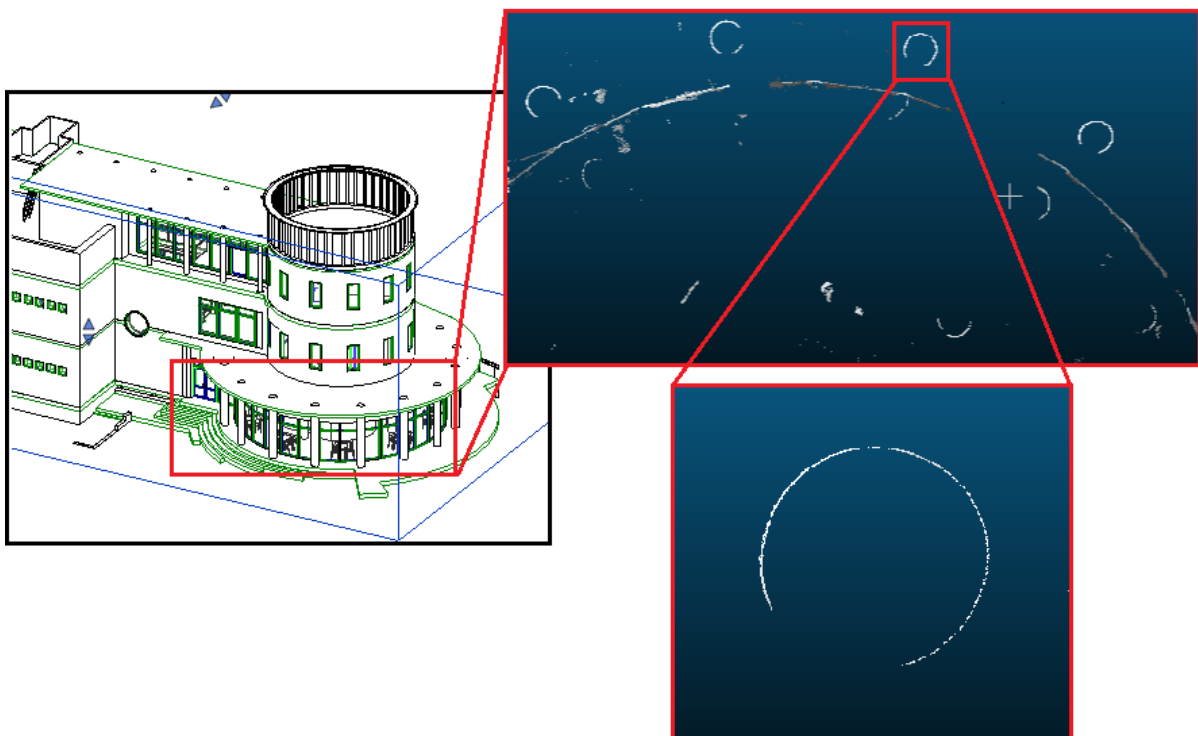


Ilustración 48. Detalle de las columnas analizadas

En los muros tampoco se aprecian errores por lo que afirmamos que no hay sesgos.

En el interior del edificio se hace algo similar, pero en este caso la metodología para analizar las columnas pasa por afirmar la premisa de que en ausencia de errores la posición planimétrica de las columnas de la planta baja respecto a las de la

primera planta deben ser la misma, es decir, al tratarse de la misma columna la debe tener completa no deberían producirse sesgos.

Con una vista cenital de la planta se observa que hay un desplazamiento medio de 2,5 centímetros, una de ellas en concreto cuya parte de la primera planta se registra desde el interior y la parte inferior se toma desde el exterior llega a los 5 centímetros.

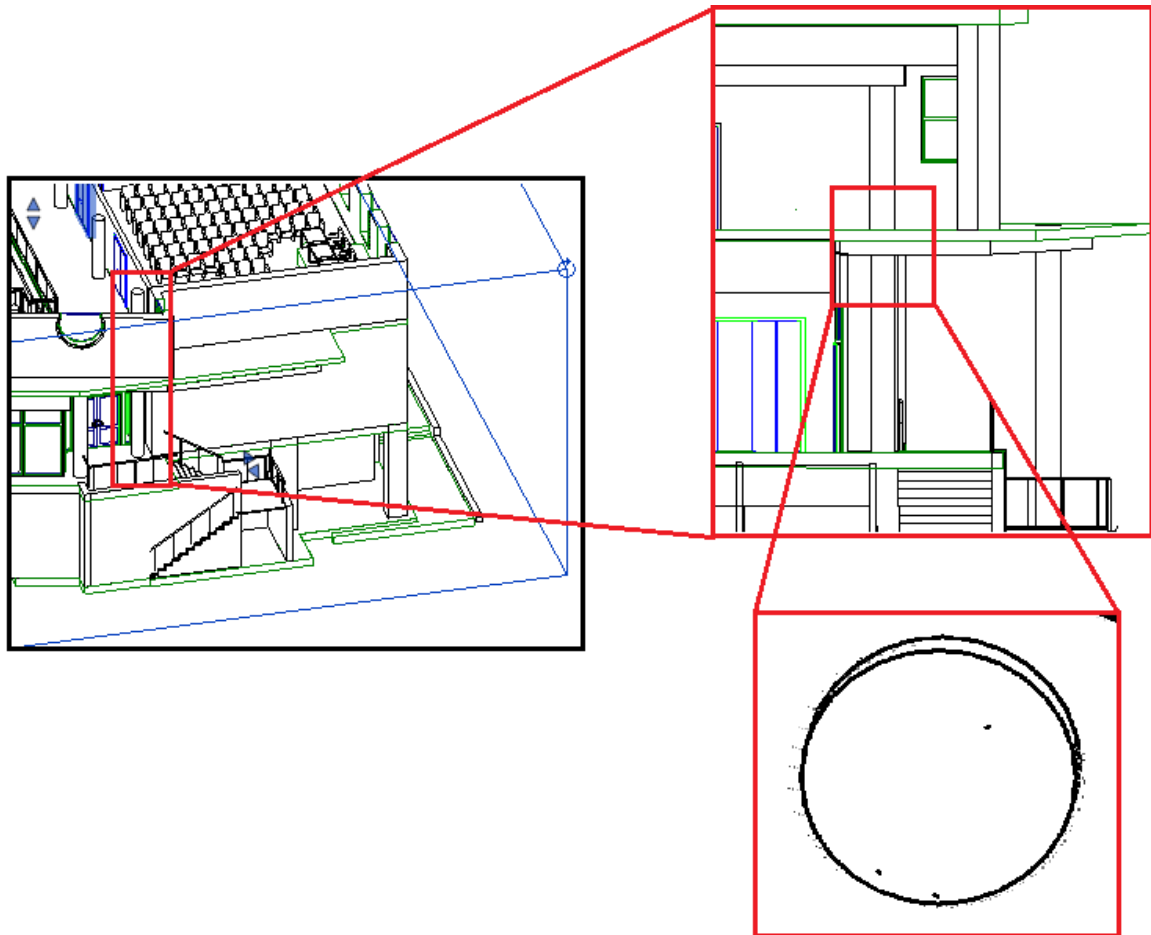


Ilustración 49. Detalle de la columna “I” (Ilustración 48).

En este caso encontramos un total de 8 estaciones pero la poligonal no es cerrada por lo que no dividimos por $\sqrt{2}$. La ecuación queda así:

$$6 \text{ mm} * \sqrt{8} = 16,97 \text{ mm}$$

Por lo tanto, no entra en tolerancia. Aunque pasar de una planta a otra siempre es difícil se considera un error grosero y es necesario realizar de nuevo el proceso de

registro con el software SCENE. En la ilustración 50 observamos el resultado final de cada uno de los desfases, esta vez más reducidos, en concreto la columna "I" que es la que más nos importa, ha bajado de los 5 cm a los 4,5 mm. A consecuencia del nuevo registro de la nube de puntos con SCENE, algunos elementos como paredes cambiaron de lugar por escasos milímetros y tuvieron que ser modificados también en el modelo BIM.

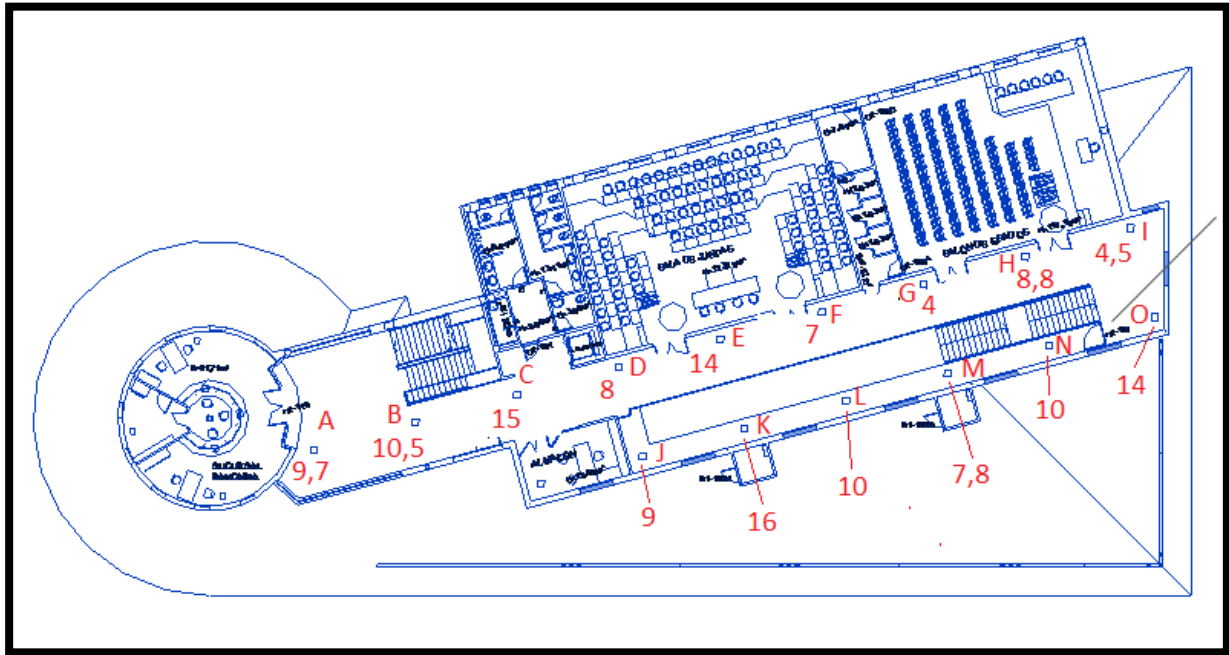


Ilustración 50. Plano de la primera planta con las precisiones de las columnas en mm con los nuevos resultados.

A pesar de lo anterior, es necesario indicar que, aunque desde el análisis de los resultados de las columnas el registro presente un desfase muy inferior, al comparar el informe de la nube de puntos (ilustración 51 y 52) vemos que esta vez se encuentran más relaciones entre distintos escaneos aunque con peor precisión, esto puede deberse a factores como la falta de precisión a la hora de detectar puntos homólogos de forma manual y que en SCENE los errores se calculan usando una cantidad reducida de puntos y no el conjunto por lo que pueden ocurrir estas diferencias. De todas formas, esto pone en duda la fiabilidad de los informes de errores generados por SCENE y certifica la importancia y la obligación de comprobar manualmente cada uno de los resultados o productos que obtienen usando este software. Los resultados completos de los informes puedes verse en los anexos.

Agrupamiento/escaneo 1	Agrupamiento/escaneo 2	Error de punto [mm]	Superposición
Interior_d1013	Interior_d1009	2.3	63.8 %
Interior_d1012	Interior_d1009	3.2	46.4 %
Interior_d1012	Interior_d1013	2.1	27.7 %
Interior_d1005	Interior_d1012	6.1	43.6 %
Interior_d1006	Interior_d1005	1.4	75.7 %
Interior_d1006	Interior_d1011	2.6	30.7 %
Interior_d1006	Interior_d1008	2.5	25.6 %
Interior_d1007	Interior_d1005	3.2	30.5 %
Interior_d1007	Interior_d1006	2.7	43.5 %
Interior_d1007	Interior_d1008	3.2	54.1 %
Interior_d1004	Interior_d1005	2.7	48.6 %
Interior_d1004	Interior_d1011	2.4	39.5 %
Interior_d1003	Interior_d1011	10.9	37.0 %
Interior_d1003	Interior_d1000	2.0	57.1 %
Interior_d1003	B1_roberto014	3.6	6.3 %
Interior_d1000	B1_roberto014	3.0	32.6 %
Interior_d1001	Interior_d1002	3.1	43.8 %
Interior_d1008	Interior_d1005	1.1	20.2 %
Interior_d1008	Interior_d1001	2.7	37.1 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	B1_roberto014	5.7	59.4 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	B1_roberto015	12.8	53.4 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	Nuevo_proyecto_Scan_002	6.2	28.6 %
Nuevo_proyecto_Scan_003	Nuevo_proyecto_Scan_002	5.0	34.8 %
Nuevo_proyecto_Scan_004	Nuevo_proyecto_Scan_003	4.7	33.7 %
Nuevo_proyecto_Scan_004	Nuevo_proyecto_Scan_005	2.1	55.2 %
Nuevo_proyecto_Scan_005	Nuevo_proyecto_Scan_006	3.0	24.7 %
Nuevo_proyecto_Scan_007	Nuevo_proyecto_Scan_006	2.9	37.0 %
Nuevo_proyecto_Scan_007	Nuevo_proyecto_Scan_008	4.6	33.5 %
Nuevo_proyecto_Scan_009	Nuevo_proyecto_Scan_008	2.7	41.6 %

Ilustración 51. Informe de errores del primer registro.

