



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica,
Cartográfica y Topográfica

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con
instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

AUTOR/A: Tejero Martínez, Carlos

Tutor/a: Buchón Moragues, Fernando Francisco

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



**OBTENCIÓN DE NUBES DE PUNTOS
TRIDIMENSIONALES CON
INSTRUMENTACIÓN LÁSER
ESCÁNER Y MODELADO 3D EN
REVIT.**

**AUTOR: CARLOS TEJERO MARTÍNEZ
TUTOR: FERNANDO FRANCISCO BUCHÓN MORAGUES**

**GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA
2022/2023**

**Obtención de nubes de puntos tridimensionales con
instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a mi tutor, Fernando Francisco Buchón Moragues por ayudarme y encaminarme desde la experiencia en la realización de este trabajo de fin de grado y por enseñarme a la correcta utilización de los equipos usados. Además, me gustaría agradecerle el tiempo fuera de horario que dedicamos tanto a la toma de horario como al tratamiento de estos.

También me gustaría agradecerle a Juan José Valero Lanzuela por brindarme su ayuda en todo momento para poder asistir al laboratorio para que pudiera realizar el tratamiento de los datos y por hacer las tardes tan amenas mientras realizaba el trabajo.

Un especial agradecimiento a mi compañero Carles Martínez Lillo y Joaquín Gil Garrigues por su ayuda en la realización de este documento y su apoyo en todo momento.

Por último, pero no menos importante, quisiera agradecer la ayuda de mi familia por apoyarme en todo momento en mis estudios.

**Obtención de nubes de puntos tridimensionales con
instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.**

COMPROMISO

COMPROMISO

"El presente documento ha sido realizado completamente por el firmante; no ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material tomado de otras fuentes ha sido convenientemente entrecuadrado y citado su origen en el texto, así como referenciado en la bibliografía"

A handwritten signature in black ink. The signature is written in a cursive style and reads "Carlos Tejero". The name is written horizontally, with a large, stylized flourish that loops back over the end of the name.

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.

RESUMEN

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.

Resumen:

El objetivo de este Trabajo Final de Grado es la obtención de un modelo tridimensional a escala de una porción del garaje y edificio de la Escuela de Ingeniería Geomática y Topografía, mediante la gestión y tratamiento de las nubes de puntos obtenidas con instrumental de tipo láser escáner y su posterior modelado 3D siguiendo la metodología Scan To BIM.

En este Trabajo Final de Grado, a modo de añadir distintos tipos de escenarios y situaciones, se ha realizado el escaneo tridimensional del garaje, modelándose las tuberías, bombas de agua y filtros, como si se tratara de un proyecto de tipo industrial.

Por otro lado, pero presentando todo el levantamiento continuidad geométrica a través de la escalera de acceso al edificio desde el garaje, se ha realizado el escaneo de parte de la planta baja considerándolo en la fase de modelado como un proyecto de tipo edificación, modelizando pasillos, escaleras, un baño y un aula y todo el mobiliario existente.

La implementación de toda la información tridimensional medida en entorno BIM utilizando el software Revit, nos permitirá realizar mediciones y obtener un análisis detallado de la infraestructura junto con las mediciones y tipo de materiales utilizados, tener como resultado documentación precisa que puede ser valiosa para la modificación, conservación de la infraestructura o planificación de un posible proyecto, todo esto, acompañado de una visualización y presentación realista que facilita la comprensión y comunicación del tema a la hora de comprensión del proyecto.

Palabras Clave:

Láser escáner, BIM, Scan To BIM, Modelado, 3D, Nubes de puntos, Revit, Escuela de Ingeniería Geomática y Topografía, Tuberías, Pasillos, Escalera, Aula, Baño, Mobiliario, Materiales.

Obtenció de núvols de punts tridimensionals amb instrumentació làser escàner i modelatge 3D en Revit.

Resum:

L'objectiu d'aquest Treball Final de Grau és l'obtenció d'un model tridimensional a escala d'una porció del garatge i edifici de l'Escola d'Enginyeria Geomàtica i Topografia, mitjançant la gestió i tractament dels núvols de punts obtingudes amb instrumental de tipus làser escàner i el seu posterior modelatge 3D seguint la metodologia Scan To BIM.

En aquest Treball Final de Grau, a manera d'afegir diferents tipus d'escenaris i situacions, s'ha realitzat l'escaneig tridimensional del garatge, modelant-se les canonades, bombes d'aigua i filtres, com si es tractara d'un projecte de tipus industrial.

D'altra banda, però presentant tot l'alçament continuïtat geomètrica a través de l'escala d'accés a l'edifici des del garatge, s'ha realitzat l'escaneig de part de la planta baixa considerant-lo en la fase de modelatge com un projecte de tipus edificació, *modelizando corredors, escales, un bany i una aula i tot el mobiliari existent.

La implementació de tota la informació tridimensional mesura en entorn *BIM utilitzant el programari *Revit, ens permetrà realitzar mesuraments i obtindre una anàlisi detallada de la infraestructura juntament amb els mesuraments i tipus de materials utilitzats, tindre com a resultat documentació precisa que pot ser valuosa per a la modificació, conservació de la infraestructura o planificació d'un possible projecte, tot això, acompanyat d'una visualització i presentació realista que facilita la comprensió i comunicació del tema a l'hora de comprensió del projecte.

Paraules Clau:

Làser escàner, BIM, Scan To BIM, Modelatge, 3D, Núvols de punts, Revit, Escola d'Enginyeria Geomàtica i Topografia, Canonades, Corredors, Escala, Aula, Bany, Mobiliari, Materials.

Obtaining three-dimensional point clouds with laser scanner instrumentation and 3D modelling in Revit.

Abstract:

The objective of this Final Degree Project is to obtain a three-dimensional scale model of a portion of the garage and building of the School of Geomatics Engineering and Topography, through the management and processing of the point clouds obtained with laser scanner type instruments and their subsequent 3D modelling following the Scan To BIM methodology.

In this Final Degree Project, by way of adding different types of scenarios and situations, the three-dimensional scanning of the garage has been carried out, modelling the pipes, water pumps and filters, as if it were an industrial type project.

On the other hand, but with the entire survey showing geometric continuity through the staircase leading to the building from the garage, part of the ground floor was scanned, considering it in the modelling phase as a building type project, modelling corridors, stairs, a bathroom and a classroom and all the existing furniture.

The implementation of all the three-dimensional information measured in BIM environment using Revit software, will allow us to make measurements and obtain a detailed analysis of the infrastructure along with the measurements and type of materials used, resulting in accurate documentation that can be valuable for the modification, conservation of infrastructure or planning of a possible project, all this, accompanied by a realistic visualisation and presentation that facilitates the understanding and communication of the subject when understanding the project.

Keywords:

Laser scanner, BIM, Scan To BIM, Modelling, 3D, Point Clouds, Revit, School of Geomatics Engineering and Topography, Piping, Corridors, Staircase, Classroom, Bathroom, Furniture, Materials.

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS:

Ilustración 1: Plano edificios UPV - Fuente: https://www.upv.es/plano/plano-2d-es.html	15
Ilustración 2 Ubicación edificio 7I junto a la fachada - Fuente: https://www.upv.es/plano/plano-2d-es.html	16
Ilustración 3 Escuela Ingeniería Geomática y Topografía- Fuente: https://www.upv.es/plano/imagenes/7IG.jpg	16
Ilustración 4 AULA 0.1- Fuente: Elaboración propia	17
Ilustración 5 Garaje Escuela Ingeniería Geomática y Topografía - Fuente: Elaboración propia	17
Ilustración 6 Tipos de Láser escáner y medición de distancias Fuente: https://topografiaygeosistemas.com/2020/09/15/topografia-con-laser-escaner/	24
Ilustración 7 Láser Escáner con GPS https://www.juarezthompson.mx/post/top-5-escaneres-laser-terrestres-2022	25
Ilustración 8 Láser escáner Trimble TX6 Fuente: https://trimbleexchange.com.au/product/trimble-tx6-scanner-bundle-u19/	26
Ilustración 9 Interfaz pantalla Trimble TX6 Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=1qRpz9vRxJc&ab_channel=BuildingPointFlorida	27
Ilustración 10 Láser escáner BLK360 Fuente: https://www.xyht.com/lidarimaging/blk360-recap-pro/	28
Ilustración 11 Objetivos Esféricos Techo Fuente: Elaboración Propia	30
Ilustración 12 Objetivos Esféricos Valla Fuente: Elaboración Propia	31
Ilustración 13 Estación número 1 Fuente: Elaboración Propia	32
Ilustración 14 Plano Estación número 1 Fuente: Elaboración Propia.....	33
Ilustración 15 Plano Estación número 2 Fuente: Elaboración Propia.....	33
Ilustración 16 Plano Estación Número 3 Fuente: Elaboración Propia	34
Ilustración 17 Plano Estación Número 4 Fuente: Elaboración Propia	35
Ilustración 18 Estación 4 Fuente: Elaboración Propia	35
Ilustración 19 Objetivos Esféricos P-1 Fuente: Elaboración Propia.....	36
Ilustración 20 Plano Estación Número 5 Fuente: Elaboración Propia	37
Ilustración 21 Estación 5 desde el Garaje Fuente: Elaboración Propia.....	37
Ilustración 22 Estación 5 desde la antesala Fuente: Elaboración Propia.....	37
Ilustración 23 Objetivos Esféricos del Descansillo Fuente: Elaboración Propia	38
Ilustración 24 Objetivo esférico de las puertas de seguridad para acceder a la planta baja Fuente: Elaboración Propia	38
Ilustración 25 Plano Estación Número 6 Fuente: Elaboración Propia	39
Ilustración 26 Estación 6 Fuente: Elaboración Propia.....	39
Ilustración 27 Estación 7 Fuente: Elaboración Propia.....	40
Ilustración 28 Plano Estación Número 7 Fuente: Elaboración Propia	40
Ilustración 29 Objetivos esféricos del pasillo de la Planta Baja Fuente: Elaboración Propia ...	41
Ilustración 30 Estación 8 Fuente: Elaboración Propia	42
Ilustración 31 Estación 8 y conexión con el descansillo Fuente: Elaboración Propia	43
Ilustración 32 Plano Estación Número 8 Fuente: Elaboración Propia	43
Ilustración 33 Objetivos esféricos Aula 0.1 Fuente: Elaboración Propia	44
Ilustración 34 Estación 9 Fuente: Elaboración Propia.....	45
Ilustración 35 Plano Estación Número 9 Fuente: Elaboración Propia	45
Ilustración 36 Estación 10 Fuente: Elaboración Propia	46
Ilustración 37 Plano Estación Número 10 Fuente: Elaboración Propia	47
Ilustración 38 Estación 11 Fuente: Elaboración Propia	48

Ilustración 39 Plano Estación Número 11 Fuente: Elaboración Propia	48
Ilustración 40 Objetivos esféricos Baño Fuente: Elaboración Propia.....	49
Ilustración 41 Plano Estación Número 12 Fuente: Elaboración Propia	50
Ilustración 42 Estación 13 Fuente: Elaboración Propia	51
Ilustración 43 Plano Estación Número 13 Fuente: Elaboración Propia	52
Ilustración 44 Nubes de puntos cargadas Fuente: Elaboración Propia	55
Ilustración 45 Auto-Extracción de Objetivos Fuente: Elaboración Propia	55
Ilustración 46 Configuración de la Auto-Extracción de Objetivos Fuente: Elaboración Propia	56
Ilustración 47 Organización de las Nubes de Puntos – Perfil Lateral Fuente: Elaboración Propia	56
Ilustración 48 Organización de las Nubes de Puntos desde un perfil superior Fuente: Elaboración Propia.....	57
Ilustración 49 Observables desde lugares de estación Fuente: Elaboración Propia.....	57
Ilustración 50 Informe basado en objetivos Fuente: Elaboración Propia.....	58
Ilustración 51 Imagen Estación 7 con los Objetivos marcados como referencia Fuente: Elaboración propia.....	58
Ilustración 52 Recorte de la Nube de puntos Fuente: Elaboración Propia	59
Ilustración 53 Nube de Puntos sin Ruido ni elementos indeseados Zona Garaje Fuente: Elaboración Propia.....	60
Ilustración 54 Nube de Puntos sin Ruido ni elementos indeseados Vista Superior Fuente: Elaboración Propia.....	60
Ilustración 55 Edición de Materiales Fuente: Elaboración Propia	63
Ilustración 56 Detallado del Garaje Fuente: Elaboración Propia	63
Ilustración 57 Imagen de los Filtros de Agua del Garaje Fuente: Elaboración Propia	63
Ilustración 58 Modelizado de los Filtros de Agua del Garaje Fuente: Elaboración Propia.....	64
Ilustración 59 Imagen de las Tuberías del Garaje Fuente: Elaboración Propia	64
Ilustración 60 Modelizado de las tuberías del Garaje Fuente: Elaboración Propia	65
Ilustración 61 Imagen de los soportes de cables del Garaje Fuente: Elaboración Propia.....	65
Ilustración 62 Modelado de los soportes de cables del Garaje Fuente: Elaboración Propia ...	65
Ilustración 63 Modelización del Garaje Fuente: Elaboración Propia	66
Ilustración 64 Modelización de las escaleras hasta la planta baja Fuente: Elaboración Propia	66
Ilustración 65 Pasillo de la Planta Baja Fuente: Elaboración Propia	67
Ilustración 66 Modelización del Pasillo Fuente: Elaboración Propia.....	67
Ilustración 67 Elementos del Pasillo de la planta Baja Fuente: Elaboración Propia.....	68
Ilustración 68 Modelización del Aula 0.1 Fuente: Elaboración Propia	68
Ilustración 69 Modelización del Aula 0.1 y elementos Fuente: Elaboración Propia.....	69
Ilustración 70 Modelizado del Baño de Hombres Fuente: Elaboración Propia.....	69
Ilustración 71 Resultado de la modelización del Baño Fuente: Elaboración Propia.....	70
Ilustración 72 Imagen 1 Resultado Final Modelización Fuente: Elaboración Propia.....	70
Ilustración 73 Imagen 2 Resultado Final Modelización Fuente: Elaboración Propia.....	71
Ilustración 74 Solape del modelado en 3 dimensiones respecto a la nube de puntos Fuente: Elaboración Propia.....	71
Ilustración 75 Imagen 1 Renderizado Fuente: Elaboración Propia	72
Ilustración 76 Imagen 2 Renderizado tuberías Fuente: Elaboración Propia	72
Ilustración 77 Imagen 3 Renderizado Garaje Fuente: Elaboración Propia.....	73
Ilustración 78 Imagen 4 Renderizado Escaleras Fuente: Elaboración Propia.....	73

Ilustración 79 Imagen 5 Renderizado Pasillo Planta Baja Fuente: Elaboración Propia.....	74
Ilustración 80 Imagen 6 Renderizado Pasillo Planta Baja Fuente: Elaboración Propia.....	74
Ilustración 81 Imagen 7 Renderizado Baño Fuente: Elaboración Propia.....	75
Ilustración 82 Imagen 8 Renderizado Aula 0.1 Fuente: Elaboración Propia	75
Ilustración 83 Imagen 9 Renderizado Aula 0.1 Fuente: Elaboración Propia	76
Ilustración 84 Imagen 10 Renderizado Aula 0.1 Fuente: Elaboración Propia	76
Ilustración 85 Ejemplo de materiales utilizados en la creación del modelado Fuente: Elaboración Propia.....	77

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1 Parámetros de escaneo Trimble TX6 Fuente: Manual Uso	27
Tabla 2 Esquema de colores para Planos Fuente: Elaboración Propia	32

ÍNDICE DE ESQUEMAS:

Esquema 1 Metodología utilizada - Fuente: Elaboración propia.....	55
-------------------------------------------------------------------	----

ÍNDICE:

INTRODUCCIÓN:	15
OBJETIVOS:.....	20
DATOS:	22
Funcionamiento del láser escáner:.....	22
Trimble TX6:	26
Toma de datos con el Láser Escáner Trimble TX6:.....	29
Objetivos Esféricos y Dianas del Garaje:	30
Estación N°1:	31
Estación N°2:	33
Estación N°3:	34

Estación N°4:	34
Objetivos Esféricos P-1:.....	36
Estación N°5:	36
Objetivos Esféricos descansillo y Planta Baja:	38
Estación N°6:	39
Estación N°7:	40
Objetivos Esféricos Planta Baja:	41
Estación N°8:	42
Objetivos Esféricos Aula 0.1:.....	44
Estación N°9:	44
Estación N°10:.....	46
Estación N°11:.....	47
Objetivos Esféricos Baño:.....	49
Estación N°12:.....	50
Estación N°13:.....	51
METODOLOGÍA:.....	54
Software de Tratamiento y Gestión de datos:.....	54
Trimble Realworks:.....	54
Autodesk ReCap:	60
CloudCompare:	61
Revit:	62
RESULTADOS:.....	71
PRESUPUESTO:	79
CONCLUSIONES:	81
BIBLIOGRAFÍA.....	82
CARTOGRAFÍA	84
ANEXOS	90

**Obtención de nubes de puntos tridimensionales con
instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.**

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN:

En los últimos años el campo de la captura y representación tridimensional de objetos y entornos ha experimentado avances significativos gracias a la instrumentación láser y el modelado 3D alcanzando precisiones del orden de decenas de micrómetros y reduciendo el tiempo de trabajo significativamente. Además, estas tecnologías han revolucionado la forma de obtener información espacial precisa y detallada sin ser invasivo, haciendo posible la creación de modelos digitales 3D de gran precisión y realismo.

La ubicación del proyecto ha sido en la Universidad Politécnica de Valencia en el edificio de la Escuela de Ingeniería Geomática y Topografía (7 I), desarrollándose en el garaje y en una sección de la planta baja. Se ha elegido estas zonas debido a que en el garaje encontramos tuberías, bombas de agua filtros y demás elementos que podrían desarrollar un tipo de trabajo o proyecto enfocado a lo industrial. En cuanto a la planta baja representa un tipo de proyecto del ámbito de la edificación tenido que se han debido de modelizar pasillos, escaleras un baño, junto a todo el mobiliario existente en todos ellos.



Ilustración 1: Plano edificios UPV - Fuente: <https://www.upv.es/plano/plano-2d-es.html>



Ilustración 2 Ubicación edificio 7I junto a la fachada - Fuente: <https://www.upv.es/plano/plano-2d-es.html>



Ilustración 3 Escuela Ingeniería Geomática y Topografía- Fuente: <https://www.upv.es/plano/imagenes/7IG.jpg>

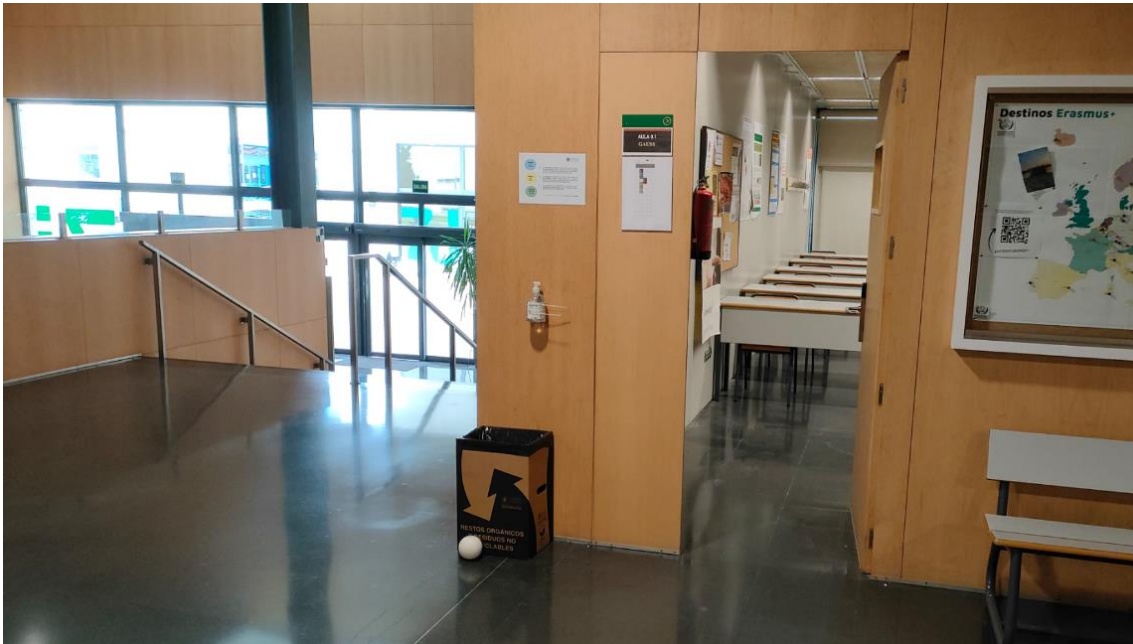


Ilustración 4 AULA 0.1- Fuente: Elaboración propia

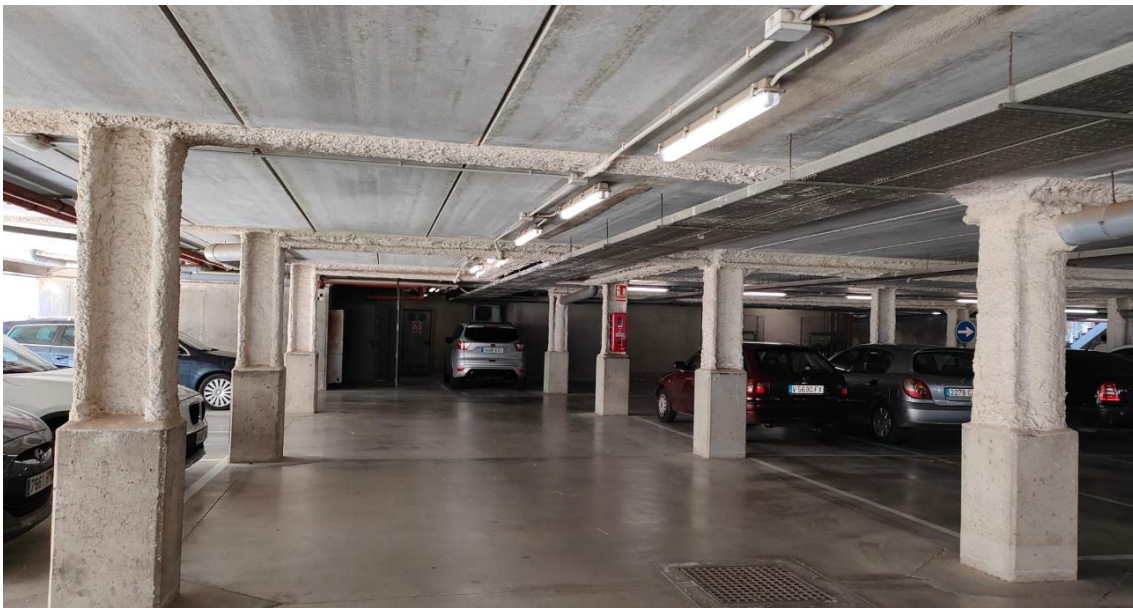


Ilustración 5 Garaje Escuela Ingeniería Geomática y Topografía - Fuente: Elaboración propia

Este trabajo final de grado se centra en la adquisición de nubes de puntos mediante instrumentación de láseres escáner y su posterior aplicación al modelado 3D mediante Revit. La adquisición de una nube de puntos es un proceso que implica el uso de un láser escáner para medir con precisión y eficiencia la geometría de un entorno u objeto en 3 dimensiones. Estos escáneres láser emiten impulsos de luz láser y miden el tiempo que tarda la señal en regresar, lo que permite calcular la distancia y la posición de cada punto en el espacio.

Revit es una herramienta de diseño ampliamente utilizada en el campo de la ingeniería o arquitectura que permite crear modelos digitales tridimensionales precisos y detallados capaces de representar edificios, estructuras o cualquier tipo de elemento.

El objetivo de este trabajo es explorar y analizar el proceso de adquisición de nubes de puntos utilizando el láser escáner hasta su posterior aplicación en el modelado para obtener un modelo digital siguiendo los pasos que se ha realizado hasta obtener el resultado final. Es decir, siguiendo la metodología conocida como Scan To BIM en la que profundizaremos más adelante.

También hablaremos aspectos como calidad de precisión de las nubes de puntos obtenidos, la utilidad y aplicación práctica de los modelos 3D en el campo de la ingeniería y de la arquitectura y el cálculo de materiales utilizados para la creación del proyecto.

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.

OBJETIVOS

OBJETIVOS:

Objetivo general y aplicaciones potenciales:

El objetivo de este Trabajo Final de Grado es la obtención de un modelo tridimensional a escala de una porción del garaje y edificio de la Escuela de Ingeniería Geomática y Topografía, mediante la gestión y tratamiento de las nubes de puntos obtenidas con instrumental de tipo láser escáner y su posterior modelado 3D en Revit siguiendo la metodología Scan To BIM. La implementación de toda la información tridimensional medida en entorno BIM nos permitirá realizar mediciones y obtener un análisis detallado de la infraestructura junto con las mediciones y tipo de materiales utilizados, tener como resultado documentación precisa que puede ser valiosa para la modificación, conservación de la infraestructura o planificación de un posible proyecto, todo esto, acompañado de una visualización y presentación realista que facilita la comprensión y comunicación del tema a la hora de presentar el proyecto.

Además del aprendizaje en este ámbito de la topografía que menos conocía y más me ha gustado junto con todos los softwares de gestión BIM y de tratamiento de nubes de puntos que recién me inicio a aprender y a trabajar con ellos para completar este proyecto y de los cuales se comentarán los procesos realizados en cada uno de ellos.

Por último, en el desarrollo del trabajo se detallará la metodología empleada para la toma y gestión de datos junto a la precisión obtenida, los informes generados y conclusiones al respecto.

Objetivos específicos:

- Estudio de la utilidad y ventajas de un proyecto realizado con láser escáner.
- Estudio del proyecto y herramientas necesarias para llevarlo a cabo y obtener el modelo digital en tres dimensiones final.
- Comenzar con la puesta en marcha del proyecto siguiendo el estudio realizado a posteriori y comenzar con la utilización del láser escáner y objetivos esféricos para dar puntos de referencia entre estaciones.
- Trabajo en gabinete de gestión y tratamiento de las nubes de puntos mediante los softwares específicos para esta función.
- Análisis de los resultados obtenidos al acabar el trabajo en gabinete.
- Paso a un software de modelado 3D como Revit.
- Resultado Final de la estructura y el modelo en tres dimensiones
- Cálculo de los materiales utilizados.

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.

DATOS

DATOS:

A la hora de realizar la toma de datos tuvimos claro el instrumental necesario para realizar el proyecto, utilizar el láser escáner del departamento de ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Escuela de Ingeniería Geomática junto con los objetivos esféricos que lo acompañan para tomar los puntos de referencia que posteriormente nos servirán para unir las nubes de puntos.

Funcionamiento del láser escáner:

El escáner es un dispositivo óptico que utiliza un haz láser en forma de abanico para realizar escaneos esféricos de una superficie. Este método permite la recopilación rápida de miles de puntos por segundo y la adquisición de datos tridimensionales precisos. Podemos recopilar una gran cantidad de datos de manera rápida y eficiente con esta herramienta de medición sin prismas, que produce densas nubes de puntos tridimensionales que representan la superficie o el objeto que se está escaneando.

Al dar a cada punto digitalizado coordenadas tridimensionales (x, y, z) durante el proceso de escaneo, el instrumento recopila datos de su entorno. Estas coordenadas se combinan para crear una densa nube de puntos que contiene mucha información sobre las magnitudes reales.

Funciona emitiendo un haz láser (una forma de radiación electromagnética colimada monocromática) y detectando cuándo regresa el rayo. Esta tecnología ahora se usa ampliamente en una variedad de campos, que incluyen topografía, ingeniería civil, arquitectura, cartografía, la industria automotriz y la realidad virtual más novedosa.

La emisión del haz láser y la detección del retorno son las dos fases principales del funcionamiento de un escáner láser.

La etapa de emisión crea un haz láser coherente de alta intensidad que se enfoca en emitir longitudes de onda entre el infrarrojo cercano y el ultravioleta y apunta a una superficie, objeto o área circundante que debe escanearse. Según el tipo de láser que se use, se puede usar un sistema de espejos móviles o sistemas de galvanómetro para mover el rayo láser en un patrón predeterminado, como líneas verticales u horizontales o una matriz. La resolución y la densidad de la nube de puntos resultante están influenciadas por este patrón, que también determina cómo se distribuyen espacialmente los puntos que se escanearán.

