



Modelamiento tridimensional con escáner laser terrestre para la generación de los datos útiles para el programa de Ingeniería Civil e Ingeniería en Topografía. Caso de estudio edificio C de las Unidades Tecnológicas de Santander para el año 2024

Proyecto de investigación

Carlos Manuel Borrero Landazábal
CC 1095815376

Luis Carlos Arguello Ardila
CC 1098719244

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de ciencias naturales e ingenierías
Ingeniería topográfica
Bucaramanga 30 de septiembre de 2024



Modelamiento tridimensional con escáner laser terrestre para la generación de los datos útiles para el programa de Ingeniería Civil e Ingeniería en Topografía. Caso de estudio edificio C de las Unidades Tecnológicas de Santander para el año 2024

Proyecto de investigación

Carlos Manuel Borrero Landazábal
CC 1095815376

Luis Carlos Arguello Ardila
CC 1098719244

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniería en Topografía**

DIRECTOR

German Alberto Suarez Arias

Grupo de investigación – GRIMAT

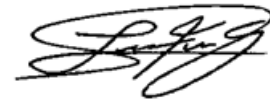
UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de ciencias naturales e ingenierías
Ingeniería topográfica
Bucaramanga 30 de septiembre de 2024

Nota de Aceptación

Aceptado conforme a los requisitos exigidos por las Unidades Tecnológicas de Santander para optar por el Título de Ingeniero Topógrafo según Acta de Comité de trabajos de Grado No 26 de 8 de octubre de 2024.

Evaluador: Leonardo Favio Gómez Mejía.

Director: German Alberto Suarez Arias.



Firma del Evaluador



German Alberto Suárez Arias

Firma del director

DEDICATORIA

Dedicatoria especial a mi Compañera de Vida y a mi Hijo, quienes son la principal razón de mantenerme fuerte, la razón por la cual me inspiro cada día de crecer y de cumplir metas que los llenen de orgullo y felicidad, por su incondicionalidad y por siempre estar a mi lado en este duro proceso.

A mis Padres, por su entrega incondicional, sin ellos, iniciar en esta hermosa profesión no hubiera sido posible.

A mis Hermanos, su inteligencia, son fuente de mi inspiración, son los pasos que siempre he seguido, su apoyo intelectual ha sido fundamental en mi vida profesional.

Carlos Manuel Borrero Landazábal

A mi esposa e hijos, quienes han sido mi mayor fuente de motivación. Su amor, comprensión y apoyo incondicional me han dado la fuerza necesaria para seguir adelante. Cada uno de ustedes es una inspiración constante y un recordatorio de por qué vale la pena esforzarse.

A mi padre, quien ya no está con nosotros, pero cuyo legado y enseñanzas viven en mi corazón. Espero que desde donde estés, puedas sentirte orgulloso de este logro, que es también en tu honor.

A mi madre, por su amor inagotable y su apoyo constante a lo largo de mi vida. Tus palabras de aliento y tu fe en mis capacidades me han sostenido en los momentos más difíciles. Eres un pilar fundamental en mi vida.

Luis Carlos Arguello Ardila

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar un agradecimiento especial al Ing Diego Cobos, Practice Leader, President de SRK Consulting, quien generosamente nos proporcionó su equipo de escáner láser, sin el cual no habría sido posible llevar a cabo la recolección de datos necesarios para nuestro proyecto. Su disposición para ayudarnos y su confianza en nuestro trabajo fueron fundamentales para el éxito de esta investigación.

Agradecimientos a Carlos Mario Aparicio, quien nos acompañó y dispuso de su tiempo durante la toma de información.

Al profesor Carlos Mora de las UTS, quien fue el que nos impulsó y nos acompañó en el inicio del proyecto.

Finalmente, agradecemos sinceramente a nuestro director de proyecto de grado, German Suarez, por su guía experta, paciencia y dedicación. Sus valiosas aportaciones han sido cruciales para el éxito de este trabajo, y su apoyo ha sido una gran fuente de motivación y aprendizaje

TABLA DE CONTENIDO

<u>RESUMEN EJECUTIVO</u>	<u>11</u>
<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>12</u>
<u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....</u>	<u>14</u>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2. JUSTIFICACIÓN	16
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	19
<u>2. MARCO REFERENCIAL</u>	<u>23</u>
2.1. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1.1. AUTODESK RECAP LOS DATOS DE REGISTRO	23
2.1.2. TECNOLOGÍA LIDAR (LIGHT DETECTION AND RANGING)	24
2.1.3. NUBES DE PUNTOS.....	24
2.1.4. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	24
2.1.5. REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA	25
2.2. MARCO CONTEXTUAL	25
2.2.1. EL EDIFICIO C (UTS).....	25
2.2.2. RELEVANCIA ACADÉMICA	25
2.2.3. IMPACTO EN LA ENSEÑANZA	26
2.3. MARCO LEGAL	26
2.3.1. NORMATIVA SISMORRESISTENTE NSR-10	26
2.3.2. ESTRATEGIA NACIONAL BIM 2020-2026	26
2.3.3. REGULACIONES SOBRE EL USO DE DRONES Y ESCÁNERES LIDAR.....	27
<u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION</u>	<u>28</u>
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	28
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	28
3.3. MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	28
3.4. TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	29
3.5. TEMPORALIDAD.....	29
<u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....</u>	<u>30</u>

4.1.	PLANEACION	30
4.1.1.	ANÁLISIS DEL SITIO	30
4.2.	EJECUCION DE ACTIVIDADES DE CAMPO	32
4.2.1.	EQUIPO EMPLEADO EN LA CAPTURA DE LA DATA.	33
4.2.2.	GEORREFERENCIACIÓN.....	34
4.2.3.	POSICIONAMIENTO.....	41
4.2.4.	AJUSTES DEL ESCÁNER.	43
4.2.5.	CAPTURA DE LA ZONA DE INTERÉS.....	47
4.3.	POSTPROCESO DE INFORMACION	53
4.3.1.	IMPORTACION DE DATOS	54
4.3.2.	REGISTRO DE ESCANEOS	56
4.3.3.	LIMPIEZA Y FILTRADO DE DATOS	57
4.3.4.	GENERACION DE MODELOS 3D	61
4.3.5.	ANALISIS Y MEDICIONES	62
4.3.6.	VISUALIZACIÓN EN REALIDAD VIRTUAL.....	64
<u>5.</u>	<u>RESULTADOS</u>	<u>66</u>
5.1.	RENDIMIENTOS ESTIMADOS	66
5.2.	REPORTE DE DATOS DE REGISTRO	67
5.3.	NUBE DE PUNTOS OBTENIDA	72
<u>6.</u>	<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>74</u>
<u>7.</u>	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>76</u>
<u>8.</u>	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>77</u>
<u>9.</u>	<u>ANEXOS</u>	<u>79</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 :Proceso de recolección de información con el escáner laser.....	20
Figura 2 Modelo digital 3D	20
Figura 3 TLS aplicado a BIM.....	21
Figura 4 TLS aplicado a la topografía.....	22
Figura 5 Flujo Toma de datos con escáner laser	32
Figura 6 Escáner Laser utilizado.....	33
Figura 7 Especificaciones de rendimiento	34
Figura 8 Acceso principal edificio C TEKNÉ.....	35
Figura 9 Vértice principal 01 materializado al costado oriental edificio Tekné	36
Figura 10 Vértice principal 02 materializado al costado occidental edificio Tekné	36
Figura 11 targets secundarios empleados	37
Figura 12 target materializado en el acceso principal del edificio TEKNÉ.....	38
Figura 13 otro ejemplo de target materializado	38
Figura 14 Esferas de referencia.....	40
Figura 15 Esferas de referencia instaladas.	41
Figura 16 Esferas de referencia instaladas	41
Figura 17 Posicionamiento del escáner para el detalle de aulas	42
Figura 18 Configuración de la resolución y calidad	44
Figura 19 Configuración del rango de escaneo.....	45
Figura 20 Selección de los tres sensores.....	46
Figura 21 Activación de escaneo con color	47
Figura 22 Estacionamiento de escaner laser	48
Figura 23 localización Edificio C	48
Figura 24 Punto de control en acceso al edificio C	49
Figura 25 Punto de control en acceso principal.....	49
Figura 26 Punto de control en acceso	50
Figura 27 Punto de control en acceso	50
Figura 28 Escaner en laboratorios	52
Figura 29 Escaner en laboratorios	52
Figura 30 Flujo general postproceso de información	53
Figura 31 Ficheros de escaneos realizados	54
Figura 32 Interfaz de Autodesk Recap	54
Figura 33 Importación de datos de escaneo	55
Figura 34 Importar archivos .FLS.....	55
Figura 35 Registro de escaneos	56
Figura 36 Localización de Esferas	56
Figura 37 Ejemplo de ruido o puntos no necesarios	58
Figura 38 Ejemplo 2 de ruido o puntos no necesarios	58
Figura 39 filtrado de puntos manual.....	59
Figura 40 clasificación de puntos a eliminar	59
Figura 41 exportación de Nube de puntos	60
Figura 42 tamaño del archivo RCP Final	60
Figura 43 Ejemplo de importación de datos en Revit.....	61

Figura 44 Ejemplo de importación de datos en AutoCAD	62
Figura 45 Medición de columna	62
Figura 46 Análisis de intensidad	63
Figura 47 visualización de imágenes en 360°	63
Figura 48 grafica de rendimientos de escaneos	67
Figura 49 Vista de Nube de puntos Perspectiva 1	72
Figura 50 Vista de Nube de puntos Perspectiva 2	73
Figura 51 Vista de Nube de puntos Perspectiva 3	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	tabla de rendimientos estimados	66
Tabla 2	Reporte de Datos de registro Escaneo UTS000 a UTS001	67
Tabla 3	Reporte de Datos de registro Escaneo UTS015 a UTS059	68
Tabla 4	Reporte de Datos de registro Escaneo UTS060 a UTS095	69
Tabla 5	Reporte de Datos de registro Escaneo UTS097 a UTS139	70
Tabla 6	Reporte de Datos de registro Escaneo UTS140 a UTS177	71
Tabla 7	Reporte de Datos de registro Escaneo UTS178 a UTS186	72

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tiene como objetivo la creación de un modelo tridimensional del Edificio C de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS), construido en los años 90 mediante el uso de tecnología Lidar terrestre. El edificio va a requerir en el futuro de estudios de conservación y adecuación debido a su antigüedad. A través de este modelo tridimensional, se generarán datos útiles que apoyarán los programas de Ingeniería Civil, Ingeniería en Topografía e Ingeniería de Sistemas, proporcionando insumos valiosos para la planificación y mejora de la calidad educativa.

El proceso se llevará a cabo utilizando el software Autodesk ReCap para la generación y procesamiento de nubes de puntos densas, lo que permitirá modelar de manera precisa la estructura del edificio. Posteriormente, se integrará esta información con software de realidad virtual, para crear de manera distinta la visualización del modelo tridimensional arquitectónico y estructural.

El proyecto abarca una pequeña parte del concepto de metodología BIM, que es clave en la modernización del sector de la construcción y que se está tratando de implementar en Colombia desde el 2022. El resultado de esta información adquirida permitirá realizar simulaciones, análisis estructurales y cálculos de costos de manera eficiente. Además, el uso de tecnologías emergentes como la realidad aumentada y virtual para visualización de proyectos abrirá el pensamiento del estudiante de las UTS.

Este trabajo servirá como un insumo fundamental para investigaciones futuras en diversas áreas de la ingeniería, y contribuirá al desarrollo académico y tecnológico de las UTS, fortaleciendo la actividad investigativa en diferentes disciplinas de la institución.

PALABRAS CLAVE. Lidar, BIM, Scanner laser, Scan to Bim, Model 3d, VR

INTRODUCCIÓN

El edificio C de las Unidades Tecnológicas de Santander es una de las instalaciones más importantes de esta institución, ya que alberga diferentes programas académicos, tanto en el área de la ingeniería como en otras disciplinas. Este edificio cuenta con una gran importancia histórica, ya que fue construido en la década de los 90 y fue la primera construcción propia en la ciudadela real de minas.

Crear un modelo tridimensional utilizando tecnología de escáner láser terrestre es fundamental para la generación de datos útiles en los diferentes programas académicos. Por lo tanto, se plantea la necesidad de desarrollar un plan que permita obtener nubes de puntos densas que pueden ser procesadas para crear modelos tridimensionales sólidos y precisos mediante el uso del software Autodesk ReCap, la integración de esta información con el uso de un software de realidad virtual para la visualización del modelo tridimensional, generando información relevante y útil que pueda ser utilizada en la planificación y mejora de la calidad educativa.

Este proyecto se enfocará en la generación de datos útiles para el programa de Ingeniería Civil, el programa de Ingeniería en Topografía y el programa de ingeniería de Sistemas, y se plantea como un insumo importante para futuras investigaciones de estas y otras áreas de la ingeniería.

La metodología BIM en la construcción, así como los avances en realidad aumentada y virtual, son elementos clave que deben ser considerados en la actualidad para el desarrollo tecnológico del sector. Este proyecto permitiría a las Unidades Tecnológicas de Santander entrar en el desarrollo de sus instalaciones, mediante la rigurosidad de los estudios que parten a través de un modelo vectorial 3D, lo que solo se lleva a cabo en proyectos de alta importancia en el mundo y en Colombia.

En resumen, la generación de un modelo vectorial del edificio C a través de una metodología convencional con escáner láser terrestre, y su posterior modelación con el uso de software especializado, permitiría a las Unidades Tecnológicas de Santander planificar, simular y calcular costos de manera más precisamente, así como mejorar la calidad educativa y la seguridad estructural de sus instalaciones.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las nuevas tecnologías que se incorporan en el área de la topografía van avanzando a pasos agigantados, de tal forma que nos permiten obtener información detallada, precisa y mejoran los rendimientos de trabajo, este tipo de información parecía imposible de obtener cuando hablamos de levantamientos arquitectónicos y estructurales. Si bien es cierto, el sistema lidar existe desde hace mucho tiempo, esta herramienta ha venido evolucionando, cada vez son más pequeños a tal punto que algunos celulares ya tienen el sistema incorporado, la versatilidad, rapidez y capacidad hace que esta sea una herramienta topográfica que crece en popularidad y aplicación. (Beasy, 2015)

Las Unidades Tecnológicas de Santander cuenta con una edificación nombrada como Edificio C, que corresponde a la construcción más antigua, Inaugurada en el año 1997, dado que fue construida antes de la implementación de la NSR-10, es necesario realizar un plan para la conservación, Expansión, mejoras y mantenimientos de dicha instalación, implementando nuevas tecnologías que permitan obtener el modelo asbuilt de su estructura física, y que servirán como insumo para estudiantes de la rama de la ingeniería.

Actualmente la metodología BIM en el mundo ha venido abarcando un papel importante en la construcción, presentando un gran potencial en el desarrollo tecnológico del sector. Por lo tanto, realizar un levantamiento con Scanner laser del edificio C, para modelar su estructura física, sería el inicio o el insumo más importante que conlleva al desarrollo de otras dimensiones del BIM, y que en países desarrollados hoy en día es de uso obligatorio. En Colombia a partir del año 2022,

el Gobierno nacional, a través de la Estrategia Nacional BIM 2020-2026 (BIMBAU, 2022), exigirá el uso de BIM entre el 10% y 25% de los proyectos de construcción públicos. El edificio C no cuenta con un modelo digital tridimensional que contenga información interdisciplinaria, arquitectónica, eléctrica, estructural.