Agrupamiento/escaneo 1	Agrupamiento/escaneo 2	Error de punto [mm]	Superposición
Nuevo_proyecto_Scan_009	Nuevo_proyecto_Scan_008	3.2	43.3 %
Interior_d1008	Interior_d1006	8.7	23.4 %
Interior_d1008	Interior_d1005	9.2	15.6 %
Interior_d1002	Interior_d1001	2.5	32.2 %
B1_roberto014	Interior_d1000	2.1	36.4 %
B1_roberto014	Nuevo_proyecto_Scan_001	4.7	48.9 %
Interior_d1001	Interior_d1008	4.1	30.9 %
Interior_d1001	Interior_d1000	2.8	32.9 %
Interior_d1007	Interior_d1008	4.8	51.4 %
Interior_d1007	Interior_d1006	4.5	37.9 %
Interior_d1007	Interior_d1005	9.2	31.9 %
Interior_d1005	Interior_d1006	3.8	75.6 %
Interior_d1005	Interior_d1004	1.9	68.6 %
Interior_d1005	Interior_d1011	1.9	58.3 %
Interior_d1011	Interior_d1004	1.3	43.9 %
Interior_d1003	Interior_d1011	11.1	41.2 %
Interior_d1003	Interior_d1000	12.9	35.4 %
Interior_d1012	Interior_d1005	8.9	38.9 %
Interior_d1012	Interior_d1009	2.0	56.1 %
Interior_d1012	Interior_d1013	0.6	28.4 %
Interior_d1013	Interior_d1009	0.8	65.9 %
B1_roberto015	Interior_d1000	6.0	23.6 %
B1_roberto015	Nuevo_proyecto_Scan_001	13.4	53.0 %
B1_roberto015	Nuevo_proyecto_Scan_002	27.6	45.4 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	Nuevo_proyecto_Scan_009	6.0	9.5 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	Nuevo_proyecto_Scan_002	6.8	25.2 %
Nuevo_proyecto_Scan_002	Nuevo_proyecto_Scan_003	6.2	46.6 %
Nuevo_proyecto_Scan_004	Nuevo_proyecto_Scan_002	5.5	24.3 %
Nuevo_proyecto_Scan_004	Nuevo_proyecto_Scan_003	5.9	36.2 %
Nuevo_proyecto_Scan_005	Nuevo_proyecto_Scan_004	3.0	56.1 %
Nuevo_proyecto_Scan_006	Nuevo_proyecto_Scan_005	4.1	25.0 %
Nuevo_proyecto_Scan_006	Nuevo_proyecto_Scan_007	7.1	50.3 %
Nuevo_proyecto_Scan_007	Nuevo_proyecto_Scan_008	4.5	41.1 %

Ilustración 52. Informe de errores del segundo registro.

4.8 Definición de materiales y pinturas

Para el acabado se recurre al aplicado de materiales sobre los elementos, previamente se realizaron numerosas fotografías con el fin de plasmar los colores lo más parecido posible a la realidad.

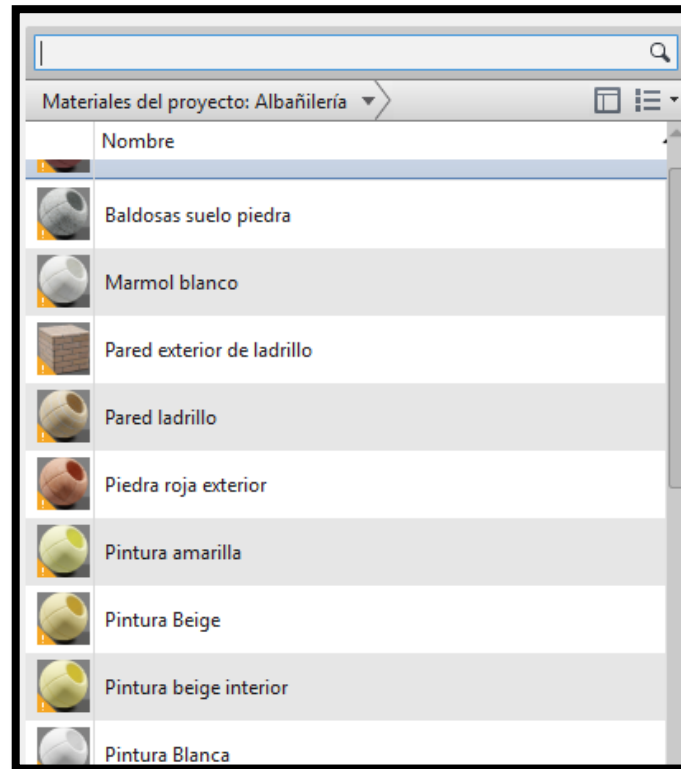


Ilustración 53. Ventana de edición de materiales.

Antes de aplicar el color del recubrimiento hay que crearla primero, generando un nombre único, eligiendo un color y un relieve (imagen a escala de grises que queda de fondo) para dotarlo de realismo. Hay que tener en cuenta que el color seleccionado en el modo “realista” difiere bastante en el modo “trazado de rayos” que sería el verdadero, por lo tanto, se deben realizar varias pruebas antes.

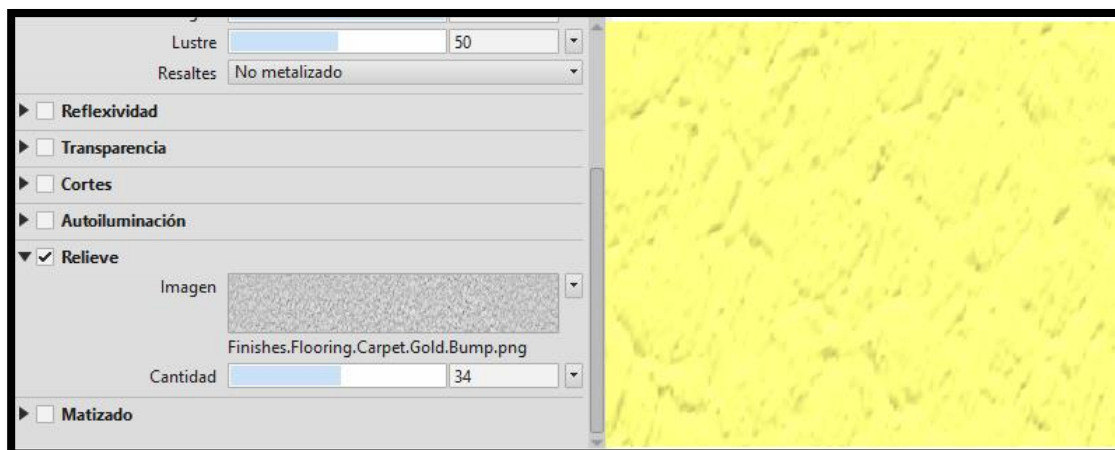


Ilustración 54. Ventana del relieve elegido y resultado.

En el caso de materiales como el mármol, no se aplica un color, sino que se aplica una imagen (de la librería) que se repite en forma de patrón por el elemento.

En suelos o muros donde hay que aplicar varios materiales en una sola superficie se usa la herramienta "Dividir Cara".

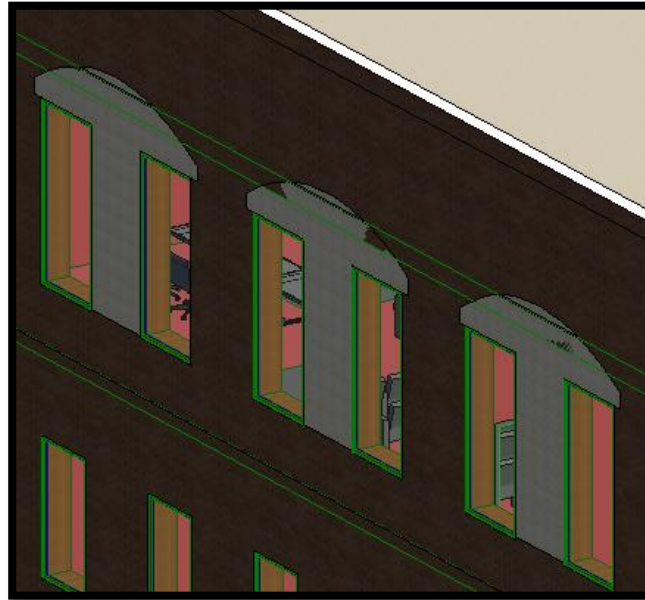


Ilustración 55. Detalle de la división de caras de un suelo y los muros contiguos.

Por último, las salas que se han creado a partir de los planos donde no tenemos información se han pintado del mismo color (rojo) para diferenciarlas fácilmente de las otras. En los anexos podemos encontrar una tabla con todas las pinturas y materiales empleados. En la ilustración 56 observamos el resultado final.



Ilustración 56. Comparación del edificio Zabaleta con el modelo (Fuente GoogleMaps).

Nota: en algunos ordenadores para que la función tanto de crear como aplicar materiales esté disponible es necesario deshabilitar primero la tarjeta gráfica antes de operar con Revit.

5 Cálculo de superficies en el plano original y el modelo BIM

Con el modelo BIM finalizado podemos medir de forma cuantitativa si el resultado final y real del edificio corresponde con los planos originales. Se medirá por un lado la superficie de las zonas interiores del edificio registradas con el láser escáner y por otra el edificio por la parte exterior de los muros. Los datos obtenidos se mostrarán en una tabla en el apartado de los resultados en la que se indicará el porcentaje de variación que hay entre ellas por cada planta (del sótano no se calculará al tener solo los planos).

Cuando creamos un elemento, Revit calcula automáticamente su área, si seleccionamos cualquier elemento podemos verlo en la ventana de propiedades junto con algunas otras características, sin embargo, esta función está limitada en el momento que se quiere saber la suma de un conjunto de superficies o la porción de una. Revit ofrece otra posibilidad para medir áreas como queramos.

Primero es necesario elaborar una vista específica llamada “Plano de área” para cada nivel, esto es porque no se pueden medir áreas con las vistas con las que se estaba trabajando hasta ahora (planos estructurales, de planta o de techo).

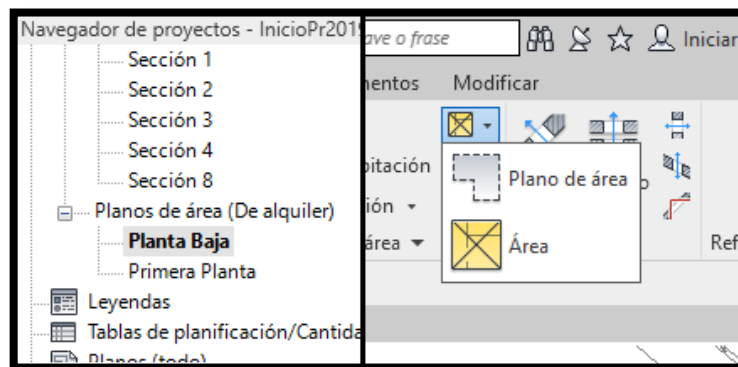


Ilustración 57. Planos creados en el navegador y botón para crear las áreas.

Una vez tenemos la vista podemos definir los contornos del mismo modo que cuando se hace el suelo o el techo.

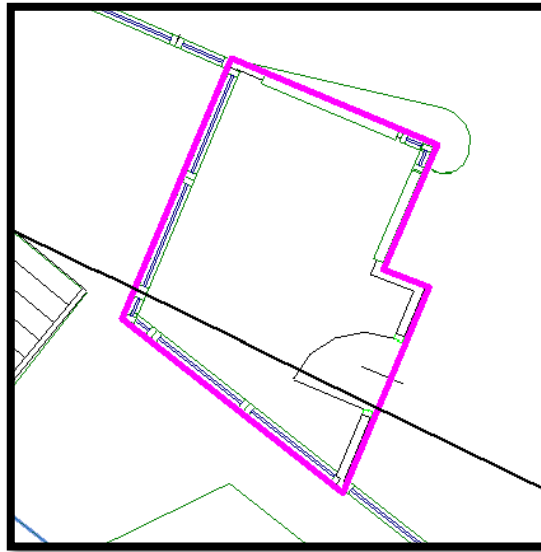


Ilustración 58. Contorno para el cálculo de una superficie.

Ahora sólo queda medir los contornos, es necesario cargar una familia de áreas, pero en la librería de Revit no disponemos de ninguna, así que hay que crearla. Al igual que ocurría con las ventanas o barandillas, Revit permite generar familias de etiquetas para mostrar características de objetos, éstas pueden ser multicategorías (válidas para diferentes elementos) o específicas (para determinados objetos).

Al crear la nueva familia en la carpeta de anotaciones elegimos “etiqueta de habitación” porque esta sirve para mostrar parámetros relacionados como el número de una habitación, el área calculada o el volumen.

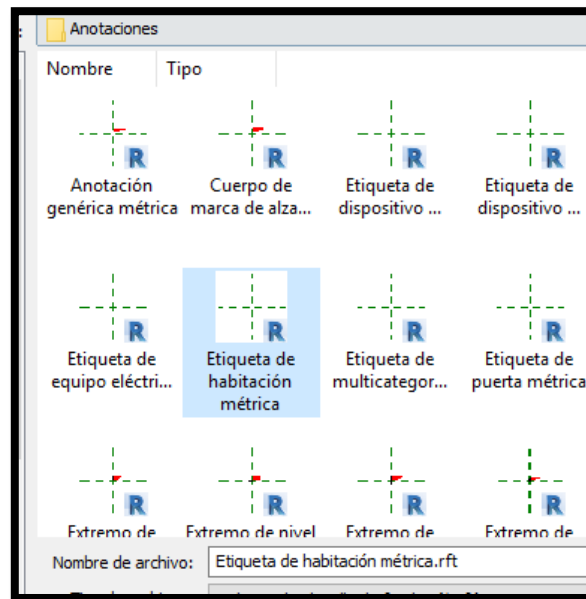


Ilustración 59. Componentes de la carpeta de Anotaciones.

Seguidamente generamos un texto de etiqueta, con ello iremos incorporando qué parámetros nos mostrará cuando tengamos una superficie. Para este caso con el área y el perímetro será suficiente.