El retorno del láser que refleja la superficie escaneada es registrado por un sensor en la segunda etapa, que se conoce como etapa de detección. Los láseres de escaneo utilizan una variedad de técnicas de detección, que incluyen conjuntos de fotodiodos, detectores de luz y equipos de medición de tiempo de vuelo.

La información necesaria para calcular e identificar la distancia y la intensidad de cada punto escaneado la proporciona la detección de luz reflejada.

El principio del tiempo de vuelo se utiliza para medir la distancia, donde se determina la cantidad de tiempo que tarda la luz en viajar desde el láser a un objeto o superficie y de regreso al sensor.

Características como la reflectividad de las superficies escaneadas pueden determinarse por la intensidad de retorno del haz láser.

Después de analizar el funcionamiento general del escáner láser, es necesario comentar los diversos errores y restricciones que pueden afectar la precisión y la calidad de los datos que se escanean con esta instrumentación.

Los más frecuentes incluyen el ruido de fondo, la interferencia del entorno, la especularidad de la reflexión en superficies altamente reflectantes, la falta de retorno de la luz de los objetos oscuros o absorbentes, la atenuación del rayo láser con la distancia y la baja resolución de detección. Estos errores son los más significativos y los que dan lugar a la mayoría de los errores al utilizar este instrumento, por lo que siempre deben tenerse en cuenta a la hora de planificar un proyecto y su posterior interpretación y análisis de los datos obtenidos para evitar fallos que pueden ser catastróficos e interfieran en la viabilidad de un proyecto.

Cuando se trata de escáneres láser, hay muchos tipos diferentes disponibles en el mercado que se adaptan a diferentes aplicaciones, entre ellos encontramos los distintos tipos de láser que existen:

- **Los escáneres láser terrestres**, como los empleados en este proyecto, son en lo que nos concentraremos. Se pueden usar para una variedad de tareas, incluidas las exploraciones topográficas de áreas pequeñas a medianas, y se pueden operar manualmente o montar en vehículos. Ofrecen alta resolución y precisión en los datos escaneados y tienen un alcance de varios cientos de metros.

Estos instrumentos se pueden clasificar según el principio de medición y el tamaño del campo de visión, y en la sección de medición, nos concentraremos en los sistemas de medición de tiempo de vuelo y los sistemas de medición de diferencia de fase.

Respecto a los láseres escáner que emplea la medición por tiempo de vuelo, estos emiten un pulso y calculan el tiempo que tarda la onda en rebotar en el objetivo, determinando la distancia.

Para determinar la diferencia de fase entre las señales transmitidas y recibidas, los láseres escáner de diferencia de fase modulan la luz láser y calculan la diferencia de fase entre la emitida y la recibida. Aunque su rango es más corto, normalmente usan frecuencias altas. Esta división alberga el escáner láser Trimble TX6 que se utilizó para este proyecto.

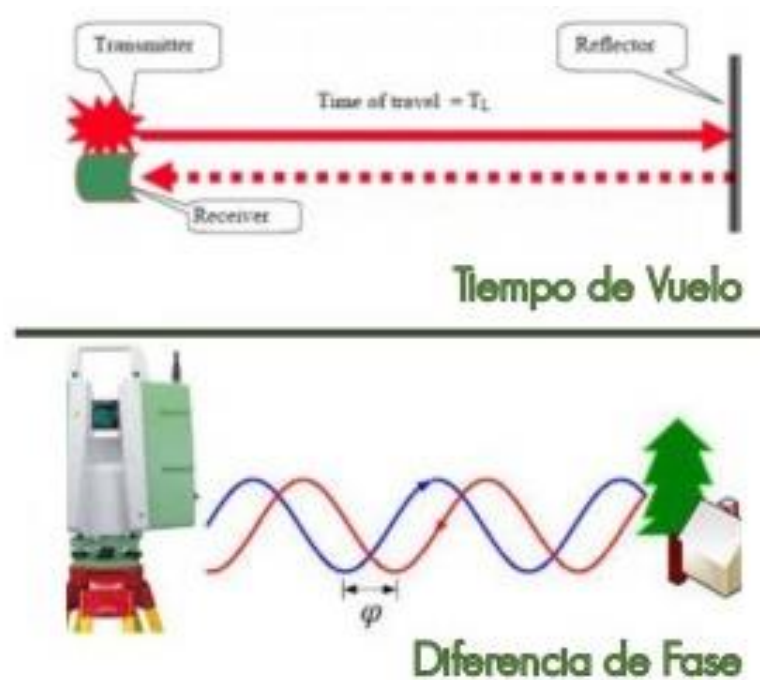


Ilustración 6 Tipos de Láser escáner y medición de distancias Fuente:
<https://topografiaygeosistemas.com/2020/09/15/topografia-con-laser-escaner/>

- **Los escáneres láser aerotransportados** se utilizan en la cartografía aérea y el mapeo de amplias áreas por medio de aeronaves o drones. Pueden capturar vastas áreas gracias a su alcance mucho mayor que los terrestres, pueden llegar a varios kilómetros, pero esto puede degradar la resolución y la precisión de la toma.
- **Escáneres láser subacuáticos**, creados especialmente para su uso en la medición de ambientes acuáticos o la inspección de estructuras subacuáticas. Para hacer frente a la dispersión de la luz y la absorción por el agua, se utilizan varias tecnologías.

La velocidad de escaneo, la resolución espacial y la precisión de los instrumentos han mejorado como resultado de la reciente innovación en este campo. Además, se han integrado tecnologías como GPS y sistemas de medición inercial para recopilar datos geoespaciales precisos y combinarlos con la información recopilada por el escáner láser. Este tipo de instrumentación ahora se usa con mayor sofisticación en industrias como la ingeniería y la construcción, entre otras, como resultado de estos avances.



Ilustración 7 Láser Escáner con GPS <https://www.juarezthompson.mx/post/top-5-escaneres-laser-terrestres-2022>

El rango y la precisión de esta instrumentación es un factor crucial y como era de esperar, difieren según el modelo y la aplicación. Dependiendo de las características del dispositivo, el alcance normalmente puede oscilar entre unos pocos metros y varios kilómetros. En cuanto a la precisión, varía según el modelo y el equipo utilizado, pero gracias a los modernos escáneres láser se puede llegar a obtener precisión submilimétrica y menos aún para distancias cortas.

La velocidad de los pulsos de láser cuando se emiten se conoce como frecuencia de exploración, que se mide en hercios. La frecuencia de escaneo varía mucho según el dispositivo y la aplicación. En aplicaciones que requieren alta precisión y resolución, se pueden generar millones o miles de millones de puntos en un solo escaneo. El número de puntos obtenidos por el escáner láser depende del patrón de escaneo, la distancia desde el objeto y la configuración de la instrumentación.

En general, y como veremos en los siguientes apartados, cada marca de escáner láser tiene un software diseñado específicamente para el procesamiento de datos; en nuestro caso, dado que la escuela utiliza equipos de la marca Trimble, se ha utilizado Trimble RealWorks.

En conclusión, los escáneres láser se utilizan principalmente para obtener o capturar superficies u objetos con gran detalle que junto con la cámara del escáner se puede dar color real a la nube y que se aplique al modelo.

Trimble TX6:

Como he comentado anteriormente, para hacer la toma de datos de este proyecto se ha utilizado el láser escáner de la Escuela de Ingeniería Geomática y Topografía que es el 'Trimble TX6'.



Ilustración 8 Láser escáner Trimble TX6 Fuente: <https://trimbleexchange.com.au/product/trimble-tx6-scanner-bundle-u19/>

Este instrumental salió al mercado en el 2012 y con el transcurso de los años ha sido considerado como una herramienta económica confiable y precisa en la obtención de nubes de puntos de objetos y superficies en sectores como la industria, la arquitectura o la ingeniería.

En cuanto a las especificaciones de rendimiento encontramos las siguientes:

Este láser escáner tiene un espejo rotativo vertical sobre una base rotativa horizontal que es capaz de generar 500000 puntos por segundo.

En cuanto a términos de precisión, ofrece una resolución angular de hasta $0,01^\circ$ y una resolución de distancia de hasta 4 mm por lo que demuestra su capacidad para obtener un detalle alto y de calidad para mediciones precisas

Respecto al alcance máximo se encuentra en 80 m en la mayoría de las superficies, pero puede llegar a los 100 m en superficies muy poco reflectantes y hasta los 120 m en superficies reflectantes obteniendo un ruido de alcance de menos de 2 mm cada 2 m a 80 y 120 m en superficies reflectantes. Pero hay que saber que cuanto más distancia menor densidad por lo tanto a las distancias máximas del instrumental los puntos que obtengamos estarán más separados de la matriz y por lo tanto perderemos densidad, lo que supone la pérdida de precisión y calidad de la superficie u objeto que estemos escaneando y por lo tanto la obtención de un modelo con menor detalle.

También hay que saber que hay que dejar una distancia de 0,6 metros al objetivo o superficie a escanear ya que en caso contrario no será captado.

Respecto al error sistemático del alcance es menor de 2 mm.

En un lateral posee una pantalla interactiva desde la que podremos efectuar toda la configuración y gestión del trabajo que realicemos para la toma de datos. Además, posee una interfaz muy sencilla que facilita mucho la toma de decisiones y el conocimiento de todas las características del instrumental.



Ilustración 9 Interfaz pantalla Trimble TX6 Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=1qRpz9vRxJc&ab_channel=BuildingPointFlorida

Posee cuatro niveles de parámetros de escaneo, vista preliminar, nivel 1, nivel 2 y nivel 3. Para ir conociendo especificaciones de este proyecto se realizó en nivel 2 generándose 138 millones de puntos por estación.

Parámetros de escaneo	Vista preliminar	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Alcance Máx. ¹	80/120 m	80/120 m	80/120 m	80/120 m
Duración del escaneado (minutos) ²	02:00	03:00	05:00	19:00
Espaciamiento entre puntos a 10 m	15,1 mm	—	—	—
Espaciamiento entre puntos a 30 m	—	22,6 mm	11,3 mm	5,7 mm
Espaciamiento entre puntos a 300 m	—	—	—	—
Número de puntos	8,7 Mpts	34 Mpts	138 Mpts	555 Mpts

Tabla 1 Parámetros de escaneo Trimble TX6 Fuente: Manual Uso

Está equipada con una cámara de 10 megapíxeles y campo de visión completo que es capaz de obtener imágenes HDR de alta resolución y con esta dotar a la nube de puntos de color gracias a las imágenes generadas.

A la hora de usar el instrumental y nivelarlo cuenta con una burbuja externa y una burbuja electrónica integrada con la capacidad de montar un compensador de doble eje.

También contamos con un almacenamiento interior en el que encontramos un USB 3.0 al que podremos enchufar un pendrive y los datos de los escaneos quedarán directamente cargados en esta memoria por lo que no necesitaríamos nada más para poder comenzar a trabajar. Esta conectividad facilita mucho la extracción de datos debido a su velocidad de transferencia y al cargar los datos directamente a una memoria podemos llevarlos a un ordenador fácilmente para comenzar con su tratamiento.

En cuanto a su tamaño hoy tiene unas dimensiones de 335 mm de ancho x 366 mm de alto x 242 mm de profundidad. Su peso es bastante significativo, 10,7 kg con plataforma nivelante y sin batería y con todo completo alcanzando los 11.2 kg.

Respecto a las baterías nos ofrecen un tiempo de escaneo de 2 horas por cada una, lo que supone una gran eficiencia.

La temperatura que el fabricante nos da para su utilización varía entre los 0º hasta los 40º.

Respecto a los láser escáneres más modernos es importante destacar que la tecnología ha innovado bastante por lo que los modelos más nuevos presentan mejoras muy significativas en varios aspectos como la velocidad de escaneo, rango de escaneo más amplio y una mayor resolución tanto angular como de distancia. También podemos encontrar modelos como el Leica BLK360 que aparte de presentar todas estas características mencionadas anteriormente han mejorado su portabilidad, peso y conectividad con otros dispositivos o software.



Ilustración 10 Láser escáner BLK360 Fuente: <https://www.xyht.com/lidarimaging/blk360-recap-pro/>

Toma de datos con el Láser Escáner Trimble TX6:

Una vez definido el marco teórico de la instrumentación utilizada en la toma de datos se continúa comentando como fue la toma de datos justo con la explicación de cada paso que dimos en este proceso.

Para comenzar con este apartado realizaré una pequeña recapitulación de las ideas iniciales del proyecto junto con el desarrollo y trabajo detrás de este para realizar la toma de datos.

Antes de comenzar con la toma de datos pensamos varias propuestas para el proyecto, pero sin duda la que garantizaba un trabajo realmente interesante fue la que al final se llevó a cabo y la que da título a este trabajo. Para mostrar versatilidad y un trabajo más completo se eligieron distintos tipos de escenarios, como el garaje para dar ese toque industrial con el desarrollo de tuberías y por otra parte el escaneo del tramo de escaleras y pasillos hasta llegar a la planta baja y acceder al aula 0.1 y al baño de hombres para añadir lo que podrían ser secciones de viviendas o de edificios y darle ese aspecto de proyecto del tipo edificación.

Para comenzar con la toma de datos, se realizó un estudio previo de la zona para idear la mejor actuación posible para efectuar el trabajo. En esta, se habló de las zonas que debíamos incorporar y dónde debíamos realizar los cortes a la nube de puntos además de dónde poner las estaciones y los objetivos para que fueran visibles desde las distintas posiciones del escáner a la hora de realizar el barrido ya que se necesitan puntos de referencia y solape para posteriormente en gabinete unir las nubes de puntos.

Una vez definido el proyecto y con las ideas claras de dónde estacionar, poner los objetivos y demás información, el día 28 de abril (viernes) por la tarde para evitar el tráfico de personas y coches que hubiera en el garaje y en el edificio de la Escuela de Ingeniería Geomática realizamos la toma de datos. Además de lo aprendido en clase, mi tutor me enseñó en mayor profundidad cómo trabajar con el láser escáner y la configuración de este para el proyecto. Por un tema de tiempo decidimos utilizar una densidad de puntos media en la que tardaba aproximadamente 7 minutos en realizar el barrido completo a la zona.

Además, también hay que comentar que la colocación de los objetivos esféricos durante todo el recorrido se ha colocado a diferentes alturas con el fin de obtener mayor cantidad de información tridimensional en todos los ejes y garantizar una calibración precisa.

En total realizamos 13 estaciones repartidas por todo el recorrido comentado anteriormente y en las que captábamos todo aquello fundamental que queríamos que apareciera en el trabajo. En todo momento se tuvo en cuenta que desde donde estacionábamos el láser escáner tuviera visión de por lo menos 3 dianas para que fueran captadas en el escaneo y posteriormente en el tratamiento de datos pudieran ser utilizadas para que se tomasen como puntos de referencia.

Como he comentado anteriormente habíamos elegido el garaje por el tema de tuberías y el desarrollo de este, por lo que las ubicaciones del escáner en el garaje queríamos que se centraron básicamente en captar todas estas junto a sus desarrollos por el techo, bajadas y subidas, unión a filtros y unión a bombas de agua.

También se tuvo en cuenta la especificación de que el escáner estuviera a 0,6 metros de la superficie a escanear ya que como he comentado en la sección técnica no toma información a una distancia inferior a esta.

Objetivos Esféricos y Dianas del Garaje:

En cuanto a la colocación y ubicación de los objetivos esféricos que se pusieron en garaje a modo de referencia encontramos 3, uno que se puso en el techo agarrado por su imán en el soporte de los cables y dos que se pusieron en dos esquinas diferentes de la valla que protege la bomba de agua que se encuentra al lado de las escaleras para acceder a la Escuela de Ingeniería Geomática y Topografía.

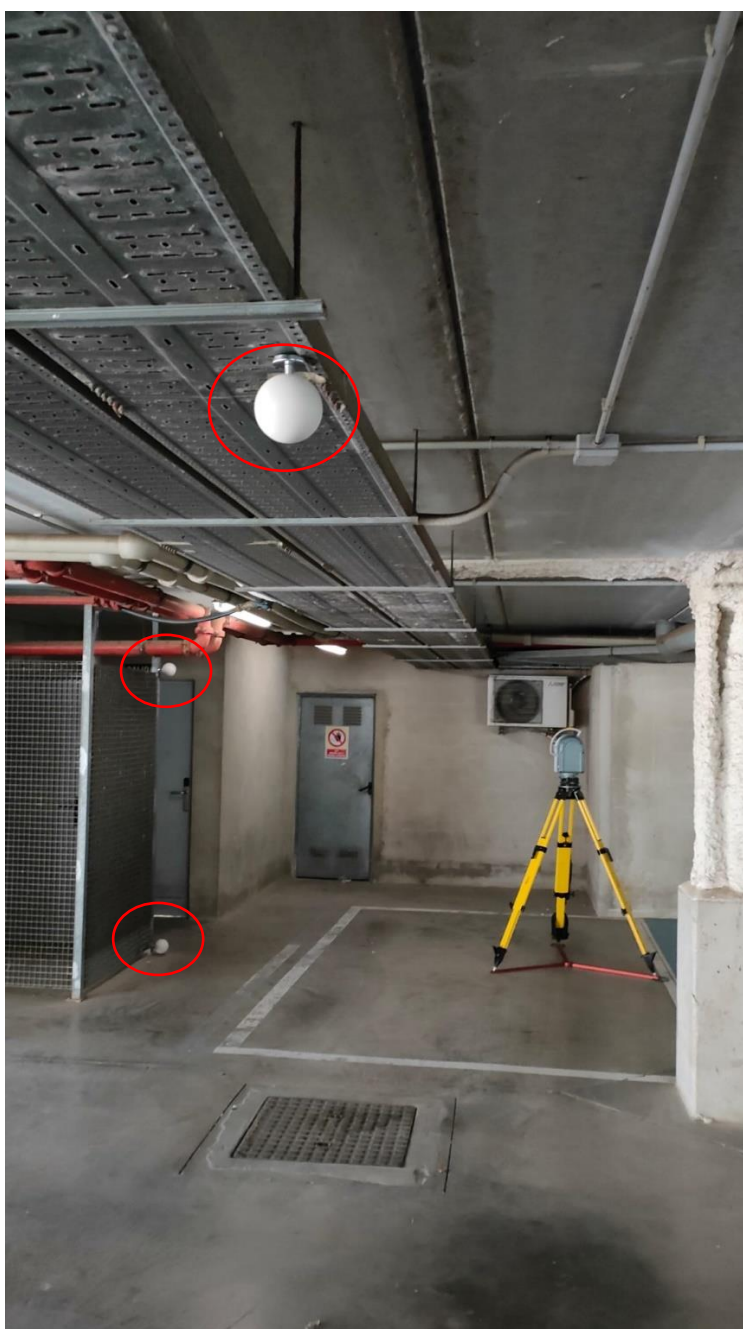


Ilustración 11 Objetivos Esféricos Techo Fuente: Elaboración Propia

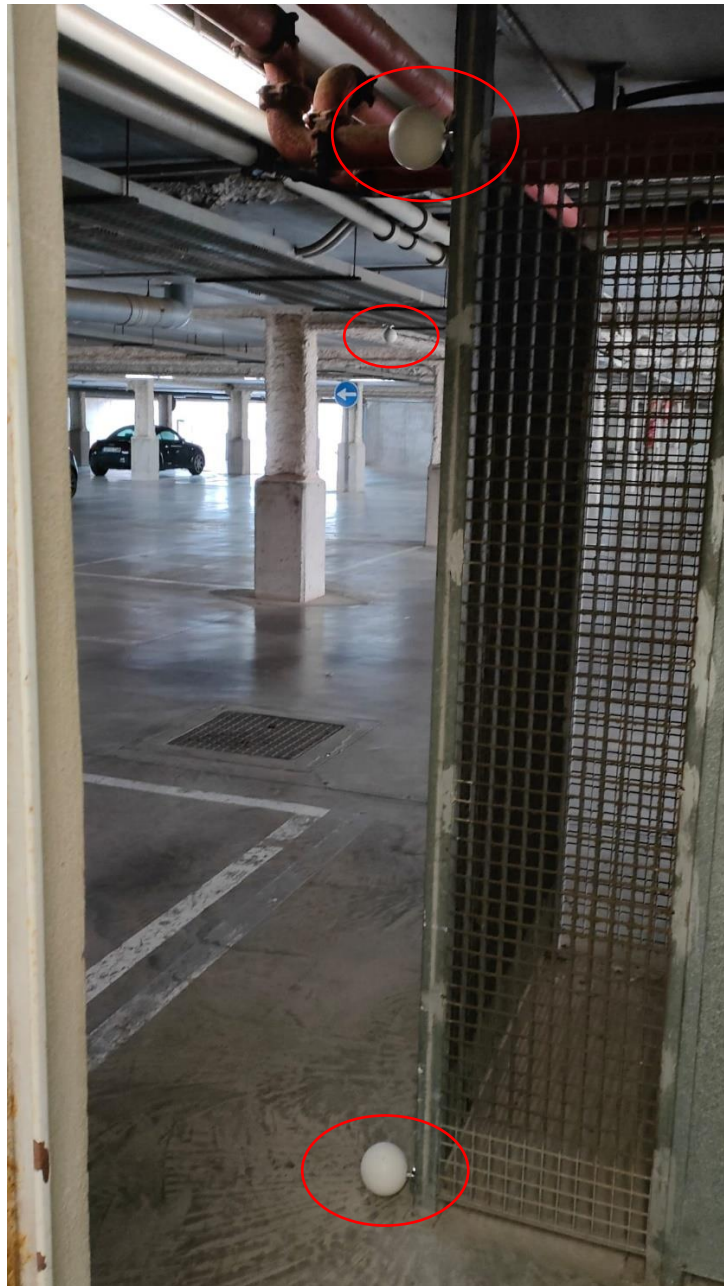


Ilustración 12 Objetivos Esféricos Valla Fuente: Elaboración Propia

Continuamos ahora con la ubicación de los láseres escáner en el garaje.

Estación N°1:

La primera ubicación del escáner fue debajo del desarrollo de tuberías que vienen de los baños que conectan con la planta baja ya que como habíamos comentado anteriormente es la parte en la que nos queríamos centrar de esta ubicación. Además, podemos ver en la imagen a continuación con círculos rojos los objetivos o dianas que se han utilizado como puntos de referencia.

De ahora en adelante marcaremos con círculos o puntos rojos los objetivos o dianas visibles desde la estación, con verde los lugares en los que hemos estacionado anteriormente y de morado el lugar en el que el láser está estacionado.

Ubicación Láser Escáner	■
Objetivos o dianas visibles desde la estación	■
Ubicaciones posteriores del Láser escáner	■

Tabla 2 Patrón colores para Planos Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 13 Estación número 1 Fuente: Elaboración Propia

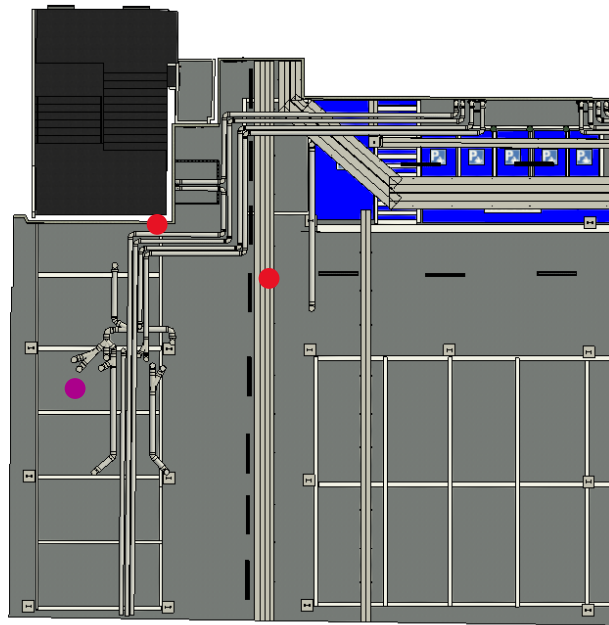


Ilustración 14 Plano Estación número 1 Fuente: Elaboración Propia

Estación N°2:

Respecto a la segunda estación, se ubicó al otro lado del camino de los coches, para así poder captar desde otro ángulo las tuberías y el soporte de cables que hay en el techo.

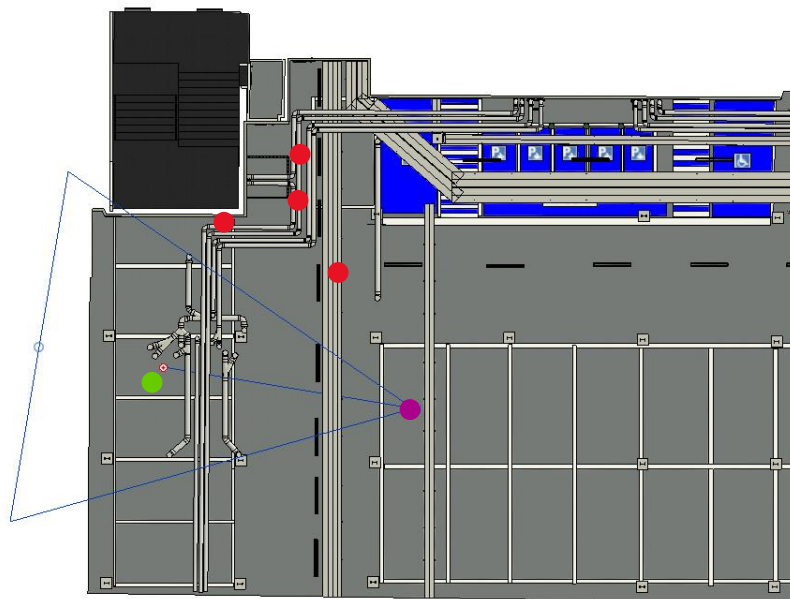


Ilustración 15 Plano Estación número 2 Fuente: Elaboración Propia

Desde esta estación se puede observar el desarrollo de tuberías desde otro ángulo, los objetivos esféricos que habíamos marcado en el soporte de los cables que iban por el techo, los que habíamos puesto cada esquina de la valla que cubría la bomba de agua y la diana que veíamos desde la primera estación.

Estación N°3:

La tercera estación fue próxima a los filtros que encontramos cerca del Estación de las motos para conseguir un escaneo de estos para posteriormente tratar de modelarlos y que aparezcan en el modelo digital.

Desde esta posición también éramos capaces de conseguir la observación de los 3 objetivos.

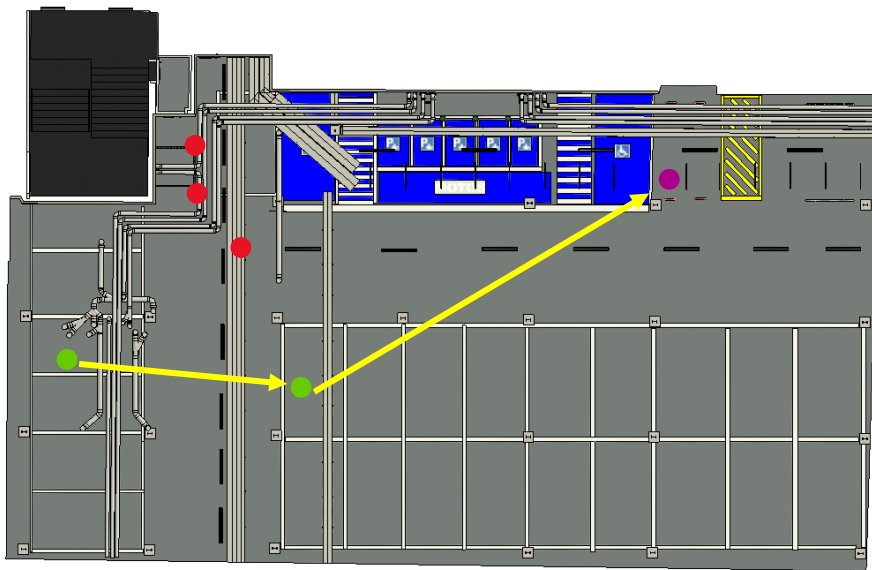


Ilustración 16 Plano Estación Número 3 Fuente: Elaboración Propia

Estación N°4:

El cuarto Estación fue al lado de la puerta que da acceso a la antesala entre la Escuela de Ingeniería Geomática y Topografía y el garaje. Este escaneo se realizó para obtener un detallado más preciso de la zona de la bomba de agua y sus alrededores en los que además encontramos gran cantidad de tuberías y se unen los soportes de los cables del techo. Esta estación también ayuda para brindar continuidad hasta entrar a la antesala que da paso a la sala donde se encuentran los ascensores y las escaleras de la planta -1.