Como complemento de lo nombrado anteriormente, existe otro tema muy importante en el ámbito de la construcción, como lo es la realidad aumentada, realidad virtual y la realidad mixta los cuales son avances tecnológicos con los que debemos trabajar de la mano y que para las Unidades Tecnológicas De Santander abrirá un sin número de posibilidades en el futuro próximo ya que se podrían aplicar para mejorar la calidad educativa.

Después de las consideraciones anteriores surge la pregunta de investigación: ¿Es posible crear un modelo tridimensional con el uso de escáner laser terrestre y estación total para la generación de los datos útiles para el programa de Ingeniería Civil y para el programa de Ingeniería en Topografía, en el edificio C de las Unidades Tecnológicas de Santander para el año 2024?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Es de gran importancia para las Unidades Tecnológicas de Santander obtener nubes de puntos densas que pueden ser procesadas para crear modelos tridimensionales sólidos y precisos en las instalaciones del edificio C, ya que a partir de allí se abren las posibilidades de planificar y mejorar la calidad del servicio que presta la universidad hacia la comunidad académica, esto permitiría hacer un estudio adecuado desde tres aspectos: en primera instancia desde el punto de vista arquitectónico; visualizar los espacios, dimensiones y la iluminación, en segundo lugar desde el punto de vista Estructural; realizar simulaciones y diseños estructurales, teniendo en cuenta que el edificio no se construyó con base en la norma sismo resistente NSR-10 sino con especificaciones de la época y que Santander es territorio de constante actividad sísmica hace el edificio altamente vulnerable y que amenaza con la integridad de los estudiantes ante un posible evento, y en tercer lugar el metaverso; brindar la posibilidad de entrar en el mundo virtual, realidad aumentada o mixta, metodología BIM; planificar, simular y calcular costos.

Todas y cada una de estas disciplinas nombradas anteriormente son áreas muy importantes que permitirían a las Unidades Tecnológicas de Santander entrar en el desarrollo y mejoramiento de sus instalaciones, mediante la rigurosidad de los estudios que parten a través del modelo vectorial 3d, y que estos procesos solo se llevan a cabo en proyectos de alta importancia en el mundo y en Colombia.

Este proyecto servirá como insumo para los futuros investigadores de las Unidades Tecnológicas de Santander no solo en el programa de ingeniería topográfica, sino en el de ingeniería civil, y el de ingeniería de sistemas quienes pueden integrar sus conocimientos y conllevar la planificación a otro nivel de desarrollo.

La propuesta es relevante para las UTS porque alimenta la línea de investigación de la Geomática y la gestión territorial del grupo GRIMAT Grupo de investigación en medio ambiente y territorio, lo cual hace reforzar la actividad investigativa del programa académico.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Crear un modelo vectorial 3d con el uso de escáner laser terrestre y estación total para la generación de los datos útiles para el programa de Ingeniería Civil y para el programa de Ingeniería en Topografía, en el edificio C de las Unidades Tecnológicas de Santander para el año 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento tridimensional con el uso de escáner laser terrestre para la generación de una nube de puntos densa en las instalaciones del edificio C de las Unidades Tecnológicas de Santander.
- Realizar el análisis y procesamiento de los estacionamientos realizados con el uso del software Autodesk ReCap para la generación de los datos útiles para el programa de ingeniería civil, Topografía y Sistemas.
- Presentar el producto resultante con el uso de software de realidad virtual para la visualización del modelo tridimensional.

1.4. ESTADO DEL ARTE

- Nombre del Proyecto:

“Tecnología escáner láser aplicada al estudio del patrimonio cultural edificado de México”

Resumen:

El instituto nacional de antropología e historia (INAH), instrumentó la tecnología láser con el fin de enriquecer y adquirir conocimiento científico y tecnológico desde el tema de bienes culturales, en el cual tenía como objetivo crear una base de datos con modelos digitales de los monumentos históricos y arqueológicos emblemáticos del país. (Flores, 2011)

El Templo y antiguo convento Franciscano De Santa Ana, en tzintzuntzan, Michoacán, ha sido uno de los levantamientos con mayor avance para un total de 127 escaneos registrados en un solo modelo. (Flores, 2011).

Siendo así, la manera en la que se construye una base de datos de modelos tridimensionales que garantice en el futuro la recuperación y conservación del patrimonio arquitectónico. (Flores, 2011)

- Nombre del Proyecto:

“Levantamiento arquitectónico por scanner laser terrestre al observatorio astronómico de la universidad distrital Francisco José de Caldas”

Por medio del presente proyecto se realizó un levantamiento arquitectónico con escáner laser terrestre al observatorio astronómico Latitud de la universidad Distrital, ubicado en la sede Aduanilla de Paiba, la confección de este proyecto permitió el posicionamiento y actualización de las coordenadas de la placa geodésica (GPS-PAIBA), la materialización, posicionamiento y asignación de coordenadas a la placa geodésica (GPS-PAIBA 2), además de la realización de una nivelación geométrica controlada y una poligonal cerrada por medio del método ceros atrás, la cual tuvo como objetivo asignar coordenadas a las targets distribuidas en dicha infraestructura. (Bernal Vaca & Ramirez Niño, LEVANTAMIENTO ARQUITECTONICO POR SCANNER LASER TERRESTRE AL OBSERVATORIO ASTRONOMICO DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS., 2020)



Figura 1 :Proceso de recolección de información con el escáner laser.
Fuente: (Bernal Vaca & Ramírez Niño 2020)

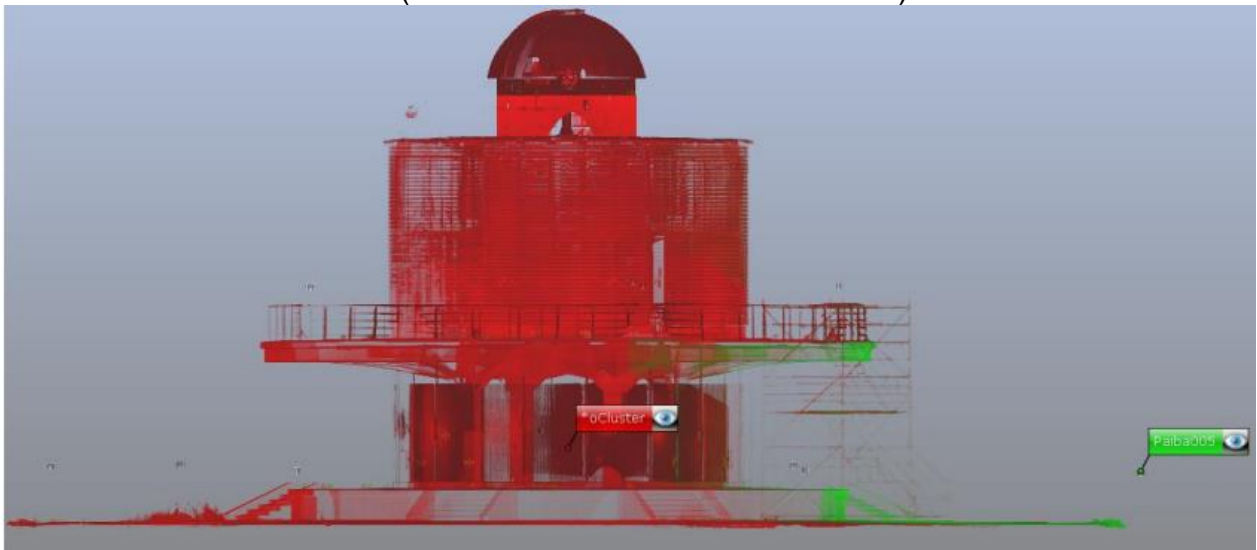


Figura 2 Modelo digital 3D
Fuente: (Bernal Vaca & Ramírez Niño 2020)

- Nombre del Proyecto:

**“Diseño de metodología de trabajo para el escaneo con tecnología láser 3D,
aplicada a la arquitectura patrimonial”**

El objetivo principal de este trabajo es definir una metodología que contenga los lineamientos necesarios para el correcto uso y aplicación de los equipos Escáner Laser Terrestres 3D. En particular, la utilización de estos a la conservación y documentación del patrimonio construido y a la arquitectura patrimonial. (Mateos, 2019)

Esta metodología impartida en esta tesis de grado fue empleada en un caso específico real y actual de conservación y documentación del patrimonio construido, realizando diferentes métodos de escaneo y captura de los datos, así como el análisis de los errores posibles en cada proceso desde la captura, registro y pos procesamiento de la data. (Mateos, 2019)

Adicionalmente en esta tesis de grado se analizaron las diferentes aplicaciones de escaneo laser terrestre en otras disciplinas como la arquitectura, el desarrollo urbanístico, la medicina forense, la topografía, geología y minería, obras civiles e infraestructuras, complejos industriales, catastro, temblores y terremotos, derrumbes y hundimientos.



Figura 3 TLS aplicado a BIM.
 Fuente: A. Rodríguez



Figura 4 TLS aplicado a la topografía.

Fuente: <https://www.bimnd.es/servicios/escaner-laser-3d>

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

Este apartado se aborda los conceptos y teorías fundamentales relacionados con la tecnología utilizada y su aplicación en la ingeniería y arquitectura.

2.1.1. AUTODESK RECAP LOS DATOS DE REGISTRO

permiten evaluar la calidad de la alineación de escaneos mediante tres factores clave:

1. **Solape:** Es el porcentaje de superposición entre las diferentes nubes de puntos generadas por los escaneos. Un buen solape (idealmente entre 30% y 60%) es esencial para alinear correctamente los escaneos, ya que permite identificar puntos en común entre las distintas nubes. Un solape insuficiente puede generar errores de registro, mientras que un solape adecuado mejora la precisión del modelo.
2. **Equilibrio:** Se refiere al ajuste general entre los escaneos registrados. El software busca una alineación equilibrada donde las diferentes nubes de puntos coincidan de manera consistente, evitando desviaciones o deformaciones en el modelo final. Este equilibrio asegura que los escaneos estén correctamente posicionados entre sí.
3. **Puntos con error menor a 6mm:** Es un indicador de la precisión en el registro, midiendo cuántos puntos tienen un error inferior a 6 milímetros en la alineación. Este valor es crítico para la exactitud del modelo, ya que un error superior puede significar un mal ajuste entre las nubes. ReCap ajusta los escaneos para mantener esta tolerancia de error dentro de los límites aceptables, garantizando que el registro sea lo más preciso posible.

2.1.2. TECNOLOGÍA LIDAR (LIGHT DETECTION AND RANGING)

El Lidar es una tecnología de medición remota que utiliza pulsos láser para obtener distancias precisas entre el sensor y los objetos. Esta tecnología se ha vuelto clave en proyectos de levantamientos topográficos y arquitectónicos debido a su capacidad para capturar grandes cantidades de datos con gran precisión. Según Beasy (2015), el uso de Lidar ha revolucionado la topografía, permitiendo la creación de modelos tridimensionales detallados de edificaciones y terrenos, lo cual sería muy difícil de lograr con métodos tradicionales.

2.1.3. NUBES DE PUNTOS

Las nubes de puntos son representaciones digitales compuestas por millones de puntos en el espacio 3D, que provienen de escaneos Lidar. Estas nubes permiten una visualización precisa de las características geométricas de las superficies escaneadas, lo que es vital para la creación de modelos tridimensionales de estructuras como el Edificio C. Al procesar estas nubes en software como Autodesk ReCap, se pueden generar modelos detallados que sirven como base para futuros análisis arquitectónicos, estructurales o de planificación.

2.1.4. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

El BIM es una metodología que integra el diseño y la gestión de proyectos de construcción en una sola plataforma colaborativa, permitiendo la creación de modelos digitales detallados que incluyen información geométrica, estructural y funcional. El uso de tecnología Lidar para crear nubes de puntos es uno de los primeros pasos en la generación de un modelo BIM. En Colombia, a partir de la Estrategia Nacional BIM 2020-2026, se exige su implementación en ciertos proyectos públicos, lo que subraya la importancia de tu proyecto en el contexto de la modernización del sector.

2.1.5. REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA

La realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) son tecnologías emergentes que permiten la visualización inmersiva de proyectos en 3D, proporcionando una experiencia interactiva que ayuda a mejorar la comprensión espacial y funcional de las estructuras modeladas. La integración de estas tecnologías en tu proyecto no solo mejora la presentación visual del modelo del Edificio C, sino que también fomenta un enfoque innovador en la enseñanza y la investigación dentro de las UTS.

2.2. MARCO CONTEXTUAL

Aquí se describe el contexto específico en el que se desarrolla tu proyecto, incluyendo el entorno académico e institucional.

2.2.1. EL EDIFICIO C (UTS)

El Edificio C, construido en la década de los 90, es una de las instalaciones más antiguas y emblemáticas de las UTS. Debido a su antigüedad y su relevancia dentro de la institución, es necesario realizar estudios que permitan su conservación, adecuación y modernización. Al no haber sido construido bajo las normativas sísmicas actuales, como la NSR-10, el análisis detallado de su estructura mediante un modelo tridimensional permitirá identificar áreas de mejora y contribuir a la seguridad y funcionalidad del edificio en futuras expansiones

2.2.2. RELEVANCIA ACADÉMICA

El modelo tridimensional generado a partir del escaneo Lidar del Edificio C será una herramienta educativa fundamental para los programas de Ingeniería Civil, Ingeniería en Topografía e Ingeniería de Sistemas de las UTS. Este proyecto no solo aporta insumos valiosos para la planificación y conservación de la infraestructura, sino que también servirá como base para investigaciones futuras en

temas como simulaciones estructurales, análisis de costos y optimización de recursos

2.2.3. IMPACTO EN LA ENSEÑANZA

La incorporación de tecnologías como Lidar, realidad virtual y BIM en el ámbito académico fortalece la formación de los estudiantes, proporcionándoles herramientas de vanguardia que son ampliamente utilizadas en el sector profesional. El proyecto abre nuevas oportunidades de aprendizaje y desarrollo para los estudiantes, promoviendo un enfoque multidisciplinario y tecnológico que responde a las necesidades del mercado laboral actual

2.3. MARCO LEGAL

Este apartado abarca las normativas, leyes y regulaciones aplicables al proyecto y a la tecnología utilizada.

2.3.1. NORMATIVA SISMORRESISTENTE NSR-10

Dado que el Edificio C fue construido antes de la implementación de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), es crucial realizar estudios estructurales detallados para garantizar que el edificio cumpla con los estándares modernos de seguridad sísmica. La creación de un modelo tridimensional permitirá simular escenarios sísmicos y tomar decisiones informadas sobre futuras intervenciones en el edificio (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2010).

2.3.2. ESTRATEGIA NACIONAL BIM 2020-2026

El Gobierno de Colombia, a través de su Estrategia Nacional BIM, está promoviendo la adopción de la metodología BIM en los proyectos de construcción pública. Desde

2022, se exige que entre el 10% y 25% de los proyectos públicos utilicen BIM, lo que hace que el uso de esta metodología en tu proyecto sea especialmente relevante para alinearse con los estándares nacionales en el sector de la construcción (BIMBAU, 2022).