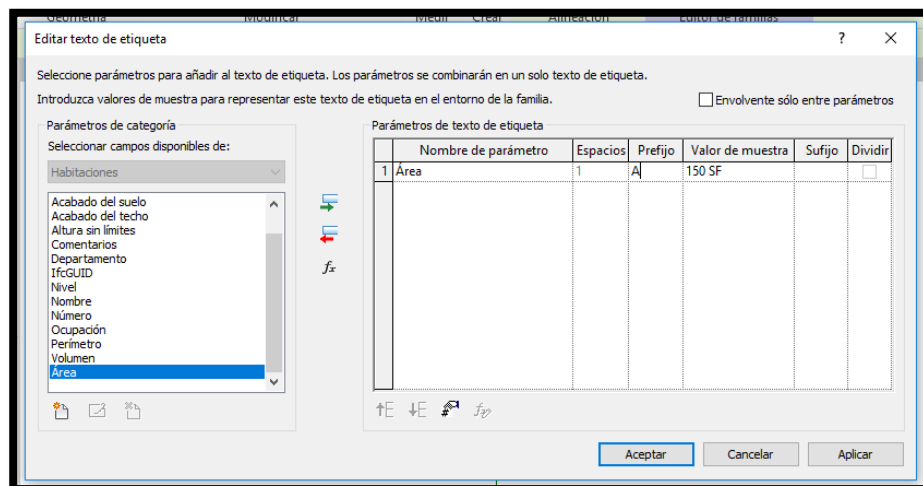


Ilustración 60. Creación de un texto de etiqueta.

Para finalizar falta hacer como mínimo un tipo dentro de la familia.

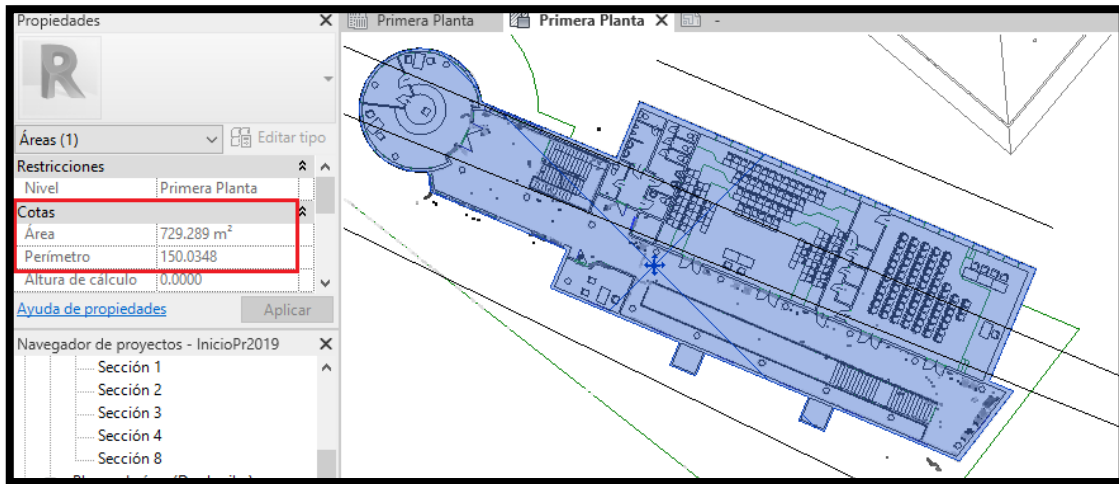


Ilustración 61. Contorno de cálculo de la superficie de la primera planta.

6 Resultados

En este apartado se exponen los datos obtenidos en apartados anteriores, se comentarán los resultados de las superficies calculadas y de la lista de muros creados.

También se muestran representaciones realistas (render) elaboradas en posiciones similares a fotografías hechas en el edificio para hacernos una mejor idea del parecido con la realidad.

6.1 Comparación entre el plano original y el plano de BIM

Tabla con la diferencia de área y perímetro entre los planos originales y los obtenidos en BIM:

			Plano (m ²)	BIM (m ²)	Porcentaje
Planta Baja	Interior	Área	548,288	541,311	-1,27
		Perímetro	133,625	133,343	-0,21
	Exterior	Área	1056,612	1052,008	-0,44
		Perímetro	162,095	161,650	-0,27
1º Planta	Interior	Área	286,801	283,329	-1,21
		Perímetro	119,048	119,267	0,18
	Exterior	Área	724,863	729,289	0,61
		Perímetro	149,231	150,035	0,54
2º Planta	Interior	Área	49,806	48,742	-2,14
		Perímetro	41,299	40,755	-1,32

	Exterior	Área	146,004	148,933	2,01
		Perímetro	66,480	65,947	-0,80

Hay aproximadamente un 1,2% de diferencia en el área y en cuanto al perímetro bastante menos de un 1%, esto puede deberse a que la construcción no es idéntica al 100%.

Observando los planos y el BIM vemos pequeñas diferencias como por ejemplo la indicada en la ilustración 62, donde vemos que hay una pared única en línea recta en un sitio, pero en el modelo no es así.

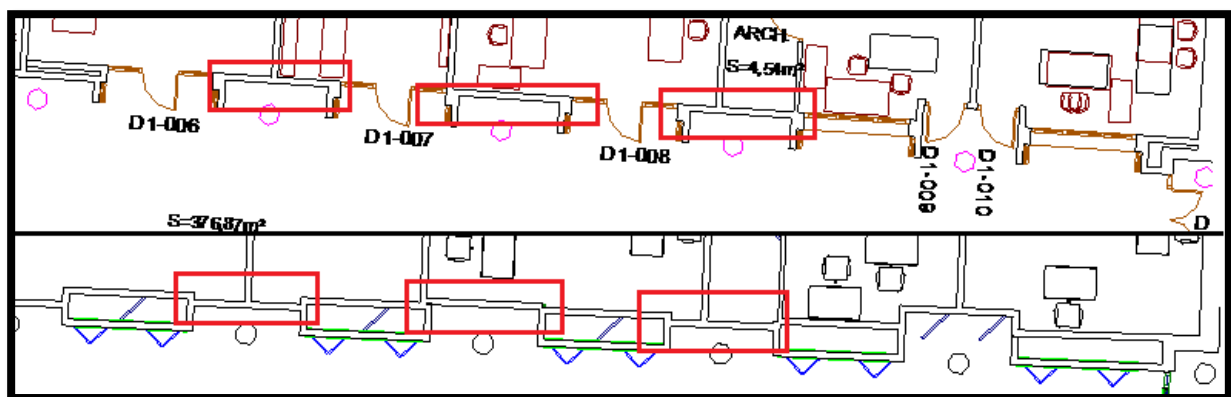


Ilustración 62. Comparación entre el plano y el modelo BIM (arriba el plano original y abajo el plano del BIM).

6.2 Fotografías y Render

El posicionamiento de los render ha procurado ser lo más exacto posible y los resultados son bastante satisfactorios, en alguno de ellos la iluminación exterior es exacta.

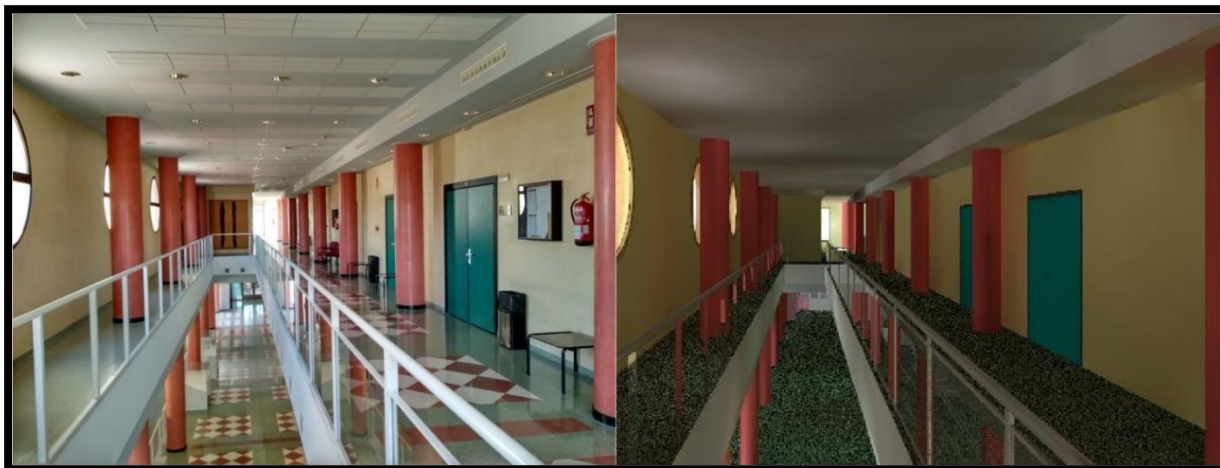


Ilustración 63. Comparación entre una fotografía (izquierda) y un render en la misma posición (derecha).



Ilustración 64. Comparación entre una fotografía (izquierda) y un render en la misma posición(derecha).



Ilustración 65. Comparación entre una fotografía (izquierda) y un render en la misma posición (derecha).

6.3 Tabla con grosores de muros

La tabla muestra los tipos de muros creados

Familia	Muro básico
Tipo 1	4 cm
Tipo 2	5 cm
Tipo 3	7 cm
Tipo 4	8 cm
Tipo 5	10 cm
Tipo 6	12 cm
Tipo 7	13 cm
Tipo 8	15 cm
Tipo 9	18 cm
Tipo 10	19 cm
Tipo 11	22,5 cm
Tipo 12	25 cm
Tipo 13	27,24 cm
Tipo 14	27 cm
Tipo 15	30 cm
Tipo 16	31 cm
Tipo 17	33,14 cm
Tipo 18	35,34 cm
Tipo 19	37,50 cm
Tipo 20	38 cm
Tipo 21	40 cm
Tipo 22	45 cm
Tipo 23	46 cm
Tipo 24	48 cm

Tipo 25	50 cm
Tipo 26	52 cm
Tipo 27	60 cm
Tipo 28	61,8 cm
Tipo 29	80 cm
Tipo 30	88 cm

La razón de que haya tantos tipos de familias es que, a diferencia de lo sucedido en las superficies, los grosores de los muros difieren mucho entre el plano original y el de BIM, analizando ejemplos como los de las ilustraciones 66 y 67 donde las medidas son totalmente diferentes, de esta forma podemos afirmar que no se han seguido las dimensiones dadas por el arquitecto.

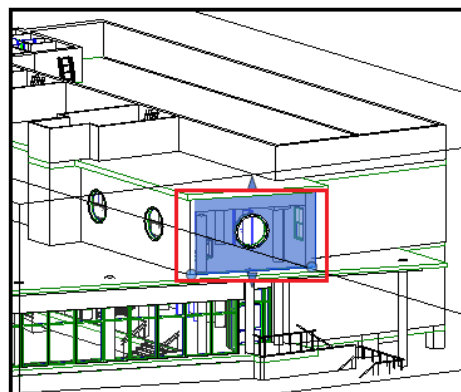
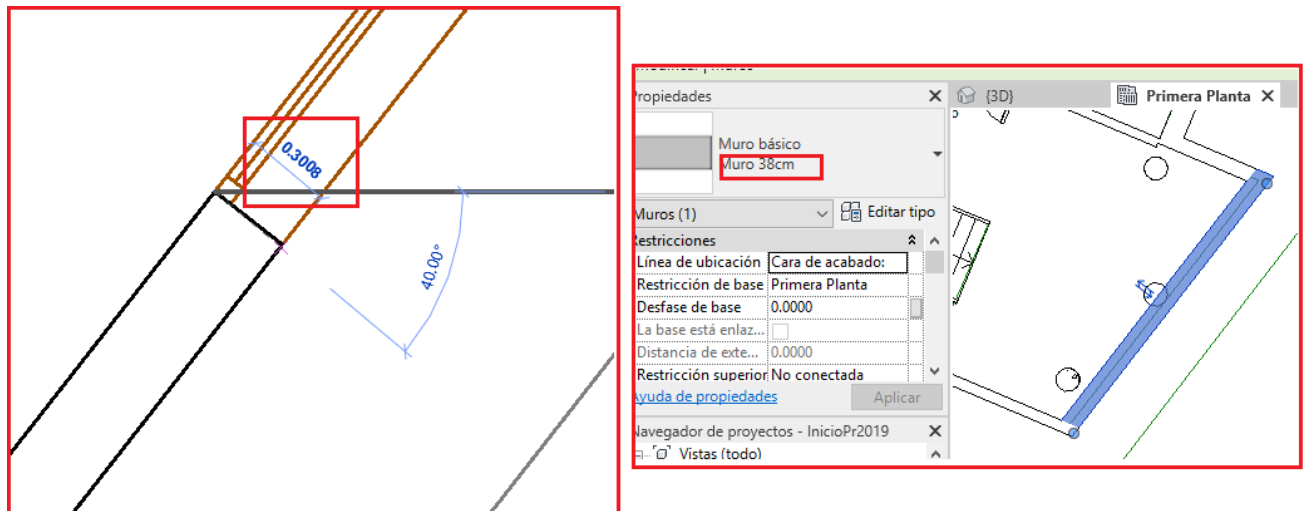