Además, esta estación supone la última que se dedica a puramente al tema principal del garaje y las siguientes pasarán a ser del desarrollo del tipo de edificación, por lo que con esta ubicación se deja finalizado el sector del garaje y por ende el desarrollo del tipo industrial que queríamos con estas cuatro estaciones utilizadas.

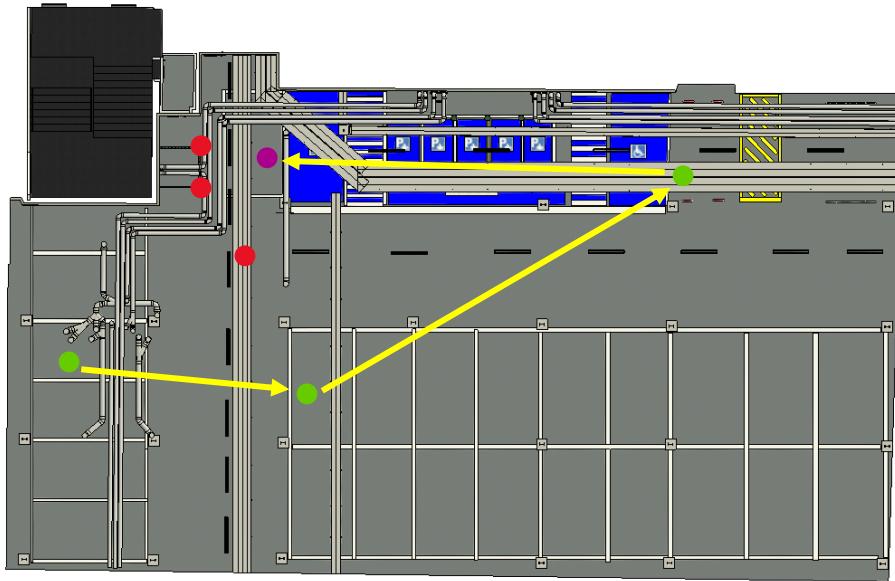


Ilustración 17 Plano Estación Número 4 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 18 Estación 4 Fuente: Elaboración Propia

Objetivos Esféricos P-1:

Estos objetivos esféricos son los que cumplen como nexo entre los escaneos de la zona del garaje y la zona donde están ubicados es decir la sala de los ascensores del Piso -1 al ser tomados por la estación número 5. Por lo que realmente son muy importantes en el trabajo. Los elegimos poner en estas ubicaciones para que además de ser tomados desde el escaneo de la antesala del garaje y escuela pudieran ser tomados también en los recorridos posteriores hasta el descansillo que encontramos al subir las escaleras.



Ilustración 19 Objetivos Esféricos P-1 Fuente: Elaboración Propia

Estación N°5:

Como hemos comentado anteriormente la siguiente ubicación que supone el quinto lugar donde estacionamos es la antesala que conecta al garaje y la Escuela de ingeniería geomática y topografía. Desde esta sala con las puertas abiertas éramos capaces de observar las dianas de la valla y del soporte de cables del techo junto con las que colocamos en la sala de ascensores de la escuela que supone el piso -1. En esta sala colocamos también 3 dianas, dos en el primer escalón de las escaleras y una en la pared de enfrente que da esquina con los ascensores.

Esta estación es la más importante del desarrollo ya que gracias a ella realizamos la unión y cumple como punto de conexión entre la parte del garaje y la parte del desarrollo del tipo edificación del proyecto.

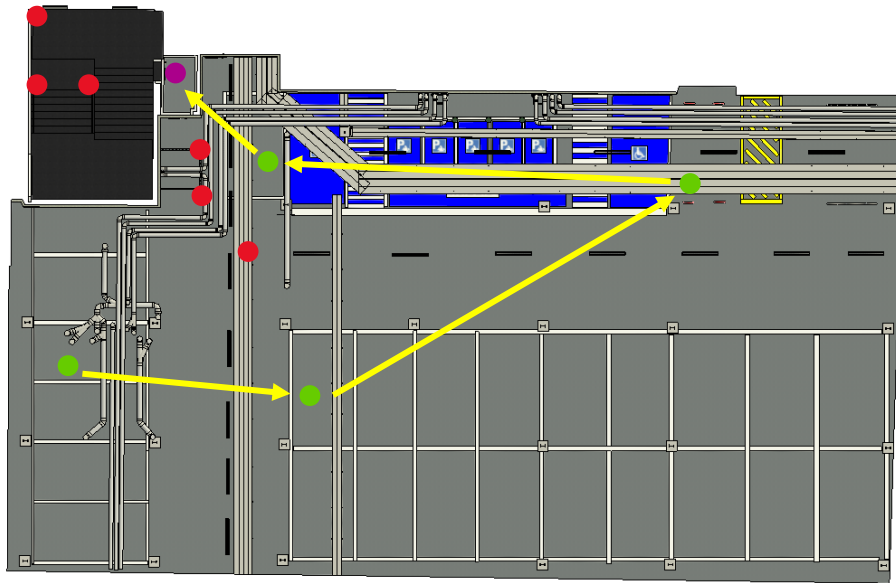


Ilustración 20 Plano Estación Número 5 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 22 Estación 5 desde la antesala Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 21 Estación 5 desde el Garaje Fuente: Elaboración Propia

Objetivos Esféricos descansillo y Planta Baja:

Una vez dado por acabado la sección del garaje quitamos los objetivos de esta zona y los llevamos al descansillo que hay en las escaleras que suben a la planta baja desde la sala de los ascensores del Piso -1.

En el descansillo se colocaron dos objetivos, el primero, en la puerta de seguridad que da salida al exterior y el segundo, en una esquina del suelo



Ilustración 23 Objetivos Esféricos del Descansillo Fuente: Elaboración Propia

El tercero fue colocado en el marco interior de las puertas de seguridad que dan acceso a la planta baja a partir de la sala de los ascensores de esa misma planta. Fue colocado ahí para que cuando se pusiera una estación en el descansillo y en la planta baja para seguir con la continuidad del desarrollo preestablecido pudiera ser observado y tenido en cuenta en el postprocesado de los datos al igual que con los objetivos del descansillo.

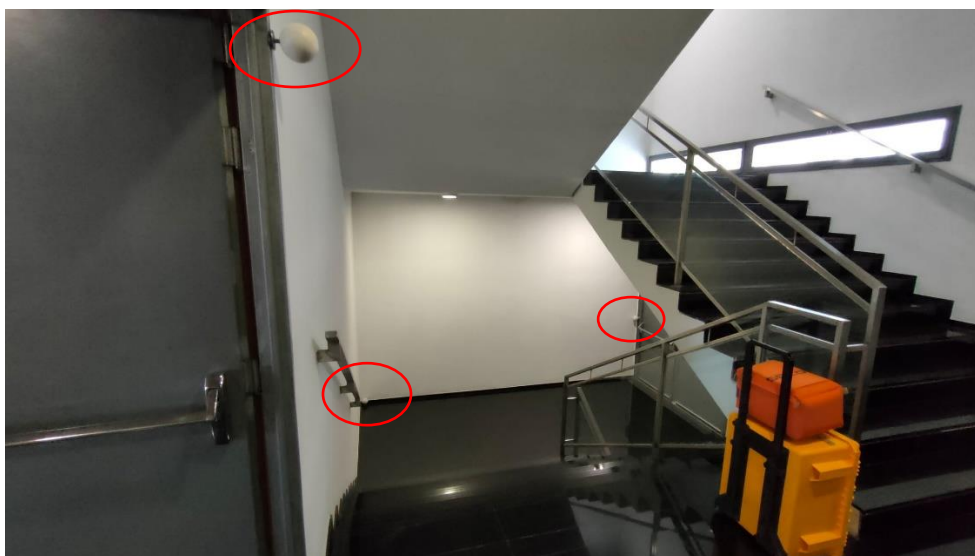


Ilustración 24 Objetivo esférico de las puertas de seguridad para acceder a la planta baja Fuente: Elaboración Propia

Estación N°6:

La estación número 6 se encuentra frente a los ascensores del P-1, En ella se escanea toda esta sala de los ascensores junto con las escaleras y barandillas y el descansillo superior con sus elementos.

Esta es la primera estación puramente del desarrollo del tipo edificación por lo que desde aquí partimos con este tipo de proyecto que continuará con el desarrollo planificado hasta subir a la planta baja y alcanzar el aula 0.1 y el baño de hombres.

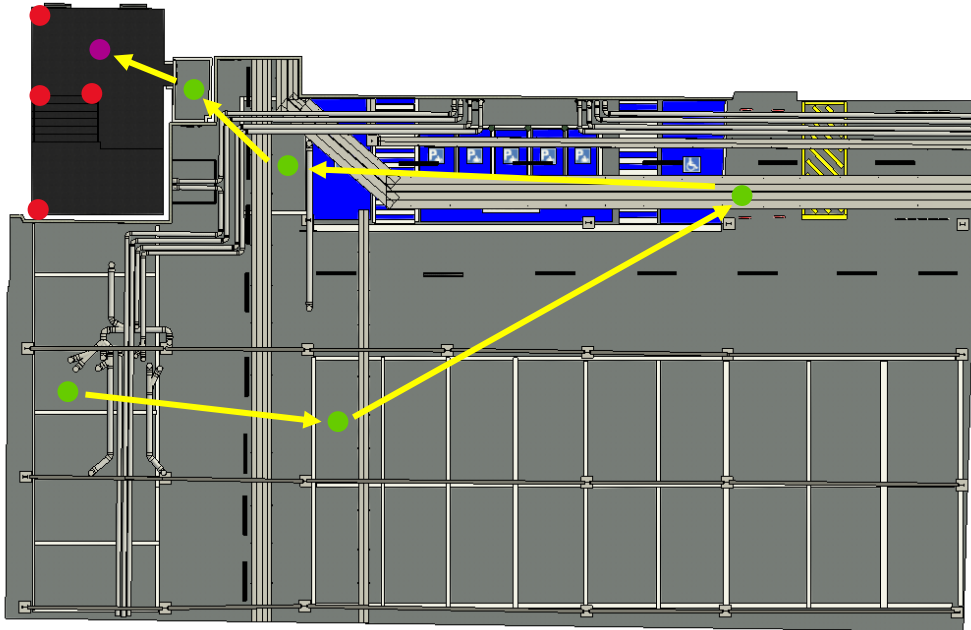


Ilustración 25 Plano Estación Número 6 Fuente: Elaboración Propia

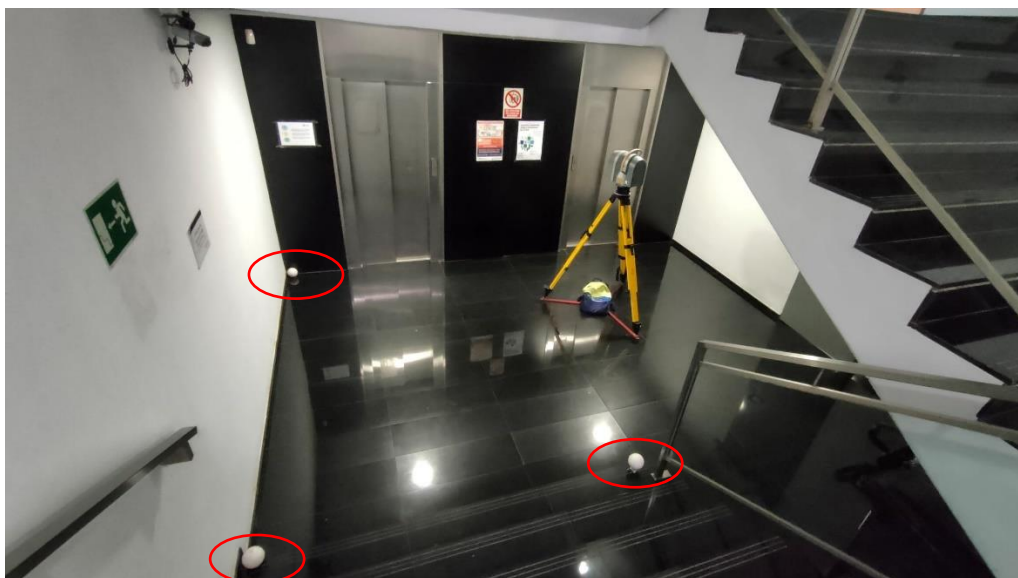


Ilustración 26 Estación 6 Fuente: Elaboración Propia

Estación N°7:

Como hemos comentado anteriormente la estación número 7 se encuentra en el descansillo de la escalera que sube a la planta baja continuando con el desarrollo que habíamos descrito.

Esta estación se encarga de escanear la parte superior de la escalera hasta alcanzar la planta baja además de dar soporte a la parte posterior ya escaneada para obtener mayor detalle en la zona.

Desde esta zona somos capaces de ver los objetivos del P-1, descansillo y el objetivo en el marco de la puerta de seguridad de la planta baja.



Ilustración 27 Estación 7 Fuente: Elaboración Propia

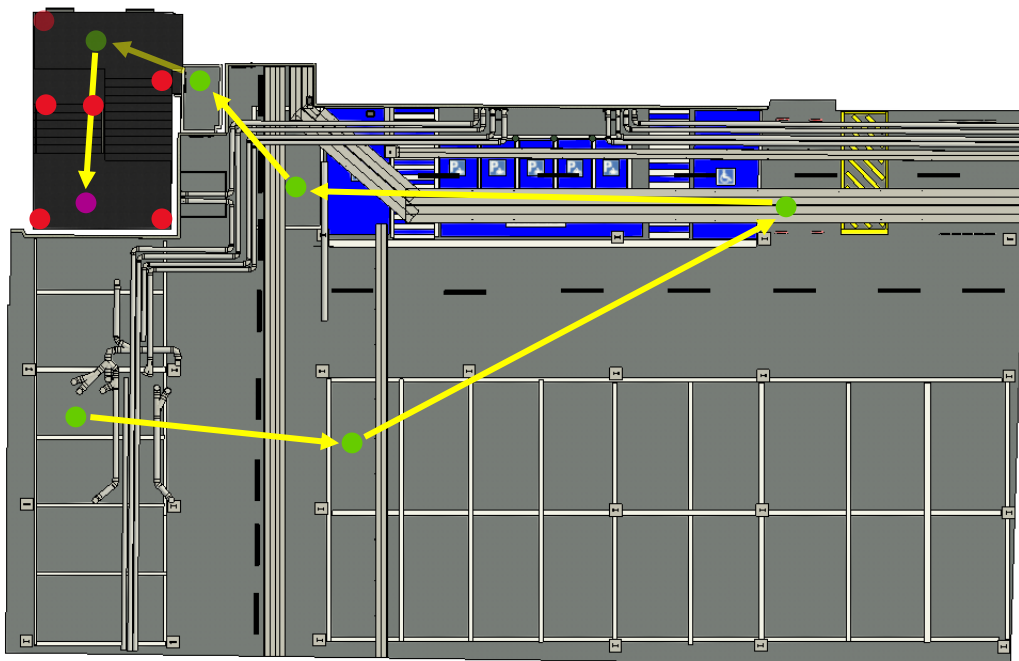


Ilustración 28 Plano Estación Número 7 Fuente: Elaboración Propia

Objetivos Esféricos Planta Baja:

Realizado el escaneo en la posición número 7 quitamos los tres objetivos esféricos de la zona de los ascensores de la P-1 ya que ya no eran necesarios y se necesitaban en la zona del pasillo principal que da acceso a las aulas, baños y demás.

Aparte el objetivo esférico situado en el marco interior de las puertas de seguridad que dan acceso a la planta baja desde la sala de ascensores, al estar las puertas abiertas y sobresalir un poco al pasillo decidimos poner un objetivo esférico en la esquina superior, otro en el mirador del pasillo que da vistas a la zona de información llega a la oficina de prácticas de empresa y el último en la esquina del aula 0.1 debajo de una papelera.

Todos estos objetivos serán visibles desde la estación número 8 que veremos a continuación y cualquier estación que pongamos en el pasillo para conectar el recorrido.



Ilustración 29 Objetivos esféricos del pasillo de la Planta Baja Fuente: Elaboración Propia

Estación N°8:

Siguiendo el recorrido, la estación número 8 se situó enfrente de los ascensores de la planta baja y justo al lado de las puertas de seguridad de este piso.

Esta estación es la que sirve de unión con el pasillo que conecta con el aula 0.1 y el baño de hombres que como habíamos comentado en los objetivos del proyecto queríamos escanear, por lo que es muy importante para el proyecto ya que sirve como nexo para la conexión con las nubes de puntos de estos elementos.

Esta estación se encarga de escanear tanto la zona de los ascensores como la parte de la entrada al pasillo de esta planta por las escaleras que dan acceso al edificio.

Además, desde esta zona para dar la deseada continuidad del proyecto y la observación de puntos de referencia, somos capaces de ver los objetivos situados en el descansillo y en el marco interior de la puerta de seguridad de la planta baja además de los tres objetivos comentados en el punto anterior.



Ilustración 30 Estación 8 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 31 Estación 8 y conexión con el descansillo Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 32 Plano Estación Número 8 Fuente: Elaboración Propia

Objetivos Esféricos Aula 0.1:

En el aula 0.1 se colocaron 3 objetivos para poder referenciar los escaneos que se hicieran desde fuera y dentro del aula.

Una vez realizado el escaneo número 8 se quitaron los objetivos de la zona del descansillo y del marco interior de la puerta de seguridad que da acceso a la planta baja y se colocaron dentro del aula 0.1. Los objetivos se colocaron en la parte izquierda de la clase encima de las mesas para que desde un escaneo planificado antes de entrar al aula por la primera puerta pudieran ser visibles y sirviesen de referencia para poder conectar escaneos que se hicieron desde dentro.

Además, al entrar en el aula había varias dianas situadas por las paredes por lo que también se tomaron en cuenta.

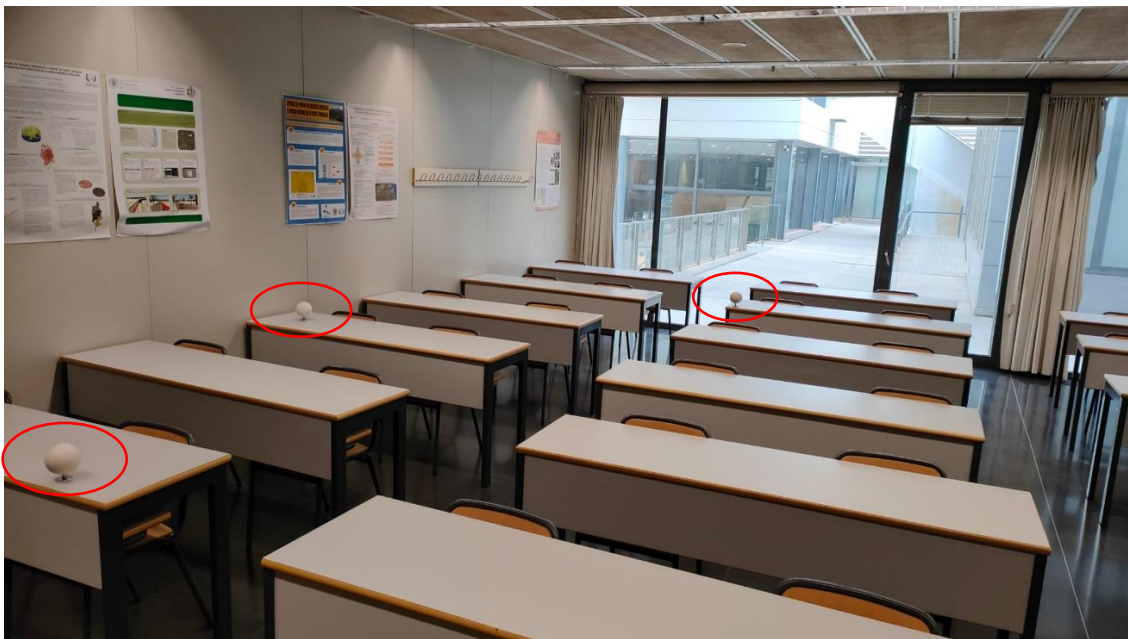


Ilustración 33 Objetivos esféricos Aula 0.1 Fuente: Elaboración Propia

Estación N°9:

Continuando el desarrollo, la siguiente estación se colocó justo en la puerta izquierda de acceso al aula 0.1 para que esta sirviera de conexión entre el interior del aula y la zona exterior.

Desde esta ubicación éramos capaces de observar los objetivos esféricos situados en el pasillo y los comentados anteriormente situados en el interior del aula por lo que la conexión entre nubes de puntos estaba garantizada.



Ilustración 34 Estación 9 Fuente: Elaboración Propia

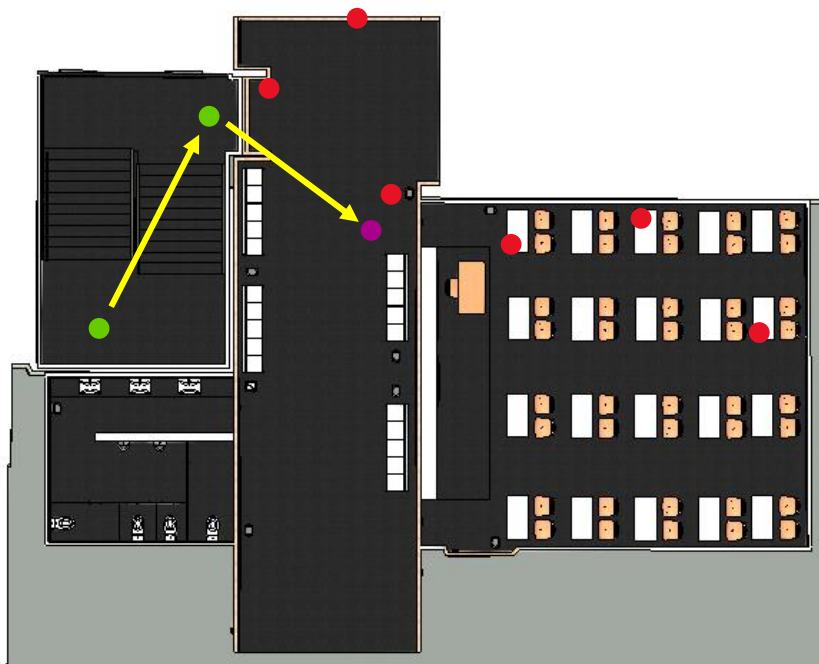


Ilustración 35 Plano Estación Número 9 Fuente: Elaboración Propia

Estación N°10:

Realizado el escaneo de la estación 9 con la que uníamos el interior del aula con la zona exterior del pasillo y siguiendo el plan establecido, se ubicó una estación dentro de la clase 0.1 para tomar todos los datos posibles del interior y obtener mayor detalle, ya que es muy importante para el posterior modelado y es uno de los objetivos principales del proyecto.

Desde esta ubicación éramos capaces de observar los objetivos esféricos situados en el interior de la clase y comentados anteriormente y las dianas que se encuentran por las paredes del aula por lo que en esta ubicación hay dos tipos de puntos de referencia que nos podrán servir en la referenciación de esta nube.



Ilustración 36 Estación 10 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 37 Plano Estación Número 10 Fuente: Elaboración Propia

Estación N°11:

La estación número 11 se ubica próxima a la otra puerta de la clase, esta aporta un mayor volumen de datos del aula por lo que supone mayor precisión y más detalle que como hemos comentado anteriormente es muy importante para la correcta y precisa modelización que se efectuará en los pasos posteriores.

Al igual que en la estación número 10, encontramos los objetivos esféricos situados en el aula y las dianas que se encuentran en las paredes y que servirán para poder referenciar la nube.



Ilustración 38 Estación 11 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 39 Plano Estación Número 11 Fuente: Elaboración Propia

Objetivos Esféricos Baño:

Acabado el escaneo del aula 0.1, se quitan los objetivos esféricos del aula y se colocan en el baño de hombres, dos encima del lavabo y 1 en la esquina de la pared para que al igual que en el caso del escaneo número 9, se puedan observar desde una estación dentro del baño y desde fuera para facilitar su conexión entre escaneos interiores y exteriores



Ilustración 40 Objetivos esféricos Baño Fuente: Elaboración Propia

Estación N°12:

Siguiendo el desarrollo del proyecto, continuamos colocando una estación en las puertas de los baños de hombre de la planta baja y es aquí donde se encuentra la estación número 12.

Al igual que en el caso de la estación 9, donde se ubica el láser escáner en la puerta del aula, utilizamos la misma metodología para capturar el baño. Se ubicó una estación en la puerta de este y capturábamos la zona exterior del pasillo con sus respectivos objetivos esféricos y el interior del baño con los objetivos esféricos anteriormente comentados, por lo que esta estación permite la conexión entre las nubes de puntos exteriores con las generadas dentro del baño.



Ilustración 41 Plano Estación Número 12 Fuente: Elaboración Propia

Estación N°13:

Por último, con esta estación acabamos el desarrollo del proyecto y definimos el último objetivo que es la captura de datos del baño por lo que una vez terminado el escaneo de este hemos finalizado con la parte de la toma de datos.

Para escanear el interior del baño colocamos una estación entre la pared que los separa para capturar la parte de los baños y la del lavabo utilizando los mismos objetivos esféricos como puntos de referencia.



Ilustración 42 Estación 13 Fuente: Elaboración Propia

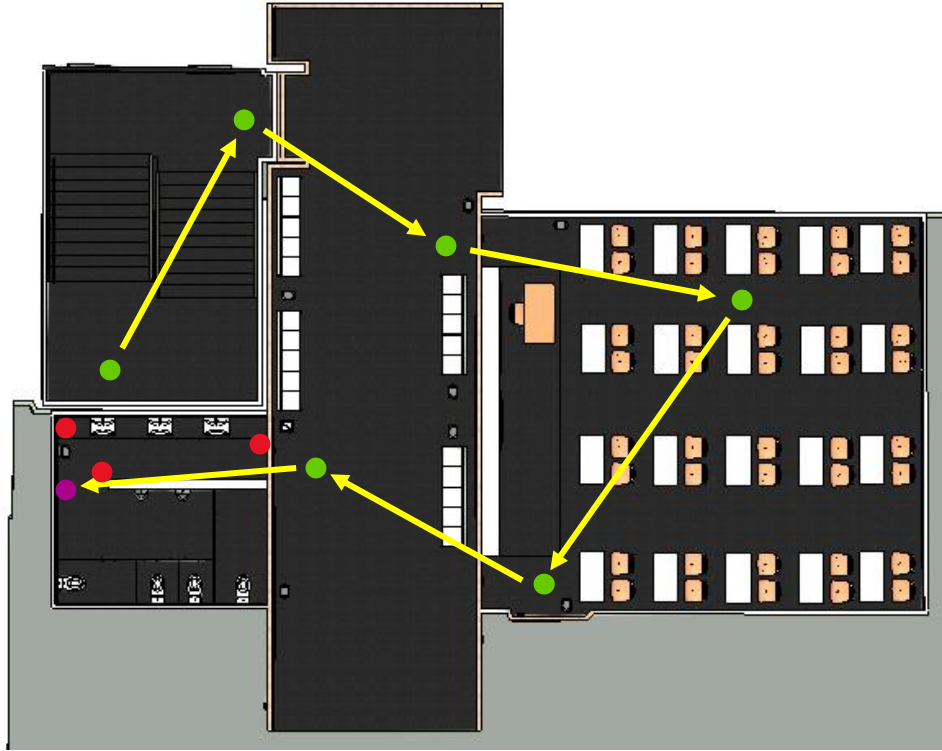


Ilustración 43 Plano Estación Número 13 Fuente: Elaboración Propia

Para finalizar esta parte la vamos a concluir con un pequeño resumen comentando las ideas fundamentales de la toma de datos. A la hora de pasar a la acción fue vital el estudio previo de la zona para saber la correcta colocación de las estaciones y dianas además de tener en cuenta que no dejásemos huecos sin escanear para no perder información.

Los escaneos fueron realizados en el nivel dos del instrumental en el que tardaba aproximadamente 7 minutos en tomar la foto a color y el escaneo. Los datos fueron tomados a nivel dos ya que para este tipo de levantamiento necesitábamos bastante precisión para que en el post procesado de los datos viéramos con gran detalle y calidad todas las zonas de las superficies.

Aproximadamente en realizar los 13 escaneos de la zona tardamos unas 3 horas que era más de lo previsto para el proyecto, pero se consiguió un desarrollo muy bueno con solape de las nubes de puntos y unos escaneos muy bien repartidos consiguiendo escanear todas las zonas que teníamos previstas.

