



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica,  
Cartográfica y Topográfica

Obtención de un gemelo digital de la fundación Giménez  
Lorente comparando tecnologías TLS, fotogrametría 360 y  
escáner LIDAR.

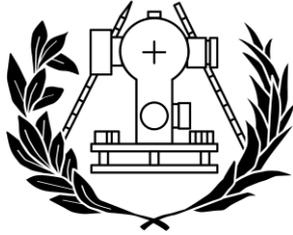
Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

AUTOR/A: Pellicer Vidal, Enrique

Tutor/a: Buchón Moragues, Fernando Francisco

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA GEODÉSICA  
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

---

# OBTENCIÓN DE UN GEMELO DIGITAL DE LA FUNDACIÓN GIMÉNEZ LORENTE COMPARANDO TECNOLOGÍAS TLS, FOTOGRAMETRÍA 360º Y ESCÁNER LIDAR

---

ENRIQUE PELLICER VIDAL

JULIO DE 2023

TUTOR: FERNANDO FRANCISCO BUCHÓN MORAGUES  
UPV - ETSIGCT

# 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 entrecomillado y citado su origen en el texto, así como referenciado en la bibliografía.”

Firmado:

Enri<sup>da</sup>  
v.

# Resumen

En el año 2003 se fundó la fundación Giménez Lorente en la Universitat Politècnica de València con el firme propósito de conservar y divulgar el legado de D. Luis Giménez Lorente, firme coleccionista de Cartografía y Farmacopeas. Con el objetivo de la divulgación de los fondos cartográficos, surge el motivo de este trabajo final de grado, el propósito es obtener un gemelo digital de la Fundación Giménez Lorente utilizando tres metodologías de adquisición de datos tridimensionales: Láser Escáner, fotogrametría con imágenes 360º y con la tecnología lidar.

Para la comprobación geométrica y la determinación de la calidad de cada una de las mediciones realizadas con distintas tecnologías, se tomarán medidas idénticas y se comparará tanto a nivel de calidad geométrica, como a nivel de velocidad de medición.

Finalmente, se añadirá información acerca de los cuadros y objetos expuestos al gemelo digital obtenido mediante fotogrametría con imágenes 360º para que la Fundación Giménez Lorente pueda implementarlo en su página web.

# Summary

In 2003 the Giménez Lorente Foundation was founded at the Universitat Politècnica de València with the firm purpose of preserving and disseminating the legacy of D. Luis Giménez Lorente, a firm collector of Cartography and Pharmacopoeias. With the aim of disseminating the cartographic collections, the reason for this final degree project is to obtain a digital twin of the Giménez Lorente Foundation using three three-dimensional data acquisition methodologies: Laser Scanner, photogrammetry with 360º images and lidar technology.

For the geometric verification and determination of the quality of each of the measurements made with different technologies, identical measurements will be taken and compared both in terms of geometric quality and measurement speed.

Finally, information about the paintings and objects exhibited will be added to the digital twin obtained by photogrammetry with 360º images so that the Giménez Lorente Foundation can implement it on its website.

# Palabras clave

Láser escáner; Fotogrametría; Lidar; Gemelo digital.

# Key words

Laser scanner; Photogrammetry; Lidar; Digital twin.

# Índice de imágenes

<i>Ilustración 1 - Láser escáner Trimble TX 6</i>	2
<i>Ilustración 2 - Cámara Insta One R con el módulo de doble lente</i>	3
<i>Ilustración 3 - iPad Pro 2020 con escáner Lidar integrado</i>	4
<i>Ilustración 4 - Parámetros del TX6 según el nivel escogido</i>	4
<i>Ilustración 5 - Carga de datos en RealWorks</i>	5
<i>Ilustración 6 - Registro basado en nubes</i>	5
<i>Ilustración 7 - Registro mediante nubes</i>	6
<i>Ilustración 8 - En la imagen de arriba se unen 2 nubes de puntos y en la de abajo se realiza una comprobación visual.</i>	7
<i>Ilustración 9 - En la imagen de arriba se registra un grupo y en la de abajo se realiza una comprobación visual.</i>	8
<i>Ilustración 10 - Orientación de la nube de puntos</i>	9
<i>Ilustración 11 - Extracción con la herramienta "extraer con caja"</i>	9
<i>Ilustración 12 - Identificación de dianas blanco/negro.</i>	10
<i>Ilustración 13 - Comprobación de la extracción de la diana nº1</i>	10
<i>Ilustración 14 - Eliminación de puntos por debajo del suelo mediante segmentación</i>	11
<i>Ilustración 15 - Total de puntos segmentados, vista superior</i>	11
<i>Ilustración 16 - Nube de puntos post segmentación de la Fundación Giménez Lorente</i>	12
<i>Ilustración 17 - Fundación Giménez Lorente tras la toma de las imágenes</i>	13
<i>Ilustración 18 - Interfaz para añadir la información</i>	14
<i>Ilustración 19 - Imagen añadida a la descripción para una mejor visualización</i>	15
<i>Ilustración 20 - Arriba, vista en planta de la FGL con la información añadida / Abajo, ejemplo de visualización</i>	16
<i>Ilustración 21 - Comparativa: arriba láser escáner, en el centro fotogrametría y abajo Lidar</i>	22
<i>Ilustración 22 - Comparativa: arriba láser escáner, en el centro fotogrametría y abajo Lidar</i>	23
<i>Ilustración 23 - Comparativa: arriba láser escáner, en el centro fotogrametría y abajo Lidar</i>	24
<i>Ilustración 24 - Comparativa: arriba láser escáner, en el centro fotogrametría y abajo Lidar</i>	25
<i>Ilustración 25 - Comparativa: arriba láser escáner, en el centro fotogrametría y abajo Lidar</i>	26
<i>Ilustración 26 - Comparativa: arriba láser escáner, en el centro fotogrametría y abajo Lidar</i>	27

# Índice de tablas

<i>Tabla 1 - Comparativa de medidas</i>	17
<i>Tabla 2- Comparativa del tiempo dedicado a cada metodología</i>	17
<i>Tabla 3 - Presupuestos para cada metodología</i>	18