Ilustración 66. Detalle de la medición de uno de los muros del modelo

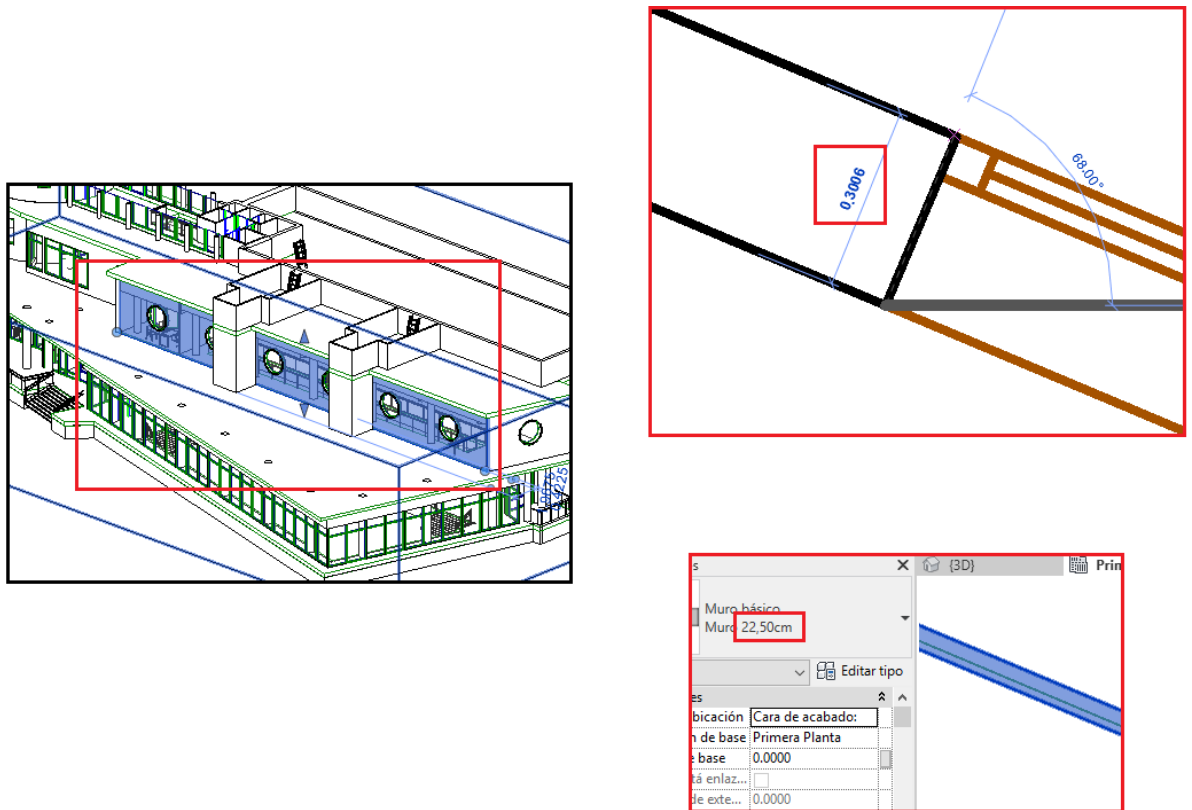


Ilustración 67. Detalle de la medición de uno de los muros del modelo

7 Presupuesto

En este apartado se divide de forma ordenada y detallada el coste de llevar a cabo todo el conjunto del proyecto mediante tablas que indicarán en primer lugar el cálculo de las jornadas empleadas para realizar cada fase del proyecto.

7.1 Cálculo de jornadas

Tabla de jornadas	
Partidas	Jornadas Reales
Estudio previo	0,5
Realización escaneos	2
Post-proceso escáner	4
Preparación modelo	0,5
Construcción modelo	13
Obtención resultados	2
Redacción del documento	6
TOTAL	28

7.2 Tabla de precios simples

Con la tabla de precios simples se indican los precios unitarios de todos los elementos utilizados, como unidad de medida se usará el precio medio para su explotación ya sea de una jornada, una hora o por unidad. El cálculo de cada precio unitario se ha realizado de la siguiente manera:

- En la web indeed.es (<https://www.indeed.es/salaries/Top%C3%B3grafo/a-Salaries>) se proporciona el sueldo medio al año a partir de 26 fuentes obtenidas directamente de las empresas, esta cantidad es de 20.976 euros al año.
- Para el precio de la estación se ha buscado en varias webs de alquiler de estaciones y se ha hecho una media, las webs son:

[-https://shop.laserscanning-europe.com/Alquile-un-escaner-laser-FARO-Focus3D-X-330](https://shop.laserscanning-europe.com/Alquile-un-escaner-laser-FARO-Focus3D-X-330) (240 euros).

[-http://www.globalmediterranea.es/wp-content/uploads/2013/06/Tarifa-alquiler.pdf](http://www.globalmediterranea.es/wp-content/uploads/2013/06/Tarifa-alquiler.pdf) (200 euros).

[-https://shop.laserscanning-europe.com/Alquile-un-escaner-laser-FARO-FocusS-150](https://shop.laserscanning-europe.com/Alquile-un-escaner-laser-FARO-FocusS-150) (400 euros).

- En la página oficial de Revit (<https://www.autodesk.es/products/revit/subscribe?plc=RVT&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>) podemos encontrar el precio mensual de la suscripción (369,05 euros).
- Con AutoCAD se puede extraer también de la página oficial (60,50 euros).

<https://www.autodesk.es/products/autocad-lt/subscribe?plc=ACDLT&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>

- No se ha localizado el precio del alquiler del software de FARO por lo que el precio será como una suscripción mensual de Revit.

- Para el precio del ordenador se ha calculado que el valor de un portátil útil para realizar el proyecto ronda los 600 euros, si tenemos en cuenta que su vida útil puede ser de 3 años, obtenemos un precio unitario de ,83 euro por jornada.
- Para Microsoft Office en la web oficial (<https://products.office.com/es-es/buy/office>) la suscripción mensual son 99 euros.

Cuadro de precios unitarios			
Código	Descripción	Unidad de medida	Precio
A01	Topógrafo o especialista BIM	Jornada (j)	87,40
A02	Alquiler Faro	Jornada (j)	280,00
A03	Software SCENE	Jornada (j)	18,45
A04	Revit 2018	Jornada (j)	18,45
A05	AutoCAD 2018	Jornada (j)	0,77
A06	Ordenador portátil	Jornada (j)	0,83
A11	Microsoft Office 2016	Jornada (j)	3,03

7.3 Tabla de precios descompuestos

Aquí descomponemos la tabla de jornadas detallando cuáles han sido los materiales utilizados en cada una de ellas.

Partida Nº1: Estudio previo de la zona tanto en gabinete con un visor de mapas y planos como en campo analizando el entorno y tomando las fotografías necesarias

Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida Nº1	u	Estudio previo de la zona, de los planos y toma de fotografías		
P1.01	0,50(j)	Topógrafo o especialista BIM	87,40	43,70
P1.03	0,50(j)	AutoCAD 2018	0,77	0,39
P1.04	0,50(j)	Ordenador portátil	0,83	0,42
			TOTAL	44,50

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y CUATRO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS.

Partida Nº2: Captura de las nubes de puntos el edificio con la estación de láser escáner tanto por el exterior como por el interior.

Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida Nº2	u	Captura de datos del edificio		
P2.01	2(j)	Topógrafo o especialista BIM	87,40	174,80
P2.02	2(j)	Alquiler Faro	280,00	560,00
			TOTAL	734,80

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETECIENTOS TREINTA Y CUATRO EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS.

Partida Nº3: etapa post-proceso de limpieza de las nubes de puntos eliminando artefactos y objetos diferentes entre tomas además de solapar las nubes de puntos.

Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida Nº3	u	Limpieza de nube de puntos y registro entre nubes		
P3.01	4(j)	Topógrafo o especialista BIM	87,40	611,80
P3.02	4(j)	Software SCENE	18,45	129,15
P3.03	4(j)	Ordenador portátil	0,83	5,81
			TOTAL	746,76

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETECIENTOS CUARENTAY SEIS EUROS CON SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

Partida Nº4: Comprobación de los resultados obtenidos en el paso anterior y preparación de los planos originales del edificio para comenzar el modelado.

Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida Nº4	u	Preparación de planos y editado de la nube con CloudCompare		
P4.01	0,50(j)	Topógrafo o especialista BIM	87,40	43,70
P4.02	0,50(j)	AutoCAD 2018	0,77	0,39
P4.03	0,50(j)	Ordenador portátil	0,83	0,42
P4.04	0,50(j)	Revit 2018	18,45	9,23
			TOTAL	53,73

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y TRES EUROS CON SETENTA Y TRES CÉNTIMOS.

Partida Nº5: Construcción completa a partir de la nube de puntos y los planos con el software específico.

Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida Nº5	u	Construcción del modelo BIM del edificio		
P5.01	13(j)	Topógrafo o especialista BIM	87,40	1311,00
P5.02	13(j)	Revit 2018	18,45	276,75
P5.03	13(j)	Ordenador portátil	0,83	12,45
			TOTAL	1600,20

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL SEISCIENTOS EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS.

Partida Nº6: Obtención de los planos a partir del modelo construido y medida de los niveles.

Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida Nº6	u	Obtención de planos y medida de superficies		
P6.01	2(j)	Topógrafo o especialista BIM	87,40	174,80
P6.02	2(j)	Revit 2018	18,45	36,90
P6.03	2(j)	Ordenador portátil	0,83	1,66
			TOTAL	213,36

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS TRECE EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS.

Partida Nº7: Redacción por escrito de un documento describiendo todo el proceso seguido en la ejecución del proyecto.

Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida Nº7	u	Redacción del documento		
P7.01	6(j)	Topógrafo o especialista BIM	87,40	524,40
P7.02	6(j)	Microsoft Office 2016	3,03	18,18
P7.03	6(j)	Ordenador portátil	0,83	4,98
P7.05	6(j)	Revit 2018	0,90	5,40
			TOTAL	552,96

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

7.4 Presupuesto de ejecución material

En la tabla del presupuesto de ejecución material se calcula el sumatorio de los resultados obtenidos en las tablas de los precios descompuestos.

Código	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida Nº1	Estudio previo	44,50	
Partida Nº2	Realización escaneos	734,80	
Partida Nº3	Post-proceso escáner	746,76	
Partida Nº4	Preparación modelo	53,73	
Partida Nº5	Construcción modelo	1600,20	
Partida Nº6	Obtención resultados	213,36	
Partida Nº7	Redacción del documento	552,96	
		TOTAL	3.946,31

Asciende el presupuesto de ejecución material del presente proyecto a la mencionada cantidad de TRES MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS.

7.5 Presupuesto total

Mediante el ORDEN FOM/1824/2013 del 30 de septiembre por la que se fija el porcentaje a que se refiere el artículo 131 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas aprobado por Real Decreto 1098/2001 del 12 de octubre, se fija el porcentaje a incrementar el presupuesto de ejecución material en concepto de gastos generales con carácter general en un 13%.

Por parte del Beneficio Industrial (BI), que es el importe que se supone gana el adjudicatario, se fija en 6 %.

Incremento	Resumen	Subtotal(€)	Importe(€)
	Ejecución material		3946,31
13%	Gastos generales	513,01965	
6%	Beneficio Industrial	236,7783	
		TOTAL	4696,10

Asciende el precio total del presupuesto final a la mencionada cantidad de CUATRO MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS.

8 Conclusión

En general los resultados obtenidos han sido los esperados, a la hora de seguir los planos en una construcción se hace más hincapié en dimensiones como la superficie, cosa que puede no pasar con los muros pues en el momento de la construcción pueden surgir problemas al aplicar determinados tipos de material o al instalar cables y tuberías.

La experiencia con el manejo de la estación láser escáner ha sido satisfactoria, la velocidad con la que realiza los escaneos y la enorme cantidad de puntos que es capaz de tomar permite registrar edificios con rapidez y gran detalle además de contar con la opción pre-registro para ver una muestra previa del resultado.

Por el contrario, la etapa de trabajo con el software SCENE de FARO no ha sido tan buena, ya que pese a que tiene un interfaz minimalista que indica cada uno de los pasos a seguir en el proceso de crear la nube de puntos completa del edificio, comete errores cuando queremos enlazar dos nubes. Todo ello, incluso habiendo una cantidad considerable de puntos homólogos orienta mal los pares de registros, curiosamente los escaneos que estaban a menos distancia unos de otros son los que

más errores presentaban y los que más puntos homólogos necesitaron. Es recomendable tener un ordenador con buenas prestaciones para sacarle partido y tener un manejo fluido tanto en SCENE como con Revit.

Con Revit la curva de aprendizaje en un principio da la impresión de ser baja, comprender y manejar operaciones básicas como crear muros o definir los niveles se aprenden enseguida. Sin embargo, crear familias de elementos desde cero, definir la instalación interna de los muros y otras operaciones que no se han abordado en este TFG dan una idea de la complejidad y el potencial que posee este software, se comprende así por qué es una filosofía revolucionaria que está en auge.

Se ha comprendido el valor de una buena planificación inicial, cosa que a menudo se pasa por alto pues da la impresión que tomar los datos en campo es lo más importante. En este TFG, la consecuencia de ello fue la necesidad de salir varias veces a campo a realizar más estacionamientos en días diferentes. Como resultado se registraron elementos como coches, grupos de personas y otros objetos que en los demás escaneos no aparecían y se tuvieron que procesar en el gabinete. Todo esto se resume en más tiempo y más dinero, dos de los factores que premian en el mundo laboral.

El BIM y el uso de la fotogrametría láser terrestre son dos herramientas que van de la mano pues combinan la precisión, actualización, presentación y organización que todo proyecto debería poseer.

Personalmente estoy satisfecho con el resultado del TFG y sobre todo con los conocimientos adquiridos pues para el mundo laboral o la continuación de estudios de forma más específica en esta rama de la topografía se ha proporcionado una base sólida.

9 Bibliografía

[1]AutoCAD. Productor. *AutoCAD*.

Recuperado de <https://www.autodesk.es/products/autocad-lt/subscribe?plc=ACDLT&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>

[2]Autodesk. Producer. (2002). *Building Information Modeling*.

Recuperado de http://www.laiserin.com/features/bim/autodesk_bim.pdf

[3]CADBIM3D Blog. (2017). *Del CAD al BIM*.

Recuperado de <https://www.cadbim3d.com/2017/11/del-cad-al-bim.html>

[4]Cadonia. Producer. (2016). *Which BIM is better? ArchiCAD vs Revit?*.

Recuperado de <http://cadonia.com.au/which-bim-software-is-better-archicad-or-revit/>

[5]Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). *Centro de descargas del CNIG*.