**Obtención de nubes de puntos tridimensionales con
instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.**

METODOLOGÍA

METODOLOGÍA:

Una vez obtenida la toma de datos con las trece nubes de puntos, la metodología utilizada para el tratamiento de datos fue la del siguiente esquema:



Esquema 1 Metodología utilizada - Fuente: Elaboración propia

Software de Tratamiento y Gestión de datos:

Trimble Realworks:

Para comenzar con este apartado se utilizó el programa Trimble RealWorks que es el software de tratamiento y gestión de datos de la marca Trimble, la misma que la del láser escáner. Ya que como habíamos comentado cada marca tiene su propio software.

Esta marca tiene una peculiaridad y es que tiene un formato específico para los archivos de las nubes de puntos, el formato TZF. Esto se debe tener en cuenta, ya que los datos de esta extensión solo serán capaces de ser abiertos por el software específico de esta marca.

Los archivos obtenidos vienen en dos carpetas una RWP que es el proyecto donde tendremos nuestro trabajo y otra con extensión RWI en la que encontraremos las nubes de puntos en formato TZF y archivos en formato rwcx junto a los de la Database y layers.

El primer paso siguiendo el esquema, es la creación de un nuevo proyecto donde cargaremos las nubes de puntos y posteriormente utilizando la herramienta Scan Explorer de Realworks realizaremos la extracción de la nube de puntos a color mediante las imágenes que captó el láser escáner.

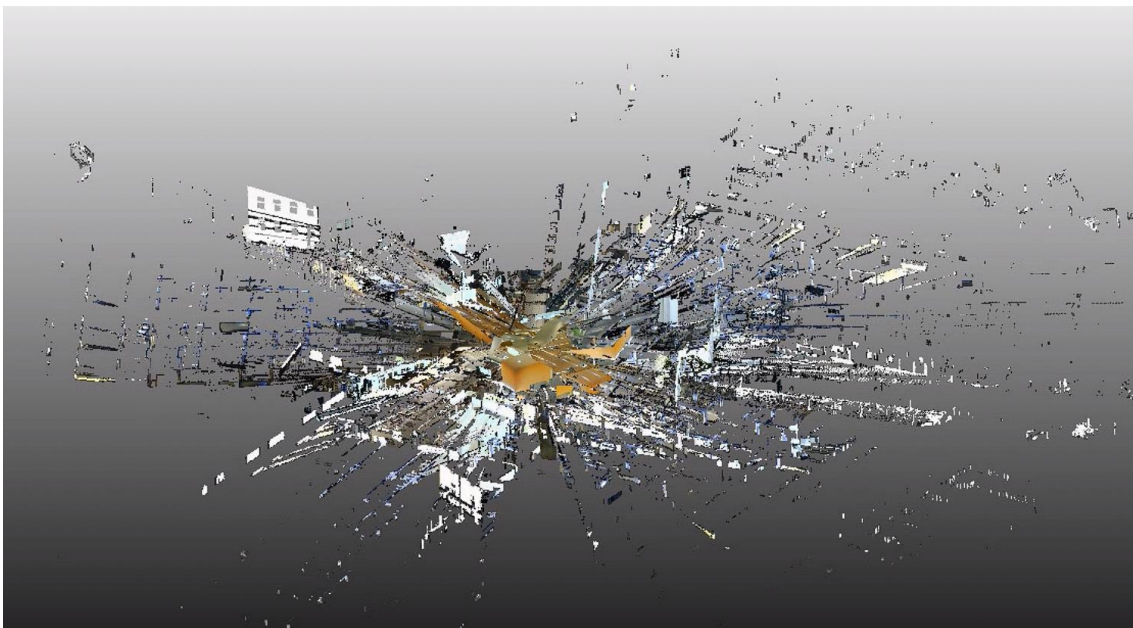


Ilustración 44 Nubes de puntos cargadas Fuente: Elaboración Propia

Como podemos ver en la imagen anterior, las nubes de puntos ya poseen color, pero se encuentran totalmente solapadas entre ellas por lo que a partir de los objetivos esféricos y dianas que realizan el papel de puntos de referencia, se realizará la unión de las nubes de puntos en su respectiva posición.

Dentro de RealWorks, seleccionando la carpeta donde se encuentran las nubes de puntos continuamos con la Auto-extracción de objetivos dentro de la pestaña de Registros con objetivos.



Ilustración 45 Auto-Extracción de Objetivos Fuente: Elaboración Propia

Seleccionando esta opción, encontraremos una pestaña en la que nos pedirá marcar qué tipo de objetivos encontramos en las nubes, si objetivos esféricos y/o dianas y en el caso de los objetivos esféricos tendremos que marcar el diámetro de las esferas que para este proyecto han sido de 0.14 m. También nos pide una estación de referencia para el proyecto que será en la que se basarán todas las demás para su colocación.

Para este proyecto colocamos la estación número 5 como referencia ya que como habíamos comentado en el apartado de toma de datos esta es la que cumple el papel de nexo entre la zona del garaje y la zona del edificio.

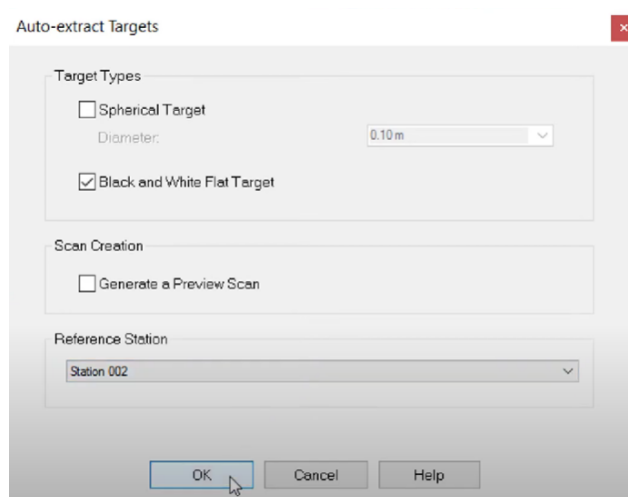


Ilustración 46 Configuración de la Auto-Extracción de Objetivos Fuente: Elaboración Propia

Una vez hecho esto, las nubes se quedan organizadas y unidas en su respectiva posición gracias a los puntos de referencia colocados en la toma de datos, obteniendo un modelo como el siguiente:

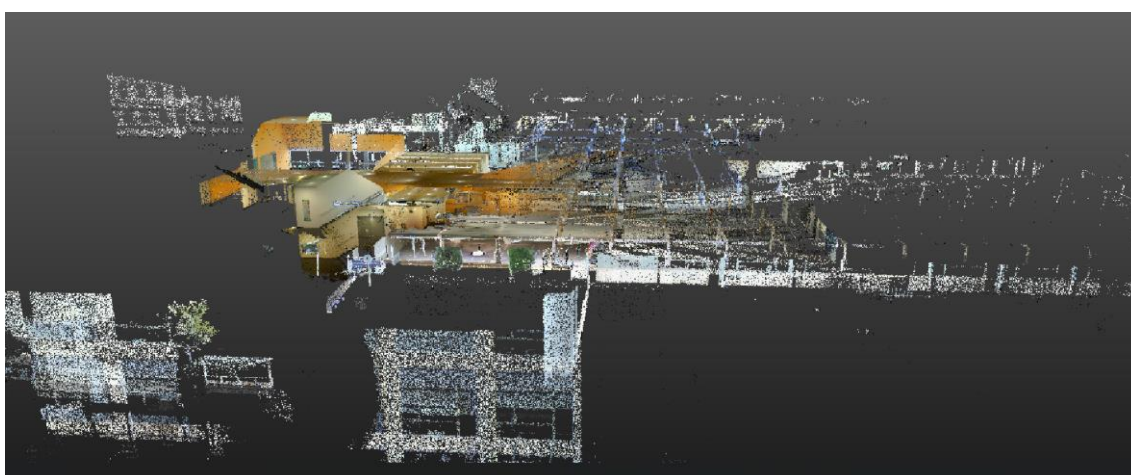


Ilustración 47 Organización de las Nubes de Puntos – Perfil Lateral Fuente: Elaboración Propia

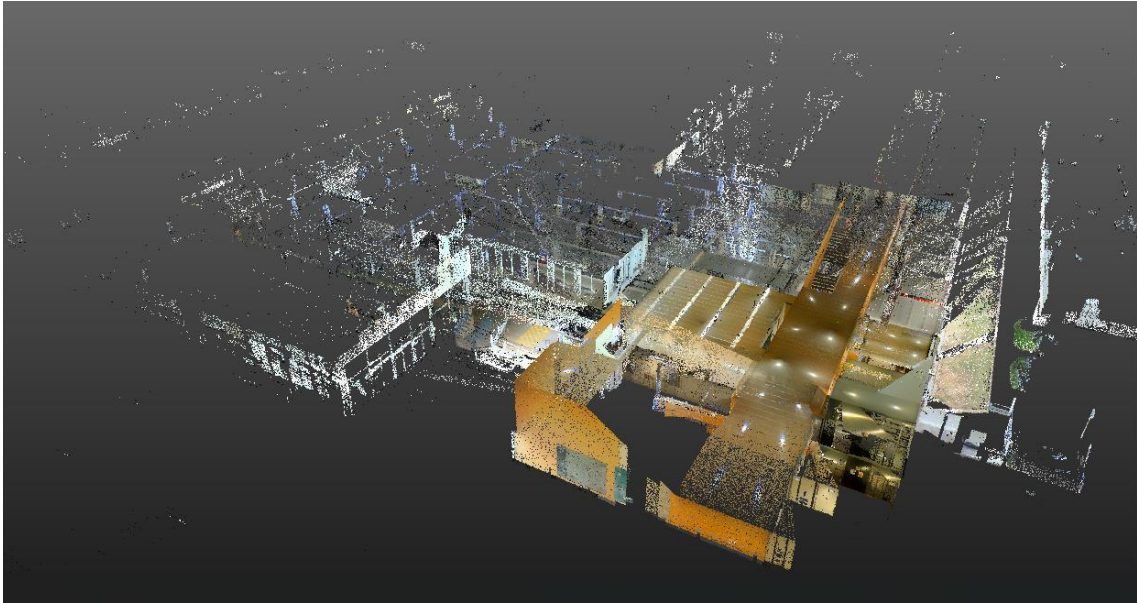


Ilustración 48 Organización de las Nubes de Puntos desde un perfil superior Fuente: Elaboración Propia

En estas imágenes de las nubes de puntos unidas, podemos observar cómo hay mucho ruido en el modelo por lo que en un posterior tendremos que encargarnos de eliminarlo y quedarnos con las zonas que realmente nos interesen.

RealWorks nos permite visualizar los puntos de referencia que sean observados desde las estaciones por lo que es de gran ayuda ver la conexión de éstos, ya que cuanto mayor sea y más entrelazado esté, más precisión tendrá un modelo.

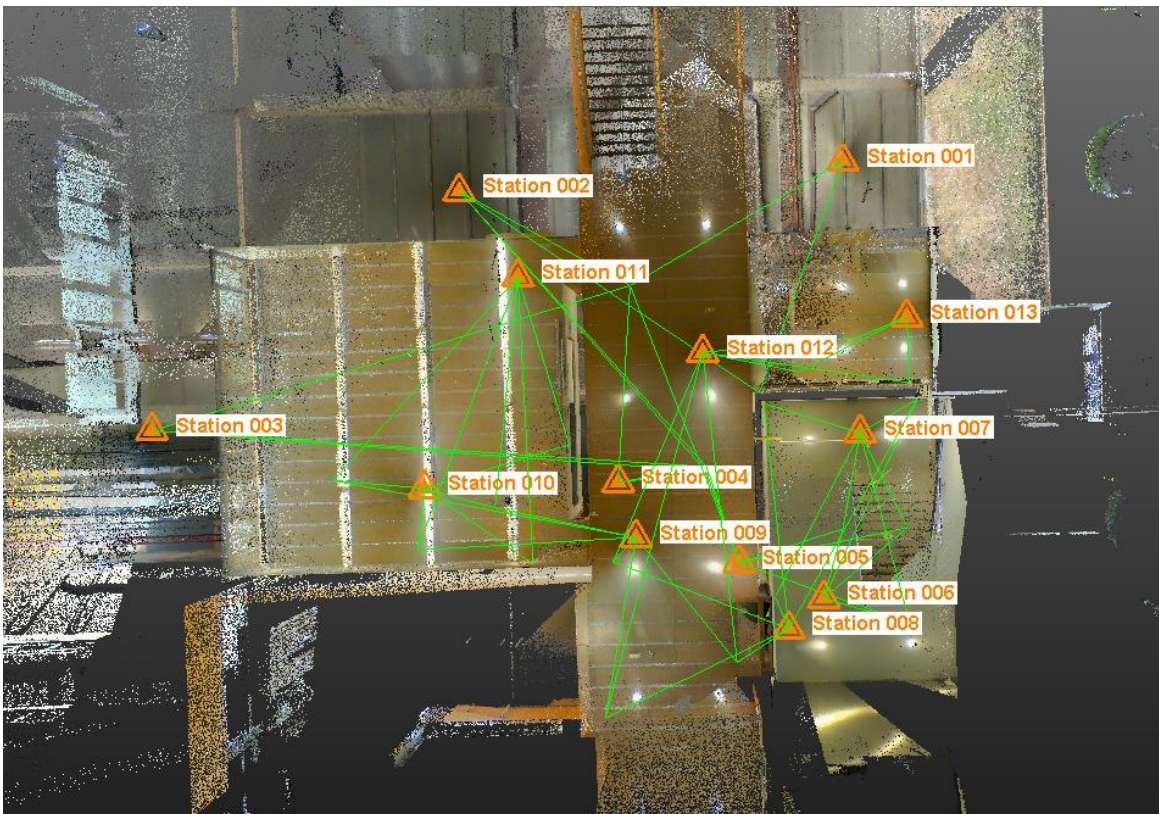


Ilustración 49 Observables desde lugares de estación Fuente: Elaboración Propia

Con la unión o registro ya efectuada de las nubes, este software nos da la opción de generar un documento o reporte en el que presenta los errores por objetivo en cada estación. Este es realmente útil ya que podemos ver la precisión de cada objetivo para realizar cualquier modificación como quitar el objetivo menos preciso o ver qué estación es la que posee menos precisión y trabajar sobre ella para tratar de mejorarlo.

Además, nos da un error medio y máximo de distancia para estación y por objetivos por lo que podemos ver una estimación global de la precisión del trabajo. En nuestro caso, para estaciones tenemos un error medio de distancia de 0.68 mm y máximo de 1.16 mm. Respecto al error medio de distancia de los objetivos es de 0.64 mm y máximo de 1.23 mm. Lo que significa un buen resultado ya que normalmente la precisión de medición en un escaneo láser suele ser del orden de milímetros a centímetros y nosotros nos encontramos en el orden de error de milímetros.

El informe en la que se puede ver todas las características del modelo unido se encuentra en el apartado de anexos.

Registration Report (Target-Based)
Report by station

User Name: ctejmar

Date: Thu May 18 15:56:10 2023
Project Name: IfgCarlos

Length Measurement Units: Millimeters
Coordinate System: X, Y, Z

13 STATION(S) -	Mean Distance: 0.68	Max Distance: 1.16
21 TARGET(S) -	Mean Distance: 0.64	Max Distance: 1.23

Ilustración 50 Informe basado en objetivos Fuente: Elaboración Propia

Una vez ordenadas las nubes, seleccionado una estación, podemos ver su imagen y ver los objetivos que el software ha utilizado para referenciarla. También nos da la opción de añadir y eliminar objetivos por lo que viendo el informe de registro y observando los errores se puede decidir que actuación tomar en cada estación para mejorar la calidad de esta.

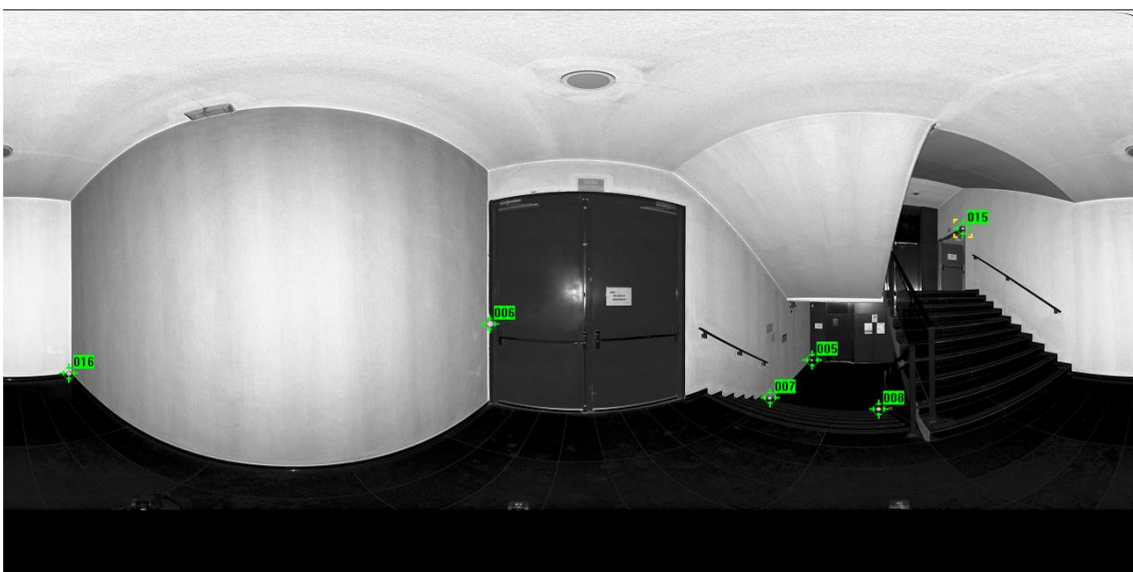


Ilustración 51 Imagen Estación 7 con los Objetivos marcados como referencia Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso que se realizó y como he comentado anteriormente, es el recorte de la nube de puntos, eliminando todo el ruido residual externo de la zona objetivo que no aporta nada al proyecto.

El recorte se realizó mediante la creación de una `Limit box`, es decir, la selección mediante un área en forma de rectángulo de la zona objetivo. Una vez realizado esto la nube de puntos se segmentó en dos, la que se encontraba dentro de la Limit box que es la zona que queríamos desarrollar y la zona del ruido que no tiene relevancia.

Obteniendo el siguiente resultado:

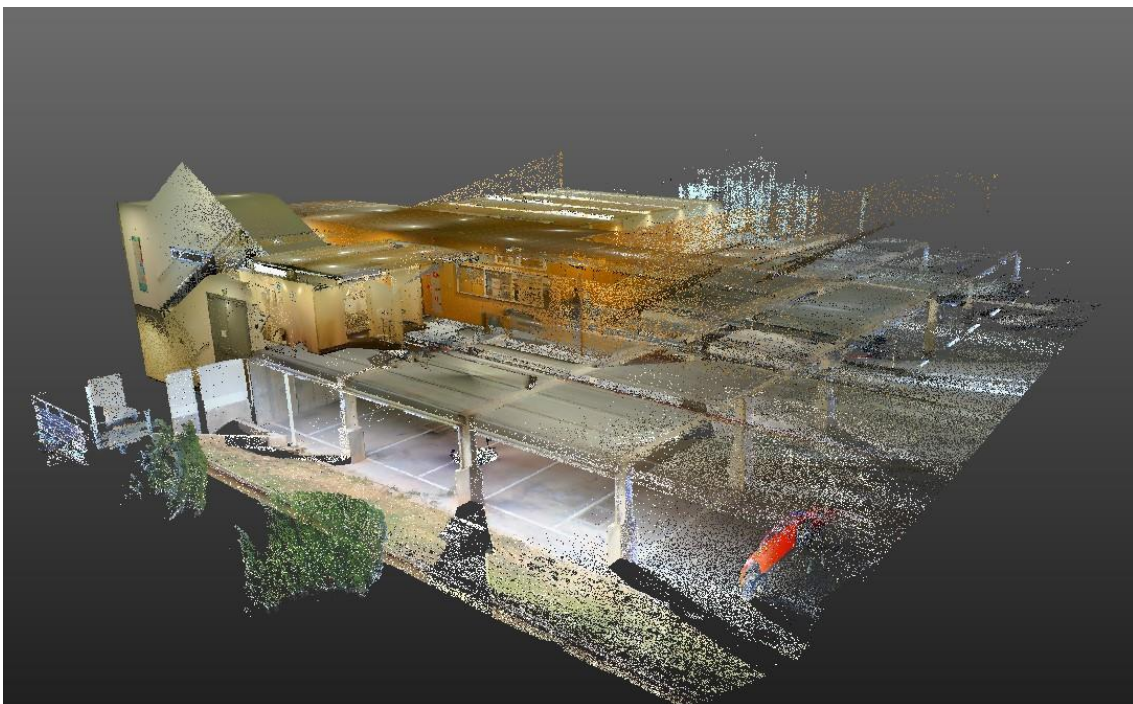


Ilustración 52 Recorte de la Nube de puntos Fuente: Elaboración Propia

A causa de que este software es de pago y solo se puede acceder en algunas clases o laboratorios de la Escuela de Ingeniería geomática y Topografía, se realizó la exportación de la nube de puntos recortada a formato. LAZ para que desde casa pudiera trabajar con ella.

Mediante el software `Autodesk ReCap` que pertenece a la compañía Autodesk y al ser estudiante de la Universidad Politécnica de Valencia, los estudiantes tenemos licencia gratuita a este programa de tratamiento de datos por lo que pude descargarlo en mi ordenador sin ningún inconveniente y continuar con la gestión de la nube.

Autodesk ReCap:

Siguiendo con el esquema que habíamos definido al principio de la metodología, continuamos con los softwares de tratamiento y gestión de datos, pero en este caso empezamos con el uso de Autodesk ReCap. Junto con Realworks, son softwares de tratamiento y gestión de datos, pero este, de la compañía Autodesk. Aunque no es tan profesional y tiene tantas opciones como el de la Marca Trimble, ofrece lo básico para el tratamiento de los datos por lo que era suficiente para poder trabajar desde casa en la depuración de la nube recortada.

Al obtener una nube de puntos con menor tamaño era más sencillo trabajar con ella y siguiendo la metodología el siguiente paso era la depuración de los datos, es decir, la eliminación de todas aquellas fuentes de ruido generadas en la zona objetivo de la nube de puntos. Un ejemplo de esto es en la zona del garaje la aparición de coches o personas, y como no tienen relevancia con el proyecto, se tenían que eliminar.

Todo esto fue haciéndose mediante la división en planos de la nube de puntos para facilitar la segmentación de todos estos elementos no deseados hasta obtener un modelo como el siguiente:



Ilustración 53 Nube de Puntos sin Ruido ni elementos indeseados Zona Garaje Fuente: Elaboración Propia

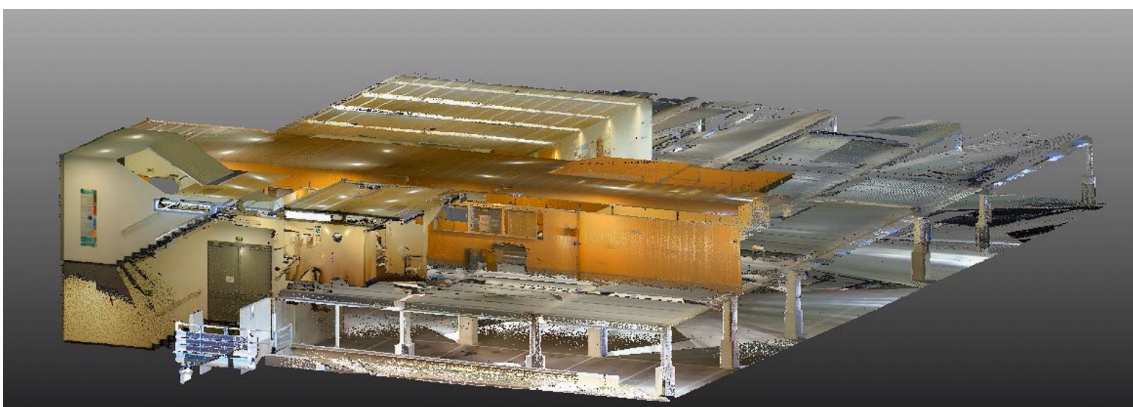


Ilustración 54 Nube de Puntos sin Ruido ni elementos indeseados Vista Superior Fuente: Elaboración Propia

Desde este modelo totalmente depurado y libre de elementos no deseados podemos comenzar con el modelado 3D de la nube de puntos, ya que no habrá nada que pueda causar dudas o errores a la hora de la generación del modelo.

Con esto, concluimos la parte de tratamiento y gestión de datos.

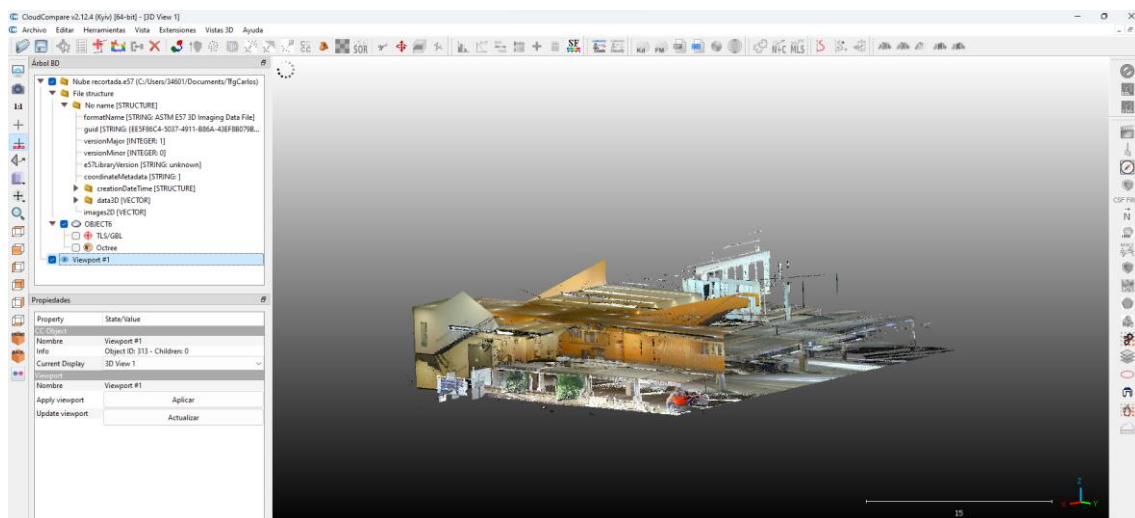
CloudCompare:

Antes de pasar a la parte de modelado, se exportan las cuatro etapas del tratamiento de las nubes de puntos a formato .LAZ para que sea más fácil para el tribunal que pudiese ver y apreciar todas las etapas y cambios en las nubes de puntos del proyecto. Además, se generó un video en torno a cada nube para que se pudiera ver con todo detalle las secciones de cada parte y el trabajo detrás de cada una de ellas.

Las cuatro etapas comentadas anteriormente corresponden a las siguientes fases del tratamiento de las nubes de puntos:

- La Primera es perteneciente a las nubes de puntos cargadas en el proyecto y que se encuentran totalmente solapadas.
- La segunda pertenece a las nubes referenciadas después de hacer la extracción de objetivos.
- La tercera pertenece a las nubes en las que mediante la `Limit Box` se segmenta la zona objetivo del proyecto, pero todavía tiene ruido dentro de esta zona.
- Y, por último, la cuarta es la zona objetivo después de eliminar el ruido y elementos indeseados en el proyecto como coches o personas.

Estas cuatro etapas se exportaron a formato .LAZ para que mediante CloudCompare, que es otro software de procesamiento de nubes de puntos en 3D, pudieran ser abiertas y conseguir generar los vídeos mostrando su detalle.



Revit:

Con la nube de puntos totalmente depurada, continuamos con el esquema de planificación realizando el último punto del proyecto, el modelado 3D en Revit.

Revit es un software de modelado de información desarrollado por Autodesk en el que se permite el diseño y dibujo de cualquier elemento de construcción. Como he comentado con anterioridad, al ser estudiante de la Universidad Politécnica de Valencia, los estudiantes tenemos licencia gratuita de Autodesk por lo que pude descargar este programa sin ningún impedimento en mi ordenador.