2.3.3. REGULACIONES SOBRE EL USO DE DRONES Y ESCÁNERES LIDAR

En Colombia, el uso de drones y escáneres Lidar para levantamientos topográficos debe cumplir con las normativas de la Aerocivil (Autoridad de Aviación Civil de Colombia) y otras entidades reguladoras. Aunque tu proyecto utiliza un escáner láser terrestre, es importante mencionar que cualquier levantamiento aéreo o con drones en proyectos similares debe ser aprobado por las autoridades pertinentes para evitar problemas legales (Beasy, 2015).

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- **Descriptiva:** El estudio se centrará en describir el estado actual del Edificio C mediante el levantamiento tridimensional. Esto implica generar un modelo detallado de su estructura, dimensiones y estado físico actual.
- **Aplicada:** Se busca aplicar el conocimiento sobre escaneo láser, procesamiento de nubes de puntos y modelado 3D en una situación concreta para producir un resultado útil para la institución.
- **Exploratoria:** Dado que se planea utilizar tecnologías emergentes como la realidad virtual y la metodología BIM, es posible que esta investigación también explore nuevas formas de visualización y análisis arquitectónico.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

En lugar de personas, el sujeto de estudio es el Edificio C de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS). La muestra, por tanto, se circunscribe a las características físicas y estructurales de dicho edificio, obtenidas mediante los escaneos Lidar.

3.3. MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Escaneo Lidar terrestre:** Se utilizarán escáneres láser para captar datos precisos en forma de nubes de puntos, las cuales serán el insumo principal para la creación del modelo tridimensional.
- **Software especializado:** El uso de Autodesk ReCap para procesar las nubes de puntos y crear el modelo digital del edificio será clave en la etapa de recolección de datos.

3.4. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

- **Análisis geométrico:** Se procesarán los datos obtenidos del escaneo Lidar para identificar dimensiones, y formas
- **Visualización con tecnología virtual:** Al integrar el modelo 3D con software de realidad virtual, se podrán simular distintos escenarios de uso y realizar análisis estructurales más avanzados, complementando los resultados del análisis geométrico.

3.5. TEMPORALIDAD

- **Transversal:** La recolección de datos se realizará en un periodo determinado, que probablemente coincida con las etapas de escaneo, procesamiento y modelado del edificio. No habrá seguimiento a largo plazo, sino que se buscará obtener una "fotografía" detallada de las condiciones actuales del Edificio C.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. PLANEACION

La planeación es una etapa crucial para garantizar la precisión y eficacia del proceso de captura de datos. Nos permite definir claramente los objetivos y el alcance del proyecto, seleccionar el equipo adecuado y establecer un cronograma detallado. Además, la planificación facilita la identificación y mitigación de riesgos, la coordinación de recursos humanos y logísticos y la preparación de toda la documentación necesaria.

4.1.1. ANÁLISIS DEL SITIO

Se involucró la evaluación de las condiciones del lugar y el entorno para asegurar una captura de datos eficiente y precisa. Durante esta fase, se realizó una visita preliminar al sitio para identificar obstáculos físicos, cambios de elevación y puntos de referencia clave. Se evaluaron las condiciones climáticas, la iluminación natural y cualquier posible interferencia electromagnética que pudiera afectar el rendimiento del equipo. La accesibilidad del sitio se analizó para planificar la logística del transporte del equipo y asegurar que se tuvieran los permisos necesarios para operar en las aulas, laboratorios y oficinas administrativas, actividades que fueron coordinadas con nuestro director de proyecto de grado.

Además, se consideró la seguridad del equipo de trabajo mediante la identificación de riesgos potenciales como:

- Físicos: Espacios reducidos, tránsito de personas, desniveles y escaleras.
- Ambientales: Iluminación inadecuada, derrame de fluidos.

- Eléctricos: cables y equipos eléctricos.
- Ergonómicos: Posturas inadecuadas.

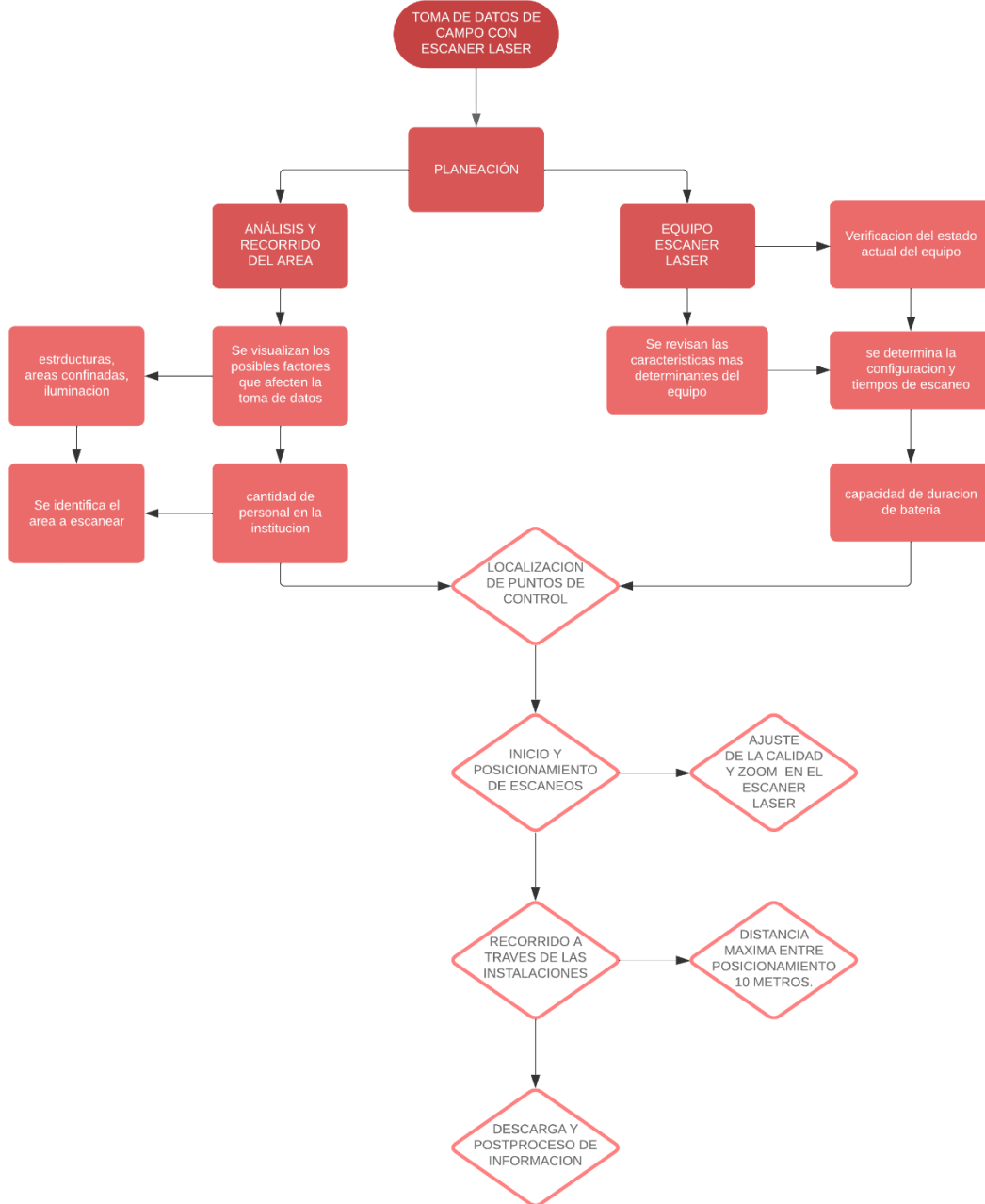
Considerando los riesgos mencionados anteriormente, se decidió realizar la captura de datos de campo en jornadas no estudiantiles para reducir el tránsito de estudiantes. Además, se establecieron las siguientes medidas de mitigación:

- Señalización de las áreas de trabajo.
- Coordinación con las oficinas de administración del edificio.
- Elementos de protección personal.
- Inspección de áreas.

Este análisis exhaustivo permitió anticipar problemas y optimizar la captura de datos, asegurando que todos los factores del entorno se consideraran adecuadamente.

4.2. EJECUCION DE ACTIVIDADES DE CAMPO

Figura 5 Flujo Toma de datos con escáner laser



Fuente: Autor

4.2.1. EQUIPO EMPLEADO EN LA CAPTURA DE LA DATA.

4.2.1.1 Equipo empleado.

Para la realización de los trabajos de campo se utilizó el escáner laser estático de la marca FARO serie FOCUS 3D, para el desarrollo de las actividades propuestas, El cual funciona emitiendo un haz de luz láser desde un espejo giratorio hacia el área que se escanea, Entonces la unidad distribuye el haz de luz láser a un rango vertical de 300 y un rango horizontal de 360. El haz de laser luego es reflejado nuevamente hacia el escáner por los objetos que encuentra en su camino. Después se calcula la distancia a los objetos que definen un área y también sus respectivos ángulos verticales y horizontales. Los datos son capturados y transmitidos vía WLAN para el cálculo de reproducciones 3D precisas. (Inc., 2013).

Figura 6 Escáner Laser utilizado

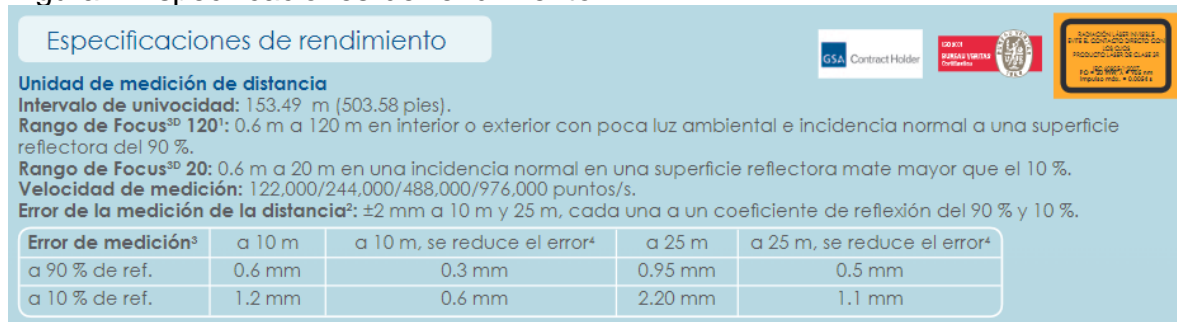


Fuente: Autor

4.2.1.2 Características y especificaciones

El Focus 3D es un escáner laser 3D de alta velocidad para documentar y medir en forma detallada. Con la pantalla táctil para controlar los parámetros y las funciones de escaneo, utiliza tecnología láser para crear imágenes tridimensionales increíblemente detalladas de entornos complejos y geometrías de gran escala en tan solo algunos minutos. La imagen que crea es un conjunto de millones de puntos de medición 3D que brindan una reproducción digital exacta de condiciones existentes.

Figura 7 Especificaciones de rendimiento



Fuente: Manual de características, beneficios y especificaciones técnicas FARO.

4.2.2. GEORREFERENCIACIÓN.

Para este capítulo, y en función del alcance de este trabajo de grado, se establecieron tres metodologías de amarre destinadas al control y ajuste de los escaneos realizados. Estas metodologías tuvieron como objetivo garantizar la precisión y la coherencia de los datos geoespaciales obtenidos. Para lograrlo, se materializaron una serie de referencias distribuidas a lo largo y ancho del área de estudio, lo que permitió una mejor correlación entre los distintos escaneos y facilitó el proceso de alineación y consolidación de toda la nube de puntos.

Las referencias establecidas se categorizaron de la siguiente manera: cada categoría se diseñó para abordar diferentes aspectos de la georreferenciación y la calidad de los datos. Esta clasificación no solo optimizó el proceso de amarre, sino que también proporciono un marco claro para la evaluación de los resultados. De este modo, se garantizó que los escaneos no solo sean precisos, sino que también se integraran de manera efectiva en el análisis geoespacial que se llevó a cabo en las etapas posteriores del proyecto.

4.2.2.1 Vértices principales.

Primeramente, se inició el proceso con la materialización de un par de referencias físicas fijas en la parte exterior del edificio C de las Unidades Tecnológicas de Santander, conocido como TEKNÉ. Estas referencias sirvieron como punto de partida para la captura de la geo-información, a las cuales se les asignaron coordenadas arbitrarias. La elección de este sitio estratégico facilito el inicio de la captura y la posterior alineación de los escaneos, garantizando un marco de referencia sólido para el proyecto.

Figura 8 Acceso principal edificio C TEKNÉ



Fuente: Propia

Figura 9 Vértice principal 01 materializado al costado oriental edificio Tekné



Fuente: Propia

Figura 10 Vértice principal 02 materializado al costado occidental edificio Tekné

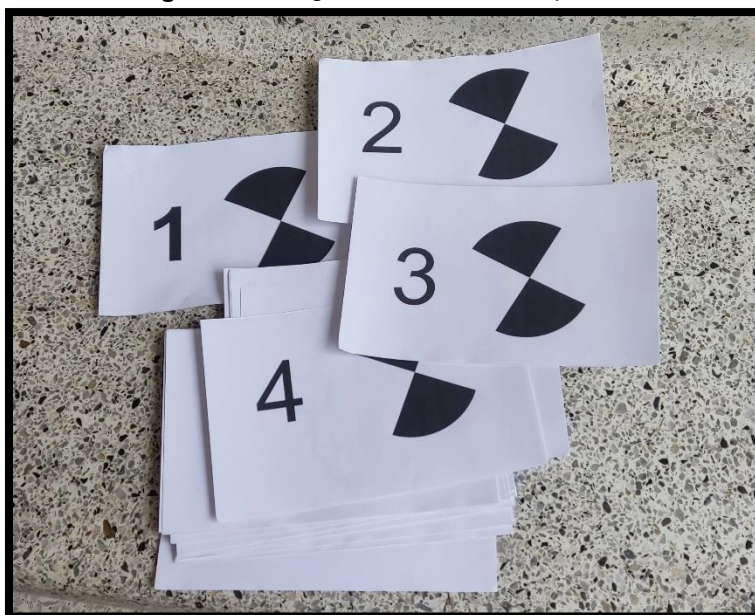


Fuente: Propia

4.2.2.2 Vértices Secundarios.

Estas referencias fueron empleadas para marcar los inicios y culminaciones de las jornadas de campo en el interior de la planta física, son comúnmente conocidas dentro de gremio como targets. Estas consisten en señales impresas sobre una hoja de papel contacto, dispuestas en forma circular con un diseño tipo ajedrezado en color negro. Cada target esta numerado de forma consecutiva, lo que nos facilitó su identificación durante las distintas etapas del proceso. Estas referencias fueron diseñadas para ser fácilmente identificadas por el escáner, lo que nos aseguró la precisión en el registro de los datos y nos facilitó el correcto empalme en la captura de los datos de diferentes jornadas de trabajo.

Figura 11 targets secundarios empleados



Fuente: Elaboración propia

Figura 12 target materializado en el acceso principal del edificio TEKNÉ



Fuente: Propia

Figura 13 otro ejemplo de target materializado



Fuente: propia

En la imagen se puede apreciar el target número 9, materializado en la parte superior de la escuadra del muro, ubicado en el centro de la fotografía. Justo enfrente, fue colocada la referencia número 10. Estas referencias fueron materializadas en ese punto de intersección, debido a que el estudio topográfico continuaba por el pasillo hacia el fondo. La ubicación precisa de los targets nos permitió mantener una clara delimitación de las áreas de estudio.