# Índice

1.- Introducción .....	1
2.- Objetivo .....	2
3.- Instrumental utilizado .....	2
3.1.- Trimble TX6.....	2
3.2.- Insta 360 One R .....	3
3.3.- Escáner Lidar desde iPad .....	3
4.- Láser escáner .....	4
4.1.- Metodología y procedimiento.....	4
4.2.- Tratamiento de datos .....	5
4.2.1.- Carga de datos.....	5
4.2.2.- Registro.....	5
4.2.3.- Orientación.....	8
4.2.4.- Extracción de dianas.....	10
4.3.- Producción.....	11
4.3.1.- Segmentación.....	11
5.- Fotogrametría con imágenes 360º .....	12
5.1.- Metodología y procedimiento.....	12
5.2.- Tratamiento de los datos.....	13
5.3.- Información añadida para la visita virtual .....	14
6.- Lidar desde iPad .....	16
7.- Comparativa de medidas.....	17
8.- Comparativa de tiempo invertido .....	17
9.- Presupuestos .....	18
10.- Conclusión .....	18
Bibliografía .....	20

## 1.- Introducció

La Fundació Giménez Lorente es una institució dedicada a la preservació i difusió de la cartografia històrica. Fundada en desembre de 2003 per Luis Giménez Lorente, un firme i apassionat col·leccionista de cartografia i farmacopees que fou nomenat Doctor Honoris Causa per la Universitat Politècnica de València, la fundació se ha convertit en un referent en el camp de la cartografia històrica.

La missió de la Fundació Giménez Lorente és donar a conèixer la importància dels mapes històrics com a valuoses fonts d'informació sobre l'evolució geogràfica, política i cultural de diferents èpoques. A través de la seva exposició, la fundació permet al públic sumergir-se en un fascinant viatge a través del temps, explorant els mapes que han delimitat el món al llarg dels segles.

La fundació té una àmplia col·lecció de mapes antics i valuosos, cuidadosament seleccionats i preservats incloent exemplars originals que no haurien d'estar limitats a la visita in situ.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## 2.- Objetivo

El objetivo del proyecto es obtener un gemelo digital de la F.G.L. utilizando tres metodologías: Láser escáner , fotogrametría con imágenes 360º y con escáner Lidar desde un iPad.

Se tomarán medidas idénticas con el fin de determinar cuál de las tres metodologías es la que mejor calidad geométrica presenta, se comparará el tiempo necesario para llevar a cabo cada una teniendo en cuenta su producto final. Finalmente, como producto final, se añadirá información acerca de los cuadros y objetos expuestos al gemelo digital obtenido mediante fotogrametría con imágenes 360º para que la Fundación Giménez Lorente pueda implementarlo en su página web.

## 3.- Instrumental utilizado

### 3.1.- Trimble TX6

Para la toma de datos utilizando láser escáner, se ha utilizado el láser escáner Trimble TX6 (ver *ilustración 1*). Es un instrumento muy capaz para ejecutar esta tarea ya que sus características y prestaciones se adaptan a las necesidades del trabajo.

Principio de escaneado	Espejo rotativo vertical
Alcance mínimo	0.6 m
Alcance máximo	80 m (con opción de pago de 120m)
Longitud de onda láser	1.5 $\mu$ m
Diámetro del láser a 10-30-100 metros	6 - 10 - 34 mm respectivamente
Campo de visión	360º x 317º
Velocidad de escaneado	500.000 puntos por segundo
Peso del aparato (sin batería)	10.7 kg
Peso de la batería	0.46 kg
Cámara integrada	Resolución de 8 megapíxeles
Software	TRIMBLE RealWorks



*Ilustración 1 - Láser escáner Trimble TX 6*

### 3.2.- Insta 360 One R

La cámara, mostrada en la *ilustración 2*, ofrece la capacidad de grabar videos y capturar imágenes en 360 grados, lo que permite una experiencia inmersiva para el usuario. Tiene un diseño compacto y es modular, lo que permite que sea versátil y se adapte a las necesidades del usuario. En nuestro caso hicimos uso de la cámara con el módulo de doble lente el cual permite tomar imágenes de 360º de 18 megapíxeles.

Peso	130.5 g
Lentes	Doble lente de 18 megapíxeles
Batería	1190 mAh (~1 hora de autonomía)
Software	Matterport



*Ilustración 2 - Cámara Insta One R con el módulo de doble lente*

### 3.3.- Escáner Lidar desde iPad

El modelo del iPad que ha sido utilizado para llevar a cabo la adquisición de datos es el más reciente, el de 2020 (ver *ilustración 3*). Este dispositivo cuenta con una cámara Lidar integrada la cual emite un patrón fijo con el cual obtendrá el paralaje y por ende la forma del objeto escaneado.

Las características del dispositivo están más bien enfocadas al uso comercial y no específico para los topógrafos. Es por ello por lo que lo convierten en un aparato muy manejable y práctico de usar puesto que su peso es muy bajo si lo comparamos con otros dispositivos como por ejemplo el Láser escáner. Por contra, cuenta con limitaciones tales como la profundidad que puede registrar el escáner Lidar que es de 5 metros.

Modelo	iPad Pro 2020
Cámara	Escáner Lidar
Batería	7600 mAh
Peso	641 g
Software	Trimble RealWorks



Ilustración 3 - iPad Pro 2020 con escáner Lidar integrado

## 4.- Láser escáner

### 4.1.- Metodología y procedimiento

Para llevar a cabo la adquisición de datos mediante láser escáner de las salas que forman la Fundación Giménez Lorente, en primer lugar, se ideó el recorrido a realizar para hacer los levantamientos con el Trimble TX6.

En segundo lugar, se colocaron las 11 dianas planas blanco/negro con el fin de poder utilizarlas más adelante para llevar a cabo las mediciones pertinentes puesto que serán el punto de inicio y final de estas.

En tercer lugar, tras estacionar el láser escáner, se configuró para adaptarlo a nuestro proyecto, escogiendo el nivel 1 (ver *ilustración 4*) y la toma de color para una mejor interpretación de los levantamientos en el software.

Parámetros de escaneo	Vista preliminar	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Alcance Máx. <sup>1</sup>	80/120 m	80/120 m	80/120 m	80/120 m
Duración del escaneado (minutos) <sup>3</sup>	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

Ilustración 4 - Parámetros del TX6 según el nivel escogido

## 4.2.- Tratamiento de datos

### 4.2.1.- Carga de datos

Tras completar la fase de la adquisición de datos, es hora de importarlos al software para empezar con el tratamiento de estos. Para ello, en primer lugar, se realiza la carga de los datos que, al no estar todavía registrados, aparecen todos superpuestos como muestra la ilustración 5.