Como hemos visto, la nube de puntos que es la óptima para realizar el modelado se realizó en ReCap y esto es una ventaja a la hora de trabajar con Revit ya que desde este software podemos exportar la nube de puntos a formato .RCP que es el único formato de nubes de puntos que acepta Revit. Entonces, una vez añadida a Revit la nube de puntos exportada desde ReCap, podemos comenzar con el modelado 3D sobre la nube.

Para facilitar la memoria del ordenador y el buen funcionamiento se trabaja por partes es decir primero partimos la nube de puntos para trabajar en la zona del garaje y conforme vayamos modelizando esta zona vamos elevando la sección que aparezca en pantalla hasta llegar a la planta baja.

Para comenzar, se establecieron niveles basándose en la nube de puntos. La importancia de estos es que sirven para el posicionamiento y altura de determinados objetos por lo que es necesario realizar este paso al empezar ya que sino no tendremos definidos los planos de corte de cada zona y repercutirá en la exactitud del modelo.



Mediante las fotos realizadas de la zona e ir rotando la nube de puntos para poder observar todos los detalles, poco a poco se fue creando el modelo del garaje siempre teniendo en cuenta todos los aspectos presentes como señales, líneas de aparcamiento, ventiladores del aire acondicionado o aparca bicicletas para obtener un resultado lo más realista posible. Además, otro aspecto muy importante a la hora de obtener un modelo fiel a la realidad son las texturas que apliquemos sobre los elementos que vamos creando por lo que siempre se deben tener en cuenta y modificarlos hasta que se parezcan a la realidad.

A la hora de añadir los elementos como los que he comentado anteriormente, han sido buscados en librerías de Revit y descargado y añadido el objeto más parecido al real.

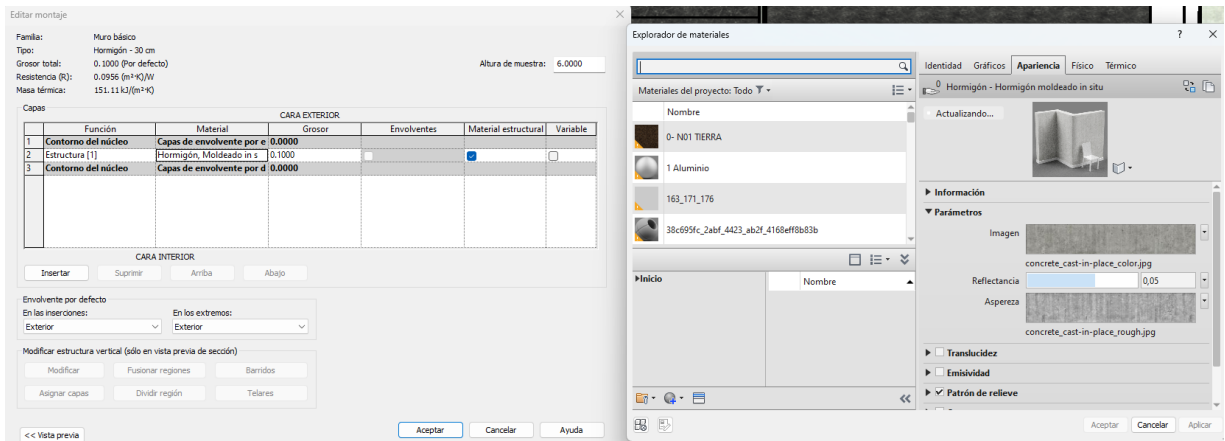


Ilustración 55 Edición de Materiales Fuente: Elaboración Propia

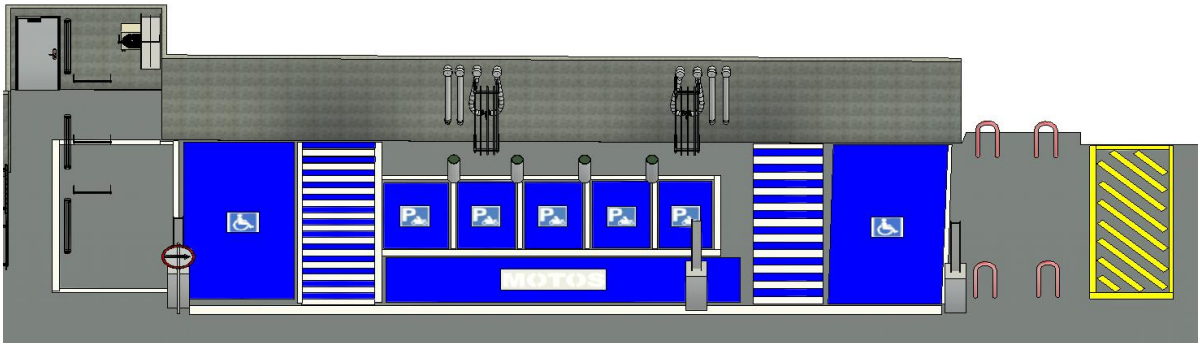


Ilustración 56 Detallado del Garaje Fuente: Elaboración Propia

Como podemos ver en las imágenes anteriores, se han definido texturas y modelizados objetos de la zona del garaje hasta que sea lo más parecido posible a la realidad.

Respecto al objetivo principal del garaje que era el desarrollo de filtros y bombas de agua junto a las tuberías se ha llevado a cabo mediante la descarga por vía librerías de Revit de estos objetos hasta encontrar el mismo o el más parecido al que encontramos en el garaje.



Ilustración 57 Imagen de los Filtros de Agua del Garaje Fuente: Elaboración Propia

Aquí podemos observar el resultado del modelizado de la zona de los filtros del garaje.

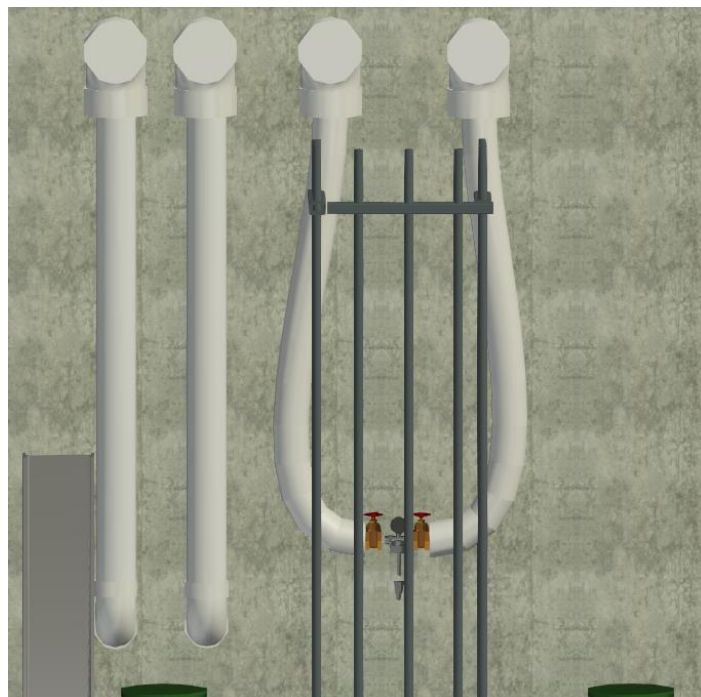


Ilustración 58 Modelizado de los Filtros de Agua del Garaje Fuente: Elaboración Propia.

El siguiente paso que se realizó después de añadir todos los elementos que encontramos en el garaje, fue añadir los soportes de los cables y las tuberías del techo. Estos también fueron descargados mediante librerías de Revit ya que el propio programa no posee estos elementos con las características necesarias de nuestro modelo.

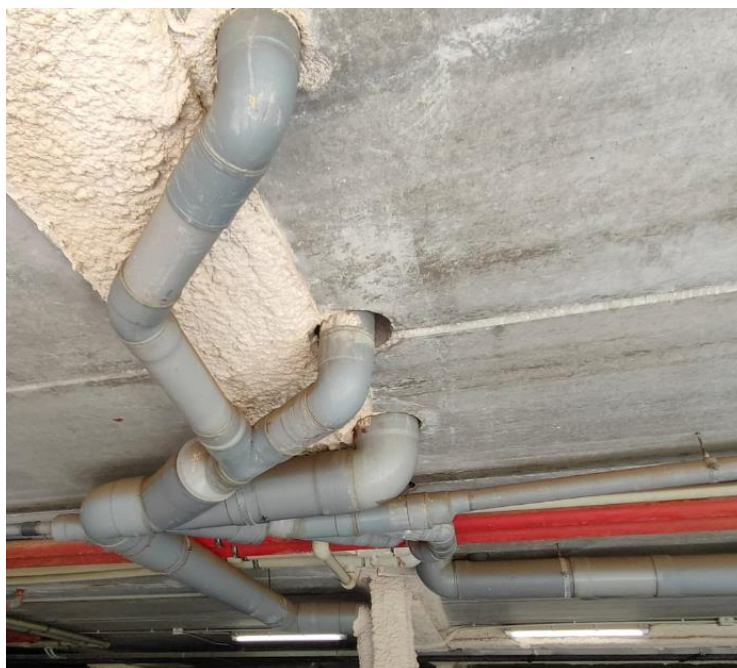


Ilustración 59 Imagen de las Tuberías del Garaje Fuente: Elaboración Propia

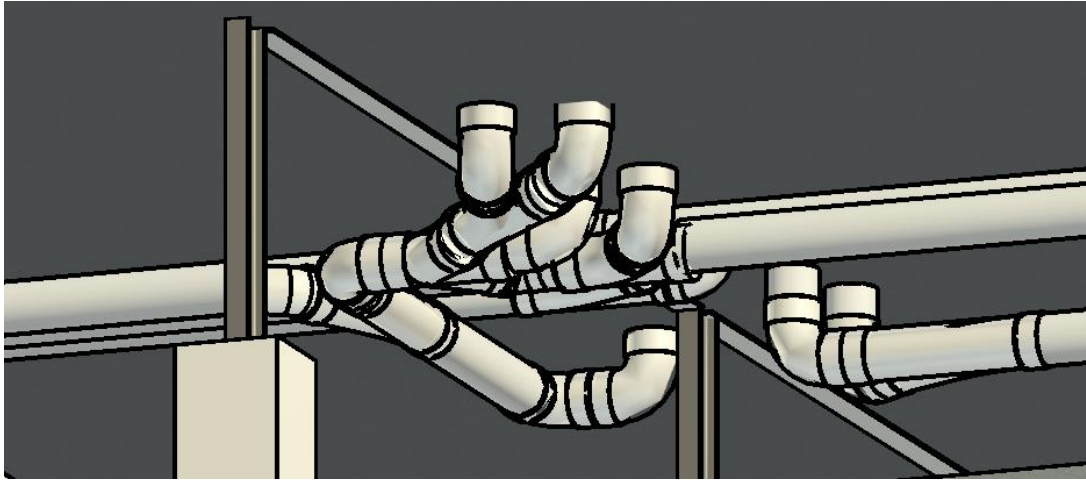


Ilustración 60 Modelizado de las tuberías del Garaje Fuente: Elaboración Propia.

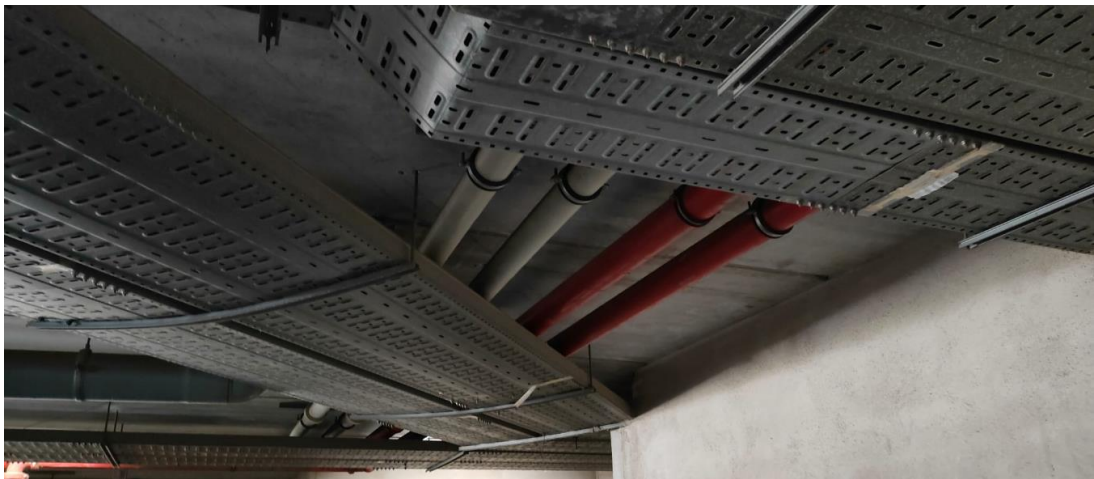


Ilustración 61 Imagen de los soportes de cables del Garaje Fuente: Elaboración Propia

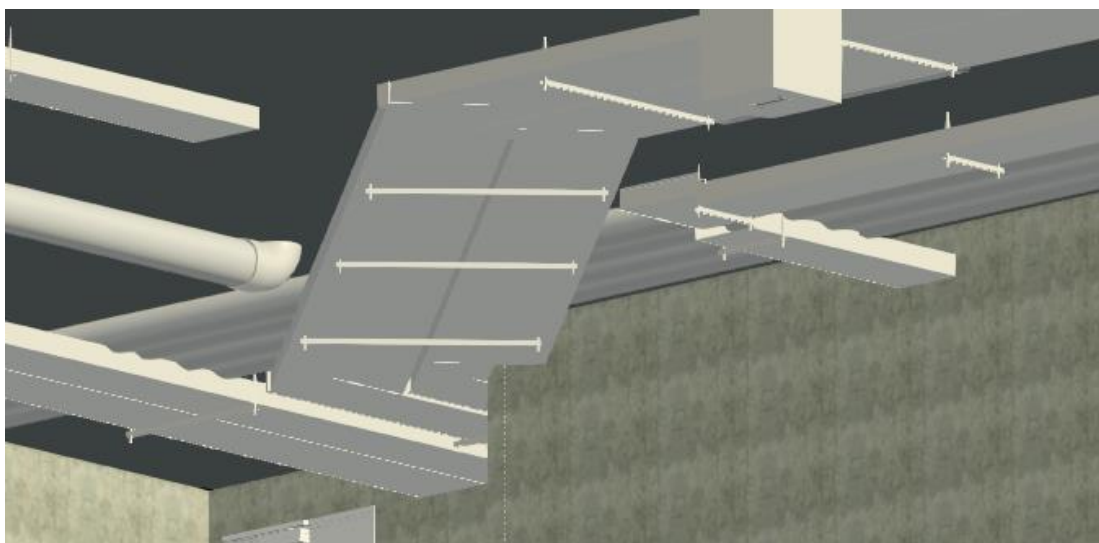


Ilustración 62 Modelado de los soportes de cables del Garaje Fuente: Elaboración Propia

Con el modelizado de todas estas secciones el garaje queda acabado y obteniendo el siguiente aspecto como se puede ver en la imagen a continuación. En esta, hemos obtenido un detalle muy bueno y realista por lo que el siguiente paso es el modelizado de la escuela hasta subir a la planta baja.

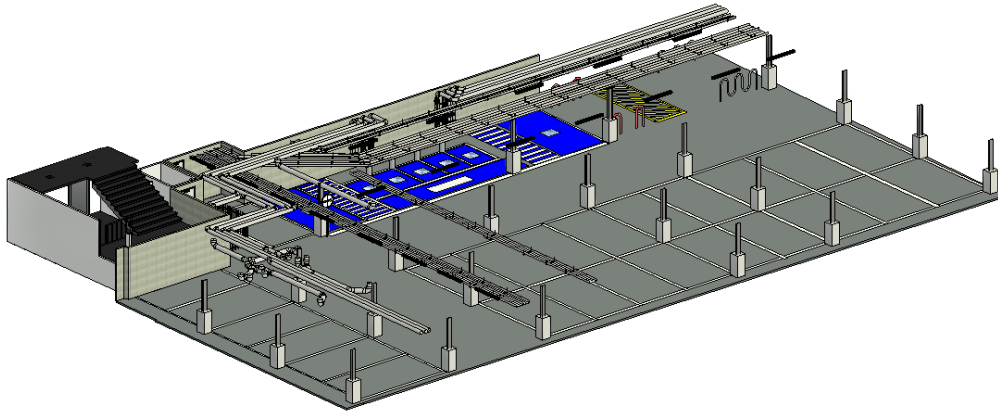


Ilustración 63 Modelización del Garaje Fuente: Elaboración Propia

La zona de la antesala no tiene ninguna dificultad ya que solo supone la creación de los muros y las puertas, en cuanto a la zona de los ascensores de la P-1 ya es algo más complicado debido a las escaleras y las barandillas que suben hacia la planta baja. Mediante una opción de Revit podemos crear las escaleras, pero en este caso las tenemos que adaptar poniendo el mismo número de escalones por lo que resulta más complejo. Después de la configuración de los parámetros de las escaleras obtenemos el siguiente resultado completando de esta manera el desarrollo hasta la planta baja.



Ilustración 64 Modelización de las escaleras hasta la planta baja Fuente: Elaboración Propia

Una vez en la planta baja, ya nos encontramos con un desarrollo completamente del tipo de edificación y para comenzar, creamos unos muros con la textura de madera igual que encontramos en la realidad. Además, el suelo de todo el recorrido también se ha tenido en cuenta añadiéndole una textura del tono mármol negro brillante que se encuentra en toda la escuela.

Pero para comenzar esta parte es fundamental ponerle techo al garaje ya que toda la planta baja está sobre el garaje.

Hecho esto, se crea la zona del pasillo principal de la planta baja junto con el aula 0.1 y el baño. Pero comenzamos por partes y procedo con la explicación de cada 1 de estos 3 elementos.

En cuanto al pasillo que es el elemento principal de conexión no tiene mucha dificultad ya que en su mayoría son paredes con la implementación de puertas de acceso a distintos sitios del edificio, pero por comentar un elemento de este se ha modernizado la zona del pasillo que es una especie de altillo que da vista a la zona de información y la oficina de prácticas de empresa. En esta encontramos una tele con información y el escudo de la escuela que se han sido añadidos al modelo.



Ilustración 65 Pasillo de la Planta Baja Fuente: Elaboración Propia

Realmente en el pasillo el mayor problema fue el hecho de añadir todos los elementos que hay en este, como los bancos, fuente, cuadros, tablones de información o papeleras. Pero como he comentado anteriormente mediante la búsqueda incesante en librerías de Revit hasta encontrar modelos lo más parecido a la realidad, fue posible la creación de este.



Ilustración 66 Modelización del Pasillo Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 67 Elementos del Pasillo de la planta Baja Fuente: Elaboración Propia

Una vez acabado de introducir todos los elementos del pasillo continuamos con el aula 0.1. En esta se creó el altillo donde se encuentra la mesa del profesor, y en la pared trasera se colocaron los ventanales que dan visión a la calle. Todos los elementos como sillas, mesas, pizarras o pizarras electrónicas fueron descargados a través de las librerías.

Para darle el toque realista que en cada momento estamos buscando en el trabajo se añadieron los pósters de los TFGs que hay en las paredes del aula y se finalizó el modelado de esta obteniendo el siguiente resultado:



Ilustración 68 Modelización del Aula 0.1 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 69 Modelización del Aula 0.1 y elementos Fuente: Elaboración Propia

Terminada el aula 0.1 y para terminar continuamos con el baño de hombres.

Lo más complicado de este fue tratar de modelizar las divisiones de cada una de las secciones de los baños. En cuanto a la modelización de los lavabos, grifos y WC fueron descargados de las ya mencionadas librerías. Siempre buscando la máxima verosimilitud entre el modelo real y el que estamos diseñando se añadieron detalles como el secador de mano, las papeleras y el espejo, hasta obtener el resultado final.

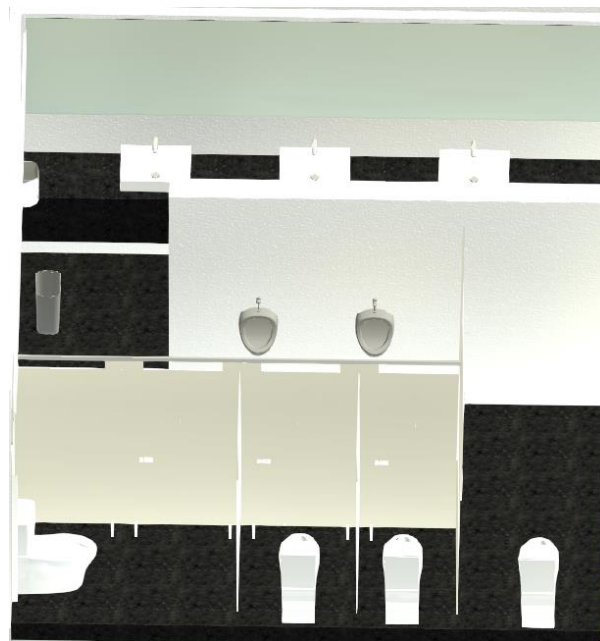


Ilustración 70 Modelizado del Baño de Hombres Fuente: Elaboración Propia.



Ilustración 71 Resultado de la modelización del Baño Fuente: Elaboración Propia.

Por último, al haber terminado el baño, se ha finalizado el modelado de la planta baja y por ende se ha acabado la modelización de todo el proyecto, obteniendo un modelo global del trabajo, que suponía el objetivo fundamental del proyecto y queda cumplido. El resultado final de la modelización es el siguiente:

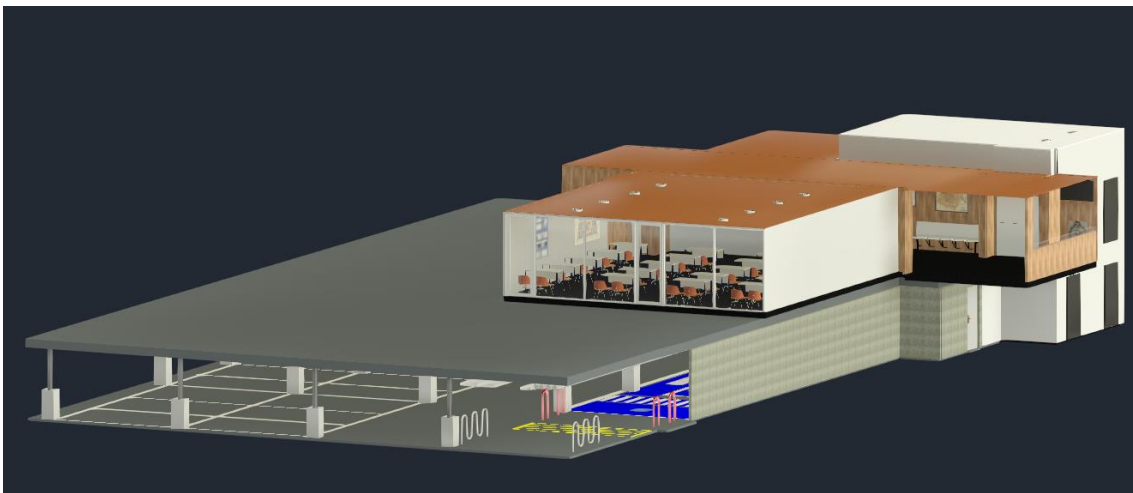


Ilustración 72 Imagen 1 Resultado Final Modelización Fuente: Elaboración Propia

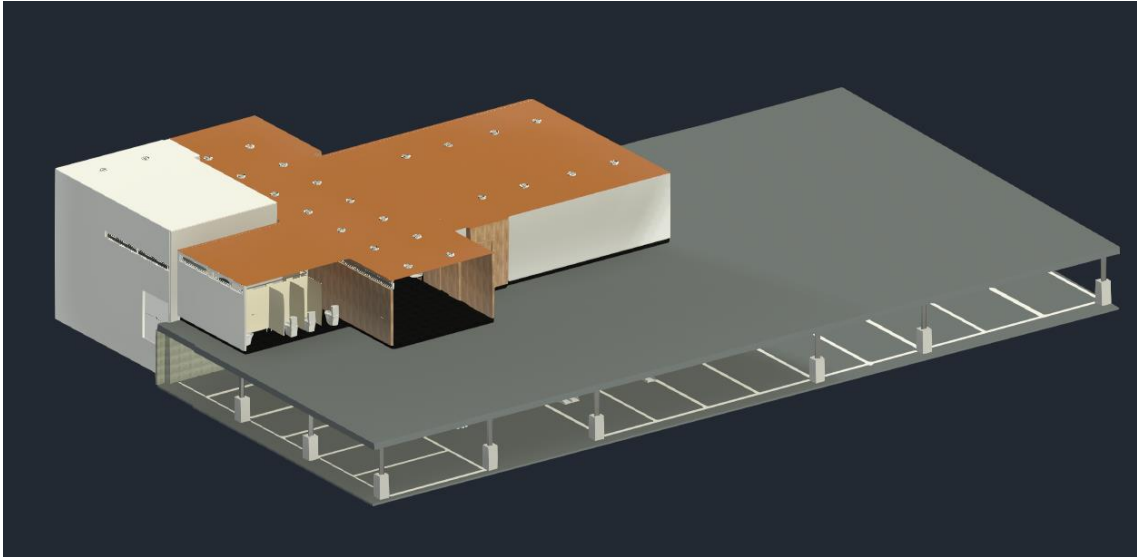


Ilustración 73 Imagen 2 Resultado Final Modelización Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS:

Una vez acabado el modelizado siguiendo el esquema hemos acabado el objetivo principal del proyecto por lo que podemos obtener los resultados que buscábamos al realizar representación en 3D de la zona.

Pero no sin antes observar el solape del modelo respecto a la nube de puntos, ya que esto indica la precisión global del modelo.

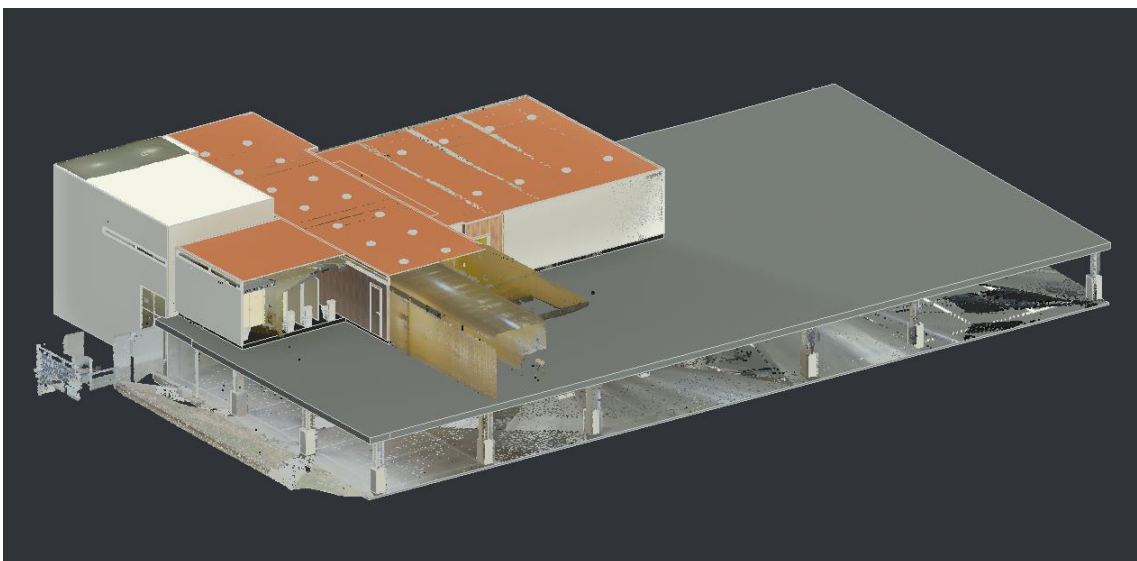


Ilustración 74 Solape del modelado en 3 dimensiones respecto a la nube de puntos Fuente: Elaboración Propia

Viendo la imagen anterior, podemos observar el solape total y el ajuste de la nube de puntos al modelo por lo que indica la buena fiabilidad y precisión en el ajuste entre ambos.

Siguiendo la obtención de resultados, mediante Revit, se renderizó el modelo 3D para obtener imágenes realistas de gran calidad del modelado y que serán importantes a la hora de presentar los resultados ante cualquier persona para que se pueda observar el resultado final detallado junto las texturas aplicadas a cada apartado del proyecto.