Los targets facilitaron el amarre de los datos entre los diferentes niveles y áreas, garantizando la precisión en el consolidado del modelo tridimensional, permitiendo que las mediciones posteriores fueran consistentes con las realizadas previamente en la planta baja.

4.2.2.3 VÉRTICES TERCIARIOS.

Los vértices terciarios, son representados por esferas de referencia móviles, fueron esenciales para garantizar la continuidad en el estudio topográfico durante los distintos estacionamientos. La metodología aplicada consistió en dejar un mínimo de dos referencias comunes entre cada estacionamiento y así garantizar un amarre sólido y que las mediciones fueran consistentes.

La precisión en este proceso no solo nos permitió mantener la continuidad del estudio, sino que también evito posibles errores o desfases en la generación del modelo final, contribuyendo esta red de amarres móviles a obtener resultados fiables y precisos.

Figura 14 Esferas de referencia



Fuente: propia

La esfera de referencia es una esfera empleada para estudios con escáner laser hecha de un plástico especial similar al carbono con una base magnética, con una superficie distintiva para lograr excelentes propiedades reflectantes. (LTDA., s.f.)

Figura 15 Esferas de referencia instaladas.



Fuente: Propia

Figura 16 Esferas de referencia instaladas



Fuente: Propia

4.2.3. POSICIONAMIENTO.

Antes de iniciar con la captura de la información de campo en un estudio topográfico bajo esta metodología, el posicionamiento del escáner resulta ser fundamental. Este

proceso estuvo directamente relacionado con las fases de planificación y análisis del sitio, ya que fue fundamental ubicar el escáner en puntos estratégicos que nos permitieran captar la mayor cantidad posible de detalles del entorno y minimizar los puntos ciegos.

El escáner se alineo con las referencias fijas y móviles, como targets o vértices materializados, lo que facilito la correcta integración de las diferentes nubes de puntos generadas en cada posición.

Figura 17 Posicionamiento del escáner para el detalle de aulas



Fuente: Propia

El posicionamiento de un escáner es similar al de una estación total electrónica, El proceso comienza con la instalación del trípode, extendiendo sus patas para garantizar una mayor estabilidad. A diferencia del trípode de una estación total, las puntas del escáner están recubiertas de goma, lo que facilita su estabilidad en superficies lisas. Una vez colocado el trípode se procede al montaje del escáner, que cuenta con un sistema de articulación rápida para facilitar su fijación.

Finalmente es fundamental nivelar el equipo centrando el ojo de pollo al centro de la referencia, asegurando así la precisión en las mediciones.

4.2.4. AJUSTES DEL ESCÁNER.

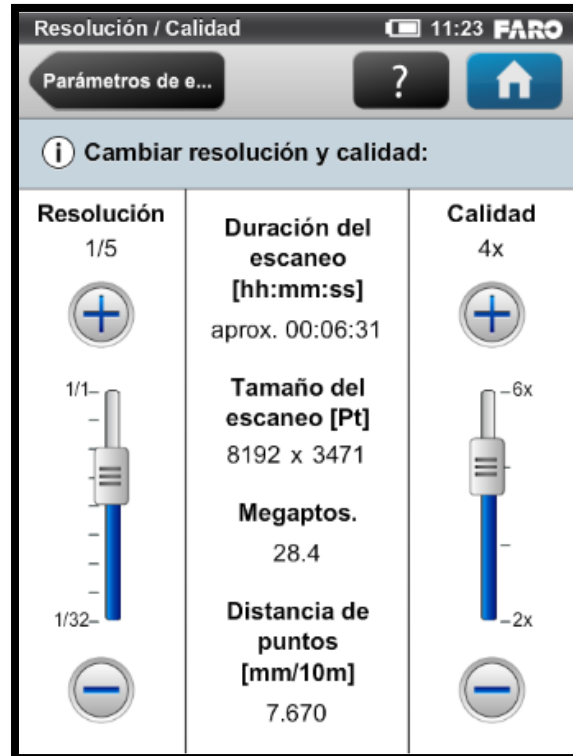
Al posicionar el escáner y encenderlo, fue necesario configurar el perfil de escaneo, el cual incluye parámetros como la resolución, calidad, el rango de escaneo, la selección de sensores y los ajustes de color que serían utilizados a lo largo del desarrollo de todo el trabajo de grado.

4.2.4.1 RESOLUCIÓN Y CALIDAD.

La resolución se refiere al nivel de detalle que puede capturar el equipo durante el proceso de escaneo, se puede elegir entre 1/1, 1/2, 1/4, 1/5, 1/8, 1/10, 1/16, 1/20 y 1/32. En cuanto mayor sea la resolución más finos serán los detalles recogidos en el modelo escaneado, así como mayor será la duración de la captura y mayor será el tamaño del archivo. Para nuestro proyecto fue trabajada la resolución 1/5.

La calidad se refiere a precisión con la que el escáner captura la información del área en estudio, una mayor calidad implica una representación más exacta de las texturas, formas y colores, lo cual puede requerir de un mayor tiempo de procesamiento y mayor duración en el escaneo, oscila en un rango entre 1X y 6X. Para nuestro proyecto fue seleccionada para trabajar en calidad 1X.

Figura 18 Configuración de la resolución y calidad

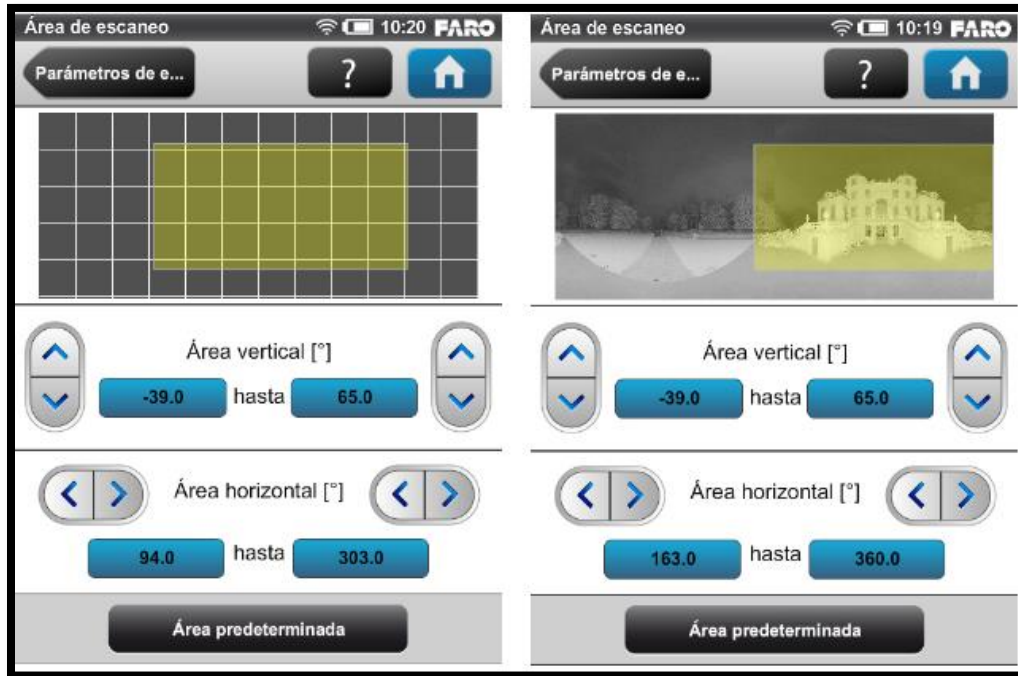


Fuente: (FARO, 2013)

4.2.4.2 RANGO DE ESCAÑO.

Se refiere a la distancia máxima y mínima a la que el escáner laser puede capturar datos con precisión. Un rango de escaneo mayor permite capturar objetos más grandes o desde distancias más amplias, mientras que un rango menos es ideal para detalles más finos en objetos pequeños. Para el proyecto se mantuvieron los valores predeterminados del equipo, ya que estos parámetros se ajustaban adecuadamente para las condiciones de entorno y proporcionaban el nivel de detalle necesario para interiores.

Figura 19 Configuración del rango de escaneo.



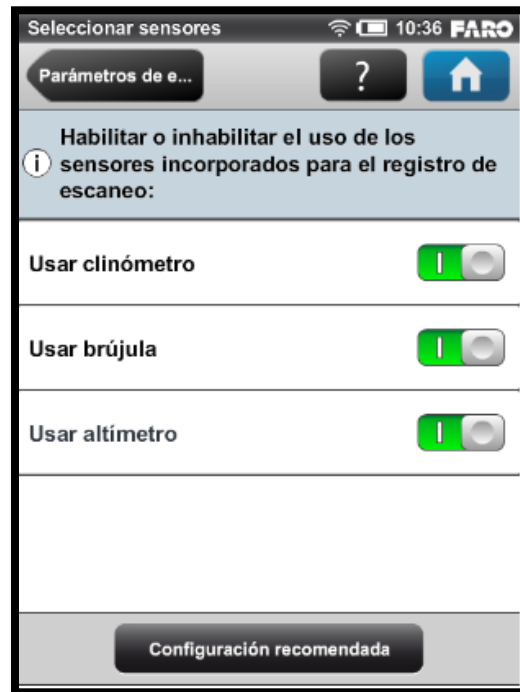
Fuente: (FARO, 2013).

4.2.4.3 SELECCIÓN DE SENSORES.

El escáner laser faro focus 3d, está equipado con una serie de sensores integrados que optimizan el proceso de captura de datos geoespaciales, permitiendo obtener información precisa y en tiempo real. Entre estos se incluyen la brújula, el altímetro y el clinómetro, cada uno cumple una función específica. La brújula nos permite orientar los escaneos en función de los puntos cardinales, el altímetro mide la altura relativa del escáner y el nivel del suelo y el clinómetro registra la inclinación del escáner, garantizando que las capturas se realicen desde ángulos correctos, evitando así posibles distorsiones al modelo 3D.

Para nuestro proyecto fueron seleccionados los tres sensores lo que nos permitió que el equipo capturara geo-información de manera rápida, precisa y eficiente al integrar la brújula, el altímetro y el clinómetro.

Figura 20 Selección de los tres sensores.



Fuente: (FARO, 2013)

4.2.4.4 AJUSTES DE COLOR

Al activar la opción de color, el sensor RGB integrado que tiene el escáner, captura las fotografías a color de acuerdo con la resolución y calidad establecida, esta configuración nos permite obtener, tras el procesamiento, una nube de puntos consolidada en color lo que facilita el análisis e interpretación de la información geoespacial.

Esta opción fue activada de manera indiscutible dentro del perfil personalizado, ya que el alcance de nuestro proyecto es generar un producto de calidad que permitan

ser utilizados como insumos para la implementación de estas tecnologías en los proyectos de construcción.

Figura 21 Activación de escaneo con color



Fuente: (FARO, 2013)

4.2.5. CAPTURA DE LA ZONA DE INTERÉS.

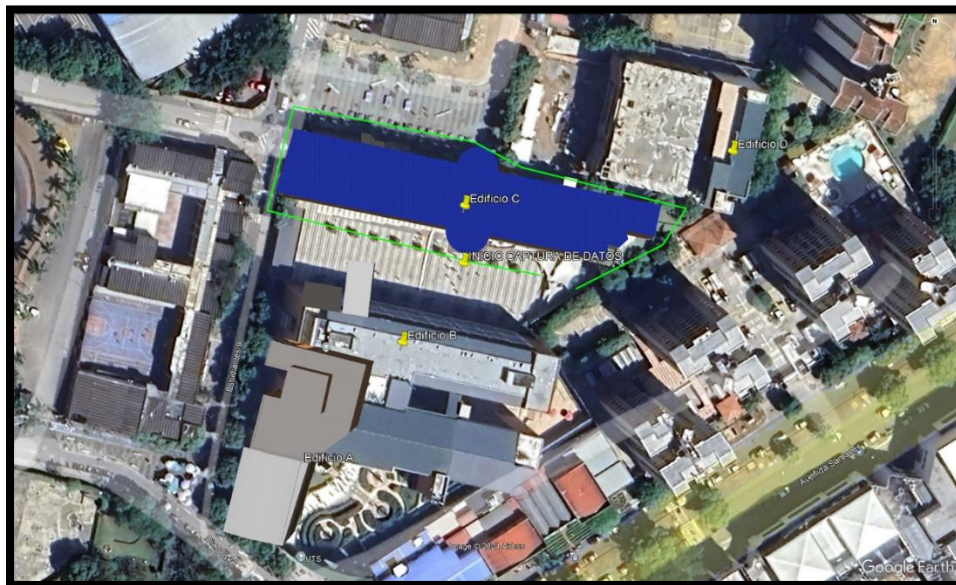
Iniciamos el recorrido por el exterior del edificio TEKNE, enfocándonos en los vértices principales descritos en el capítulo 4.2.2.1 y la entrada principal del edificio. Distribuimos las esferas de referencia de manera que nos permitieran avanzar con fluidez, habiendo ya definido los ajustes y el perfil de escaneo. Así, iniciamos con el primer punto de estacionamiento.

Figura 22 Estacionamiento de escaner laser



Fuente: Autor

Figura 23 localización Edificio C



Fuente: Autor

Asimismo, fue necesario materializar cuatro vértices de control secundarios en el módulo de acceso principal del edificio para poder continuar, en una próxima jornada de campo, con el levantamiento de la geo información en la planta del primer

piso. Esto nos permitió enlazar el levantamiento de la parte exterior con el inicio de la captura de datos en el interior del edificio.

Figura 24 Punto de control en acceso al edificio C



Fuente: Autor

Figura 25 Punto de control en acceso principal



Fuente: Autor

Figura 26 Posicionamiento de Escaner Costado oriental



Fuente: Autor

En total, se realizaron 20 estacionamientos a lo largo de todo el perímetro de la planta física del edificio C. Se emplearon 6 esferas de referencia móviles, también conocidas como vértices de control terciarios, de las cuales 3 se ubicaron detrás del equipo en puntos estratégicos, manteniendo una distancia máxima de 15 metros. Las otras 3 esferas se colocaron de forma similar delante del equipo, lo que asegura la trazabilidad y el correcto empalme entre los estacionamientos.

Figura 27 Posicionamiento Escaneo Costado Norte



Fuente: Autor

Una vez concluido el levantamiento del exterior del edificio, retomamos las actividades en el módulo de acceso principal, utilizando los vértices de control secundarios previamente materializados. Desde estos puntos, comenzamos a levantar la información correspondiente a los pasillos de circulación, ingresando también en todas las aulas de clases. Para garantizar la cobertura total del levantamiento, se dio prioridad a registrar cada uno de los espacios del edificio, asegurando la correcta captura de datos en cada área.