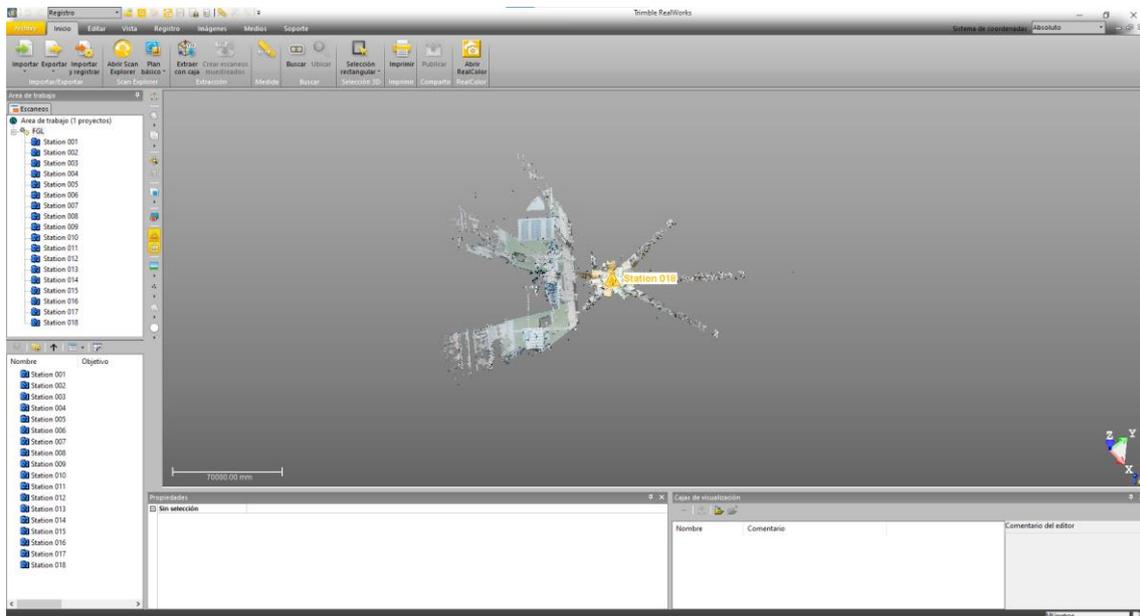


Ilustración 5 - Carga de datos en RealWorks

### 4.2.2.- Registro

En este trabajo, el registro se realizará mediante puntos naturales y es por ello por lo que se hará el registro basado en nubes tras haber seleccionado nuestras 18 nubes de puntos (ver ilustración 6).

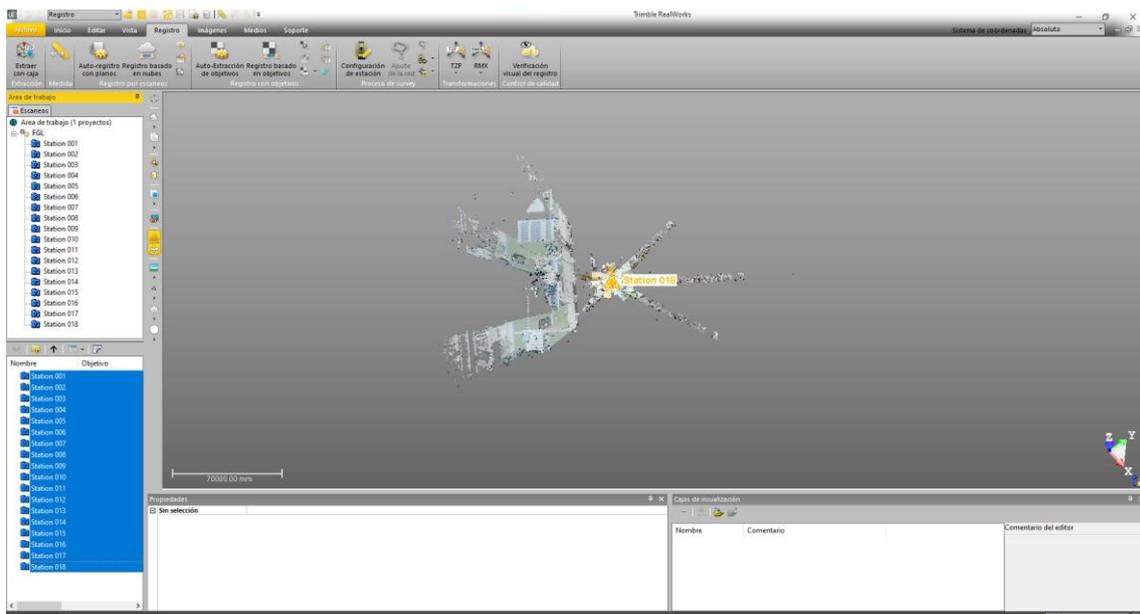
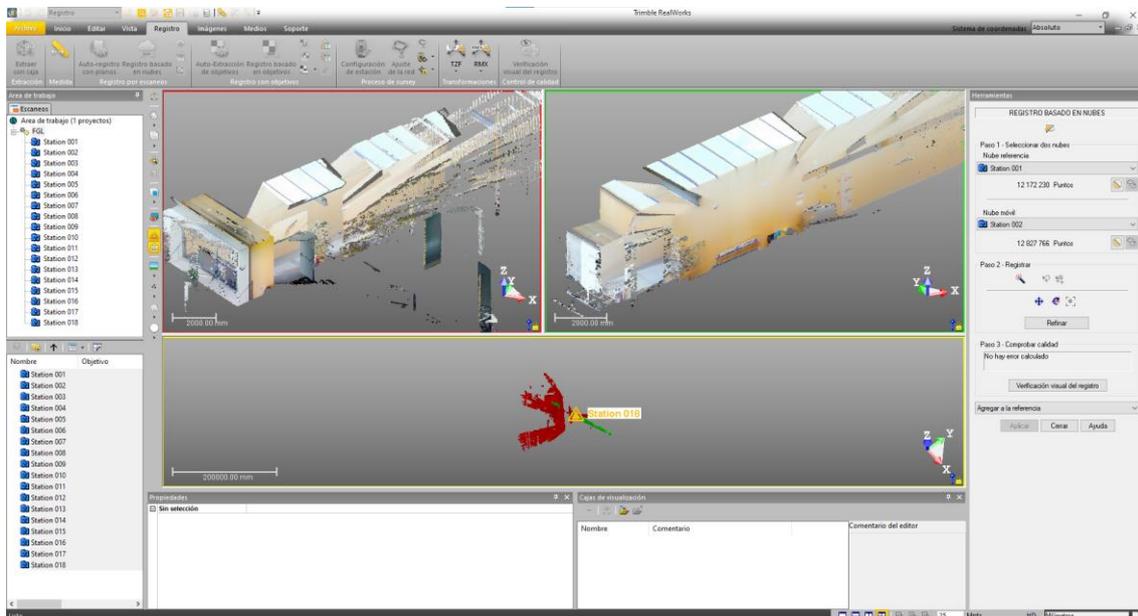


Ilustración 6 - Registro basado en nubes

A continuació, se ha seleccionat una núvol com a referència i se ha anat indicant al programa aquells punts que aparezcan en ambdues núvols amb el fi de ligar una núvol a l'altra (ver *il·lustració 7*). L'error ha de ser el menor possible és per això per lo que se han utilitzat esquines de marc de porta, esquines de viges de techo i esquines de marcos de quadros o de carteles ya que la seva identificació és fàcil i està ben definida.