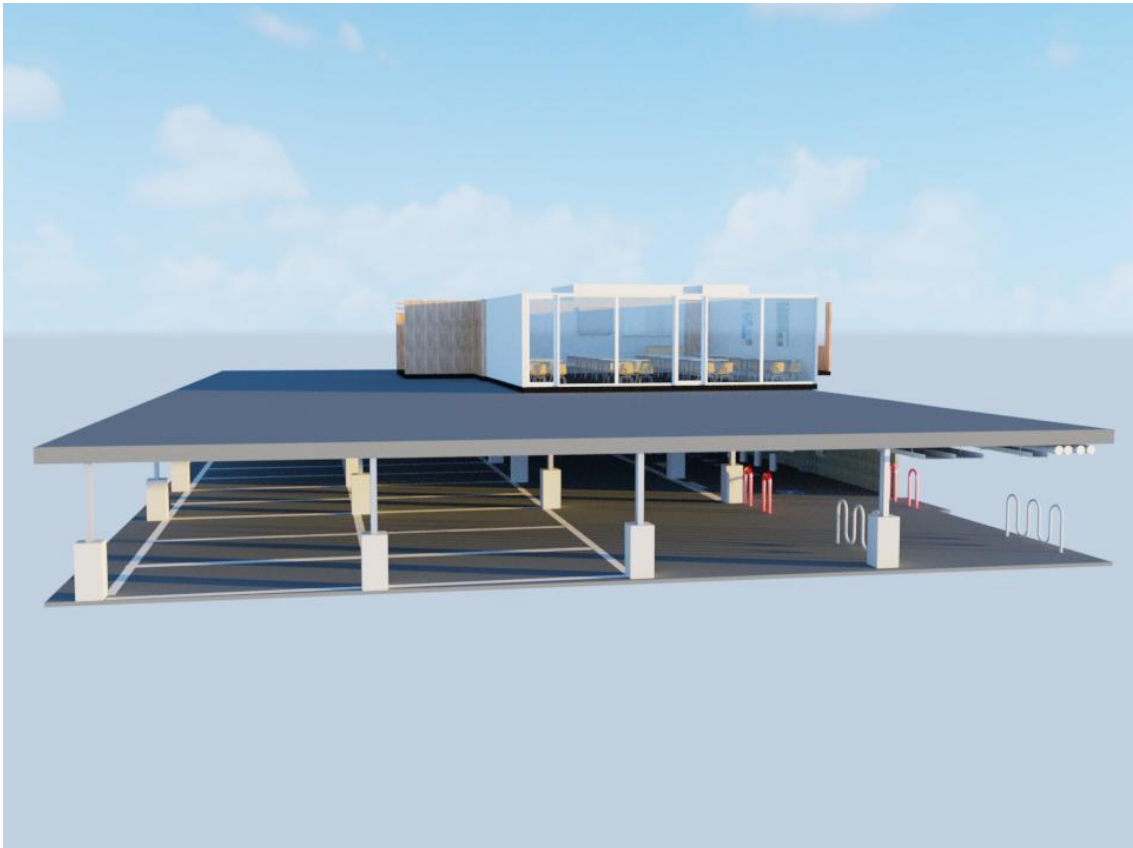


Ilustración 75 Imagen 1 Renderizado Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 76 Imagen 2 Renderizado tuberías Fuente: Elaboración Propia

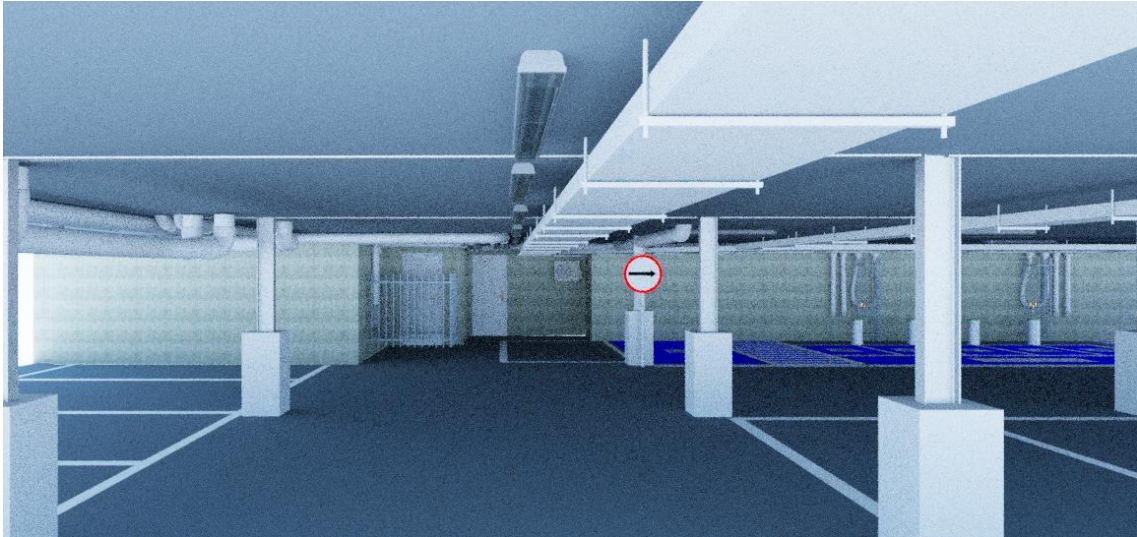


Ilustración 77 Imagen 3 Renderizado Garaje Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 78 Imagen 4 Renderizado Escaleras Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 79 Imagen 5 Renderizado Pasillo Planta Baja Fuente: Elaboración Propia

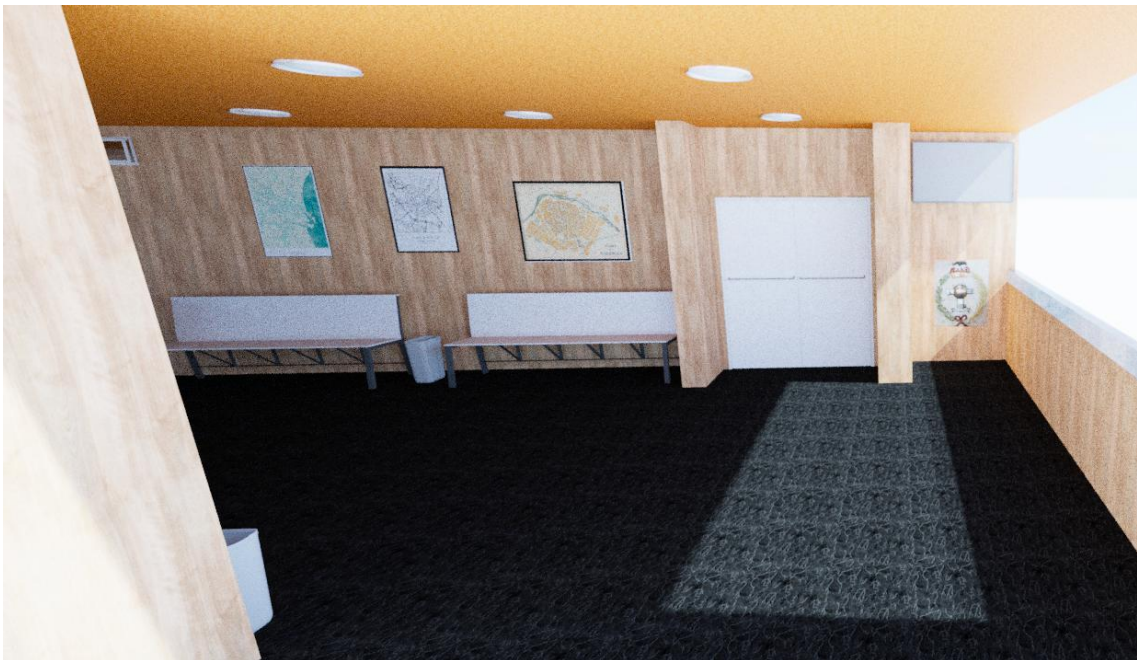


Ilustración 80 Imagen 6 Renderizado Pasillo Planta Baja Fuente: Elaboración Propia

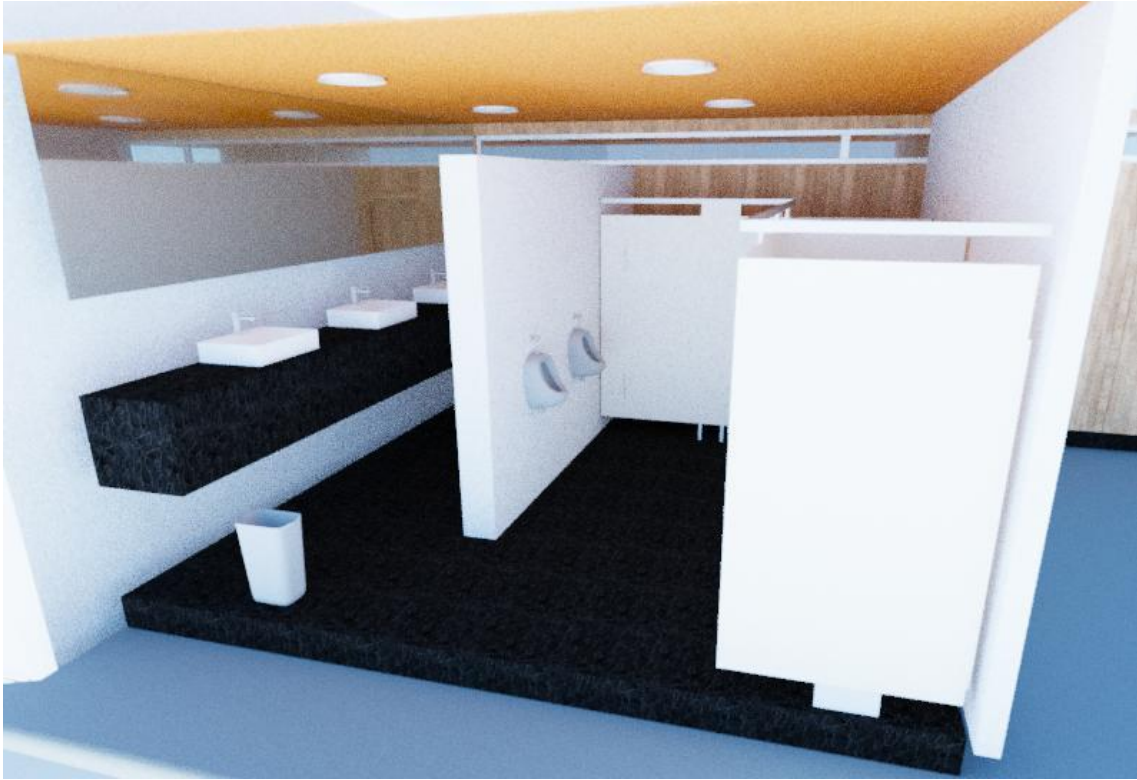


Ilustración 81 Imagen 7 Renderizado Baño Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 82 Imagen 8 Renderizado Aula 0.1 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 83 Imagen 9 Renderizado Aula 0.1 Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 84 Imagen 10 Renderizado Aula 0.1 Fuente: Elaboración Propia

Tal y como se ha podido observar en las imágenes podemos ver un acabado muy realista gracias al trabajo detrás de la configuración de cada parámetro. También podemos ver cómo se pueden apreciar las texturas a la hora de obtener la imagen renderizada por lo que es realmente importante haberlas utilizado ya que marca la diferencia. Por último, es vital todo el trabajo que lleva detrás el modelado de cada elemento aislado ya que crea un diseño totalmente realista y conforme lo tenemos en la vida real.

Acabado el apartado de la renderización y habiéndolo comentado, el siguiente resultado es la obtención del listado de materiales utilizados a la hora de la creación del modelo ya que dependiendo del caso, la estimación de la cantidad de materiales necesarios para la creación del proyecto puede ser la razón por la cual es necesario hacer un proyecto como el de este trabajo.

Gracias a todas las opciones que ofrece Revit, podemos sacar el listado de materiales utilizados y exportarlo directamente en formato Excel para poder trabajar con él y añadirle campos como costos o referencias que son vitales y necesarios a la hora de dar un presupuesto, factura o información de cada elemento utilizado.

Lista de Materiales en Uso					
Material: Nombre	Tipo	Material: Descripción	Familia y tipo	Volumen	Área
Hormigón	<varia>	Hormigón Portland	<varia>	297.26 m³	1827.90 m²
Hormigón: 38				297.26 m³	1827.90 m²
Hormigón, Moldeado in situ, gris	Hormigón - 30 cm	Hormigón moldeado in situ	Muro básico: Hormigón - 30 cm	8.13 m³	81.41 m²
Hormigón, Moldeado in situ, gris: 9				8.13 m³	81.41 m²
Madera - Castaño	Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm		Door_Internal-Noberne-Fire_Door_Double_NG0: Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm	0.20 m³	14.31 m²
Madera - Castaño: 2				0.20 m³	14.31 m²
Glass	<varia>		<varia>	0.10 m³	29.61 m²
Glass: 23				0.10 m³	29.61 m²
Azulejos de corcho	Falso techo de lamas	Baldosas de corcho	Techo compuesto: Falso techo de lamas	3.26 m³	217.04 m²
Azulejos de corcho: 1				3.26 m³	217.04 m²
Acero, 45-345	IPE200	Acero 345 MPa	Pilar IPE: IPE200	0.16 m³	42.54 m²
Acero, 45-345: 23				0.16 m³	42.54 m²

Ilustración 85 Ejemplo de materiales utilizados en la creación del modelado Fuente: Elaboración Propia

Como podemos ver en la imagen anterior, corresponde con unos pocos de los muchos materiales utilizados en la creación del modelo, y como he comentado anteriormente con Revit a la hora de la creación del listado de materiales de uso podemos añadir parámetros como: la descripción del material, a qué familia y a qué tipo corresponde y por último y más importante el volumen y el área utilizada por ese material. Gracias a estos dos últimos parámetros podremos hacer una estimación de los materiales utilizados que se podrían tener en cuenta por ejemplo en la creación de un presupuesto.

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO:

A la hora de realizar el presupuesto se han tenido en cuenta todos los aspectos y materiales necesarios para la ejecución del proyecto.

Respecto a la toma de datos con el láser escáner, el tiempo necesario fue de un día o 8 h contabilizando también la preparación previa en el estudio de la zona. Además, hay que tener en cuenta el alquiler del material que supone 500€ al día para alquilar el Trimble TX6 (láser escáner utilizado en la toma de datos).

Respecto al registro y el tratamiento de la nube de puntos fueron necesarios 8 horas de laboratorio.

Por último, el delineado en Revit costó 30 horas de laboratorio.

Además, también hay que contabilizar el beneficio industrial que en este caso lo hemos definido como el 6% y el IVA que supone el 21 % del total.

Por lo que, en resumen, tendríamos los siguientes puntos en el presupuesto:

- Necesitaríamos de un ingeniero técnico en geomática y topografía que costaría en bruto al año unos 30000 €.
- Alquiler del Láser Escáner que son 500 € al día.
- Los costes del software Trimble RealWorks que supone al año 7920 € y 900 € al mes.
- El coste de Autodesk ReCap que son 448 € al año y 55 € al mes
- Y el coste de Revit que cuesta 3358 € al año y 418 € al mes
- Por último, el alquiler y uso de laborío supondría 600 € al mes.
- Se aplica un 6% de beneficio Industrial y el 21% del IVA.

Actividad	Año	Mes	Semana	Día	Días	Precio
Salario Ingeniero Técnico	30000,00	2500,00	625,00	89,29	6	535,74 €
Láser Escáner	-	-	-	500	1	500,00 €
Software - Trimble RealWorks	7920	900	285	40,71	1	285,00 €
Software - Autodesk ReCap	448	55	13,75	1,96	1	55,00 €
Software - Revit	3358	418	104,5	14,93	4	59,71 €
Laboratorio	7200	600	150	21,43	6	128,58 €
Total						1.564,03 €
Beneficio Industrial 6%						93,84 €
IVA 21%						328,45 €
Presupuesto Total						1.986,32 €

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES:

Después de realizar este proyecto he visto el potencial que tenemos los ingenieros en geomática y topografía al terminar la carrera para realizar cualquier tipo de proyecto.

El uso del láser escáner ha sido una revelación por mi parte, ya que nunca pensé en que fuera a utilizarlo ni a trabajar con él y ha sido uno de los aspectos que más me ha gustado en toda la carrera. Me ha asombrado la eficacia que tiene en la realización de estos tipos de proyecto y he podido ver que es una herramienta muy útil en el ámbito de la ingeniería y arquitectura entre otros.

Los resultados que se han obtenido a modo gráfico tienen mucha precisión, ya que estamos en torno al milímetro de error. Además, mediante el uso de Revit, se ha conseguido un modelado con una calidad muy alta, en la que se han añadido todos los elementos de la zona junto a su respectiva textura para que sea lo más parecido a la realidad y en la posterior rasterización de las imágenes obtengamos un modelo firme a lo que encontramos en la zona.

Además, también hemos obtenido resultados numéricos en el listado de los materiales en los que hemos obtenido el volumen y superficie empleado por cada material.

Por lo que los resultados obtenidos son significativamente mucho mejores a lo esperado.

Gracias a este trabajo he conseguido aprender la metodología de trabajo con el láser escáner junto a su funcionamiento y softwares relacionados para la gestión de datos obtenidos por este instrumento.

Posibles mejoras a los resultados obtenidos podrían llegar mediante la adquisición de un mejor láser escáner, pero viendo el resultado que hemos obtenido con este no creo haya mucha diferencia y que sean tan significativa.

Gracias a este trabajo de fin de grado he podido conocer una faceta que realmente me gustaría desarrollar cómo es el trabajar con esta serie de instrumentación ya que como he comentado anteriormente, me ha gustado mucho.

Este proyecto puede tener beneficios en el aspecto de la implementación de modelos 3D relacionados tanto con la edificación como con una faceta más industrial. Además, también tiene beneficios a la hora de la planificación de proyectos ya que mediante el modelado podemos conocer de una forma aproximada el volumen y superficie de los materiales utilizados. Esto podría ahorrar mucho dinero y facilitar temas como el estudio de una posible modificación de la infraestructura o el mantenimiento del esta.

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA:

INFORMACIÓN SOBRE LÁSER ESCANER 3D:

https://es.wikipedia.org/wiki/Esc%C3%A1ner_3D

<https://www.juarezthompson.mx/post/top-5-escaneres-laser-terrestres-2022>

<https://topografiaygeosistemas.com/2020/09/15/topografia-con-laser-escaner/>

<https://www.xyht.com/lidarimaging/blk360-recap-pro/>

INFORMACIÓN SOBRE EL TRIMBLE TX6:

<https://manualzz.com/doc/65956386/trimble-tx8-user-guide>

<https://trimbleexchange.com.au/product/trimble-tx6-scanner-bundle-u19/>

https://www.youtube.com/watch?v=1qRpz9vRxJc&ab_channel=BuildingPointFlorida

USO DE TRIMBLE REALWORKS:

Apuntes y clases grabadas de la asignatura Tratamientos y Gestión de datos 3D.

https://www.youtube.com/watch?v=6OYUZdAo9og&list=PLmSdyvAQdzuqMtfXzsn14eJFYn0-8mrOe&index=5&t=492s&ab_channel=AllTerralb%C3%A9rica

https://www.youtube.com/watch?v=5ve6IRzSau8&list=PLmSdyvAQdzuqMtfXzsn14eJFYn0-8mrOe&index=7&t=708s&ab_channel=AllTerralb%C3%A9rica

USO DE CLOUDCOMPARE:

https://www.youtube.com/watch?v=aqfoYPzqUoE&ab_channel=ThomasPingel

USO DE RECAP:

https://www.youtube.com/watch?v=L4HUnrkZuSE&list=PLQOxJKble-74Rij8eZl4l8RH_zg1Jci1E&ab_channel=AutodeskReCap

USO DE REVIT:

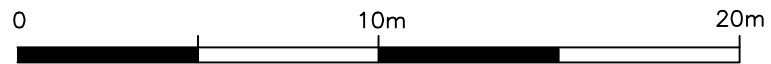
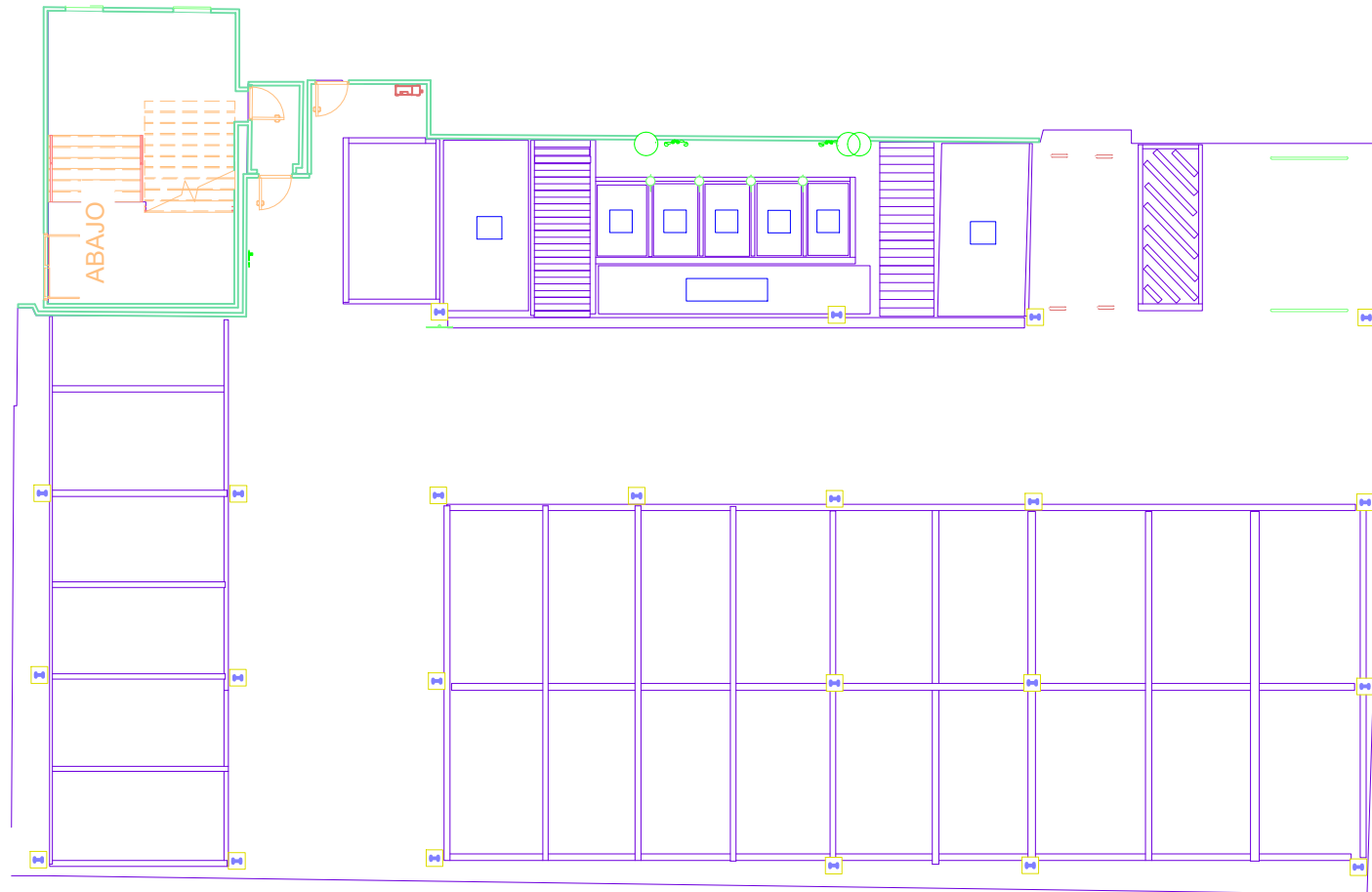
Apuntes y clases grabadas de la asignatura BIM aplicado a infraestructuras.

https://www.youtube.com/watch?v=L-eJZI5PDTw&list=PLmSdyvAQdzuqMtfXzsn14eJFYn0-8mrOe&index=20&ab_channel=NoelJos%C3%A9Rojas

https://www.youtube.com/watch?v=gLM3PsKpFJA&list=PLmSdyvAQdzuqMtfXzsn14eJFYn0-8mrOe&index=22&t=36s&ab_channel=Revitor-MundoBIM

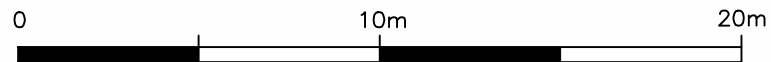
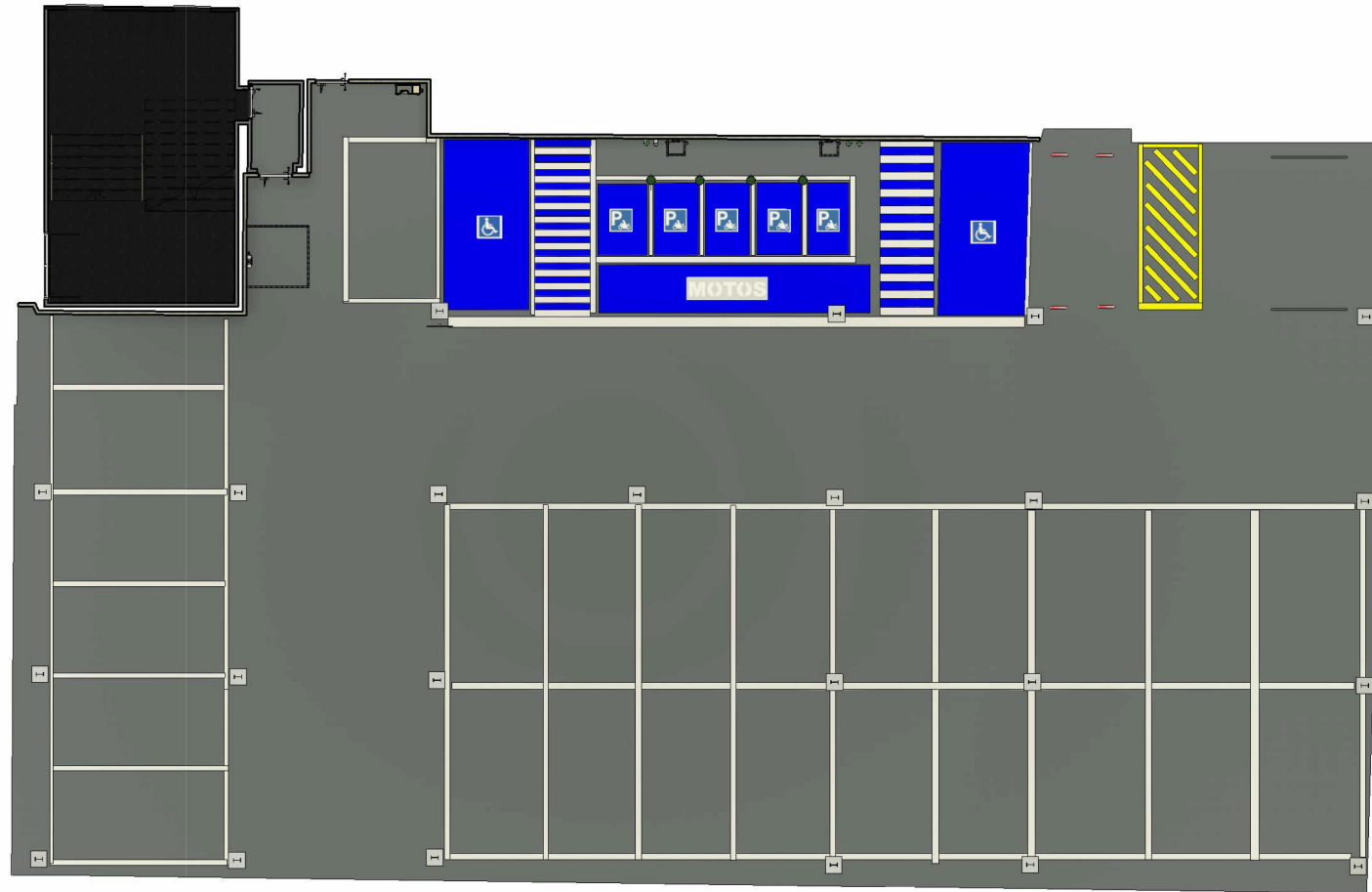
**Obtención de nubes de puntos tridimensionales con
instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.**

CARTOGRAFÍA



ESCALA GRÁFICA

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y FOTOGRAFÍA		ANTEPROYECTO: Obtención de nubes de puntos tridimensionales con instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.	
ESCALA: 1:200 A4	PLANO: 1-Plano en Planta Garaje.	FECHA: 20/06/2023		Trabajo Fin de Grado	
AUTOR: Carlos Tejero Martínez.		TUTOR: Fernando Francisco Buchón Moragues			



ESCALA GRÁFICA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRAFÍA Y FOTOGRAFÍA

ANTEPROYECTO:

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con
instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.