En cuanto a las áreas administrativas y laboratorios, fue necesario coordinar de forma anticipada la autorización de ingreso. Este proceso se llevó a cabo con el apoyo de nuestro coordinador de trabajo de grado, quien se encargó de gestionar las solicitudes correspondientes. Enviamos un comunicado a las coordinaciones de las distintas disciplinas, informando sobre las actividades que se estaban realizando. En dicho comunicado, se resaltó la importancia de obtener una captura precisa y completa de la planta física del edificio, destacando que la geo-información obtenida sería fundamental para el desarrollo de futuros proyectos y estudios.

es importante mencionar que, gracias a la colaboración de las coordinaciones y al trabajo organizado, se logró el acceso a la gran mayoría de aulas sin mayores inconvenientes. Este acceso oportuno nos permitió avanzar con el escaneo de las zonas más técnicas, como laboratorios y oficinas administrativas, las cuales son esenciales para tener una visión integral de la infraestructura.

Finalmente se lograron realizar 150 estacionamientos en el interior del edificio, en sus tres plantas y sótano, estas jornadas de trabajo resultaron claves para la continuidad del proyecto, pues consolidamos una base de datos precisa que servirá de soporte para los análisis futuros, asegurando que la planta física del edificio ha sido registrada con la mayor precisión posible.

Figura 28 Escaner en laboratorios



Fuente: Autor

Figura 29 Escaner en laboratorios

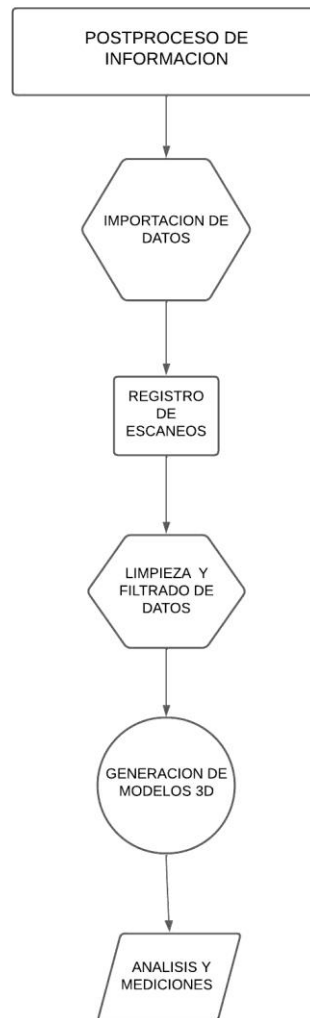


Fuente: Autor

4.3. POSTPROCESO DE INFORMACION

Para el tratamiento de la información se utilizó el software Autodesk Recap en el cual mediante la importación de los escaneos laser se realiza la transformación de los datos capturados en campo en modelos 3d precisos, creando una nube de puntos lista para ser utilizada en aplicaciones como AutoCAD, Civil 3d, Revit o infraworks, para esto realizamos el siguiente flujo general:

Figura 30 Flujo general postproceso de información



Fuente: Autor

4.3.1. IMPORTACION DE DATOS

El primero paso que se realizó fue descargar la información desde el equipo Faro Focus desde su memoria externa (microSD) al computador donde se va a realizar el postproceso, para ello se utilizó un adaptador con salida a puerto USB. Los archivos que se extraen del dispositivo laser fueron los siguientes:

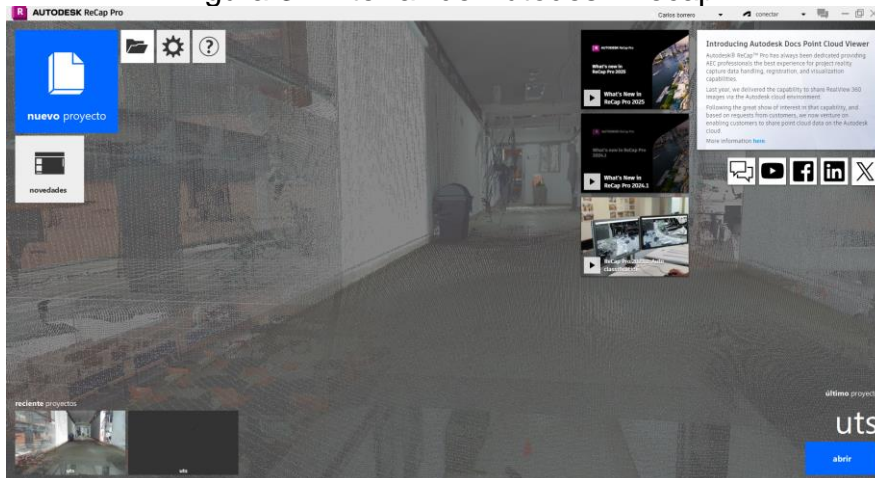
Figura 31 Ficheros de escaneos realizados

Nombre	Fecha de modificación	Tipo
RawScans	19/08/2023 12:54 p. m.	Carpeta de archivos
Revisions	19/08/2023 12:54 p. m.	Carpeta de archivos
Uts000.fls	19/08/2023 12:54 p. m.	Carpeta de archivos
Uts001.fls	19/08/2023 12:54 p. m.	Carpeta de archivos
Uts002.fls	19/08/2023 12:54 p. m.	Carpeta de archivos
Uts003.fls	19/08/2023 12:54 p. m.	Carpeta de archivos
Uts004.fls	19/08/2023 12:54 p. m.	Carpeta de archivos
Uts005.fls	19/08/2023 12:54 p. m.	Carpeta de archivos

Fuente: Autor

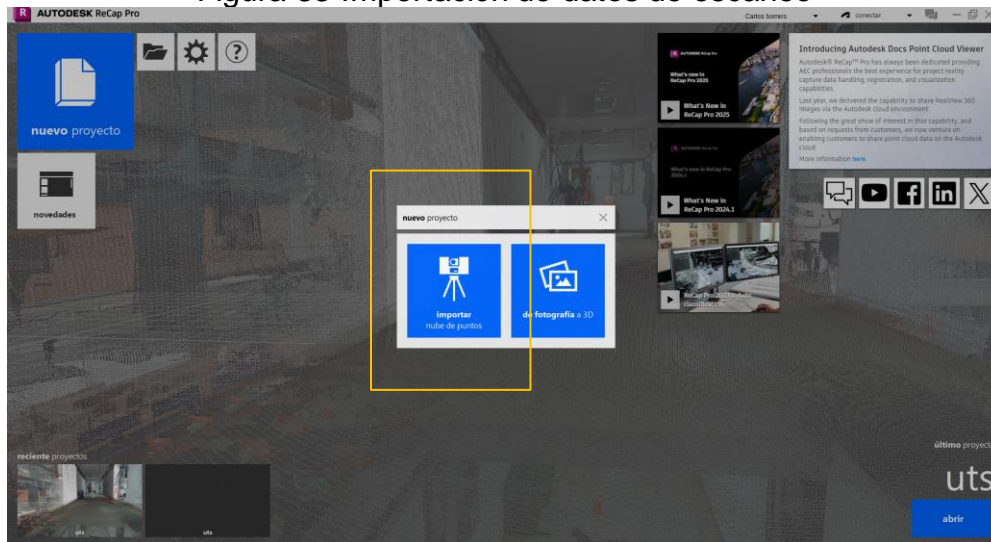
Cada carpeta con extensión .FLS corresponde a cada estacionamiento que se realizó durante las actividades de campo, generando así para el proyecto un total de 186 escaneos. Estos archivos son los requeridos por el software Recap para proceder con el registro y unificación de estacionamientos.

Figura 32 Interfaz de Autodesk Recap



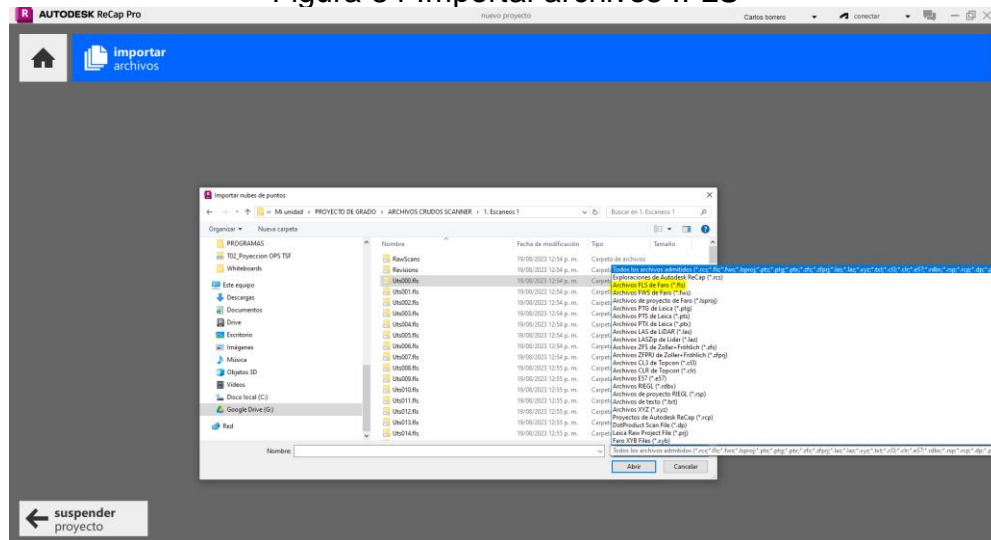
Fuente: Autor

Figura 33 Importación de datos de escaneo



Fuente: Autor

Figura 34 Importar archivos .FLS



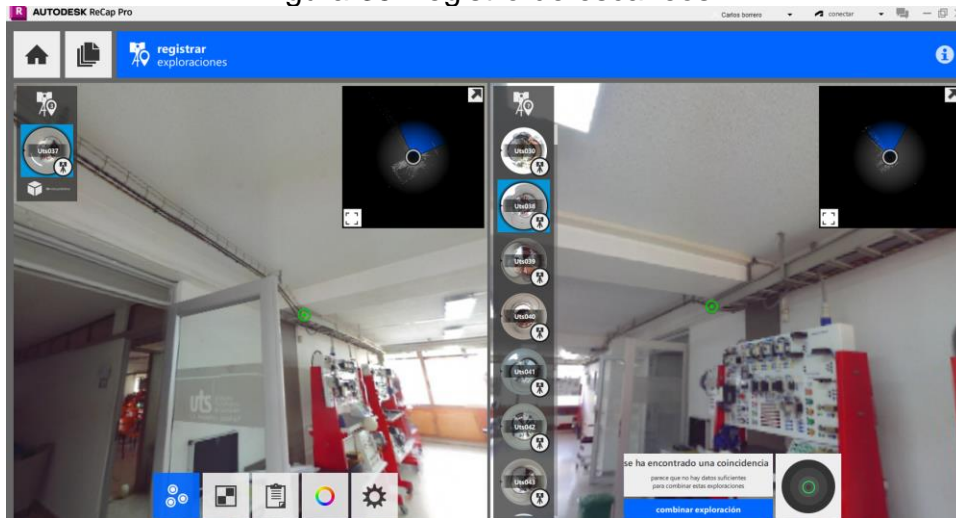
Fuente: Autor

En algunos casos es necesario extraer los ficheros de los escaneos desde el software original del dispositivo Laser para luego así importarlos en Recap. Y obtener la totalidad de la información, ya que puede que no se lleguen a observar los puntos en RGB.

4.3.2. REGISTRO DE ESCANEOS

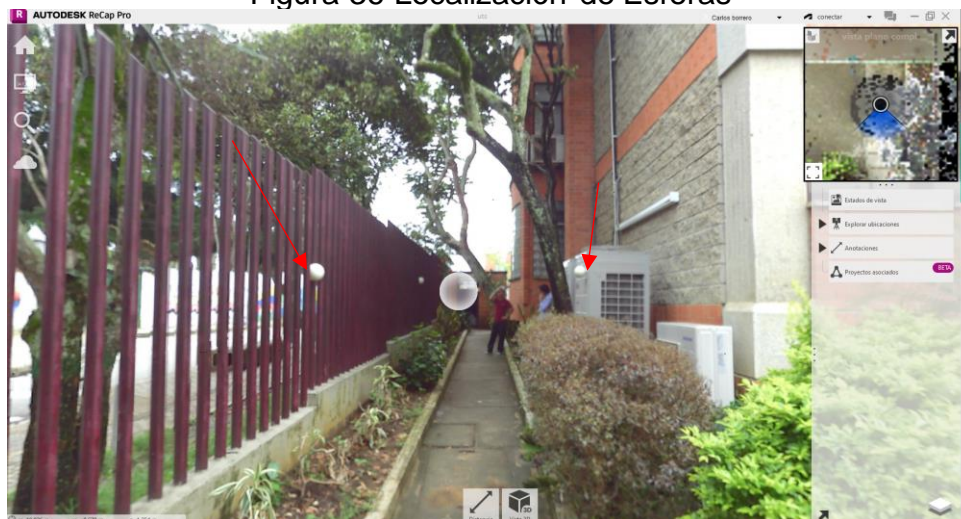
Se puede decir que este es uno de los pasos más importantes o críticos. Los datos de los diferentes estacionamientos se alinean y se unifican generando un solo entorno del área escaneada. Recap permite realizar un registro automático o manual, para el proyecto fue necesario realizar el registro de manera manual.

Figura 35 Registro de escaneos



Fuente: autor

Figura 36 Localización de Esferas



Fuente: autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Para obtener mejores resultados en el registro de escaneo es necesario haber realizado de manera correcta los posicionamientos, es decir ubicar el dispositivo asegurando la suficiente superposición y de esta manera se facilita mucho el registro automático ya que se encuentran puntos en común para la alineación de los escaneos.

Otros procedimientos que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el registro:

- Usar puntos bien definidos (marcas en la pared, targets, las esferas, etc.)
- Utilizar o solo los escaneos que sean necesarios, es decir, no usar los que generen un volumen de datos grande, aunque Recap es capaz de optimizar grandes cantidades de datos.
- Verificar la precisión y el alineamiento de los escaneos.
- Recap ofrece ajustar la configuración de resolución mientras se realiza el registro. Trabajar con una resolución baja mientras se hace el registro para optimizar el rendimiento y no comprometer el resultado final.
- La última y no menos importante, guardar versiones intermedias. Realizando copias de la carpeta donde se compile el Proyecto.