*Il·lustració 7 - Registro mediante nubes*

Este proceso se puede realizar nube a nube de principio a fin uniendo la nube de la estación 1 con la de la estación 2 y así progresivamente o por grupos de nubes de manera que se relacionan varias nubes entre sí para generar un grupo (ver *il·lustració 8*) el cual se ligará posteriormente a otro para completar el registro como muestra la *il·lustració 9*.

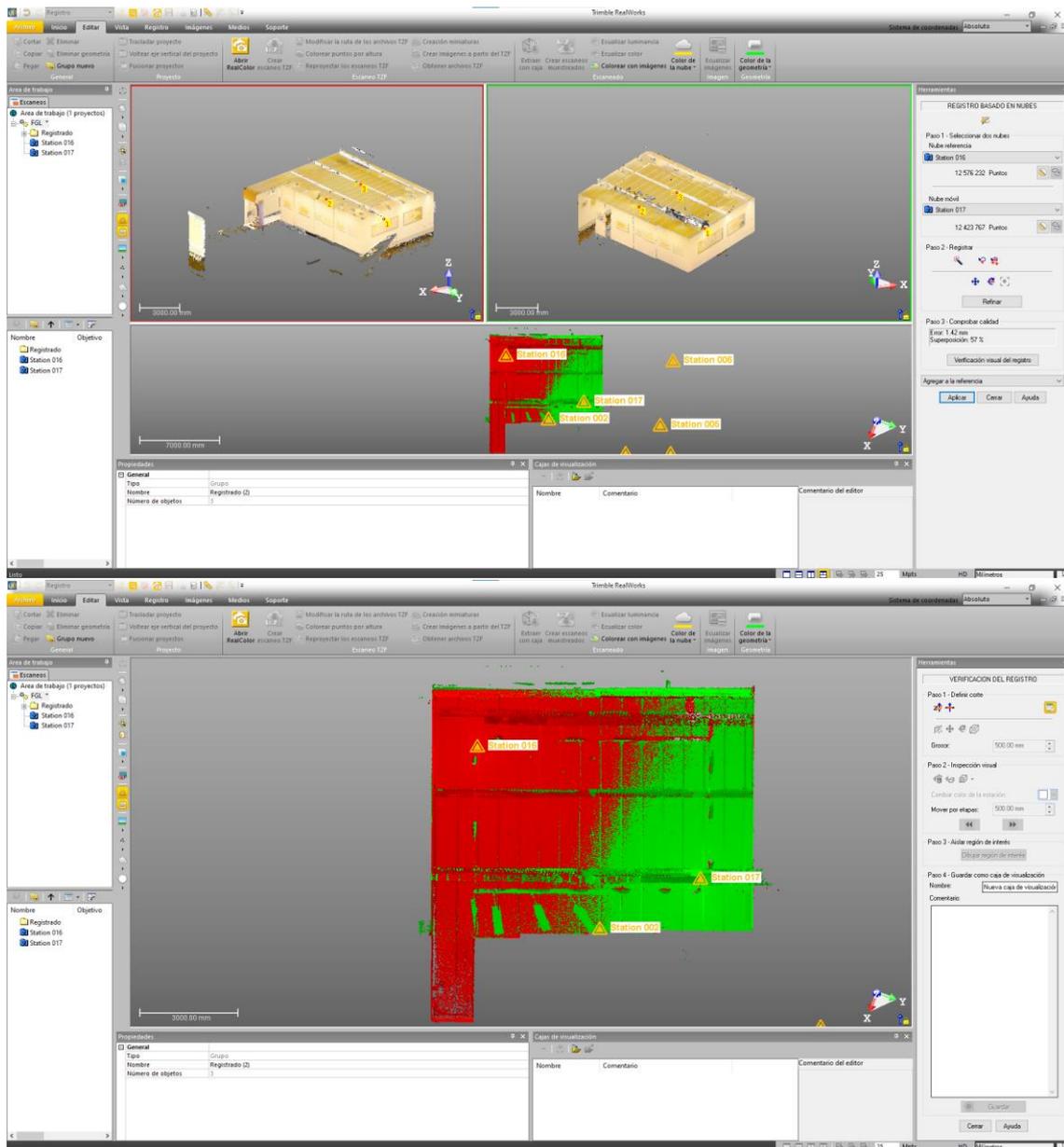


Ilustración 8 - En la imagen de arriba se unen 2 nubes de puntos y en la de abajo se realiza una comprobación visual.