Recuperado de

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=LIDAR>

[6]Coloma Picó, E. (2008). *Introducción a la Tecnología BIM*.

Recuperado de

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/12226/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Tecnolog%C3%ADa%20BIM.pdf>

[7]Edalia Barcelona. (2016). *PEM - Gastos generales y beneficio industrial- obra pública*.

Recuperado de <http://edaliabarcelona.blogspot.com/2016/06/pem-gastos-generales-y-beneficio.html>

[8]Esarte Eseverri, A. (2018). *Niveles de desarrollo (LOD) y su importancia en Revit*.

Recuperado de <https://mundobim.com/2017/03/level-of-development-lod-bim/>

[9]FARO. Producer. *Aplicaciones comunes de la serie de Escáneres Láser Focus de FARO*.

Recuperado de <https://www.faro.com/es-es/productos/construccion-bim-cim/faro-focus/faro-focus-applications/>

[10]García Fernández, M. (2018). *Dimensiones BIM, el alcance del programa*.

Recuperado de <https://editeca.com/dimensiones-bim-alcance-del-programa/>

[11]González, D. (2016). *¿ArchiCAD o Revit, Revit o ArchiCAD?*.

Recuperado de <http://blog.bepuredesign.com/2016/11/08/archicad-o-revit-revit-o-archicad/>

[12]Google Maps. Producer. *Google Maps*.

Recuperado de <https://www.google.es/maps>

[13]Indeed. (2019). *Sueldos en Topógrafo/a en España*.

Recuperado de <https://www.indeed.es/salaries/Top%C3%B3grafo/a-Salaries>

[14]Jaime Bernal, S. R. (2014). *La verdadera historia del BIM*.

Recuperado de <http://autodesk.typepad.com/vozes/2014/01/la-verdadera-historia-del-bim.html>

[15]Martínez, D. (2015). *Una pequeña historia del BIM*.

Recuperado de <https://prezi.com/negia11dlk0q/una-pequena-historia-del-bim/>

[16]Microsoft Office. Producer. *Microsoft Office*.

Recuperado de <https://products.office.com/es-es/buy/office>

[17]Minería Chilena. (2014). *Aplicaciones y beneficios de la tecnología de escáner terrestre*.(Editorial Editec)

Recuperado de <http://www.mch.cl/reportajes/aplicaciones-y-beneficios-de-la-tecnologia-de-escaner-laser-terrestre/>

[18]Miró Sardá, A. (2017). *Jerarquía de los elementos en Revit*.

Recuperado de <https://www.tallerbim.com/2017/05/jerarquia-de-los-elementos-en-revit.html>

[19]Montilla Duque, A. (2016). *LOD: Niveles de desarrollo de un proyecto*.

Recuperado de <https://revistadigital.inesem.es/disenio-y-artes-graficas/lod-nivel-de-desarrollo/>

[20]Revit. Producer. *Revit*.

Recuperado de <https://www.autodesk.es/products/revit/subscribe?plc=RVT&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>

[21]Romero Guerrero, J. A., & Cuéllar Vázquez, L. L. (2015). *Estudio comparativo entre las tecnologías de escaneo láser terrestre*.

Recuperado de <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/149/1/Estudio%20comparativo%20entre%20las%20tecnologias%20de%20escaneo.pdf>

[22]Structuralia Blog. (2018). *Las 7 dimensiones del BIM y las razones para su dominio*.

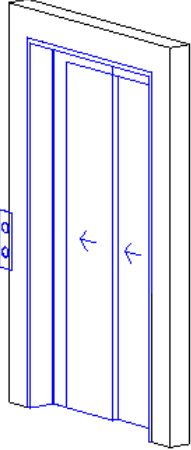
Recuperado de <https://blog.structuralia.com/las-7-dimensiones-del-bim-y-las-razones-para-su-dominio>

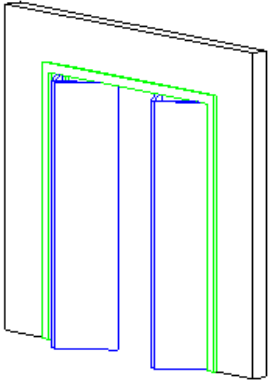
[23]Universidad de Jaén. *Universidad de Jaén*.

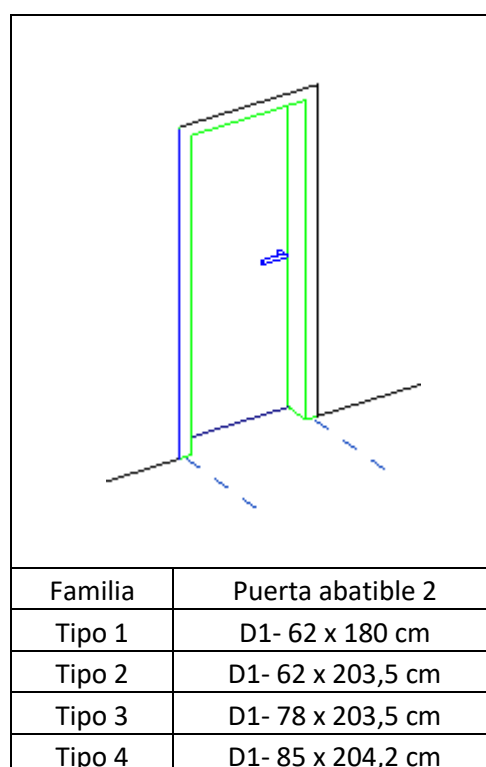
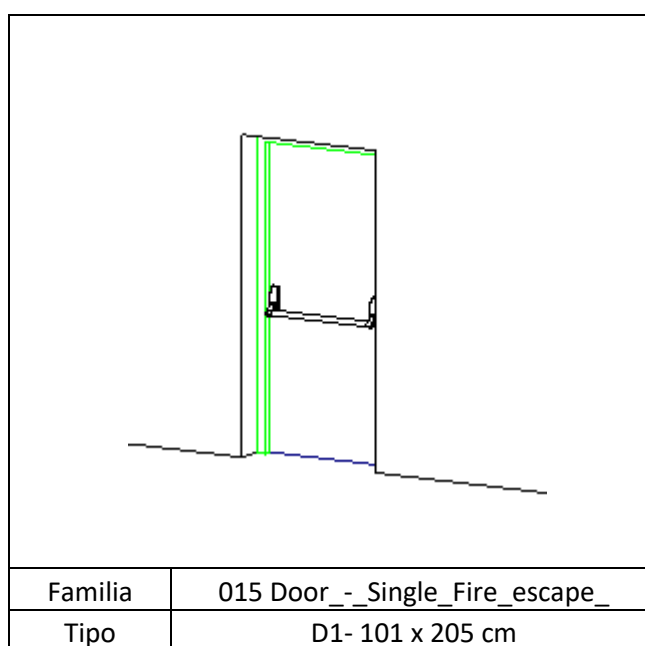
Recuperado de <https://www.ujaen.es/gobierno/victinf/edificio-d1-zabaleta>

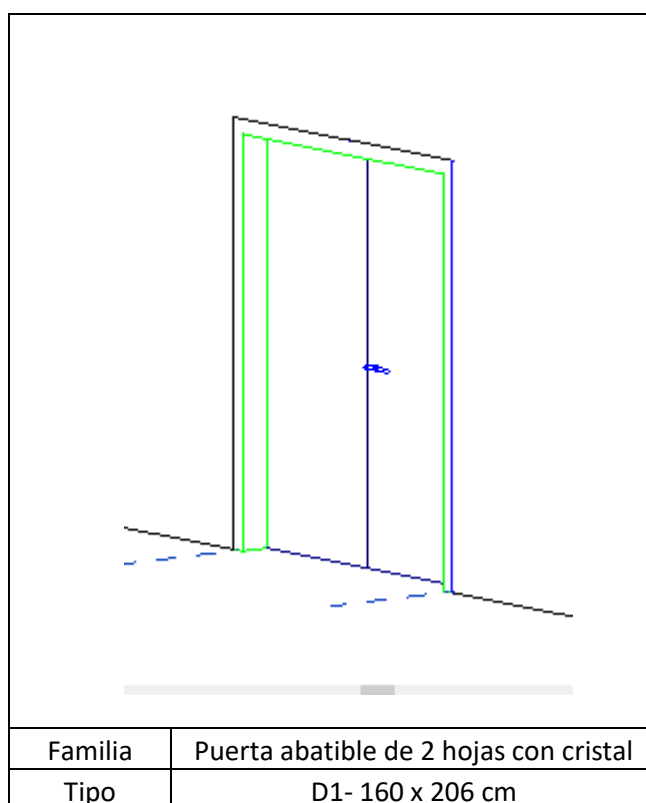
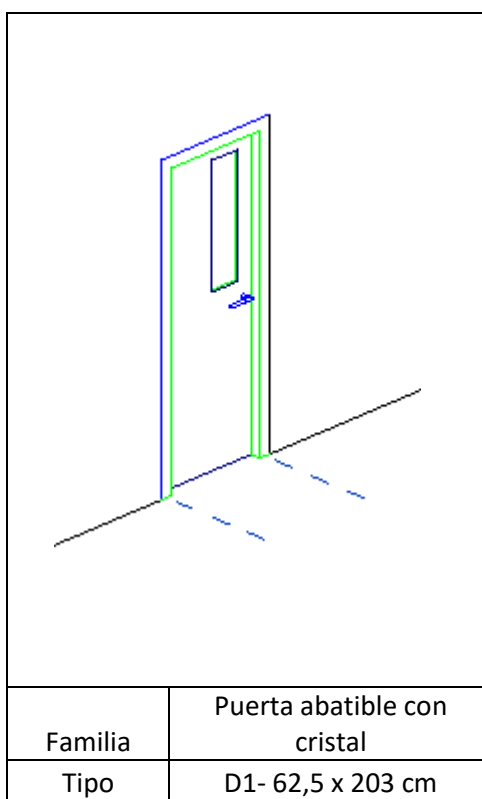
10 Anexos

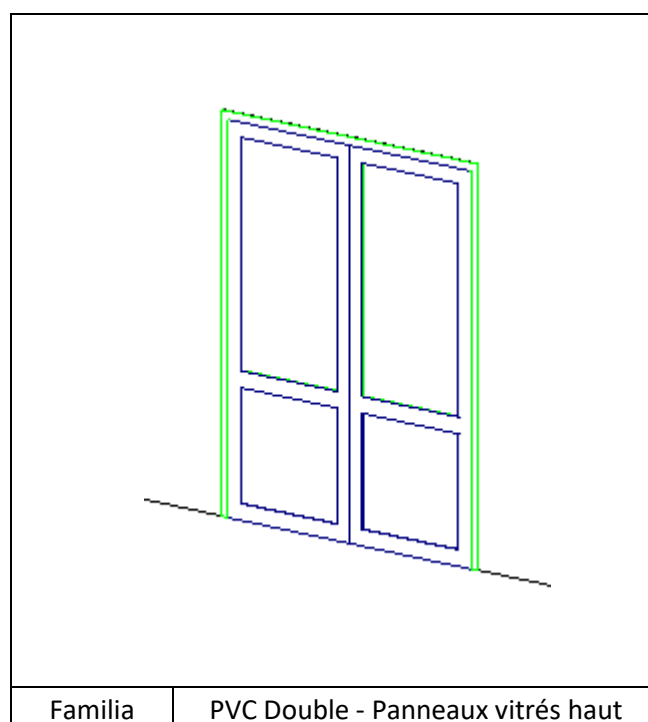
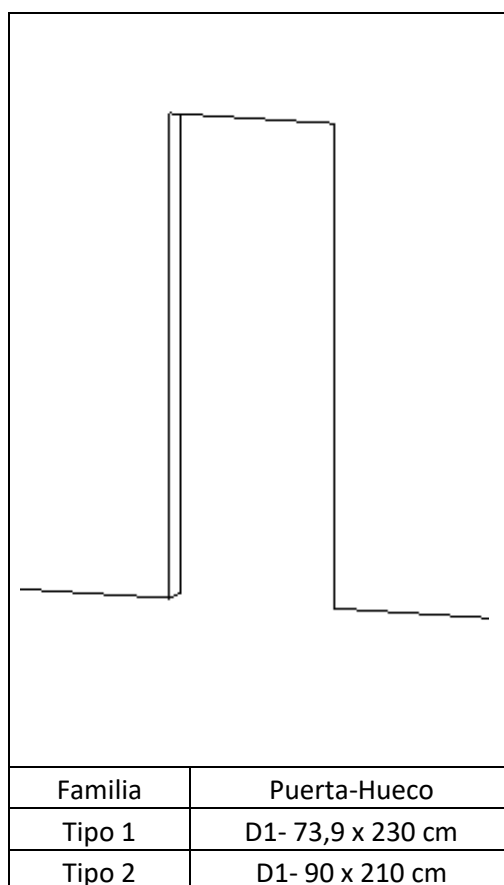
10.1 Familias y tipos de ventanas y puertas

	
Familia	01 Side_opening_ElevatorLift_Door_with_Call_buttons_
Tipo	D1- 102 x 225 cm