4.3.3. LIMPIEZA Y FILTRADO DE DATOS

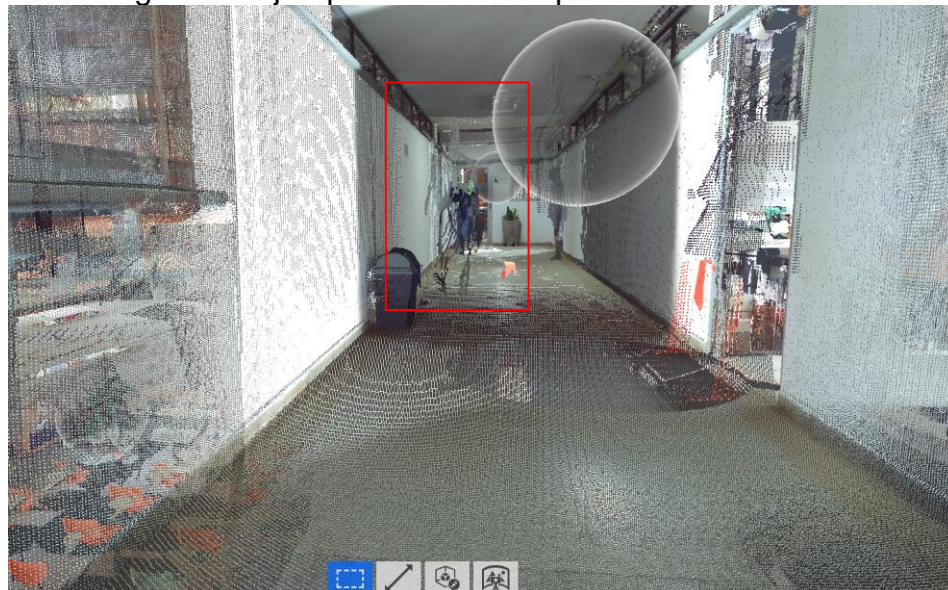
Se debe eliminar los puntos redundantes, o también conocido como ruido o datos que no nos interesan o que no muestran el objetivo principal del escaneo

Figura 37 Ejemplo de ruido o puntos no necesarios



Fuente: Autor

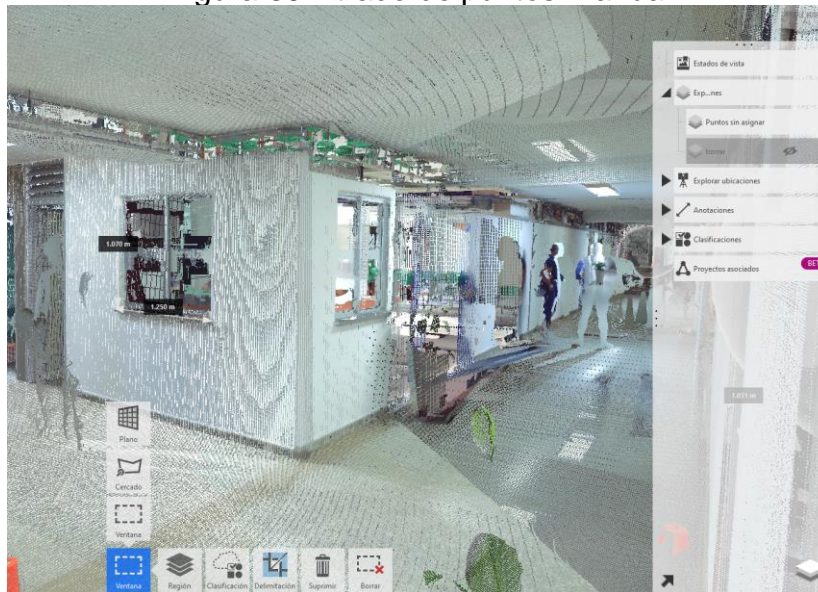
Figura 38 Ejemplo 2 de ruido o puntos no necesarios



Fuente: Autor

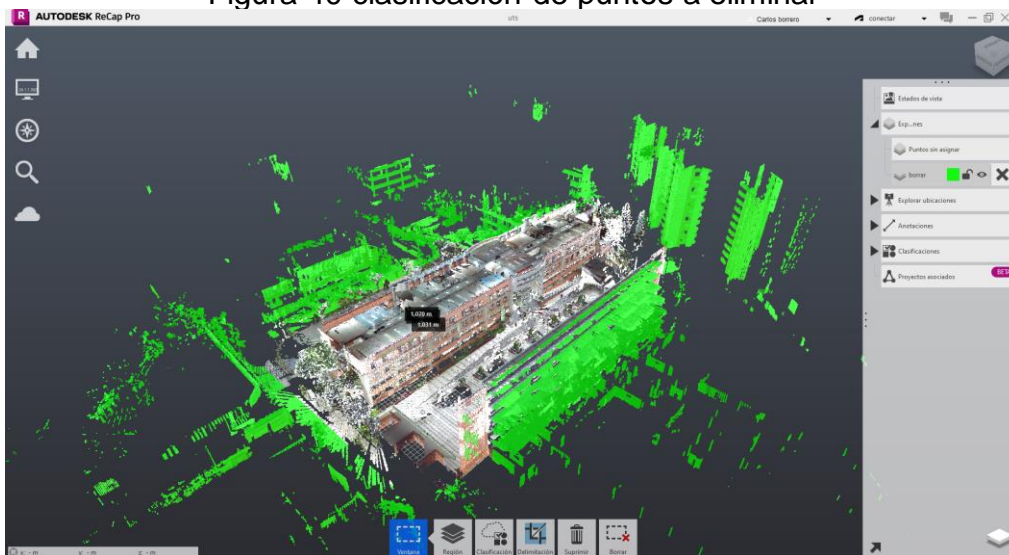
Para adquirir un filtrado de puntos, Recap ofrece herramientas de selección manual, entre ellas (selección rectangular, Fence, poligonal, selección por distancia), de esta manera se puede clasificar la nube de puntos y asignar a una capa de puntos No deseados, los cuales a criterio del encargado se eliminarán.

Figura 39 filtrado de puntos manual



Fuente: Autor

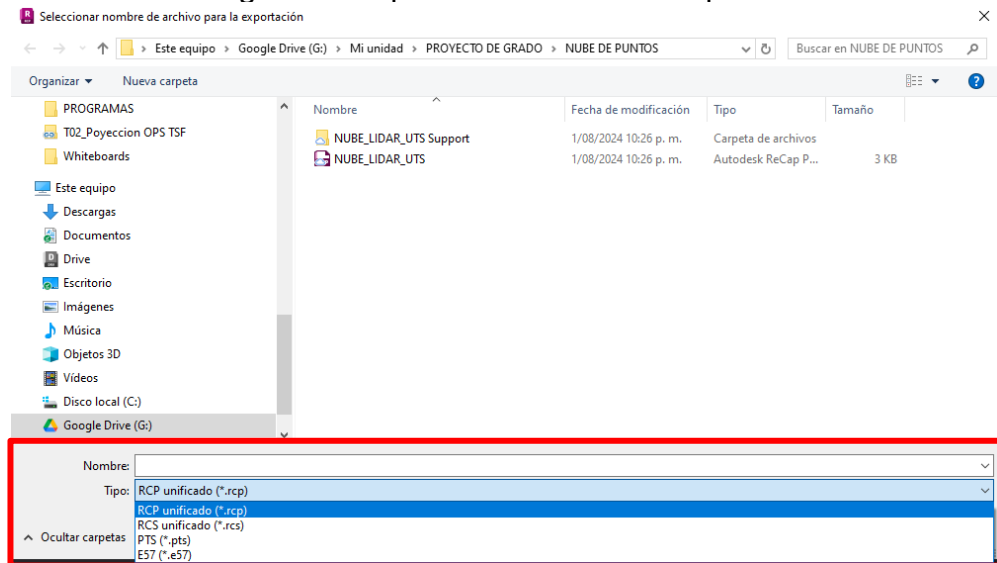
Figura 40 clasificación de puntos a eliminar



Fuente: Autor

Una vez este clasificado de manera de manera estricta la nube de puntos se procede a la exportación de la nube de puntos refinada, para esto el software permite exportar en los formatos:

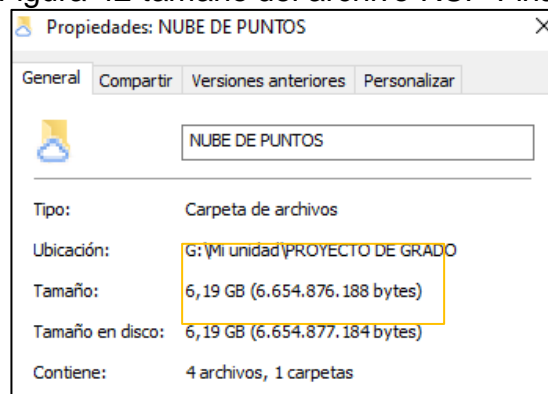
Figura 41 exportación de Nube de puntos



Fuente: Autor

Para el proyecto se obtuvo una nube densa no tan pesada, ya que el modelo se generó en calidad de baja resolución:

Figura 42 tamaño del archivo RCP Final



Fuente: Autor

4.3.4. GENERACION DE MODELOS 3D

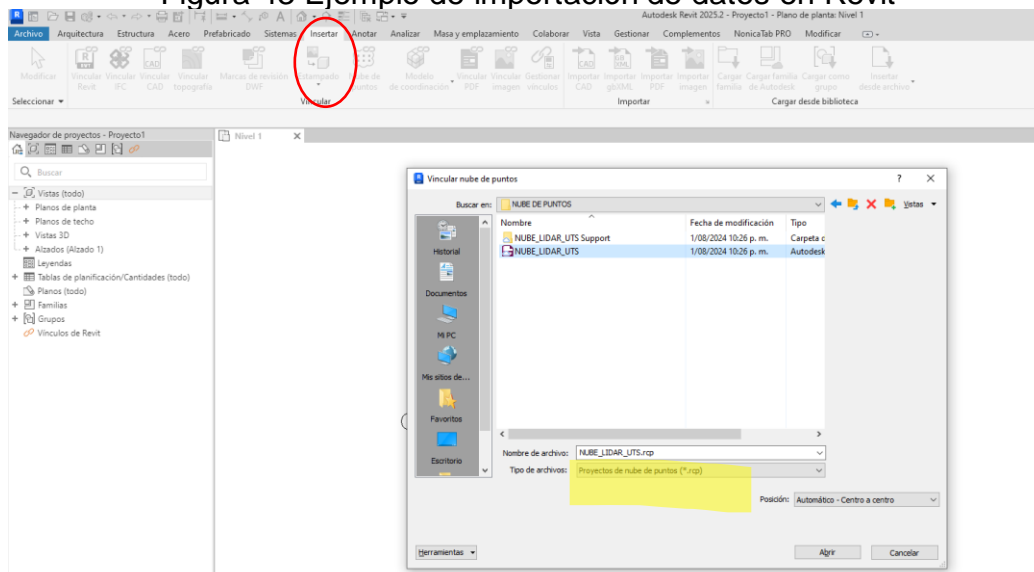
Para la generación de modelo 3d es necesario exportar en formatos como -rcs o .rcp, a otros programas compatibles como Revit, AutoCAD, para crear mallas, superficies o modelos paramétricos más detallados.

Revit: Facilita la creación de modelos BIM (Building Information Modeling), permitiendo trabajar con modelos paramétricos y hacer simulaciones y análisis estructurales más precisos.

AutoCAD: Ofrece herramientas para modelar superficies y geometrías tridimensionales a partir de la nube de puntos, adecuando el modelo según las necesidades del proyecto.

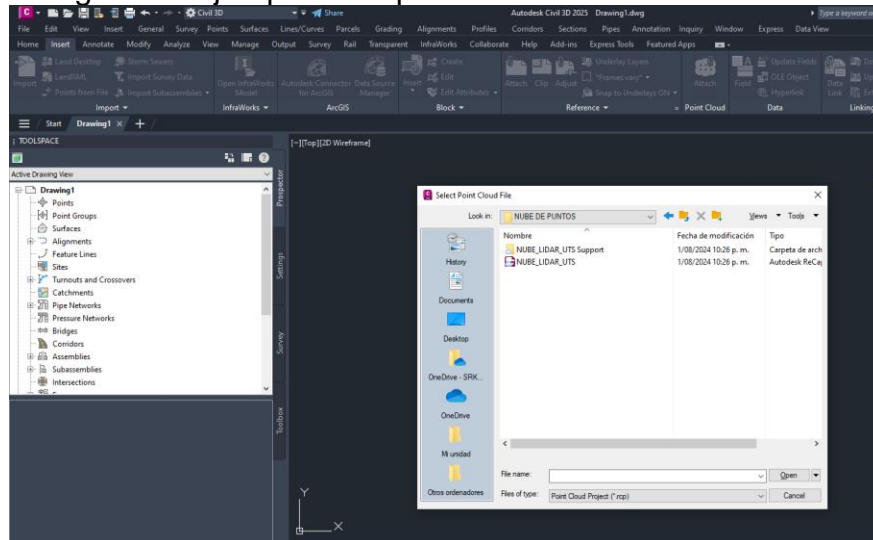
El uso de estos formatos también asegura que la información escaneada sea fácilmente reutilizable y compatible con flujos de trabajo colaborativos, donde varias disciplinas pueden trabajar sobre el mismo modelo.

Figura 43 Ejemplo de importación de datos en Revit



Fuente: Autor

Figura 44 Ejemplo de importación de datos en AutoCAD



Fuente: Autor

4.3.5. ANALISIS Y MEDICIONES

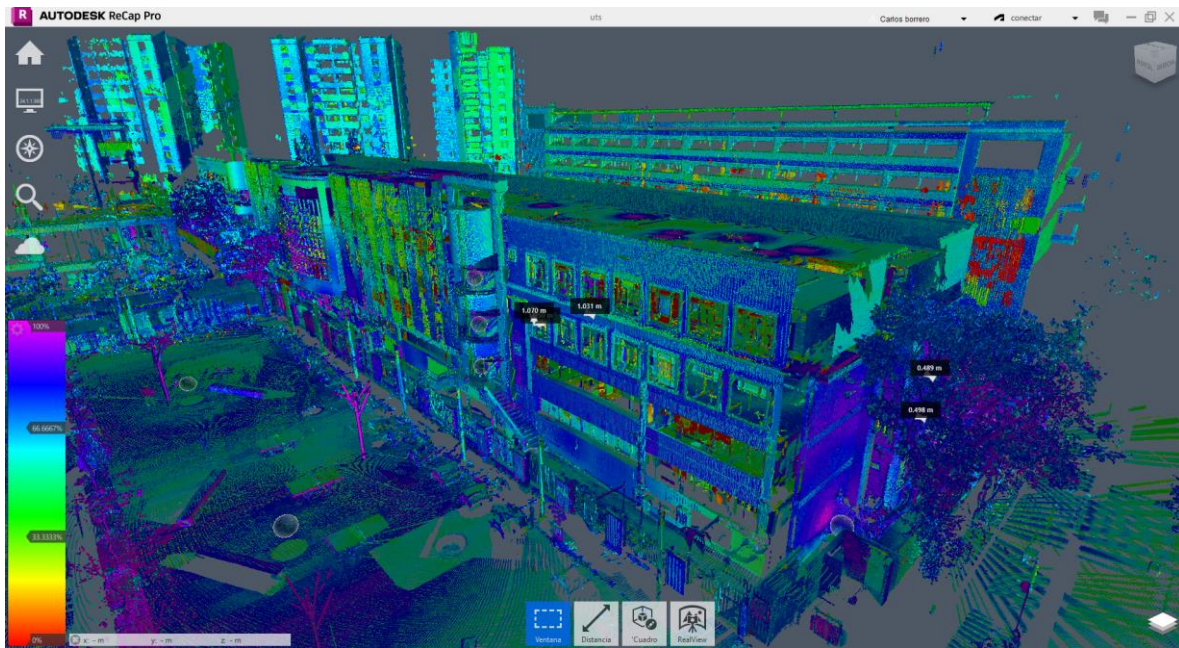
Para revisar mediciones o dimensiones arquitectónicas es posible hacerlo desde diferentes softwares compatibles con manejo de datos de nube de puntos. En Recap podemos hacer mediciones dentro de una imagen tridimensional como se muestra en el siguiente ejemplo:

Figura 45 Medición de columna



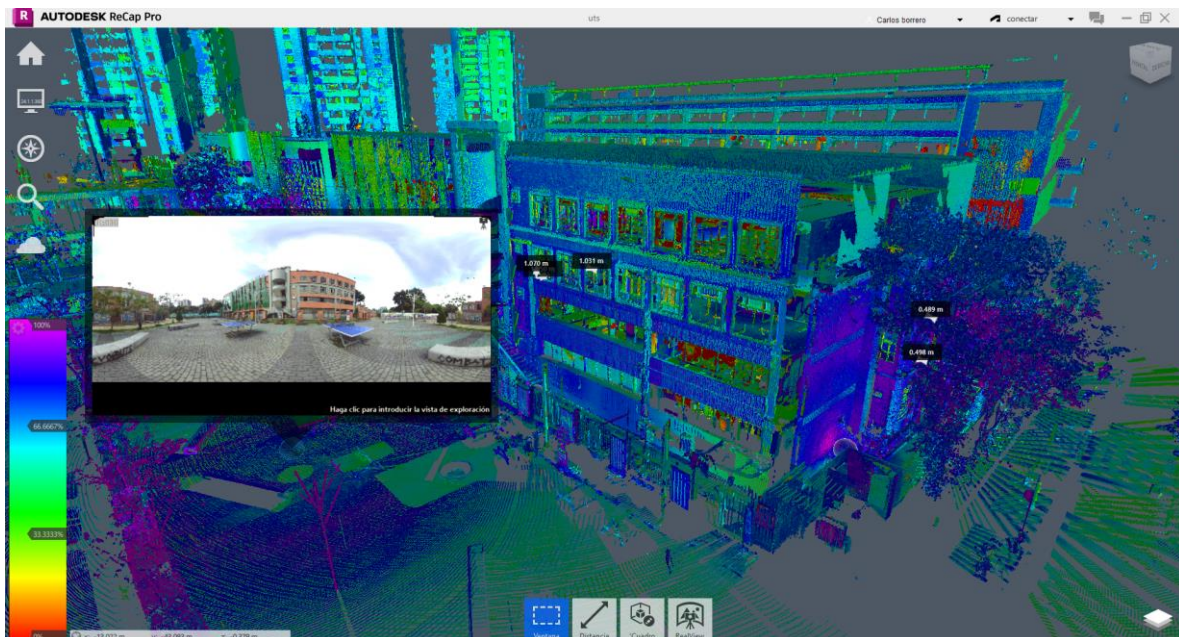
Fuente: Autor

Figura 46 Análisis de intensidad



Fuente: Autor

Figura 47 visualización de imágenes en 360°



Fuente: Autor

4.3.6. VISUALIZACIÓN EN REALIDAD VIRTUAL

4.3.6.1 IMPORTACIÓN DE MODELOS A PROSPECT VR PARA VISUALIZACIÓN EN REALIDAD VIRTUAL

Prospect VR es una herramienta de realidad virtual diseñada para visualizar modelos arquitectónicos, de ingeniería o cualquier estructura tridimensional generada a partir de software CAD o BIM. Esta herramienta permite a los usuarios experimentar sus diseños en un entorno inmersivo, lo que facilita la revisión, colaboración y presentación de proyectos en 3D.

A continuación, se describen los pasos para importar modelos a Prospect VR:

Preparación del Modelo 3D: Antes de importar el modelo a Prospect VR, asegúrate de que está en un formato compatible y optimizado para una experiencia fluida en VR. Los formatos más comunes que admite Prospect VR son:

- FBX
- OBJ
- Revit (RVT)
- SketchUp (SKP)

Si trabajas con nubes de puntos o mallas generadas a partir de software como Autodesk ReCap, asegúrate de exportar el archivo en un formato compatible.

Optimización del Modelo: Para garantizar una experiencia fluida en realidad virtual, es recomendable reducir la cantidad de polígonos y asegurarse de que los materiales y texturas estén bien aplicados. Modelos excesivamente detallados pueden causar una visualización lenta o errores al importar.

Importación a Prospect VR: Una vez que el modelo esté listo, sigue estos pasos para importarlo:

- Abre Prospect VR en tu equipo de escritorio.
- En la pantalla principal, selecciona la opción de "Importar Modelo" (Import Model).
- Selecciona el archivo en el formato adecuado desde tu explorador de archivos.
- Prospect VR cargará el modelo en su espacio de trabajo, donde podrás realizar ajustes básicos como la escala, la orientación y la posición inicial.

Configuración y Navegación en VR: Con el modelo cargado, podrás comenzar a navegar por el entorno en realidad virtual. Prospect VR permite visualizar el modelo con cascos VR como Oculus Rift, HTC Vive, o cualquier otro dispositivo compatible.

- Asegúrate de tener los controladores bien configurados para desplazarte y manipular el entorno.
- Si es necesario, puedes ajustar las propiedades del modelo en Prospect VR, como la iluminación, las sombras, y otros detalles que mejoren la calidad visual en VR.

Presentación del Modelo Prospect VR también permite a los usuarios invitar a colaboradores o clientes para realizar recorridos compartidos dentro del modelo en tiempo real, lo que mejora la capacidad de revisión y comunicación del proyecto. Esto es especialmente útil en proyectos de ingeniería y arquitectura, donde las revisiones colaborativas en un entorno inmersivo pueden ayudar a identificar problemas o mejorar diseños antes de la construcción.

5. RESULTADOS

5.1. RENDIMIENTOS ESTIMADOS

A continuación, se muestra una tabla básica que refleja el rendimiento estimado para el trabajo realizado en la toma de datos del edificio C:

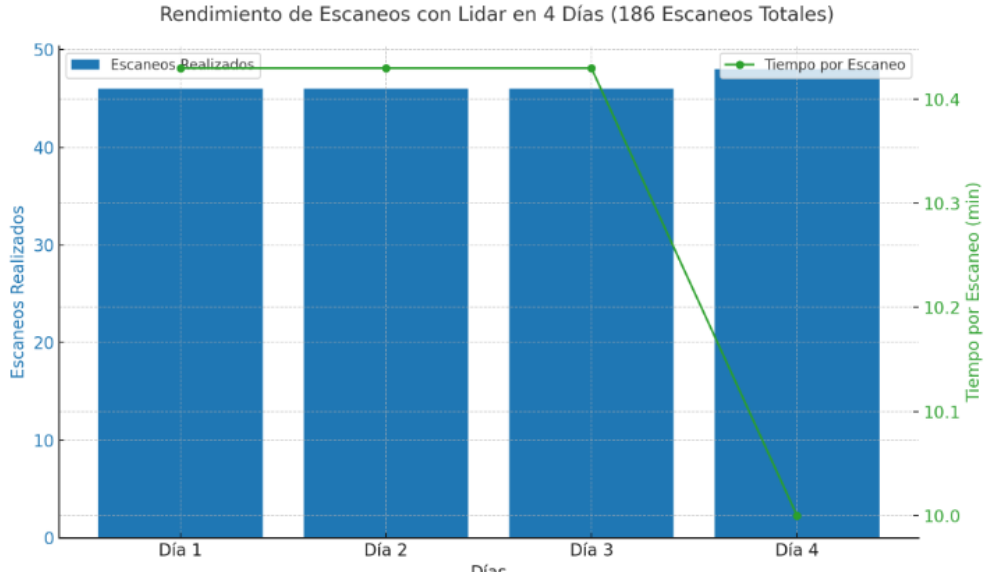
Tabla 1 tabla de rendimientos estimados

Día	Numero de escaneos	Horas de trabajo	Escaneos por hora	Tiempo promedio por escaneo (min)
Día 1	46	8	5.75	10.43
Día 2	46	8	5.75	10.43
Día 3	46	8	5.75	10.43
Día 4	48	8	6.00	10.00
Total	186	32h	5.81	10.31 min por escaneo

Notas:

- Este cálculo de rendimiento se da teniendo configurado el Scanner laser en Calidad 1x.
- El cálculo se realiza teniendo en cuenta que el equipo contaba con una sola batería.

Figura 48 grafica de rendimientos de escaneos



Fuente: Autor

5.2. REPORTE DE DATOS DE REGISTRO

Tabla 2 Reporte de Datos de registro Escaneo UTS000 a UTS001

Escaneo	Overlap	Puntos <6mm	Equilibrio
Uts000	38,3%	97,2%	20,5%
Uts001	38,5%	94,1%	16,5%
Uts002	56,0%	94,0%	12,4%
Uts003	60,4%	98,0%	15,0%
Uts005	85,7%	98,6%	18,7%
Uts006	66,6%	98,1%	25,9%
Uts007	76,1%	98,9%	23,4%
Uts008	70,4%	97,6%	17,6%
Uts004	67,9%	98,4%	22,8%
Uts009	73,4%	87,9%	18,0%
Uts010	60,0%	98,5%	31,1%
Uts012	71,9%	97,0%	21,2%
Uts013	65,6%	98,4%	34,6%
Uts011	66,7%	98,4%	21,2%
Uts014	30,9%	91,8%	27,0%

Fuente: Extraído de Recap

Tabla 3 Reporte de Datos de registro Escaneo UTS015 a UTS059

Uts015	15,6%	94,9%	73,1%
Uts016	10,3%	97,3%	60,5%
Uts018	25,8%	99,0%	10,5%
Uts019	20,0%	82,1%	15,0%
Uts020	24,2%	20,1%	1,1%
Uts021	19,8%	70,4%	27,8%
Uts022	19,8%	88,2%	17,8%
Uts024	51,2%	93,6%	21,3%
Uts030	51,1%	93,9%	23,5%
Uts031	22,2%	95,1%	28,6%
Uts032	11,3%	95,3%	17,5%
Uts033	20,3%	90,6%	15,7%
Uts034	19,5%	68,2%	33,9%
Uts035	36,2%	63,3%	14,6%
Uts036	49,8%	93,2%	16,4%
Uts037	10,5%	70,5%	32,4%
Uts039	7,0%	73,1%	11,5%
Uts040	0,0%	0,0%	0,0%
Uts041	28,4%	99,4%	12,5%
Uts042	70,0%	97,9%	30,7%
Uts043	12,8%	99,9%	4,8%
Uts046	56,5%	69,5%	0,0%
Uts047	8,8%	89,8%	0,0%
Uts048	51,4%	91,3%	8,4%
Uts049	25,7%	93,3%	11,5%
Uts050	29,3%	95,7%	26,2%
Uts051	24,6%	92,1%	20,2%
Uts052	9,9%	100,0%	27,3%
Uts053	48,2%	99,4%	4,9%
Uts054	22,0%	100,0%	4,5%
Uts055	81,3%	97,2%	20,3%
Uts056	74,7%	98,3%	11,1%
Uts058	58,2%	95,1%	6,4%
Uts059	14,1%	96,4%	4,0%

Fuente: Extraído de Recap

Tabla 4 Reporte de Datos de registro Escaneo UTS060 a UTS095

Uts060	76,5%	99,7%	17,8%
Uts061	45,0%	98,5%	2,5%
Uts062	7,7%	97,5%	0,0%
Uts063	38,9%	98,3%	19,5%
Uts064	12,1%	100,0%	3,0%
Uts065	2,6%	99,9%	0,0%
Uts066	4,7%	99,7%	61,8%
Uts067	47,6%	99,8%	46,7%
Uts068	13,6%	99,7%	29,5%
Uts069	33,1%	93,0%	67,9%
Uts070	58,3%	99,3%	45,6%
Uts071	76,7%	98,2%	9,9%
Uts072	66,7%	99,7%	3,7%
Uts073	16,1%	11,4%	12,4%
Uts074	54,8%	89,6%	16,4%
Uts075	28,6%	100,0%	29,8%
Uts076	37,3%	95,2%	36,7%
Uts077	23,8%	94,5%	72,2%
Uts078	15,8%	87,9%	51,9%
Uts079	7,7%	93,1%	26,8%
Uts080	14,2%	100,0%	15,0%
Uts081	14,7%	98,0%	29,7%
Uts084	50,6%	75,8%	5,7%
Uts085	14,4%	98,6%	16,3%
Uts086	37,7%	95,8%	0,0%
Uts087	49,6%	62,9%	1,9%
Uts088	22,7%	96,2%	0,0%
Uts089	6,8%	85,7%	8,0%
Uts090	69,8%	97,5%	13,6%
Uts091	70,0%	98,6%	10,0%
Uts092	12,7%	100,0%	9,3%
Uts093	40,9%	87,0%	3,0%
Uts094	51,5%	98,4%	6,1%
Uts095	9,1%	97,3%	18,6%

Fuente: Extraído de Recap

Tabla 5 Reporte de Datos de registro Escaneo UTS097 a UTS139

Uts097	15,6%	95,5%	6,6%
Uts098	23,5%	92,2%	6,8%
Uts101	63,9%	99,0%	34,4%
Uts102	42,0%	93,2%	34,5%
Uts103	54,7%	98,7%	15,1%
Uts104	17,1%	99,2%	22,8%
Uts105	52,4%	95,7%	15,2%
Uts106	36,5%	95,7%	34,7%
Uts107	30,0%	85,5%	26,1%
Uts108	50,5%	77,8%	17,0%
Uts110	32,3%	66,3%	7,1%
Uts112	7,9%	78,8%	18,9%
Uts113	3,3%	91,7%	10,0%
Uts114	58,0%	96,6%	34,9%
Uts115	67,1%	98,5%	42,0%
Uts116	62,8%	96,9%	20,7%
Uts117	54,5%	97,9%	9,3%
Uts119	6,0%	76,2%	6,5%
Uts121	68,5%	98,2%	1,3%
Uts123	69,1%	96,5%	16,7%
Uts124	41,7%	79,0%	8,0%
Uts127	11,5%	85,5%	19,0%
Uts128	15,3%	58,4%	54,1%
Uts129	5,2%	95,5%	19,6%
Uts130	34,0%	86,5%	66,5%
Uts131	44,2%	94,2%	53,2%
Uts132	30,9%	91,3%	80,1%
Uts133	37,5%	89,0%	48,3%
Uts134	65,2%	76,0%	9,8%
Uts135	9,0%	92,9%	24,8%
Uts136	49,0%	98,4%	3,7%
Uts137	18,7%	98,6%	26,7%
Uts138	25,6%	95,6%	3,5%
Uts139	31,4%	99,8%	28,1%

Fuente: Extraído de Recap

Tabla 6 Reporte de Datos de registro Escaneo UTS140 a UTS177

Uts140	26,8%	100,0%	44,2%
Uts141	47,3%	99,5%	33,5%
Uts142	26,7%	95,9%	39,1%
Uts143	24,4%	69,8%	36,6%
Uts144	32,0%	94,1%	0,0%
Uts146	68,9%	87,6%	4,8%
Uts147	12,1%	87,0%	5,2%
Uts148	56,2%	87,1%	13,7%
Uts149	13,0%	14,5%	10,1%
Uts151	23,8%	90,8%	50,8%
Uts152	24,7%	57,6%	27,7%
Uts153	9,5%	89,3%	49,0%
Uts154	65,5%	92,5%	13,5%
Uts155	16,3%	98,5%	22,1%
Uts156	10,2%	99,2%	27,5%
Uts158	16,5%	99,2%	26,3%
Uts159	59,7%	78,7%	5,6%
Uts160	79,7%	97,0%	6,9%
Uts161	81,4%	99,8%	13,6%
Uts162	10,8%	67,4%	49,5%
Uts163	5,7%	89,0%	26,2%
Uts164	5,3%	99,9%	23,5%
Uts165	68,1%	96,4%	10,4%
Uts166	51,2%	99,7%	17,3%
Uts167	17,3%	88,6%	19,2%
Uts169	11,9%	93,1%	29,3%
Uts170	38,7%	94,9%	4,8%
Uts171	12,6%	93,2%	9,6%
Uts172	25,3%	100,0%	19,0%
Uts173	18,3%	87,3%	46,2%
Uts174	37,9%	88,1%	35,7%
Uts175	59,5%	95,1%	16,3%
Uts176	35,1%	94,3%	6,0%
Uts177	12,1%	95,7%	15,9%