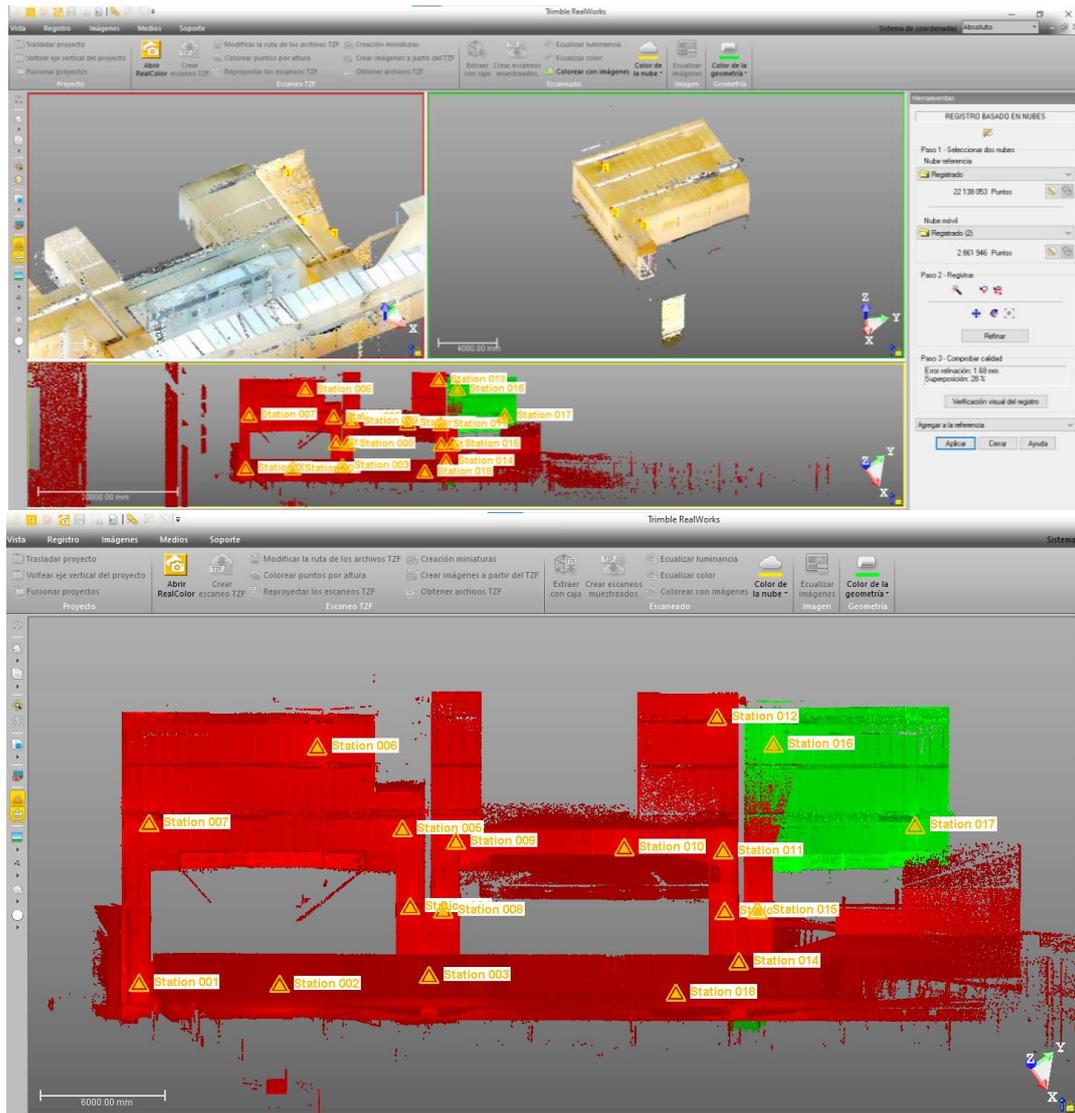
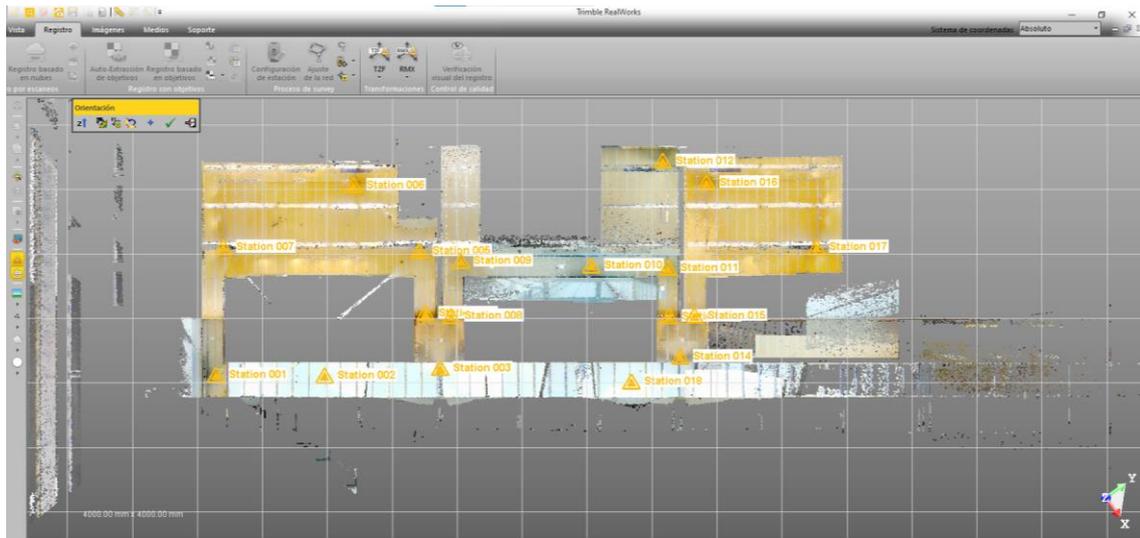


Ilustración 9 - En la imagen de arriba se registra un grupo y en la de abajo se realiza una comprobación visual.

#### 4.2.3.- Orientación

A continuación, se procede con la orientación de la nube de puntos registrada con el fin de relacionar los ejes con los puntos de vista que serán muy útiles para mejorar el manejo de la nube para procesos posteriores como la segmentación.

En un primer lugar, existen dos opciones: definir los ejes de manera automática o de manera manual. En este caso, se realizó de manera automática puesto que cumplía con lo esperado (ver ilustración 10).



*Ilustración 10 - Orientación de la nube de puntos*

En segundo lugar, se añadió un punto origen con coordenadas (100;150;20) para dotar de unas coordenadas locales a la nube de puntos registrada.

Finalmente, para mantener los puntos que forman parte de nuestra área de trabajo, con la herramienta “extraer con caja” se extrae la zona que se indique mediante la interfaz que nos aporta esta herramienta (ver *ilustración 11*). Esto generará una nueva nube de puntos que se usará en la fase de producción.