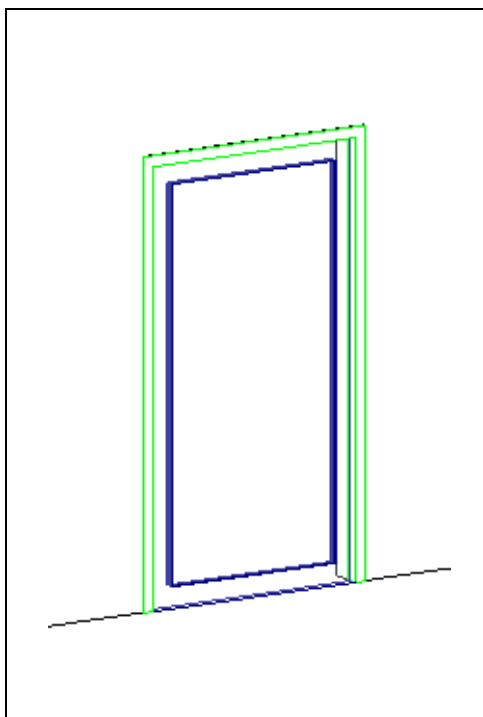
	
Familia	04 Bifold_4-Panel_Door
Tipo	D1- 265 x 262 cm



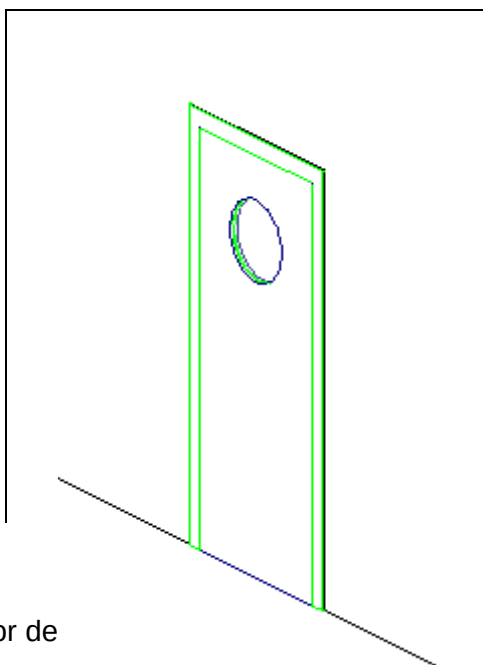




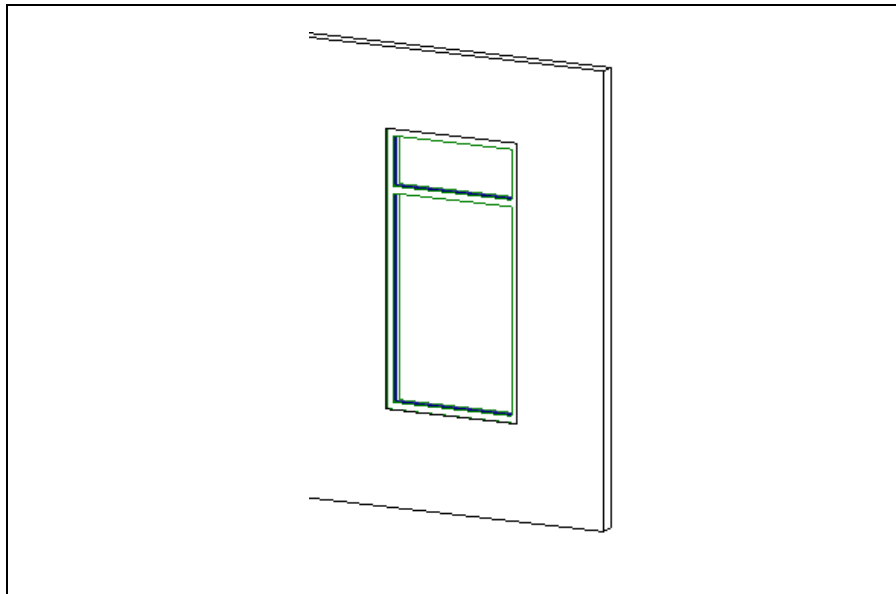
Tipo 1	D1- 160 x 215 cm
Tipo 2	D1- 170 x 215 cm
Tipo 3	D1- 175 x 215 cm
Tipo 4	D1- 200 x 209 cm



Familia	PVC Panneau Plein
Tipo 1	D1- 94,5 x 216 cm
Tipo 2	D1- 106,5 x 200 cm
Tipo 3	D1- 127 x 200 cm

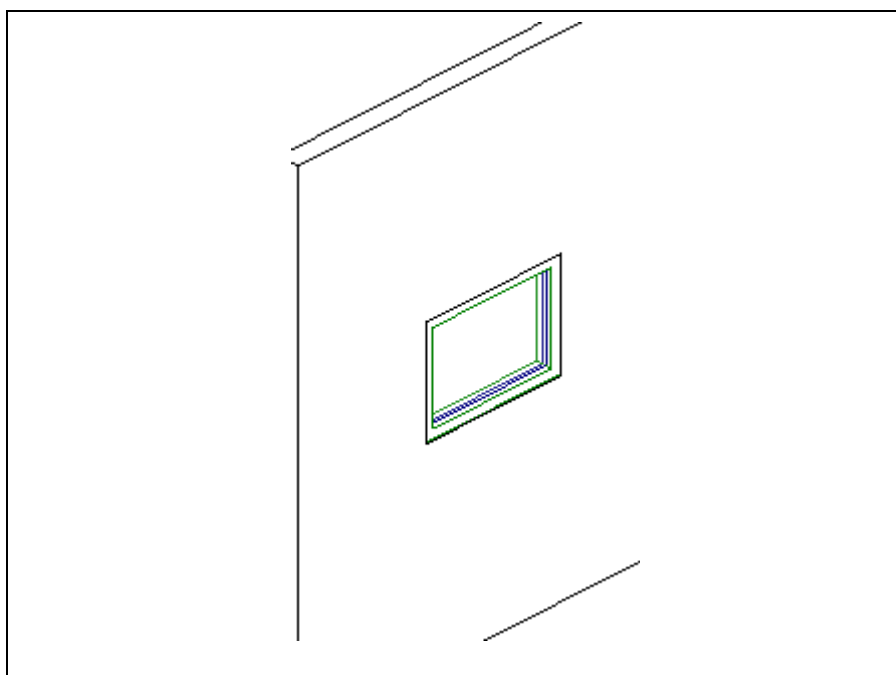


Familia	Simple (T) - Oculus rond
Tipo	D1- 85 x 204 cm

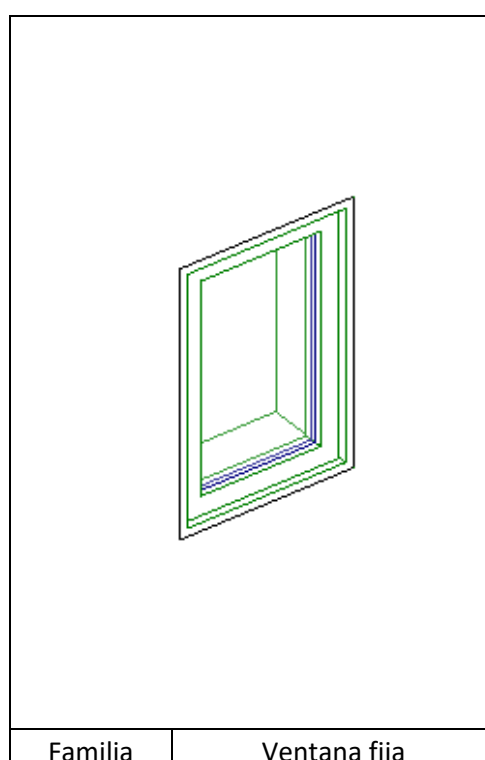
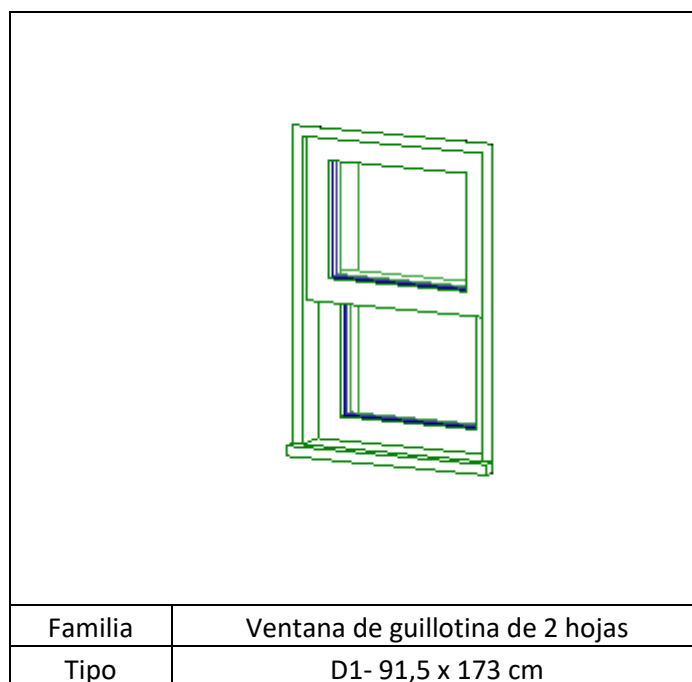


Familia	Aluminum_Exterior_Window_-_1_wide_x_2_high_3888
Tipo 1	D1- 35 x 294,9 cm
Tipo 2	D1- 35 x 300 cm
Tipo 3	D1- 48,5 x 270 cm
Tipo 4	D1- 62,5 x 214,7 cm
Tipo 5	D1- 69,8 x 270 cm
Tipo 6	D1- 83 x 295,6 cm
Tipo 7	D1- 85 x 299,1 cm
Tipo 8	D1- 86,3 x 295,6 cm
Tipo 9	D1- 90 x 294,9 cm
Tipo 10	D1- 91,6 x 260 cm
Tipo 11	D1- 95 x 295,6 cm
Tipo 12	D1- 97 x 299,1 cm
Tipo 13	D1- 110 x 214,7 cm
Tipo 14	D1- 114,1 x 260 cm
Tipo 15	D1- 119,1 x 295,6 cm
Tipo 16	D1- 125 x 295,6 cm
Tipo 17	D1- 130 x 294,9 cm
Tipo 18	D1- 132,2 x 260 cm
Tipo 19	D1- 135,8 x 295,6 cm
Tipo 20	D1- 136 x 294,9 cm

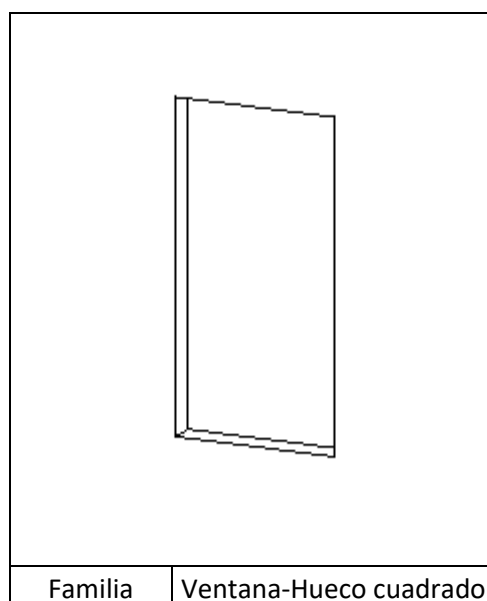
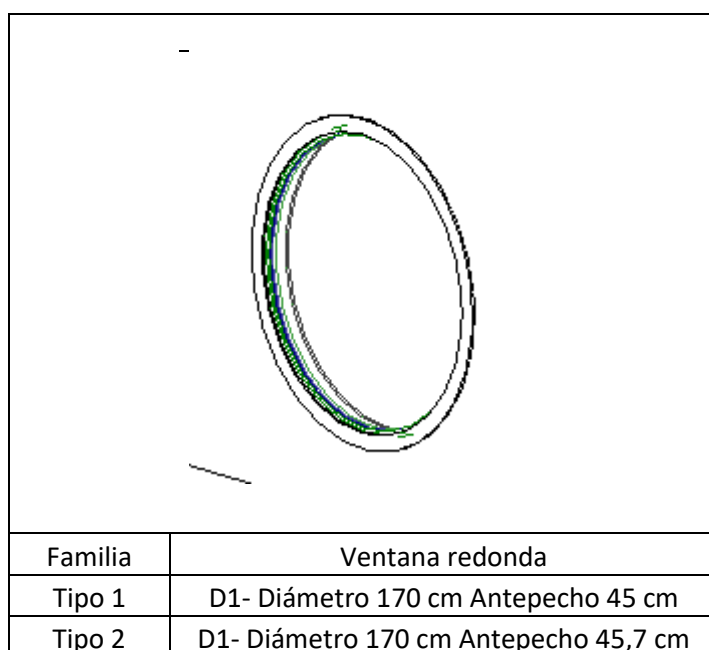
Tipo 21	D1- 136 x 295,6 cm
Tipo 22	D1- 137 x 270 cm
Tipo 23	D1- 139,1 x 260 cm
Tipo 24	D1- 142 x 260 cm
Tipo 25	D1- 142,5 x 294,9 cm
Tipo 26	D1- 143,6 x 260 cm
Tipo 27	D1- 150,2 x 294,9 cm
Tipo 28	D1- 151,5 x 270 cm



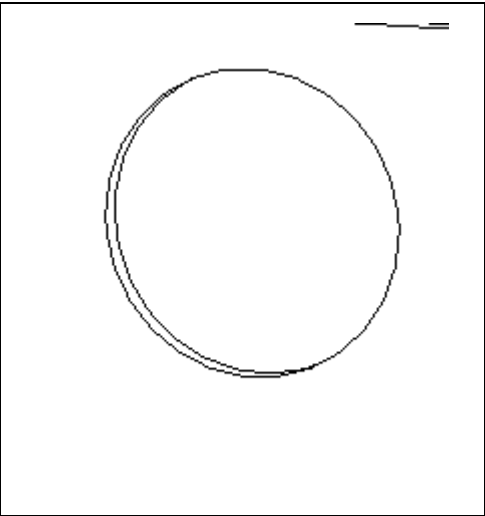
Familia	Aluminum_Exterior_Window_-Single_3885.0001
Tipo 1	D1- 30 x 132 cm
Tipo 2	D1- 95,5 x 59,8 cm
Tipo 3	D1- 105,7 x 78 cm
Tipo 4	D1- 106,5 x 64,3 cm
Tipo 5	D1- 117,2 x 64,3 cm
Tipo 6	D1- 137 x 64,3 cm
Tipo 7	D1- 160,5 x 64,3 cm
Tipo 8	D1- 170,6 x 76,9 cm
Tipo 9	D1- 171 x 64,3 cm
Tipo 10	D1- 180 x 76,9 cm
Tipo 11	D1- 185 x 78,1 cm



Tipo 1	D1- 62,1 x 62,1 cm
Tipo 2	D1- 81,5,x 185,6 cm
Tipo 3	D1- 90 x 210 cm
Tipo 4	D1- 113 x 213,9 cm
Tipo 5	D1- 130,2 x 279,1 cm
Tipo 6	D1- 137,1 x 178,5 cm



Tipo 1	D1- 50 x 260 cm
Tipo 2	D1- 70 x 260 cm

	
Familia	Ventana-Hueco redondo
Tipo	D1- Diámetro 183,99 cm

10.2 Tabla de pinturas

Nombre	Color
Aislante Techo	RGB 128 64 64
Baldosas Suela Piedra	
Mármol Blanco	
Negro Puerta	RGB 31 31 31
Pared exterior ladrillo	
Piedra roja exterior	
Pintura amarilla	RGB 255 255 125
Pintura Beige	RGB 236 202 98
Pintura beige interior	RGB 253 234 102
Pintura blanca	RGB 255 255 255

Nombre	Color
Pintura gris paredes	RGB 159 159 159
Pintura gris techo	RGB 192 192 192
Pintura roja columnas	RGB 255 40 40
Pintura verde claro	RGB 128 255 128
Suelo mármol verde	
Suelo rojo exterior	RGB 138 30 30
Suelo azotea arenoso	
Verde claro puerta	RGB 0 202 101
Verde puerta	RGB 0 128 128
Zona sin escanear	RGB 255 91 91

10.3 Fotografías del Edificio Zabaleta



Ilustración 68. Fotografía de la entrada al vicerrectorado en la segunda planta.