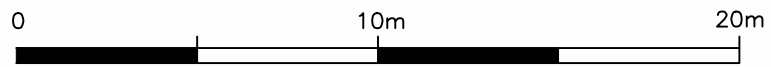
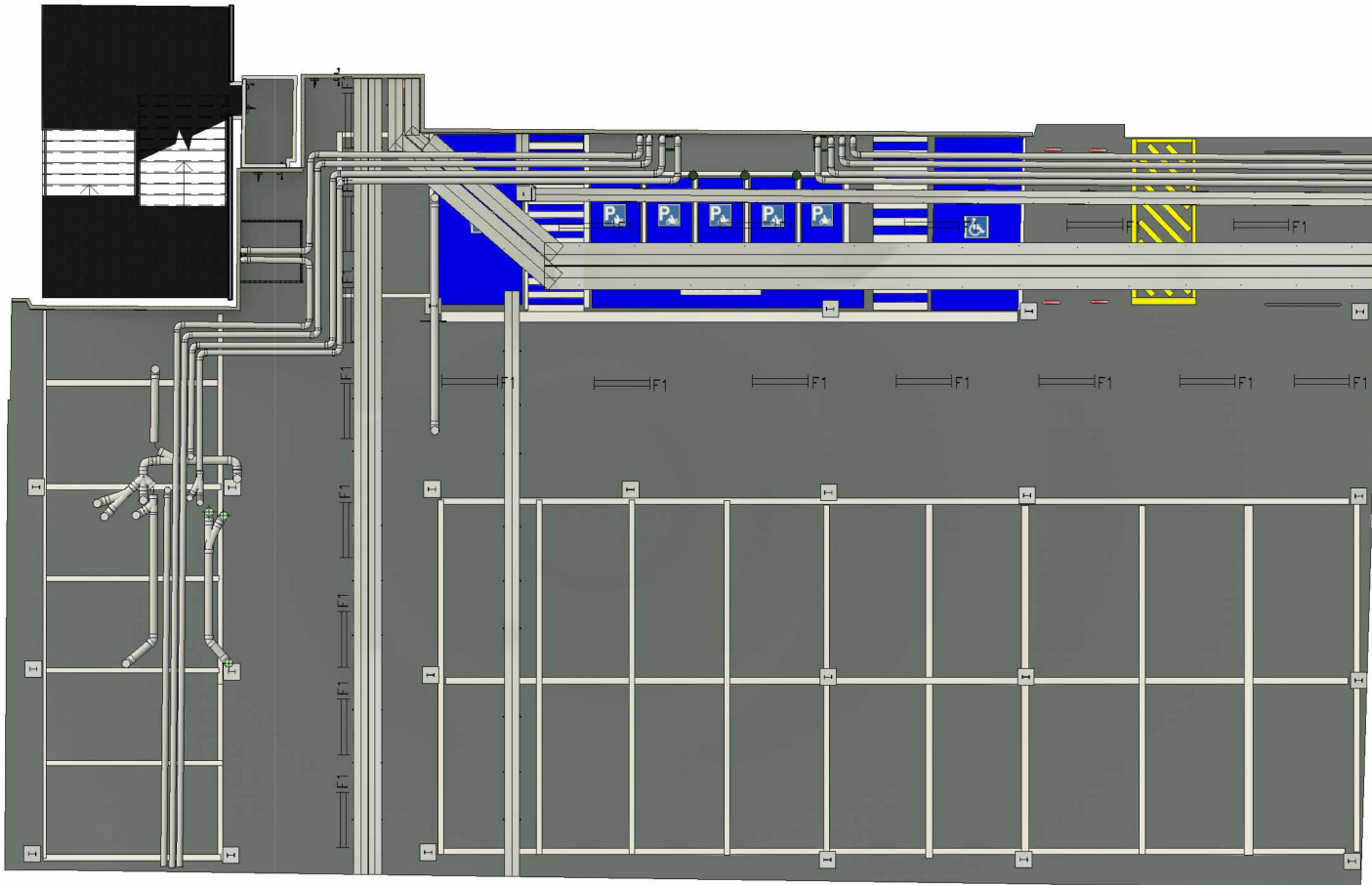
ESCALA: 1:200
A4

PLANO: 2-Plano en Planta Garaje.



FECHA: 20/06/2023

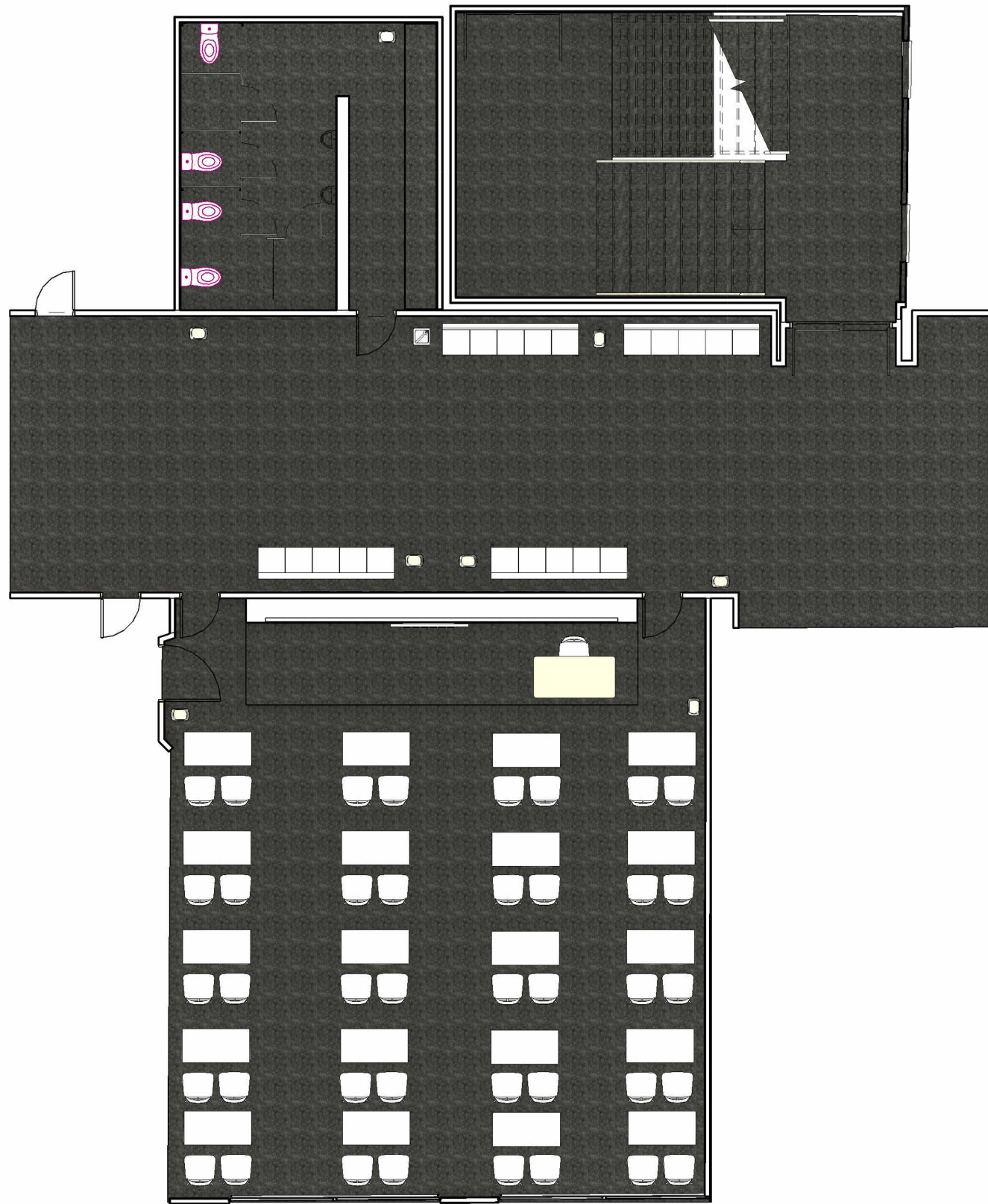
Trabajo
Fin
de
Grado

AUTOR: Carlos Tejero Martínez. TUTOR: Fernando Francisco Buchón Moragues



ESCALA GRÁFICA

 		ANTEPROYECTO: Obtención de nubes de puntos tridimensionales con instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.	
ESCALA: 1:200 A4	PLANO: 2-Plano en Planta Garaje.	FECHA: 20/06/2023	Trabajo Fin de Grado
AUTOR: Carlos Tejero Martínez. TUTOR: Fernando Francisco Buchón Moragues			



ESCALA GRAFICA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA,
CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

ANTEPROYECTO:

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con
instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.

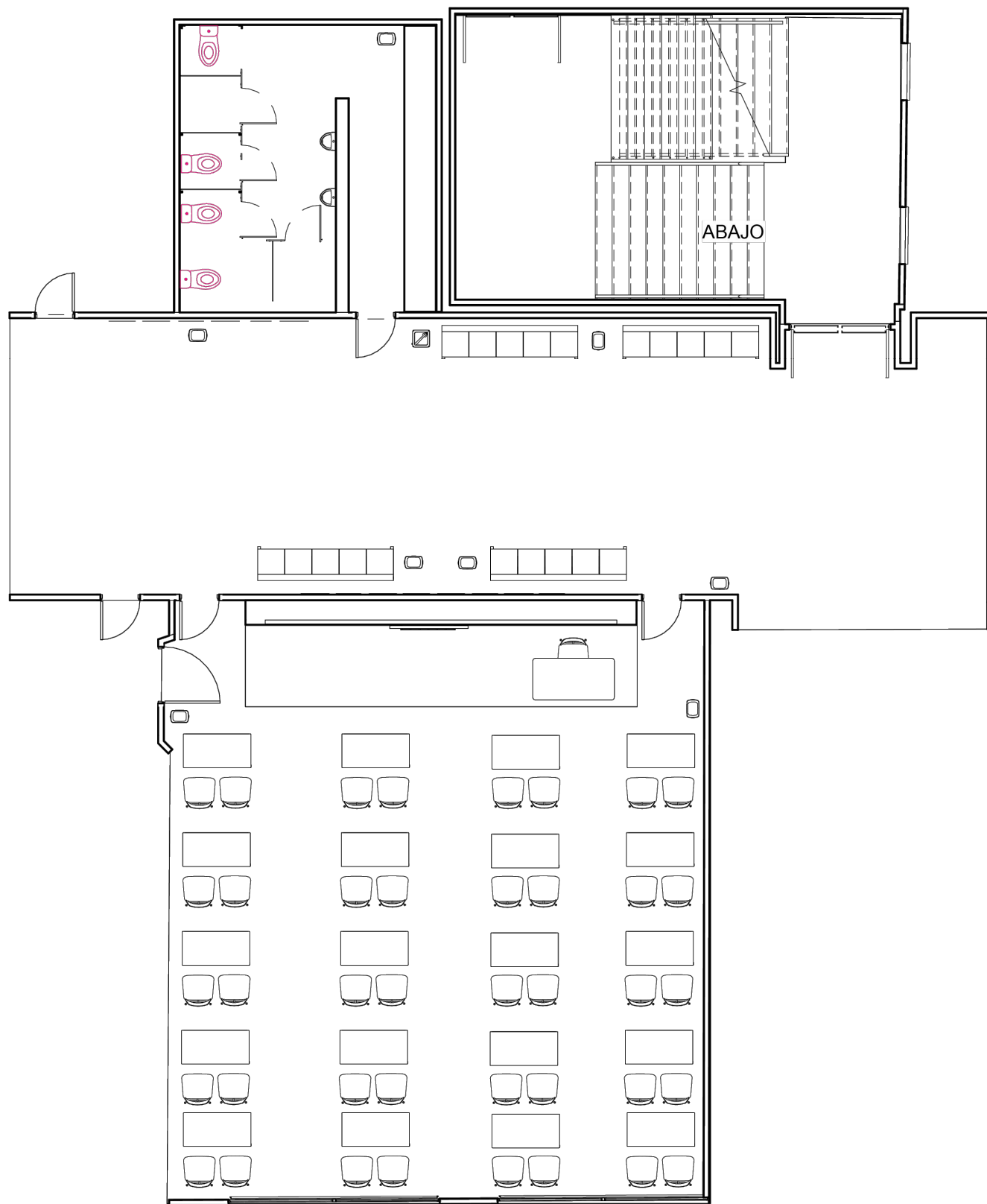
ESCALA: 1:100
A3

PLANO:
1-Plano en Planta de la Planta Baja.

FECHA: 20/06/2023



AUTOR: Carlos Tejero Martínez. TUTOR: Fernando Francisco Buchón Moragues

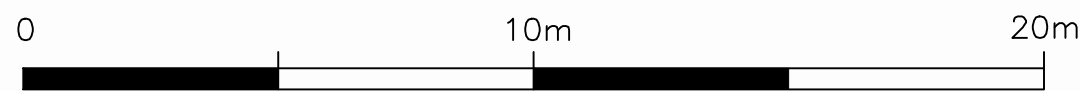
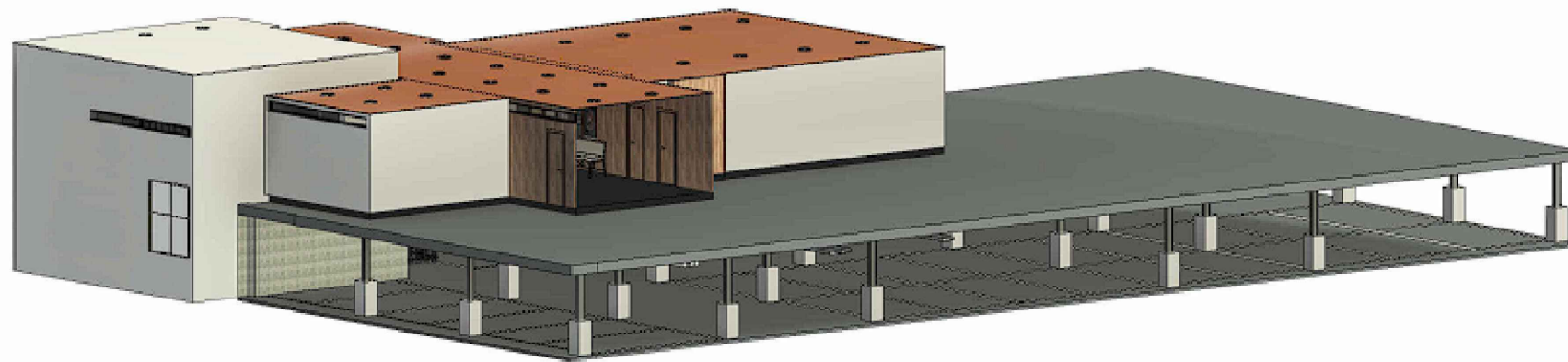
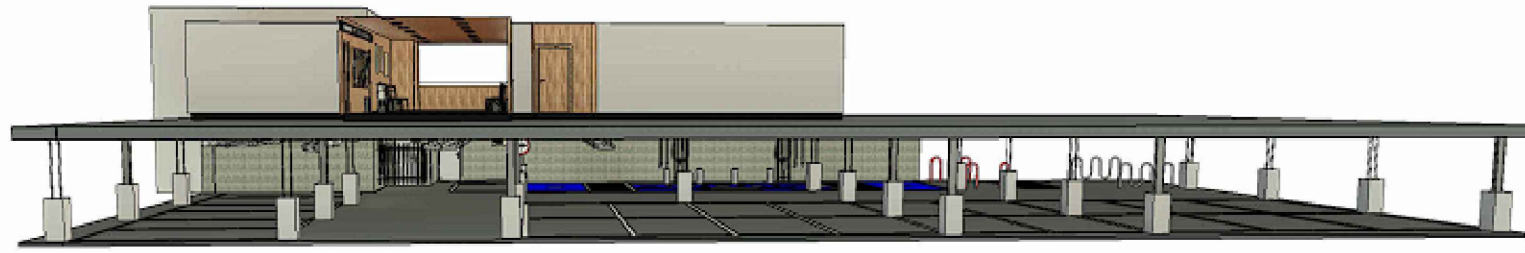
Trabajo
Fin
de
Grado



ESCALA GRAFICA

1 Nivel 2
A105 1:100

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA		ANTEPROYECTO: Obtención de nubes de puntos tridimensionales con instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.	
ESCALA: 1:100 A3	PLANO: 2-Plano en Planta de la Planta Baja.	FECHA: 20/06/2023		Trabajo Fin de Grado	
AUTOR: Carlos Tejero Martínez. TUTOR: Fernando Francisco Buchón Moragues					



ESCALA GRÁFICA



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA,
CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

ANTEPROYECTO:

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con
instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.

ESCALA: 1:200
A3

PLANO: 1-Plano Secciones 3D.

FECHA: 20/06/2023

Trabajo
Fin
de
Grado

AUTOR: Carlos Tejero Martínez.

TUTOR: Fernando Francisco Buchón Moragues

Obtención de nubes de puntos tridimensionales con instrumentación láser escáner y modelado 3D en Revit.

Anexos

INFORME DEL REGISTRO (BASADO EN OBJETIVOS)

Informe por estación

USUARIO: ctejmar

Fecha: MIERCOLES May 18 15:56:10 2023
Nombre del Proyecto: TfgCarlos

Length Measurement Units: MILIMETROS
Coordinate System: X, Y, Z

13 STATION(S) - Mean Distance: 0.68 Max Distance: 1.16
21 TARGET(S) - Mean Distance: 0.64 Max Distance: 1.23

Station 001 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.12

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 001	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
Target17	009	5	0.07 mm	-0.03 mm	0.02 mm	-0.06 mm	0.70 mm	8100.57 mm
Target18	020	2	0.18 mm	0.08 mm	-0.05 mm	0.15 mm	1.15 mm	8094.83 mm

Station 002 - 5 Scanned Objects - Mean Distance: 1.16

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 002	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
009	009	5	1.97 mm	0.29 mm	-0.45 mm	1.90 mm	0.75 mm	6483.67 mm
010	010	4	1.21 mm	-0.51 mm	0.38 mm	-1.03 mm	0.74 mm	12354.10 mm
011	011	4	1.29 mm	0.19 mm	0.16 mm	-1.27 mm	0.90 mm	12242.77 mm
Target22	020	2	0.18 mm	-0.08 mm	0.05 mm	-0.15 mm	1.06 mm	11860.70 mm

Station 003 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 0.79

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 003	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
009	009	5	1.04 mm	0.40 mm	-0.68 mm	0.67 mm	0.85 mm	16570.47 mm
010	010	4	0.69 mm	-0.41 mm	0.44 mm	-0.34 mm	0.91 mm	18436.75 mm
011	011	4	0.66 mm	-0.09 mm	0.41 mm	-0.51 mm	0.88 mm	18374.81 mm

Station 004 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 0.99

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 004	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
009	009	5	1.32 mm	-0.54 mm	0.91 mm	-0.79 mm	0.74 mm	6485.91 mm
011	011	4	0.69 mm	0.26 mm	-0.39 mm	0.50 mm	0.70 mm	2976.17 mm
010	010	4	0.98 mm	0.41 mm	-0.75 mm	0.48 mm	0.71 mm	3310.44 mm

Station 005 - 7 Scanned Objects - Mean Distance: 0.80

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 005	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
011	011	4	1.33 mm	-0.36 mm	-0.19 mm	1.27 mm	0.70 mm	3305.03 mm
007	007	3	0.28 mm	-0.13 mm	0.07 mm	-0.23 mm	0.75 mm	6094.30 mm
009	009	5	1.74 mm	-0.12 mm	0.21 mm	-1.72 mm	0.79 mm	9794.75 mm
005	005	3	0.10 mm	-0.10 mm	0.03 mm	0.01 mm	0.73 mm	6604.82 mm
008	008	3	0.34 mm	0.23 mm	-0.10 mm	0.23 mm	0.72 mm	3984.53 mm
010	010	4	1.02 mm	0.51 mm	-0.07 mm	0.88 mm	0.70 mm	3619.32 mm

Station 006 - 5 Scanned Objects - Mean Distance: 0.57

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 006	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
007	007	3	0.11 mm	-0.03 mm	0.10 mm	-0.05 mm	0.69 mm	3982.13 mm
005	005	3	0.67 mm	0.19 mm	-0.36 mm	0.54 mm	0.71 mm	3707.96 mm
008	008	3	0.81 mm	0.06 mm	0.81 mm	-0.11 mm	0.72 mm	2658.73 mm
006	006	3	0.69 mm	-0.21 mm	-0.54 mm	-0.38 mm	0.71 mm	7268.86 mm

Station 007 - 7 Scanned Objects - Mean Distance: 0.64

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 007	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
015	015	2	0.40 mm	-0.17 mm	-0.29 mm	-0.22 mm	0.70 mm	5991.05 mm
005	005	3	0.64 mm	-0.09 mm	0.33 mm	-0.55 mm	0.69 mm	7567.23 mm
006	006	3	1.20 mm	0.60 mm	0.79 mm	0.69 mm	0.69 mm	2203.67 mm
016	016	2	0.48 mm	-0.41 mm	-0.07 mm	-0.25 mm	0.71 mm	3484.91 mm
007	007	3	0.37 mm	0.16 mm	-0.16 mm	0.28 mm	0.73 mm	4688.71 mm
008	008	3	0.77 mm	-0.29 mm	-0.70 mm	-0.12 mm	0.74 mm	4253.23 mm

Station 008 - 7 Scanned Objects - Mean Distance: 0.71

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 008	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
014	014	3	1.11 mm	-0.70 mm	0.14 mm	0.85 mm	0.71 mm	1890.15 mm
012	012	3	1.11 mm	0.45 mm	0.37 mm	-0.94 mm	0.73 mm	5971.72 mm
013	013	3	0.57 mm	0.25 mm	-0.51 mm	0.09 mm	0.68 mm	6359.57 mm
015	015	2	0.40 mm	0.17 mm	0.29 mm	0.22 mm	0.93 mm	1255.20 mm
016	016	2	0.48 mm	0.41 mm	0.07 mm	0.25 mm	0.73 mm	7539.35 mm
006	006	3	0.55 mm	-0.38 mm	-0.24 mm	-0.31 mm	0.71 mm	8423.65 mm

Station 009 - 7 Scanned Objects - Mean Distance: 0.51

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 009	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
014	014	3	0.73 mm	0.61 mm	-0.13 mm	-0.38 mm	0.71 mm	4812.05 mm
002	002	3	0.62 mm	0.37 mm	-0.12 mm	-0.48 mm	0.75 mm	9628.85 mm
013	013	3	0.39 mm	-0.19 mm	0.32 mm	-0.09 mm	0.72 mm	5781.82 mm
001	001	3	0.43 mm	-0.24 mm	-0.04 mm	0.35 mm	0.68 mm	4572.69 mm
003	003	3	0.24 mm	-0.14 mm	0.15 mm	0.13 mm	0.70 mm	6914.34 mm
012	012	3	0.65 mm	-0.42 mm	-0.19 mm	0.46 mm	0.76 mm	1991.85 mm

Station 010 - 6 Scanned Objects - Mean Distance: 0.77

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 010	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
001	001	3	0.58 mm	0.49 mm	-0.19 mm	-0.25 mm	0.71 mm	2208.27 mm
002	002	3	0.94 mm	-0.67 mm	0.41 mm	0.51 mm	0.71 mm	3132.89 mm
003	003	3	0.71 mm	-0.19 mm	-0.64 mm	0.25 mm	0.72 mm	2162.40 mm
Target61	021	2	1.19 mm	0.23 mm	0.87 mm	-0.78 mm	1.04 mm	4845.38 mm
004	004	2	0.42 mm	0.33 mm	-0.25 mm	0.01 mm	0.83 mm	4141.93 mm

Station 011 - 6 Scanned Objects - Mean Distance: 0.62

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 011	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
001	001	3	0.35 mm	-0.25 mm	0.22 mm	-0.11 mm	0.71 mm	7153.10 mm
002	002	3	0.42 mm	0.30 mm	-0.29 mm	-0.03 mm	0.75 mm	8601.31 mm
003	003	3	0.69 mm	0.33 mm	0.48 mm	-0.38 mm	0.77 mm	9036.83 mm
004	004	2	0.42 mm	-0.33 mm	0.25 mm	-0.01 mm	1.08 mm	8614.95 mm
Target75	021	2	1.19 mm	-0.23 mm	-0.87 mm	0.78 mm	0.60 mm	5392.79 mm

Station 012 - 7 Scanned Objects - Mean Distance: 0.51

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 012	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
012	012	3	0.51 mm	-0.03 mm	-0.18 mm	0.48 mm	0.69 mm	7356.12 mm
018	018	2	0.62 mm	-0.52 mm	0.32 mm	-0.09 mm	0.71 mm	6472.91 mm
013	013	3	0.20 mm	-0.05 mm	0.19 mm	-0.00 mm	0.76 mm	11692.70 mm
019	019	2	0.80 mm	0.76 mm	-0.07 mm	-0.24 mm	0.69 mm	5152.91 mm
017	017	2	0.47 mm	-0.24 mm	-0.25 mm	0.32 mm	0.73 mm	3057.53 mm
014	014	3	0.49 mm	0.09 mm	-0.01 mm	-0.48 mm	0.70 mm	9358.95 mm

Station 013 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 0.63

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Target</u>	<u>Scan Per Target</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Station 013	--	--	--	--	--	--	--	0.00 mm
017	017	2	0.47 mm	0.24 mm	0.25 mm	-0.32 mm	0.71 mm	3661.64 mm
018	018	2	0.62 mm	0.52 mm	-0.32 mm	0.09 mm	0.72 mm	2108.64 mm
019	019	2	0.80 mm	-0.76 mm	0.07 mm	0.24 mm	0.72 mm	2079.23 mm

Report by target

User Name: ctejmar

Date: Thu May 18 15:56:10 2023
Project Name: TfgCarlos

Length Measurement Units: Millimeters
Coordinate System: X, Y, Z

13 STATION(S) - Mean Distance: 0.68 Max Distance: 1.16
21 TARGET(S) - Mean Distance: 0.64 Max Distance: 1.23

001 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.45 - Mean Position X=-7850.54 Y=913.58 Z=2064.67

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
001	Station 010	0.58 mm	0.49 mm	-0.19 mm	-0.25 mm	0.71 mm	2208.27 mm
001	Station 011	0.35 mm	-0.25 mm	0.22 mm	-0.11 mm	0.71 mm	7153.10 mm
001	Station 009	0.43 mm	-0.24 mm	-0.04 mm	0.35 mm	0.68 mm	4572.69 mm

002 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.66 - Mean Position X=-12937.50 Y=1012.07 Z=2070.08

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
002	Station 010	0.94 mm	-0.67 mm	0.41 mm	0.51 mm	0.71 mm	3132.89 mm
002	Station 011	0.42 mm	0.30 mm	-0.29 mm	-0.03 mm	0.75 mm	8601.31 mm
002	Station 009	0.62 mm	0.37 mm	-0.12 mm	-0.48 mm	0.75 mm	9628.85 mm

003 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.55 - Mean Position X=-10050.18 Y=-747.56 Z=2070.32

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
003	Station 010	0.71 mm	-0.19 mm	-0.64 mm	0.25 mm	0.72 mm	2162.40 mm
003	Station 011	0.69 mm	0.33 mm	0.48 mm	-0.38 mm	0.77 mm	9036.83 mm
003	Station 009	0.24 mm	-0.14 mm	0.15 mm	0.13 mm	0.70 mm	6914.34 mm

004 - 2 Scanned Objects - Mean Distance: 0.42 - Mean Position X=-6183.98 Y=-352.70 Z=3597.74

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
004	Station 010	0.42 mm	0.33 mm	-0.25 mm	0.01 mm	0.83 mm	4141.93 mm
004	Station 011	0.42 mm	-0.33 mm	0.25 mm	-0.01 mm	1.08 mm	8614.95 mm

005 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.47 - Mean Position X=6246.39 Y=-1474.72 Z=-1559.76

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
005	Station 006	0.67 mm	0.19 mm	-0.36 mm	0.54 mm	0.71 mm	3707.96 mm
005	Station 007	0.64 mm	-0.09 mm	0.33 mm	-0.55 mm	0.69 mm	7567.23 mm
005	Station 005	0.10 mm	-0.10 mm	0.03 mm	0.01 mm	0.73 mm	6604.82 mm