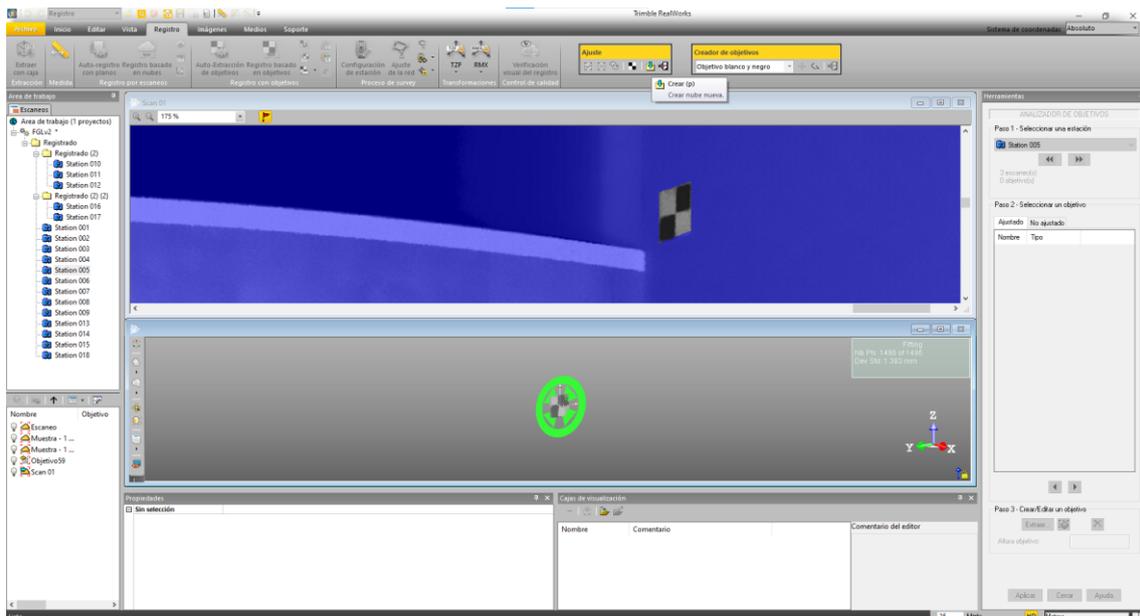


*Ilustración 11 - Extracción con la herramienta “extraer con caja”*

#### 4.2.4.- Extracción de dianas

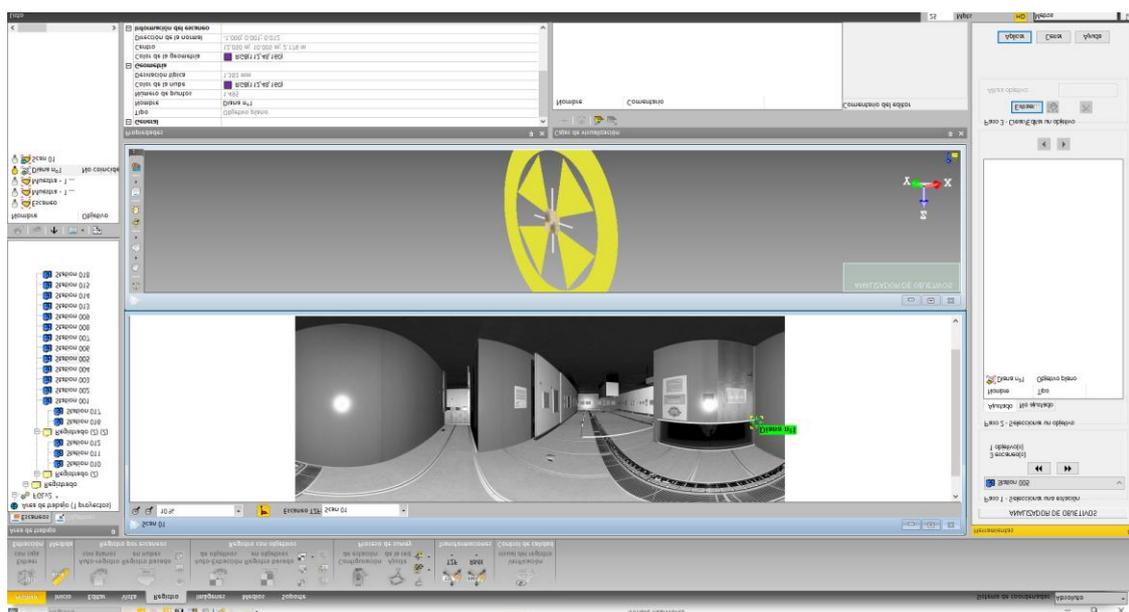
Al realizar el registro mediante puntos naturales, se ha de indicar al programa dónde están ubicadas las dianas planas blanco/negro que se colocaron antes de la toma de datos cuyo fin es el de ser utilizadas como punto inicial y final en las mediciones.

Para extraer las dianas, en primer lugar, se tiene que buscar desde qué estacionamiento se ve la diana. Una vez localizadas, haciendo uso de la herramienta “Analizador de objetivos”, se indica que el objetivo es una diana blanco/negro, se define con una polilínea (ver *ilustración 12*), se le asigna un identificador y finalmente aplican los cambios.



*Ilustración 12 - Identificación de dianas blanco/negro.*

Una vez extraída, en la *ilustración 13*, se puede comprobar el resultado de la extracción de la diana que en este ejemplo es la “Diana nº1” vista desde el estacionamiento 5. Este proceso se realizará con las 10 dianas restantes desde sus respectivos estacionamientos.



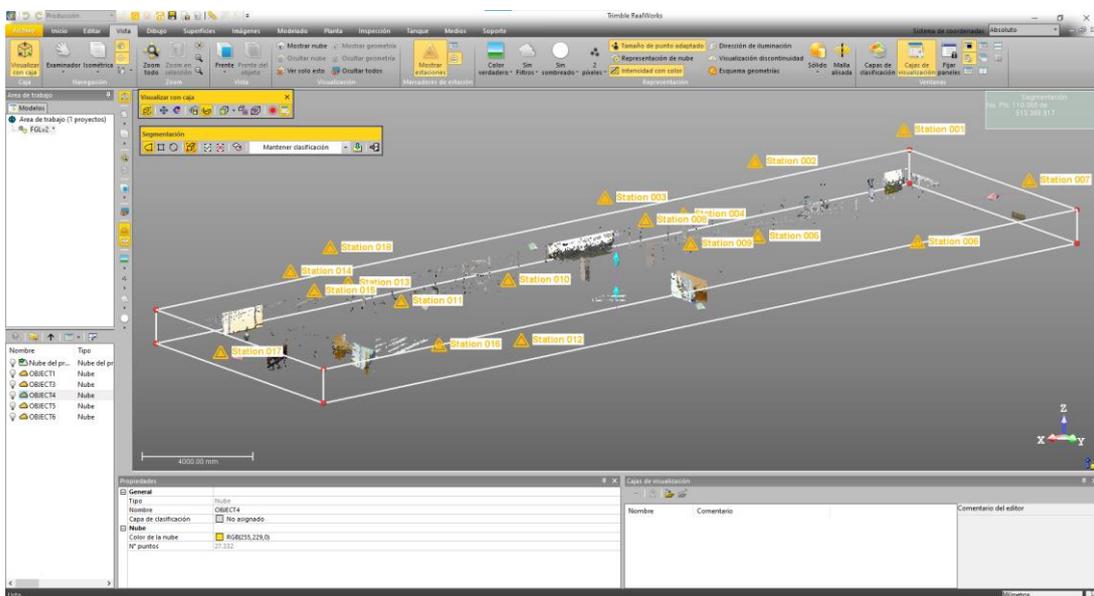
*Ilustración 13 - Comprobación de la extracción de la diana nº1*