Ilustración 69. Fotografía del pasillo principal de la primera planta.



Ilustración 70. Detalle del almacén en la primera planta.



Ilustración 71. Fotografía de la entrada principal en la planta baja.



Ilustración 72.Detalle del techo en la entrada principal del edificio.



Ilustración 73. Detalle del exterior del edificio.



Ilustración 74. Fotografía desde el descansillo situado entre las plantas baja y primera.



Ilustración 75. Detalle de la columna ubicada junto la entrada de la sucursal.

10.4 Informes de errores

Informe de registro

Proyectar	D1_Manue
Agrupamiento	AutoCluster
Período de registro	12/3/2018 11:35:24 - 23/7/2018 10:32:31
Ubicación	
Fecha del informe	27/7/2018 10:30:18

Codificación en colores

Error de punto		< 8 mm		> 20 mm
Superposición		> 25.0 %		< 10.0 %

Descripción general

Estadísticas del punto de escaneo

Error de punto máximo		12.8 mm
Error de punto medio		3.8 mm
Superposición mínima		6.3 %

Errores de escaneo

Estadísticas del punto de escaneo

Agrupamiento/escaneo	Conexiones	Iteraciones Error de punto [mm]	Error de punto medio [mm]	Distancia Superposición
Interior_d1009	2	3.2	2.8	46.4 %
Interior_d1013	2	2.3	2.2	27.7 %
Interior_d1012	3	6.1	3.8	27.7 %
Interior_d1005	5	6.1	2.9	20.2 %
Interior_d1006	4	2.7	2.3	25.6 %
Interior_d1007	3	3.2	3.0	30.5 %
Interior_d1004	2	2.7	2.6	39.5 %
Interior_d1011	3	10.9	5.3	30.7 %
Interior_d1003	3	10.9	5.5	6.3 %
Interior_d1000	2	3.0	2.5	32.6 %
Interior_d1001	2	3.1	2.9	37.1 %
Interior_d1008	4	3.2	2.4	20.2 %
Interior_d1002	1	3.1	3.1	43.8 %
B1_roberto014	3	5.7	4.1	6.3 %
B1_roberto015	1	12.8	12.8	53.4 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	3	12.8	8.2	28.6 %
Nuevo_proyecto_Scan_002	2	6.2	5.6	28.6 %
Nuevo_proyecto_Scan_003	2	5.0	4.9	33.7 %
Nuevo_proyecto_Scan_004	2	4.7	3.4	33.7 %
Nuevo_proyecto_Scan_005	2	3.0	2.5	24.7 %
Nuevo_proyecto_Scan_006	2	3.0	2.9	24.7 %
Nuevo_proyecto_Scan_007	2	4.6	3.8	33.5 %
Nuevo_proyecto_Scan_008	2	4.6	3.7	33.5 %
Nuevo_proyecto_Scan_009	1	2.7	2.7	41.6 %

Errores detallados

Estadísticas del punto de escaneo

Agrupamiento/escaneo 1	Agrupamiento/escaneo 2	Error de punto [mm]	Superposición
Interior_d1013	Interior_d1009	2.3	63.8 %
Interior_d1012	Interior_d1009	3.2	46.4 %
Interior_d1012	Interior_d1013	2.1	27.7 %
Interior_d1005	Interior_d1012	6.1	43.6 %
Interior_d1006	Interior_d1005	1.4	75.7 %
Interior_d1006	Interior_d1011	2.6	30.7 %
Interior_d1006	Interior_d1008	2.5	25.6 %
Interior_d1007	Interior_d1005	3.2	30.5 %
Interior_d1007	Interior_d1006	2.7	43.5 %
Interior_d1007	Interior_d1008	3.2	54.1 %
Interior_d1004	Interior_d1005	2.7	48.6 %
Interior_d1004	Interior_d1011	2.4	39.5 %
Interior_d1003	Interior_d1011	10.9	37.0 %
Interior_d1003	Interior_d1000	2.0	57.1 %
Interior_d1003	B1_roberto014	3.6	6.3 %
Interior_d1000	B1_roberto014	3.0	32.6 %
Interior_d1001	Interior_d1002	3.1	43.8 %
Interior_d1008	Interior_d1005	1.1	20.2 %
Interior_d1008	Interior_d1001	2.7	37.1 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	B1_roberto014	5.7	59.4 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	B1_roberto015	12.8	53.4 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	Nuevo_proyecto_Scan_002	6.2	28.6 %
Nuevo_proyecto_Scan_003	Nuevo_proyecto_Scan_002	5.0	34.8 %
Nuevo_proyecto_Scan_004	Nuevo_proyecto_Scan_003	4.7	33.7 %
Nuevo_proyecto_Scan_004	Nuevo_proyecto_Scan_005	2.1	55.2 %
Nuevo_proyecto_Scan_005	Nuevo_proyecto_Scan_006	3.0	24.7 %
Nuevo_proyecto_Scan_007	Nuevo_proyecto_Scan_006	2.9	37.0 %
Nuevo_proyecto_Scan_007	Nuevo_proyecto_Scan_008	4.6	33.5 %
Nuevo_proyecto_Scan_009	Nuevo_proyecto_Scan_008	2.7	41.6 %

Errores de coincidencia del inclinómetro

Agrupamiento/escaneo	Escaneo	Error de coincidencia [deg]
Interior_d1007	Interior_d1007	0.0164
Interior_d1004	Interior_d1004	0.0577
Interior_d1003	Interior_d1003	0.0530
Nuevo_proyecto_Scan_004	Nuevo_proyecto_Scan_004	0.0212
Interior_d1006	Interior_d1006	0.0323
Nuevo_proyecto_Scan_005	Nuevo_proyecto_Scan_005	0.0290
Interior_d1000	Interior_d1000	0.0278
Nuevo_proyecto_Scan_003	Nuevo_proyecto_Scan_003	0.0366
Interior_d1008	Interior_d1008	0.0520
Interior_d1001	Interior_d1001	0.0652
Nuevo_proyecto_Scan_001	Nuevo_proyecto_Scan_001	0.0511
Interior_d1005	Interior_d1005	0.0467
B1_roberto014	B1_roberto014	0.0809
Nuevo_proyecto_Scan_009	Nuevo_proyecto_Scan_009	0.0574
Interior_d1012	Interior_d1012	0.0248
Nuevo_proyecto_Scan_007	Nuevo_proyecto_Scan_007	0.0222
Nuevo_proyecto_Scan_006	Nuevo_proyecto_Scan_006	0.0501
Interior_d1002	Interior_d1002	0.0312
Interior_d1013	Interior_d1013	0.1059
B1_roberto015	B1_roberto015	0.0273
Interior_d1011	Interior_d1011	0.0511
Interior_d1009	Interior_d1009	0.0936
Nuevo_proyecto_Scan_002	Nuevo_proyecto_Scan_002	0.0154
Nuevo_proyecto_Scan_008	Nuevo_proyecto_Scan_008	0.0075

Informe de registro

Proyectar	D11
Agrupamiento	AutoCluster
Período de registro	12/3/2018 11:35:24 - 23/7/2018 10:32:31
Ubicación	
Fecha del informe	28/11/2018 17:53:10

Codificación en colores

Error de punto		< 8 mm		> 20 mm
Superposición		> 25.0 %		< 10.0 %

Descripción general

Estadísticas del punto de escaneo

Error de punto máximo		27.6 mm
Error de punto medio		6.0 mm
Superposición mínima		9.5 %

Errores de escaneo

Estadísticas del punto de escaneo

Agrupamiento/escaneo	Conexiones	Iteraciones Error de punto [mm]	Error de punto medio [mm]	Distancia Superposición
Nuevo_proyecto_Scan_009	2	6.0	4.6	9.5 %
Interior_d1008	4	9.2	6.7	15.6 %
Interior_d1002	1	2.5	2.5	32.2 %
B1_roberto014	2	4.7	3.4	36.4 %
Interior_d1001	3	4.1	3.2	30.9 %
Interior_d1007	3	9.2	6.2	31.9 %
Interior_d1006	3	8.7	5.7	23.4 %
Interior_d1005	6	9.2	5.8	15.6 %
Interior_d1004	2	1.9	1.6	43.9 %
Interior_d1011	3	11.1	4.7	41.2 %
Interior_d1003	2	12.9	12.0	35.4 %
Interior_d1000	4	12.9	6.0	23.6 %
Interior_d1012	3	8.9	3.9	28.4 %
Interior_d1009	2	2.0	1.4	56.1 %
Interior_d1013	2	0.8	0.7	28.4 %
B1_roberto015	3	27.6	15.7	23.6 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	4	13.4	7.7	9.5 %
Nuevo_proyecto_Scan_002	4	27.6	11.5	24.3 %
Nuevo_proyecto_Scan_003	2	6.2	6.0	36.2 %
Nuevo_proyecto_Scan_004	3	5.9	4.8	24.3 %
Nuevo_proyecto_Scan_005	2	4.1	3.5	25.0 %
Nuevo_proyecto_Scan_006	2	7.1	5.6	25.0 %
Nuevo_proyecto_Scan_007	2	7.1	5.8	41.1 %
Nuevo_proyecto_Scan_008	2	4.5	3.8	41.1 %

Errores detallados

Estadísticas del punto de escaneo

Agrupamiento/escaneo 1	Agrupamiento/escaneo 2	Error de punto [mm]	Superposición
Nuevo_proyecto_Scan_009	Nuevo_proyecto_Scan_008	3.2	43.3 %
Interior_d1008	Interior_d1006	8.7	23.4 %
Interior_d1008	Interior_d1005	9.2	15.6 %
Interior_d1002	Interior_d1001	2.5	32.2 %
B1_roberto014	Interior_d1000	2.1	36.4 %
B1_roberto014	Nuevo_proyecto_Scan_001	4.7	48.9 %
Interior_d1001	Interior_d1008	4.1	30.9 %
Interior_d1001	Interior_d1000	2.8	32.9 %
Interior_d1007	Interior_d1008	4.8	51.4 %
Interior_d1007	Interior_d1006	4.5	37.9 %
Interior_d1007	Interior_d1005	9.2	31.9 %
Interior_d1005	Interior_d1006	3.8	75.6 %
Interior_d1005	Interior_d1004	1.9	68.6 %
Interior_d1005	Interior_d1011	1.9	58.3 %
Interior_d1011	Interior_d1004	1.3	43.9 %
Interior_d1003	Interior_d1011	11.1	41.2 %
Interior_d1003	Interior_d1000	12.9	35.4 %
Interior_d1012	Interior_d1005	8.9	38.9 %
Interior_d1012	Interior_d1009	2.0	56.1 %
Interior_d1012	Interior_d1013	0.6	28.4 %
Interior_d1013	Interior_d1009	0.8	65.9 %
B1_roberto015	Interior_d1000	6.0	23.6 %
B1_roberto015	Nuevo_proyecto_Scan_001	13.4	53.0 %
B1_roberto015	Nuevo_proyecto_Scan_002	27.6	45.4 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	Nuevo_proyecto_Scan_009	6.0	9.5 %
Nuevo_proyecto_Scan_001	Nuevo_proyecto_Scan_002	6.8	25.2 %
Nuevo_proyecto_Scan_002	Nuevo_proyecto_Scan_003	6.2	46.6 %
Nuevo_proyecto_Scan_004	Nuevo_proyecto_Scan_002	5.5	24.3 %
Nuevo_proyecto_Scan_004	Nuevo_proyecto_Scan_003	5.9	36.2 %
Nuevo_proyecto_Scan_005	Nuevo_proyecto_Scan_004	3.0	56.1 %
Nuevo_proyecto_Scan_006	Nuevo_proyecto_Scan_005	4.1	25.0 %
Nuevo_proyecto_Scan_006	Nuevo_proyecto_Scan_007	7.1	50.3 %
Nuevo_proyecto_Scan_007	Nuevo_proyecto_Scan_008	4.5	41.1 %