006 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.82 - Mean Position X=4865.90 Y=6210.45 Z=792.62

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
006	Station 006	0.69 mm	-0.21 mm	-0.54 mm	-0.38 mm	0.71 mm	7268.86 mm
006	Station 007	1.20 mm	0.60 mm	0.79 mm	0.69 mm	0.69 mm	2203.67 mm
006	Station 008	0.55 mm	-0.38 mm	-0.24 mm	-0.31 mm	0.71 mm	8423.65 mm

007 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.25 - Mean Position X=5641.33 Y=1832.55 Z=-1399.38

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
007	Station 006	0.11 mm	-0.03 mm	0.10 mm	-0.05 mm	0.69 mm	3982.13 mm
007	Station 007	0.37 mm	0.16 mm	-0.16 mm	0.28 mm	0.73 mm	4688.71 mm
007	Station 005	0.28 mm	-0.13 mm	0.07 mm	-0.23 mm	0.75 mm	6094.30 mm

008 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.64 - Mean Position X=3438.63 Y=1470.18 Z=-1374.84

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
008	Station 006	0.81 mm	0.06 mm	0.81 mm	-0.11 mm	0.72 mm	2658.73 mm
008	Station 007	0.77 mm	-0.29 mm	-0.70 mm	-0.12 mm	0.74 mm	4253.23 mm
008	Station 005	0.34 mm	0.23 mm	-0.10 mm	0.23 mm	0.72 mm	3984.53 mm

009 - 5 Scanned Objects - Mean Distance: 1.23 - Mean Position X=-4855.11 Y=8485.87 Z=593.69

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
009	Station 002	1.97 mm	0.29 mm	-0.45 mm	1.90 mm	0.75 mm	6483.67 mm
009	Station 003	1.04 mm	0.40 mm	-0.68 mm	0.67 mm	0.85 mm	16570.47 mm
009	Station 005	1.74 mm	-0.12 mm	0.21 mm	-1.72 mm	0.79 mm	9794.75 mm
009	Station 004	1.32 mm	-0.54 mm	0.91 mm	-0.79 mm	0.74 mm	6485.91 mm
Target17	Station 001	0.07 mm	-0.03 mm	0.02 mm	-0.06 mm	0.70 mm	8100.57 mm

010 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 0.97 - Mean Position X=-1544.74 Y=2883.72 Z=-1549.87

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
010	Station 002	1.21 mm	-0.51 mm	0.38 mm	-1.03 mm	0.74 mm	12354.10 mm
010	Station 003	0.69 mm	-0.41 mm	0.44 mm	-0.34 mm	0.91 mm	18436.75 mm
010	Station 005	1.02 mm	0.51 mm	-0.07 mm	0.88 mm	0.70 mm	3619.32 mm
010	Station 004	0.98 mm	0.41 mm	-0.75 mm	0.48 mm	0.71 mm	3310.44 mm

011 - 4 Scanned Objects - Mean Distance: 0.99 - Mean Position X=-1544.65 Y=2885.09 Z=460.85

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
011	Station 002	1.29 mm	0.19 mm	0.16 mm	-1.27 mm	0.90 mm	12242.77 mm
011	Station 003	0.66 mm	-0.09 mm	0.41 mm	-0.51 mm	0.88 mm	18374.81 mm
011	Station 005	1.33 mm	-0.36 mm	-0.19 mm	1.27 mm	0.70 mm	3305.03 mm
011	Station 004	0.69 mm	0.26 mm	-0.39 mm	0.50 mm	0.70 mm	2976.17 mm

012 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.76 - Mean Position X=-4034.68 Y=-353.97 Z=1285.62

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
012	Station 009	0.65 mm	-0.42 mm	-0.19 mm	0.46 mm	0.76 mm	1991.85 mm
012	Station 012	0.51 mm	-0.03 mm	-0.18 mm	0.48 mm	0.69 mm	7356.12 mm
012	Station 008	1.11 mm	0.45 mm	0.37 mm	-0.94 mm	0.73 mm	5971.72 mm

013 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.39 - Mean Position X=-3493.93 Y=-5008.91 Z=2311.30

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
013	Station 009	0.39 mm	-0.19 mm	0.32 mm	-0.09 mm	0.72 mm	5781.82 mm
013	Station 012	0.20 mm	-0.05 mm	0.19 mm	-0.00 mm	0.76 mm	11692.70 mm
013	Station 008	0.57 mm	0.25 mm	-0.51 mm	0.09 mm	0.68 mm	6359.57 mm

014 - 3 Scanned Objects - Mean Distance: 0.78 - Mean Position X=226.81 Y=-2437.81 Z=3306.34

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
014	Station 009	0.73 mm	0.61 mm	-0.13 mm	-0.38 mm	0.71 mm	4812.05 mm
014	Station 012	0.49 mm	0.09 mm	-0.01 mm	-0.48 mm	0.70 mm	9358.95 mm
014	Station 008	1.11 mm	-0.70 mm	0.14 mm	0.85 mm	0.71 mm	1890.15 mm

015 - 2 Scanned Objects - Mean Distance: 0.40 - Mean Position X=1059.32 Y=-324.00 Z=3275.41

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
015	Station 007	0.40 mm	-0.17 mm	-0.29 mm	-0.22 mm	0.70 mm	5991.05 mm
015	Station 008	0.40 mm	0.17 mm	0.29 mm	0.22 mm	0.93 mm	1255.20 mm

016 - 2 Scanned Objects - Mean Distance: 0.48 - Mean Position X=38.34 Y=5346.99 Z=-330.77

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
016	Station 007	0.48 mm	-0.41 mm	-0.07 mm	-0.25 mm	0.71 mm	3484.91 mm
016	Station 008	0.48 mm	0.41 mm	0.07 mm	0.25 mm	0.73 mm	7539.35 mm

017 - 2 Scanned Objects - Mean Distance: 0.47 - Mean Position X=838.85 Y=6461.09 Z=2199.75

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
017	Station 012	0.47 mm	-0.24 mm	-0.25 mm	0.32 mm	0.73 mm	3057.53 mm
017	Station 013	0.47 mm	0.24 mm	0.25 mm	-0.32 mm	0.71 mm	3661.64 mm

018 - 2 Scanned Objects - Mean Distance: 0.62 - Mean Position X=4288.14 Y=6638.35 Z=2200.23

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
018	Station 012	0.62 mm	-0.52 mm	0.32 mm	-0.09 mm	0.71 mm	6472.91 mm
018	Station 013	0.62 mm	0.52 mm	-0.32 mm	0.09 mm	0.72 mm	2108.64 mm

019 - 2 Scanned Objects - Mean Distance: 0.80 - Mean Position X=2613.94 Y=7860.29 Z=1315.63

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
019	Station 012	0.80 mm	0.76 mm	-0.07 mm	-0.24 mm	0.69 mm	5152.91 mm
019	Station 013	0.80 mm	-0.76 mm	0.07 mm	0.24 mm	0.72 mm	2079.23 mm

020 - 2 Scanned Objects - Mean Distance: 0.18 - Mean Position X=-199.35 Y=5675.81 Z=476.47

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Target18	Station 001	0.18 mm	0.08 mm	-0.05 mm	0.15 mm	1.15 mm	8094.83 mm
Target22	Station 002	0.18 mm	-0.08 mm	0.05 mm	-0.15 mm	1.06 mm	11860.70 mm

021 - 2 Scanned Objects - Mean Distance: 1.19 - Mean Position X=-5607.50 Y=3302.63 Z=3773.10

<u>Object Name</u>	<u>Corresponding Station</u>	<u>Residual Error</u>	<u>Delta X</u>	<u>Delta Y</u>	<u>Delta Z</u>	<u>Fitting Error</u>	<u>Distance to Scanner</u>
Target61	Station 010	1.19 mm	0.23 mm	0.87 mm	-0.78 mm	1.04 mm	4845.38 mm
Target75	Station 011	1.19 mm	-0.23 mm	-0.87 mm	0.78 mm	0.60 mm	5392.79 mm

Lista de Materiales en Uso						
Material: Nombre	Tipo	Material: Descripción	Familia y tipo	Volumen	Área	Comentarios de tipo
1 Aluminio 1 Aluminio: 1	Señalética_de_sentido_de_circulacion_(Izquierda)		Señalética_de_sentido_de_circulacion_(Izquierda): Señalética_de_sentido_de_circulacion_(Izquierda)	0.01 m³ 0.01 m³	0.39 m² 0.39 m²	Señalética de sentido de circulación (Izquierda) hecha en acero
38c695fc_2abf_4423_ab2f_4168eff8b83b Gala_Easy-Urinal 38c695fc_2abf_4423_ab2f_4168eff8b83b: 2			Sanitary_Urinals_Gala_Easy-Urinal: Gala_Easy-Urinal	0.00 m³ 0.00 m³	0.03 m² 0.03 m²	
68e88268_e646_4db8_bad9_8a3760e13a Gala_Easy-Urinal 68e88268_e646_4db8_bad9_8a3760e13a95: 2			Sanitary_Urinals_Gala_Easy-Urinal: Gala_Easy-Urinal	0.02 m³ 0.02 m³	1.10 m² 1.10 m²	
Abedul - Semibrillante Abedul - Semibrillante: 23	<varía>	Betula Alleghaniensis, abedul, semi <varía>		10.21 m³ 10.21 m³	134.84 m² 134.84 m²	
Acero Acero: 2	Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm	Acero, acabado laminado	Door_Internal-Noberne-Fire_Door_Double_NGO: Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm	0.00 m³ 0.00 m³	0.22 m² 0.22 m²	Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm DBL (Single Swing)
Acero, 45-345 Acero, 45-345: 23	IPE200	Acero 345 MPa	Pilar IPE: IPE200	0.16 m³ 0.16 m³	42.54 m² 42.54 m²	
Aislamiento - Poliestireno expandido Aislamiento - Poliestireno expandido: 1	Solera - 8 cm		Suelo: Solera - 8 cm	0.00 m³ 0.00 m³	54.25 m² 54.25 m²	
Aluminio (1) Aluminio (1): 3	1305.10.11.01_	Aluminio 6061	1305.10.11.01 : 1305.10.11.01_	0.40 m³ 0.40 m³	16.36 m² 16.36 m²	
Azulejos de corcho Azulejos de corcho: 1	Falso techo de lamas	Baldosas de corcho	Techo compuesto: Falso techo de lamas	3.26 m³ 3.26 m³	217.04 m² 217.04 m²	
Base Base: 1	Solera - 8 cm		Suelo: Solera - 8 cm	0.00 m³ 0.00 m³	49.91 m² 49.91 m²	
black black: 4	7' 11" - 5 Seats	Chromium plated steel	Table_and_Bench_19252: 7' 11" - 5 Seats	0.05 m³ 0.05 m³	7.15 m² 7.15 m²	
Blanco Blanco: 1	Señalética_de_sentido_de_circulacion_(Izquierda)		Señalética_de_sentido_de_circulacion_(Izquierda): Señalética_de_sentido_de_circulacion_(Izquierda)	0.00 m³ 0.00 m³	0.79 m² 0.79 m²	Señalética de sentido de circulación (Izquierda) hecha en acero
CC -Error Warning CC -Error Warning: 2	Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm		Door_Internal-Noberne-Fire_Door_Double_NGO: Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm	0.00 m³ 0.00 m³	0.00 m² 0.00 m²	Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm DBL (Single Swing)
Cerezo Cerezo: 43	<varía>	Prunus Serotina	<varía>	0.24 m³ 0.24 m³	36.50 m² 36.50 m²	<varía>
Corona_Acero inoxidable Corona_Acero inoxidable: 1	Type 1	Aluminum 6061	706640001-Secador-de-Manos-Forza: Type 1	0.01 m³ 0.01 m³	0.29 m² 0.29 m²	
Cristal Cristal: 1	muro cristal		Muro básico: muro cristal	0.08 m³ 0.08 m³	0.83 m² 0.83 m²	
Default Default: 3	Type - (462500E Chrome eco)		Sanitary_Taps-Mixers_Galindo_NINE-Basin-mixer: Type - (462500E Chrome eco)	0.00 m³ 0.00 m³	0.00 m² 0.00 m²	
Default Roof Default Roof: 1	Pizarra inteligente de 1390x486 mm		Pizarra_inteligente_de_1390x486_mm: Pizarra inteligente de 1390x486 mm	0.07 m³ 0.07 m³	3.19 m² 3.19 m²	Pizarra inteligente hecha de metal y con ruedas para moverlo
Elevator Door Elevator Door: 4	42" x 84"		Elevator_Door-Side 3: 42" x 84"	0.43 m³ 0.43 m³	18.47 m² 18.47 m²	
Enlucido - Blanco Enlucido - Blanco: 32	<varía>		<varía>	14.47 m³ 14.47 m³	564.61 m² 564.61 m²	
Error Material Error Material: 2	5.1_REH_ED-60_H_Z74_	Anodized aluminum, red	5.1_REH_ED-60_H_Z74 : 5.1_REH_ED-60_H_Z74_	0.00 m³ 0.00 m³	0.10 m² 0.10 m²	
Espejo Espejo: 1	30 x 36	Espejo de vidrio	Frameless_mirror_19302: 30 x 36	0.03 m³ 0.03 m³	11.50 m² 11.50 m²	

FARO_Int_Structure	42931 LUAN LED White recessed lamp 40W warm light	42931: 42931 LUAN LED White recessed lamp 40W warm light	0.01 m ³	8.64 m ²
FARO_Int_Structure: 32			0.01 m ³	8.64 m ²
FARO_White Matt	42931 LUAN LED White recessed lamp 40W wi: acabado de pintura	42931: 42931 LUAN LED White recessed lamp 40W warm light	0.00 m ³	8.83 m ²
FARO_White Matt: 32			0.00 m ³	8.83 m ²
FARO_White_translucide	42931 LUAN LED White recessed lamp 40W warm light	42931: 42931 LUAN LED White recessed lamp 40W warm light	0.15 m ³	8.43 m ²
FARO_White_translucide: 32			0.15 m ³	8.43 m ²
Finish.Cream	Inverter	Toshiba_Air_Handling_Unit_-_Inverter_7576: Inverter	0.03 m ³	1.95 m ²
Finish.Cream: 1			0.03 m ³	1.95 m ²
Gala - ALBUS - 01 White	ALBUS Over counter Wash basin 60x45 cm.	Sanitary_Basins_Gala_ALBUS-Over-counter-Wash-basin-60x45-cm: ALBUS Over counter Wash basi	0.07 m ³	2.53 m ²
Gala - ALBUS - 01 White: 3			0.07 m ³	2.53 m ²
Gala - ALBUS - Chrome	ALBUS Over counter Wash basin 60x45 cm.	Sanitary_Basins_Gala_ALBUS-Over-counter-Wash-basin-60x45-cm: ALBUS Over counter Wash basi	0.00 m ³	0.04 m ²
Gala - ALBUS - Chrome: 3			0.00 m ³	0.04 m ²
Glass	<varia>	<varia>	0.10 m ³	29.61 m ² <varia>
Glass: 23			0.10 m ³	29.61 m ²
Heras - RAL 7016 (anthracite grey)	<varia>	Heras - RAL 7016 (anthracite grey) <varia>	0.05 m ³	11.80 m ²
Heras - RAL 7016 (anthracite grey): 9			0.05 m ³	11.80 m ²
Herman Miller - Finish 47 Trivalent Chrom: Non-Upholstered		HermanMiller_Collection_EamesMoldedPlywood_LoungeChair_MtlBase: Non-Upholstered	0.02 m ³	5.66 m ²
Herman Miller - Finish 47 Trivalent Chrome: 41			0.02 m ³	5.66 m ²
Herman Miller - Finish BK Black	Non-Upholstered	HermanMiller_Collection_EamesMoldedPlywood_LoungeChair_MtlBase: Non-Upholstered	0.00 m ³	0.36 m ²
Herman Miller - Finish BK Black: 41			0.00 m ³	0.36 m ²
Herman Miller - Seat Fabric 1R10 MCL Lea Non-Upholstered		HermanMiller_Collection_EamesMoldedPlywood_LoungeChair_MtlBase: Non-Upholstered	0.00 m ³	0.00 m ²
Herman Miller - Seat Fabric 1R10 MCL Leather Black: 41			0.00 m ³	0.00 m ²
Herman Miller - Veneer Plywood Edge	Non-Upholstered	HermanMiller_Collection_EamesMoldedPlywood_LoungeChair_MtlBase: Non-Upholstered	0.00 m ³	2.01 m ²
Herman Miller - Veneer Plywood Edge: 41			0.00 m ³	2.01 m ²
Hormigón	<varia>	Hormigón Portland <varia>	297.26 m ³	1827.90 m ²
Hormigón: 38			297.26 m ³	1827.90 m ²
Hormigón, Moldeado in situ, gris	Hormigón - 30 cm	Hormigón moldeado in situ	Muro básico: Hormigón - 30 cm	8.13 m ³ 81.41 m ²
Hormigón, Moldeado in situ, gris: 9				8.13 m ³ 81.41 m ²
Laminado cor CZCL	Mesa para informática 120x60cm cód 70852.6	Mesa para informática individual ou dupla: Mesa para informática 120x60cm cód 70852.6	0.48 m ³	45.49 m ²
Laminado cor CZCL: 20			0.48 m ³	45.49 m ²
LIGHT 2536D447	Default	742_waste_paper_bin: Default	0.00 m ³	4.06 m ²
LIGHT 2536D447: 8			0.00 m ³	4.06 m ²
Madera - Castaño	Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm	Door_Internal-Noberne-Fire_Door_Double_NGO: Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm	0.20 m ³	14.31 m ² Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm DBL (Single Swing)
Madera - Castaño: 2			0.20 m ³	14.31 m ²
MASSIF BETON	Borne Escamotable A25_60_C50	Polyoxyméthylène	ALE A25_60_C50: Borne Escamotable A25_60_C50	0.00 m ³ 0.15 m ²
MASSIF BETON: 4				0.00 m ³ 0.15 m ²
Metal - Acero - 345 MPa	305x165x40UB	UB-Perfil universal: 305x165x40UB	0.39 m ³	89.85 m ²
Metal - Acero - 345 MPa: 16			0.39 m ³	89.85 m ²
Metal - Aluminum	84" x 48"	Chalk_Board_3: 84" x 48"	0.00 m ³	0.83 m ²
Metal - Aluminum: 1			0.00 m ³	0.83 m ²
Metal - Bradley Corp - Chrome	Divisiones de baño Serie R tipo ducha (Muro Izquierdo Pies)	Divisiones_de_bano_Serie_R_tipo_ducha_(Muro_Izquierdo_Pies): Divisiones de baño Serie R tipo	0.00 m ³	1.69 m ² División de ducha hecha de madera
Metal - Bradley Corp - Chrome: 1			0.00 m ³	1.69 m ²
Metal - Bradley Corp - Stainless Steel Satin	Divisiones de baño Serie R tipo ducha (Muro Izquierdo Pies)	Divisiones_de_bano_Serie_R_tipo_ducha_(Muro_Izquierdo_Pies): Divisiones de baño Serie R tipo	0.00 m ³	0.78 m ² División de ducha hecha de madera
Metal - Bradley Corp - Stainless Steel Satin: 1			0.00 m ³	0.78 m ²
Metal - Steel, Galvanized	Inverter	Toshiba_Air_Handling_Unit_-_Inverter_7576: Inverter	0.04 m ³	1.13 m ²

Metal - Steel, Galvanized: 1				0.04 m³	1.13 m²	
Metal cromado	42" x 84"	Elevator_Door-Side_3: 42" x 84"		0.06 m³	8.98 m²	
Metal cromado: 4				0.06 m³	8.98 m²	
Metal Pintura Roja	Protector_de_contenedores_600x1210mm.0001	Protector_de_contenedores_600x1210mm.0001: Protector_de_contenedores_600x1210mm.0001		0.04 m³	2.24 m²	Protector de contenedores hecho en hormigon
Metal Pintura Roja: 4				0.04 m³	2.24 m²	
Metálico CZNB	Mesa para informática 120x60cm cód 70852.6	Mesa para informática individual ou dupla: Mesa para informática 120x60cm cód 70852.6		0.08 m³	8.45 m²	
Metálico CZNB: 20				0.08 m³	8.45 m²	
Negro	Senaletica_de_sentido_de_circulacion_(Izquierda)	Senaletica_de_sentido_de_circulacion_(Izquierda): Senaletica_de_sentido_de_circulacion_(Izquierda)		0.00 m³	0.07 m²	Señalética de sentido de circulacion (Izquierda) hecha en acero
Negro: 1				0.00 m³	0.07 m²	
NINE Basin mixer - 4625000 - Chrome	Type - (462500E Chrome eco)	Sanitary_Taps-Mixers_Galindo_NINE-Basin-mixer: Type - (462500E Chrome eco)		0.00 m³	0.18 m²	
NINE Basin mixer - 4625000 - Chrome: 3				0.00 m³	0.18 m²	
Noberne Doors - Laminate - Formica - Pol: Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm		Door_Internal-Noberne-Fire_Door_Double_NGO: Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm		0.10 m³	33.67 m²	Series 2 - FD 30 - 2085x1799mm DBL (Single Swing)
Noberne Doors - Laminate - Formica - Polar White: 2				0.10 m³	33.67 m²	
Origen de luz por defecto	Solera - 8 cm	Suelo: Solera - 8 cm		0.00 m³	3.52 m²	
Origen de luz por defecto: 1				0.00 m³	3.52 m²	
Panel yeso techo	Techo de PYL	Techo compuesto: Techo de PYL		1.74 m³	43.43 m²	
Panel yeso techo: 1				1.74 m³	43.43 m²	
Perfil TT0119	<varia>	Barra - TT0119	<varia>	0.02 m³	2.82 m²	
Perfil TT0119: 5				0.02 m³	2.82 m²	
Perfil CA10001	<varia>	Marco CA10001	<varia>	0.03 m³	36.90 m²	
Perfil CA10001: 5				0.03 m³	36.90 m²	
Pizarra	<varia>	Azulejo de pizarra, gris oscuro, mat <varia>		55.26 m³	495.63 m²	
Pizarra: 15				55.26 m³	495.63 m²	
PLAQUE AU SOL	Borne Escamotable A25_60_C50	Polyoxyméthylène	ALE A25_60_C50: Borne Escamotable A25_60_C50	0.00 m³	0.67 m²	
PLAQUE AU SOL: 4				0.00 m³	0.67 m²	
Plastic - Bradley Corp - Black	Divisiones de baño Serie R tipo ducha (Muro Izquierdo Pies)	Divisiones_de_bano_Serie_R_tipo_ducha_(Muro_Izquierdo_Pies): Divisiones de baño Serie R tipo		0.00 m³	0.00 m²	División de ducha hecha de madera
Plastic - Bradley Corp - Black: 1				0.00 m³	0.00 m²	
Plastic - Sony - Black_Matt	FW-55BZ40H	Black Matt Plastic by Sony	Electronics_Visual-TVs_Sony-Professional_55in-BRAVIA-4K-Ultra-HD-HDR-Professional-Display: FW	0.04 m³	3.82 m²	
Plastic - Sony - Black_Matt: 1				0.04 m³	3.82 m²	
Plastic, Opaque White	<varia>	Plastic, generic, opaque white	<varia>	0.24 m³	29.93 m²	
Plastic, Opaque White: 11				0.24 m³	29.93 m²	
Plastique - Gris foncé	Inverter	Toshiba_Air_Handling_Unit_-_Inverter_7576: Inverter		0.00 m³	0.12 m²	
Plastique - Gris foncé: 1				0.00 m³	0.12 m²	
Plastique - Noir	Mesa de profesor de 1350mm x 640mm	Mesa_de_profesor_de_1350mm_x_640mm: Mesa de profesor de 1350mm x 640mm		0.00 m³	0.17 m²	Mesa de profesor hecha de madera y pintada de color blanco, con p
Plastique - Noir: 1				0.00 m³	0.17 m²	
Poche	Pizarra inteligente de 1390x486 mm	Pizarra_inteligente_de_1390x486_mm: Pizarra inteligente de 1390x486 mm		0.00 m³	0.22 m²	Pizarra inteligente hecha de metal y con ruedas para movilizarlo
Poche: 1				0.00 m³	0.22 m²	
Polycarbonate, Clear	96236929 Polycarbonate	ELT_Surface_Mounted_Luminaire_2x49W: 96236929		0.24 m³	19.94 m²	F1
Polycarbonate, Clear: 20				0.24 m³	19.94 m²	
POSTE ESCAMOTABLE GRIS	Borne Escamotable A25_60_C50	Polyoxyméthylène	ALE A25_60_C50: Borne Escamotable A25_60_C50	0.11 m³	1.96 m²	
POSTE ESCAMOTABLE GRIS: 4				0.11 m³	1.96 m²	
RAU-PVC	5.1_REH_ED-60_H_Z74_	libre de plomo	5.1_REH_ED-60_H_Z74_: 5.1_REH_ED-60_H_Z74_	0.08 m³	8.68 m²	
RAU-PVC: 2				0.08 m³	8.68 m²	
Reece_Brass_Brushed Stainless Steel	10 L_Stainless Steel	Reece_Tap_Wolfen_Drinking-Fountain: 10 L_Stainless Steel		0.01 m³	2.85 m²	Tap
Reece_Brass_Brushed Stainless Steel: 1				0.01 m³	2.85 m²	

Reece_Brass_Chrome Reece_Brass_Chrome: 1	10 L_Stainless Steel	Reece_Tap_Wolfen_Drinking-Fountain: 10 L_Stainless Steel	0.00 m ³ 0.00 m ³	0.02 m ² 0.02 m ²	Tap	
Reece_Rubber_Black Reece_Rubber_Black: 1	10 L_Stainless Steel	Reece_Tap_Wolfen_Drinking-Fountain: 10 L_Stainless Steel	0.00 m ³ 0.00 m ³	0.00 m ² 0.00 m ²	Tap	
Rojo Rojo: 1	Senaletica_de_sentido_de_circulacion_(Izquierda)	Senaletica_de_sentido_de_circulacion_(Izquierda): Senaletica_de_sentido_de_circulacion_(Izquierda)	0.00 m ³ 0.00 m ³	0.21 m ² 0.21 m ²	Señalética de sentido de circulación (Izquierda) hecha en acero	
Screen - Sony - Black_Matt Screen - Sony - Black_Matt: 1	FW-55BZ40H	Screen Black Matt by Sony	Electronics_Visual-TVs_Sony-Professional_55in-BRAVIA-4K-Ultra-HD-HDR-Professional-Display: FW	0.01 m ³ 0.01 m ³	1.69 m ² 1.69 m ²	
Silver Silver: 3	Door closer DC500_DC500...EV1	Silver	CIERRA PUERTA HIDRAULICO: Door closer DC500_DC500...EV1	0.00 m ³ 0.00 m ³	0.52 m ² 0.52 m ²	
Slate Slate: 1	84" x 48"	Chalk_Board_3: 84" x 48"		0.01 m ³ 0.01 m ³	4.58 m ² 4.58 m ²	
Vidrio Vidrio: 5	<varía>	Vidrio de cal sodada	<varía>	0.09 m ³ 0.09 m ³	46.70 m ² 46.70 m ²	
Vitreous_China-Kohler-HW1-Honed_White Vitreous_China-Kohler-HW1-Honed_White: 4	Inodoro de dos piezas blanco humo de 727x365mm	Inodoro de dos piezas blanco humo de 727x365mm	Inodoro de dos piezas blanco humo de 727x365mm	0.32 m ³ 0.32 m ³	8.57 m ² 8.57 m ²	Inodoro
Wood Wood: 7	F3065 - Whiteboard/Bulletin Board, Combination	Generic wood	F3065 - Whiteboard/Bulletin Board, Combination: F3065 - Whiteboard/Bulletin Board, Combination	0.05 m ³ 0.05 m ³	6.37 m ² 6.37 m ²	
Wood - Bradley Corp - Laminate - BLANCO Wood - Bradley Corp - Laminate - BLANCO: 1	Divisiones de baño Serie R tipo ducha (Muro Izquierdo Pies)	Divisiones de baño Serie R tipo ducha (Muro Izquierdo Pies)	Divisiones de baño Serie R tipo ducha (Muro Izquierdo Pies): Divisiones de baño Serie R tipo ducha	0.39 m ³ 0.39 m ³	50.62 m ² 50.62 m ²	División de ducha hecha de madera
Total general: 687				395.37 m³	4131.11 m²	