Fuente: Extraído de Recap

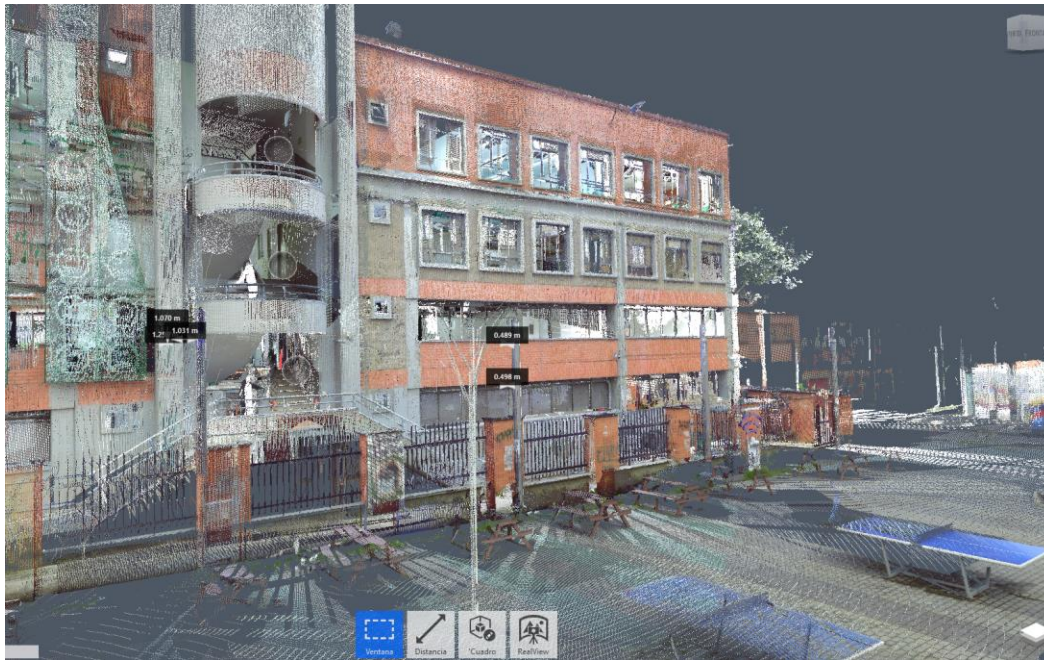
Tabla 7 Reporte de Datos de registro Escaneo UTS178 a UTS186

Uts178	47,8%	87,7%	0,0%
Uts179	9,3%	80,4%	8,9%
Uts180	8,9%	73,0%	27,5%
Uts181	57,5%	98,0%	8,6%
Uts182	16,3%	99,7%	29,0%
Uts183	49,0%	99,6%	10,1%
Uts184	13,1%	89,9%	47,1%
Uts185	7,5%	83,5%	13,9%
Uts186	38,6%	94,0%	37,6%

Fuente: Extraído de Recap

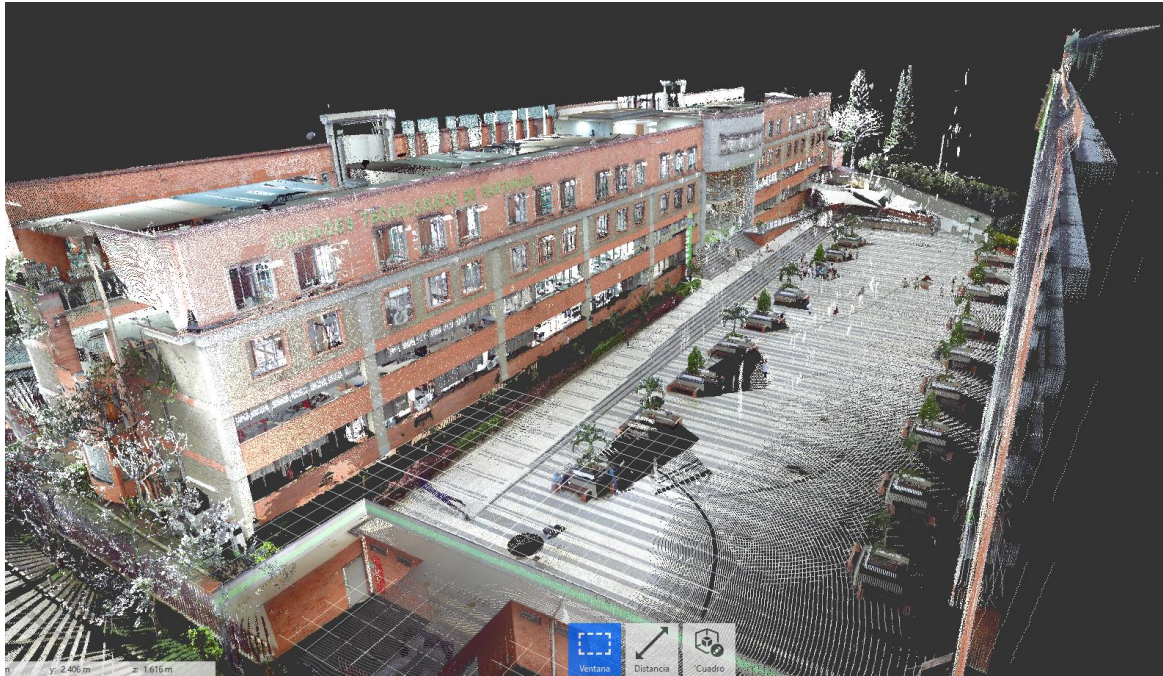
5.3. NUBE DE PUNTOS OBTENIDA

Figura 49 Vista de Nube de puntos Perspectiva 1



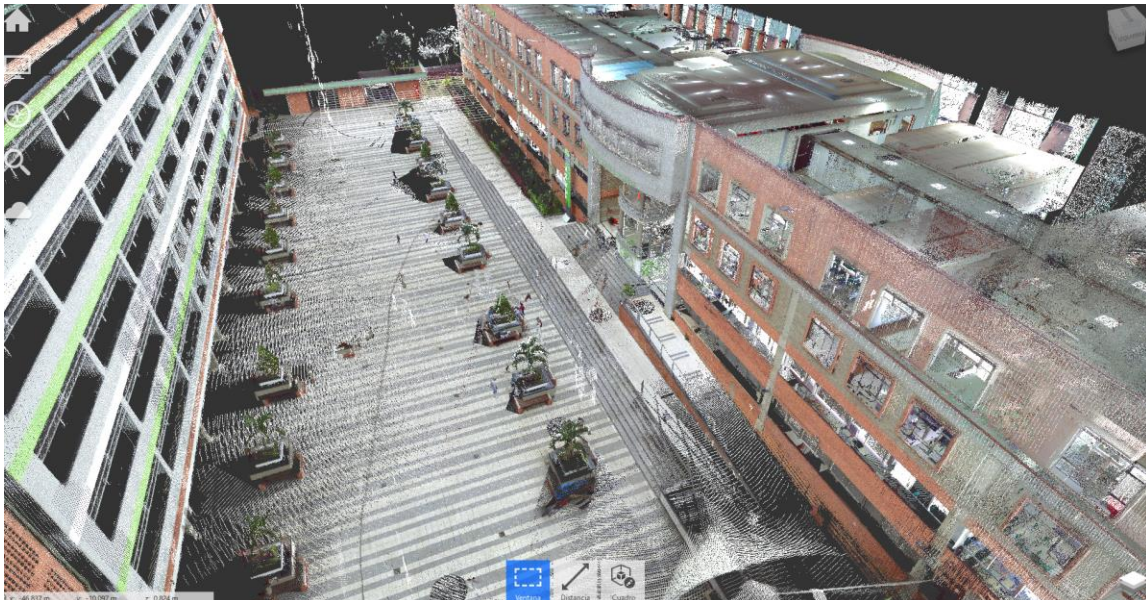
Fuente: Autor

Figura 50 Vista de Nube de puntos Perspectiva 2



Fuente: Autor

Figura 51 Vista de Nube de puntos Perspectiva 3



Fuente: Autor

6. CONCLUSIONES

La creación de modelos tridimensionales mediante tecnología Lidar permite obtener información con un nivel de detalle que supera significativamente a otras tecnologías convencionales de levantamiento. Gracias a la precisión de los escaneos, se capturan millones de puntos que representan fielmente la geometría de las superficies y estructuras, lo que permite crear modelos detallados y exactos del entorno construido. Esto es especialmente valioso para estudios de conservación, diseño y planificación, ya que proporciona una base confiable para análisis posteriores, como simulaciones estructurales o cálculos de costos.

El proyecto se posiciona como un precursor para la implementación de metodologías BIM (Building Information Modeling) en la UTS. Aunque el proyecto solo abarca una pequeña parte del BIM, captura de información y modelado 3d, demuestra que es una gran base para que futuros profesionales acojan en sus proyectos de investigación.

El modelo tridimensional generado proporciona insumos valiosos para los programas de Ingeniería de la UTS. Además, se convierte en un recurso clave para la investigación en áreas como simulaciones estructurales, análisis arquitectónicos y la planificación de proyectos futuros, fomentando una integración entre disciplinas.

Uno de los principales productos generados por este proyecto es la entrega de los archivos correspondientes al levantamiento tridimensional en formatos como .rcs o .rcp, los cuales podrán ser integrados en software como AutoCAD, Revit y plataformas de realidad virtual. Estos archivos servirán como base para que futuros investigadores o estudiantes puedan continuar con el desarrollo de aplicaciones más avanzadas, como simulaciones en realidad virtual, visualización interactiva o análisis estructural, brindando una herramienta valiosa para proyectos de ingeniería

civil, topografía y sistemas. Este enfoque proporciona un insumo digital robusto que fortalece las posibilidades educativas y de investigación en las Unidades Tecnológicas de Santander.

7. RECOMENDACIONES

Al trabajar en la unión de los escaneos, se puede enfrentar a desafíos debido a la falta de traslape entre cada uno de ellos, la alineación se vuelve imprecisa y genera inconsistencias en el modelo final, Además el tiempo de trabajo en oficina para la generación de la nube de puntos se triplica.

Mejorar la planificación del escaneo, es decir en pasillos donde se encuentran solo paredes de un mismo color, se requiere la ubicación de más puntos de control cercanos al escáner y la distancia de cada posicionamiento se debe reducir máximo hasta 5m entre ellos. Es indispensable aumentar la cantidad de escaneos para así incrementar el Angulo de captura y la densidad de información.

El uso de software de apoyo, Autodesk Recap es potente, sin embargo, existen otros programas de procesamiento especializado como por ejemplo CloudCompare. Para este proyecto fue necesario realizar copias de seguridad cada 1 hora de trabajo, ya que el programa presentaba problemas, y se perdía el trabajo realizado. Llegando a perder en muchas ocasiones hasta semanas de avance.

Es importante tener una computadora con excelentes componentes, ya que de él dependerá el rendimiento en la generación de la nube de puntos. Entre ellos uno muy importante es el espacio de almacenamiento, si se van a generar copias de seguridad cada hora, este podría estar ocupando unos cuantos Terabytes

Es crucial que las instalaciones se encuentren totalmente despejadas de personas, ya que se pueden encontrar interferencias en la captura de datos, riesgos de seguridad y se mejora la eficiencia en el postproceso.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (FEBRERO de 2013). Obtenido de FARO:
<https://downloads.faro.com/index.php/s/a4gLmD4Lr3Jt4jB>
- Autodesk. (2021). *Autodesk ReCap*. Obtenido de
<https://www.autodesk.com/products/recap/overview>
- Autodesk. (2023). *autodesk Mx*. Obtenido de
<https://www.autodesk.mx/solutions/bim/benefits-of-bim#:~:text=BIM%20no%20solo%20permite%20que,BIM%20en%20todo%20el%20mundo>
- Beasy, C. (enero de 2015). *mapas topograficos de lidar*. Obtenido de Beasy, C. (2015).
mapas topograficos de lidar. Obtenido de slideshare:
<https://es.slideshare.net/surveyoreng/lidar-ventajas-y-desventajas-52155591>
- Bimbau. (enero de 2022). Obtenido de <https://acis.org.co/portal/content/desde-este-a%C3%B1o-la-metodolog%C3%ADa-bim-se-exigir%C3%A1-en-los-proyectos-de-construcci%C3%B3n-p%C3%ABlicos-del#:~:text=regiones%20del%20pa%C3%ADs-,Desde%20este%20a%C3%B1o%2C%20la%20metodolog%C3%ADa%20BIM%20se%20exig>
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publications.
- Flores, A. M. (Junio de 2011). Obtenido de
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-249X2011000100008
- Fonseca, J. &. (2020). *Virtual Reality in Architecture: A Review.* *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(5), 281. doi:10.3390/ijgi9050281.
- Geymayer, C. &. (2017). *Using 3D Laser Scanning for Surveying and Modelling Architectural Heritage.* *Journal of Cultural Heritage*, 24, 20-29. doi:10.1016/j.culher.2017.06.004.
- Hernández, R. F. (2010). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.
- Inc., F. T. (2013). *Características, beneficios y especificaciones técnicas*. Obtenido de
<https://downloads.faro.com/index.php/s/RswRg2QgSg2Tx2r>
- Ing. (FH) Walter Rustler, M. (Enero de 2023). *Artículo técnico sobre el tema del análisis de estructuras usando Dlubal Software*. Obtenido de
<https://www.dlubal.com/es/soporte-y-formacion/soporte/base-de-conocimientos/001680>

LTDA., B. R. (s.f.). Obtenido de <https://bmprensa.cl/producto/esferas-para-escaner-laser-faro/#:~:text=La%20esfera%20de%20referencia%20es,para%20lograr%20excelentes%20propiedades%20reflectantes>.

Lune, H. &. (2016). *Qualitative Research Methods for the Social Sciences*. Pearson.

Mateos, V. R. (2019). *Diseño de metodología de trabajo para el escaneo laser 3d, aplicada a la arquitectura patrimonial*.

Official, I. P. (2024). Obtenido de <https://irisvr.com/prospect>

Ramírez niño, A. &. (2020). *Levantamiento arquitectónico por scanner laser terrestre al Observatorio Astronómico de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/23818>.

Robson, C. (2011). *Real World Research John Wiley & Sons*.

Virtual, U. (07 de MAYO de 2024). *UTS Virtual Educacion abierta al alcance de todos*. Obtenido de www.utsvirtual.edu.co

Zhang, J. &. (2014). *Review of Lidar technology and its applications.* "Sensors, 14(6), 9636-9651. doi:10.3390/s140609636.

9. ANEXOS

- ❖ Datos crudos de Escaneos en Formato FLS.
- ❖ Nube de puntos en Formato RCP.
- ❖ Modelo tridimensional En Formato RVT.