### 4.3.- Producción

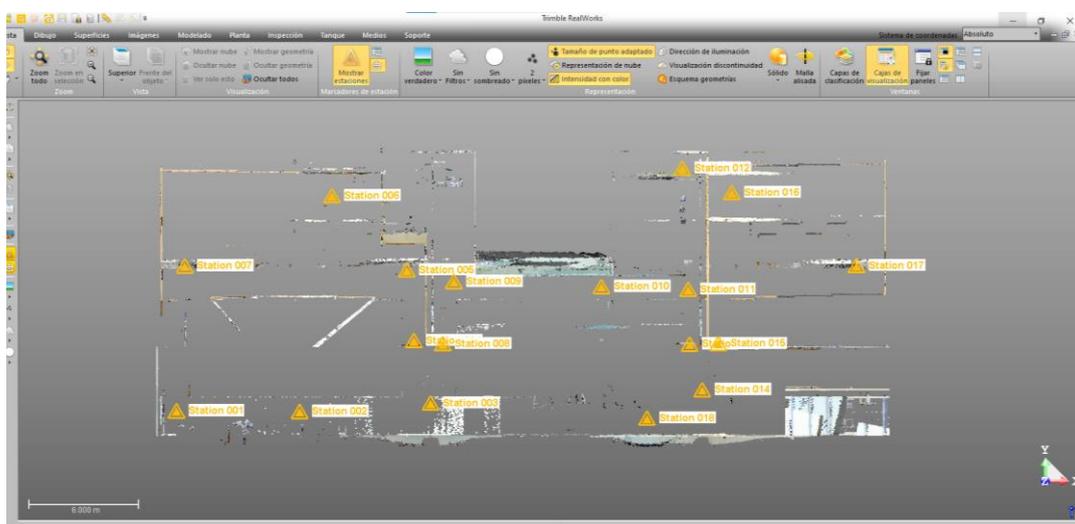
En la fase de producción ya se trabaja sobre los datos registrados con el fin de terminar de eliminar aquellos puntos que no sean útiles para el trabajo como el ruido y empezar con la medición que se utilizará más adelante para realizar la comparativa.

#### 4.3.1.- Segmentación

Para eliminar de los datos extraídos, se ha hecho uso de la herramienta de segmentación la cual nos permite seleccionar los puntos no deseados y exportarlos a otra nube que se borrará posteriormente. Para mejorar el manejo de la nube de puntos, se usa de manera simultánea la herramienta de “segmentación” y la de “visualizar con caja” para ver únicamente aquellos puntos que estén en el interior de la caja que se irá moviendo a medida que se cambie de zona para eliminar los puntos innecesarios (ver *ilustración 14*). En la *ilustración 15*, se puede ver el cómputo de los puntos segmentados que han sido eliminados de la nube de puntos obteniendo como resultado la Fundación Giménez Lorente limpia (ver *ilustración 16*).



*Ilustración 14 - Eliminación de puntos por debajo del suelo mediante segmentación*



*Ilustración 15 - Total de puntos segmentados, vista superior*

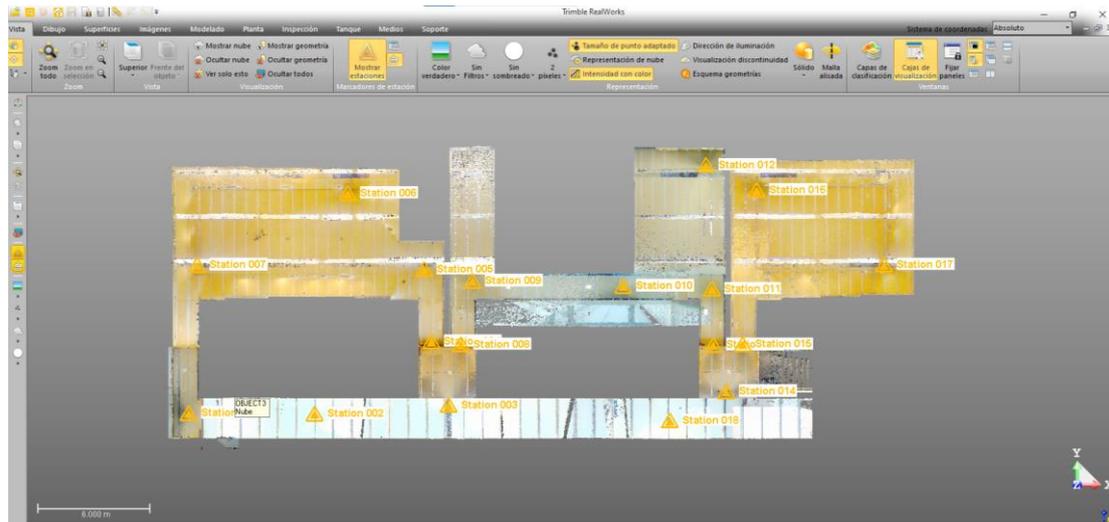


Ilustración 16 - Nube de puntos post segmentación de la Fundación Giménez Lorente

## 5.- Fotogrametría con imágenes 360º

### 5.1.- Metodología y procedimiento

En este método de adquisición hay varios factores que hay que tener en cuenta para obtener el resultado esperado.

En primer lugar, al tratarse de imágenes de 360º, se vincula la cámara al teléfono móvil mediante la conexión wifi que viene integrada, con el fin de poder utilizar la aplicación móvil de Matterport. Ésta permite realizar la captura de las imágenes de manera remota para evitar que salgamos en las imágenes.

En segundo lugar, el espaciado entre una toma y la siguiente no debe ser superior a 1.5 metros con el fin de tener un solape adecuado para que la aplicación sepa identificar dónde estamos situados dentro del plano virtual que está haciendo de la zona de trabajo según se realizan las tomas. En cambio, cuando cambiamos de sala, al existir una puerta que bloquea la visibilidad de la otra sala, es necesario realizar una toma tanto antes de la puerta como justo debajo del marco y una vez atravesada con el fin de que se mantenga la continuidad de las imágenes.