Errores de coincidencia del inclinómetro

Agrupamiento/escaneo	Escaneo	Error de coincidencia [deg]
Interior_d1002	Interior_d1002	0.0864
Interior_d1001	Interior_d1001	0.0929
Nuevo_proyecto_Scan_006	Nuevo_proyecto_Scan_006	0.0638
Interior_d1012	Interior_d1012	0.0070
Interior_d1007	Interior_d1007	0.0917
Nuevo_proyecto_Scan_007	Nuevo_proyecto_Scan_007	0.0447
Nuevo_proyecto_Scan_005	Nuevo_proyecto_Scan_005	0.0791
Interior_d1013	Interior_d1013	0.0242
Interior_d1008	Interior_d1008	0.0624
B1_roberto015	B1_roberto015	0.0609
Interior_d1009	Interior_d1009	0.0208
Interior_d1003	Interior_d1003	0.6059
Interior_d1005	Interior_d1005	0.0362
B1_roberto014	B1_roberto014	0.0351
Nuevo_proyecto_Scan_004	Nuevo_proyecto_Scan_004	0.0683
Nuevo_proyecto_Scan_001	Nuevo_proyecto_Scan_001	0.0740
Nuevo_proyecto_Scan_009	Nuevo_proyecto_Scan_009	0.0860
Interior_d1011	Interior_d1011	0.0192
Nuevo_proyecto_Scan_008	Nuevo_proyecto_Scan_008	0.0706
Nuevo_proyecto_Scan_002	Nuevo_proyecto_Scan_002	0.0779
Nuevo_proyecto_Scan_003	Nuevo_proyecto_Scan_003	0.0871
Interior_d1000	Interior_d1000	0.0735
Interior_d1004	Interior_d1004	0.0421
Interior_d1006	Interior_d1006	0.1700

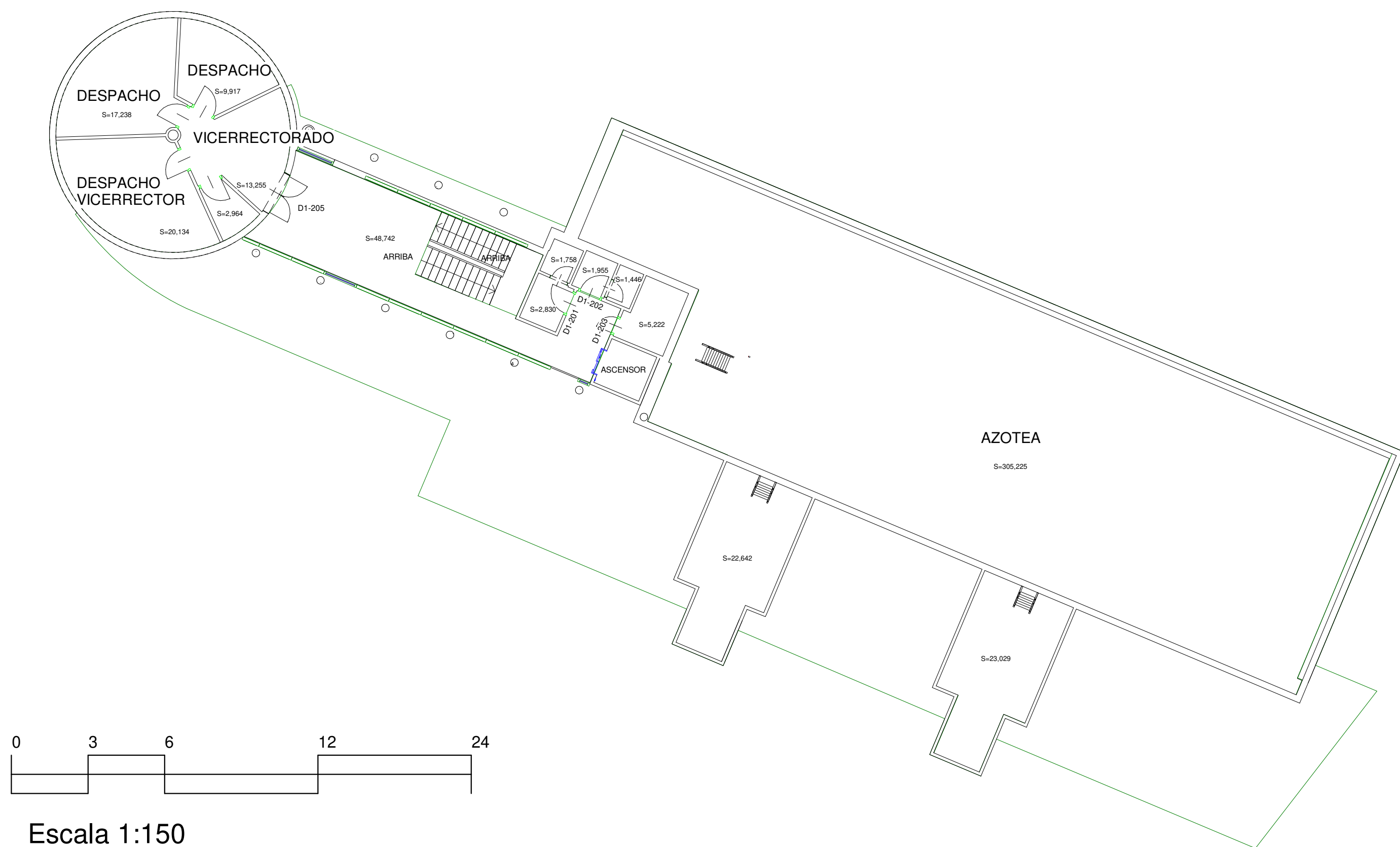
10.5 Planos



Plano de la planta baja







Escala 1:150

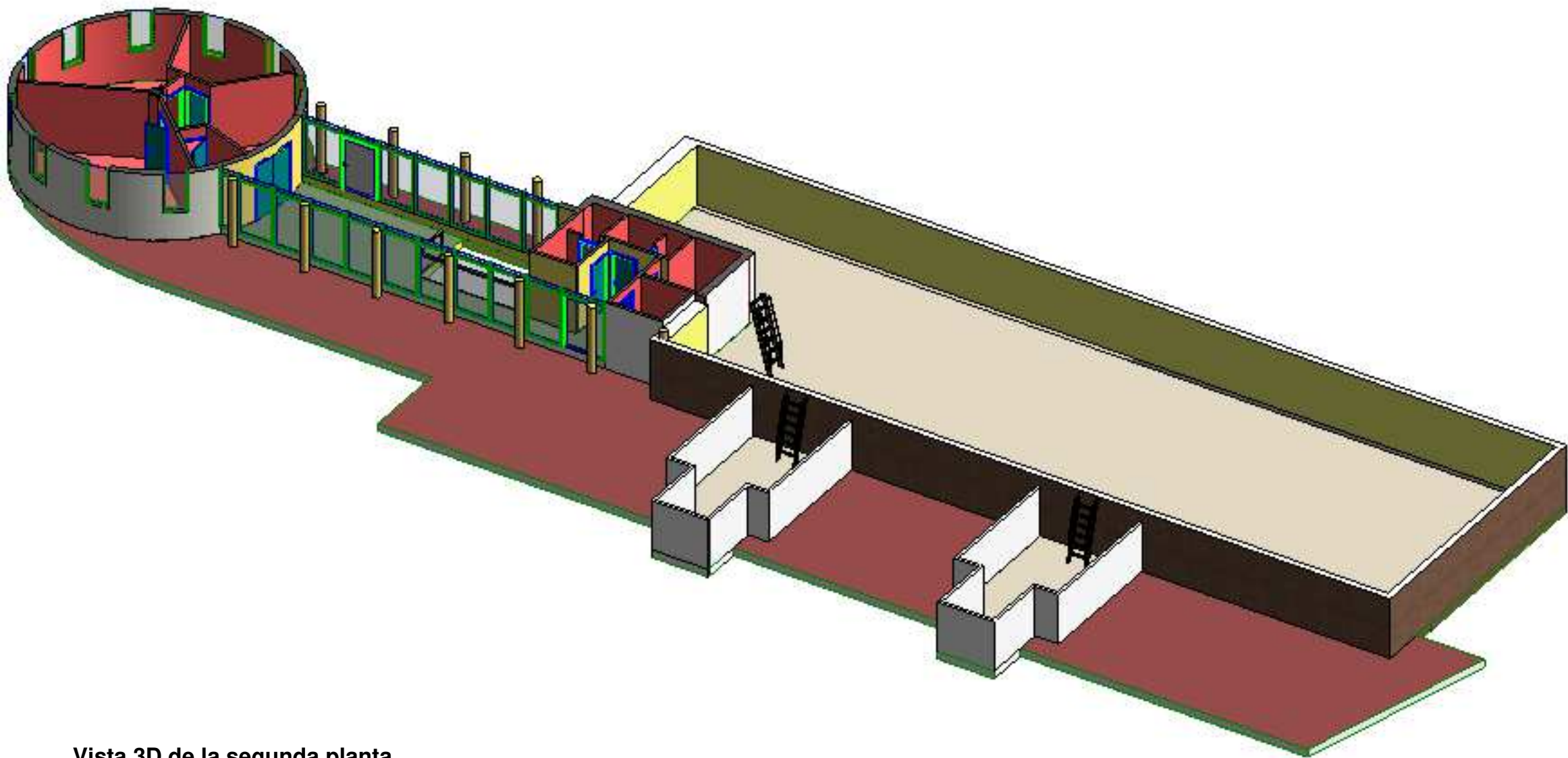
Plano de la segunda planta



Render con vistas desde la entrada del vicerrectorado en la segunda planta



Render con vistas al vicerrectorado en la segunda planta



Vista 3D de la segunda planta



Perfil del lado Sur del edificio



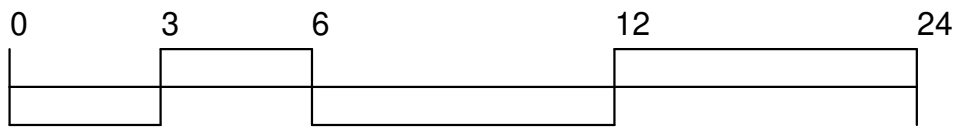
Perfil del lado Oeste del edificio



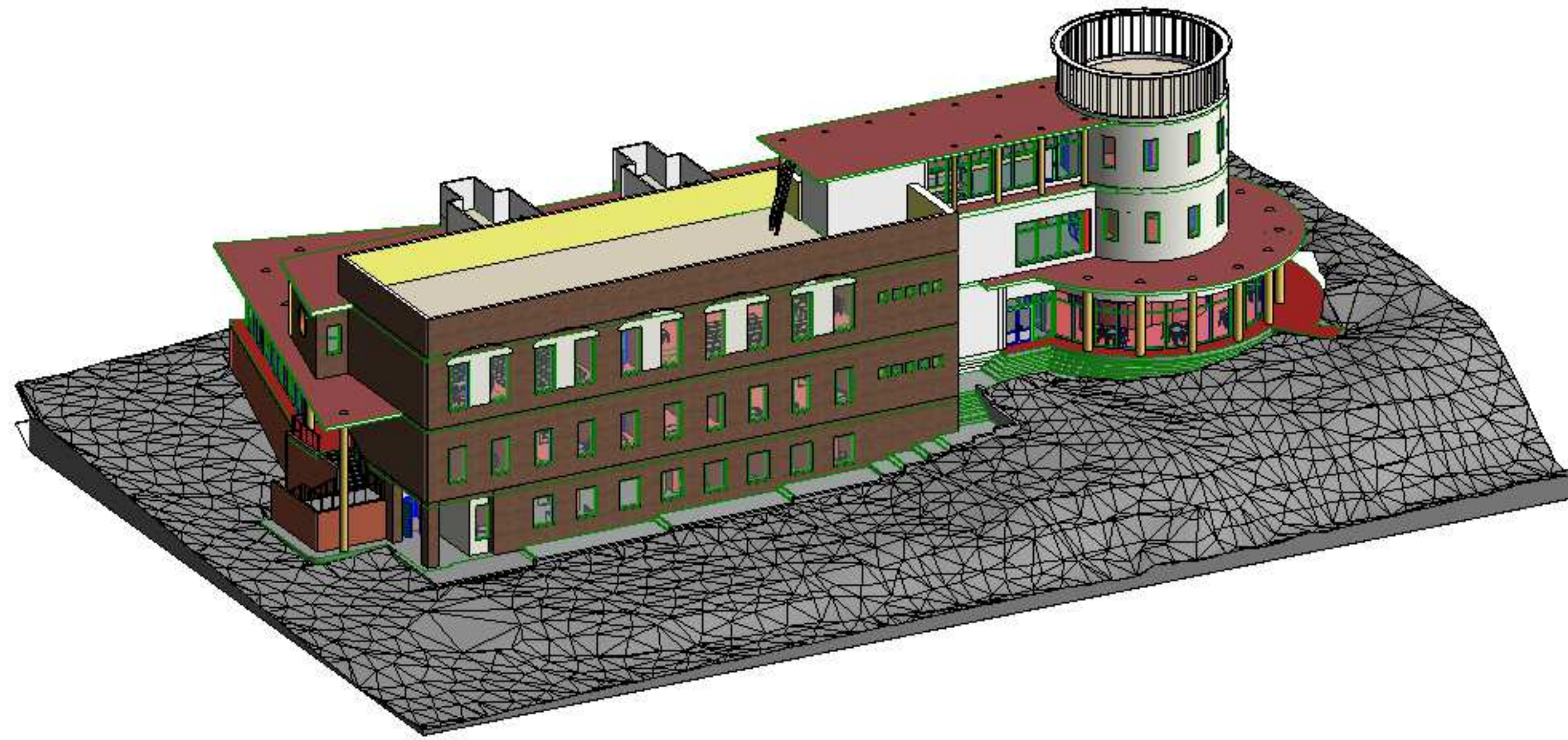
Perfil del lado Este del edificio



Perfil del lado Norte del edificio



Escala 1:150



Vista 3D del modelo



Vista 3D del modelo



Render con vistas a la cafetería



Render con vistas a la azotea y los ventanales de la planta baja



Render con vistas a la puerta del sótano y las escaleras traseras