En tercer lugar, la iluminación es muy importante porque cuantas menos zonas sombreadas haya mejor para la unión de imágenes. Es por ello por lo que, en este trabajo, se puede comprobar que se utilizó el máximo de luz posible y cómo la fuente de iluminación natural, que es difuminada, tiene un impacto menor que las artificiales siendo las segundas más marcadas y acentuada en la zona que esté enfocando.

Por último, y tras tener en cuenta los pasos anteriores, se ha realizado la toma de la Fundación Giménez Lorente con un total de 161 tomas de imágenes 360º. En la *ilustración 17*, se puede ver la interfaz de la aplicación Matterport en un dispositivo móvil y el cómputo de las tomas realizadas.

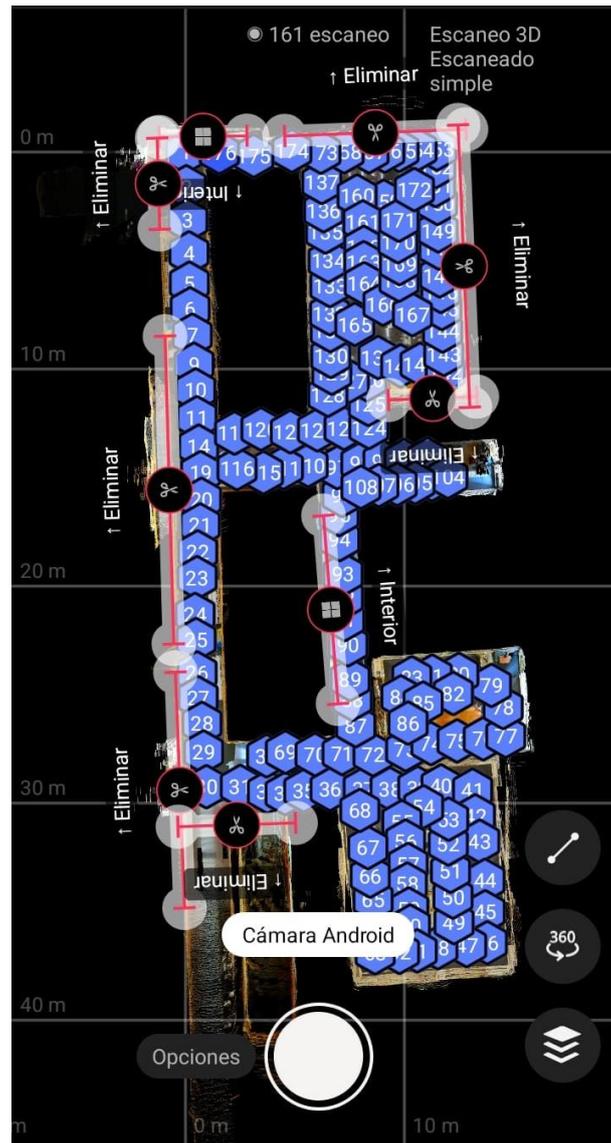


Ilustración 17 - Fundación Giménez Lorente tras la toma de las imágenes

## 5.2.- Tratamiento de los datos

El tratado de datos de esta metodología lo efectúa el servidor de la aplicación de Matterport pero se han de realizar dos pasos previos para obtener el resultado.

En primer lugar, se ha de comprobar que la continuidad de las tomas es la correcta haciendo énfasis en que ninguna se haya posicionado en un lugar incorrecto en el plano que se muestra en la aplicación móvil.

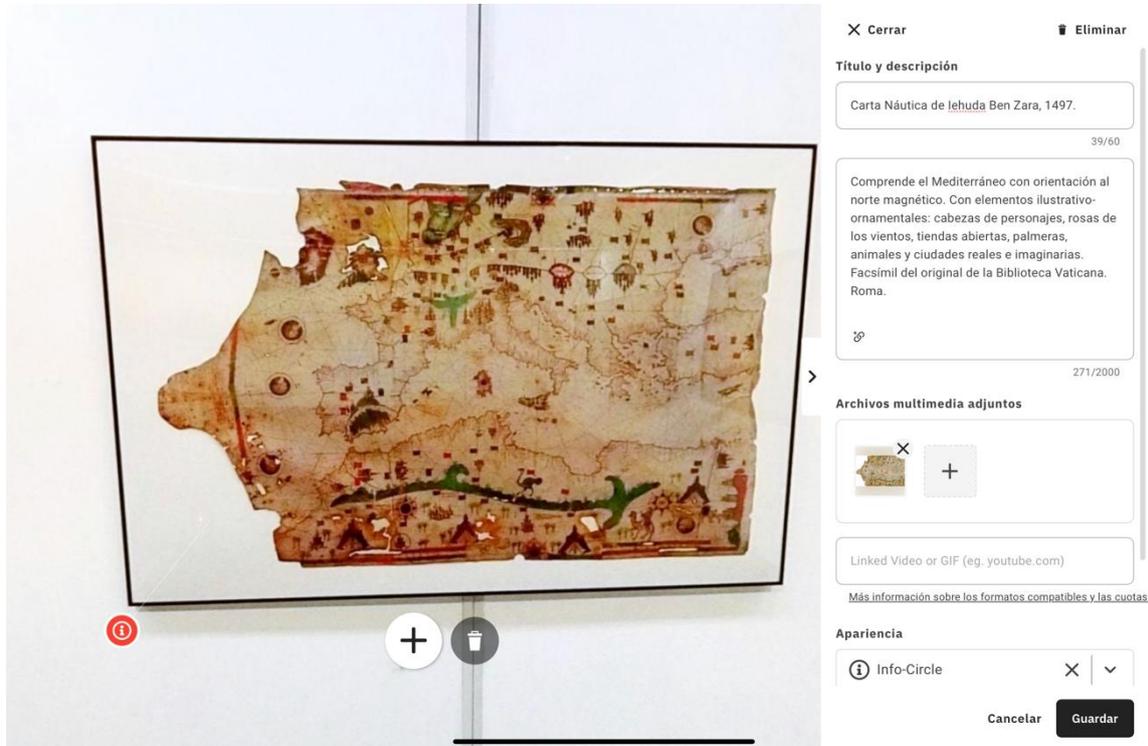
En segundo lugar, se han de indicar objetos como ventanas y espejos desde la aplicación para aportar información extra acerca del entorno desde el cuál se ha realizado la toma de imágenes con el fin de obtener un mejor producto (ver *imagen 17*).

Para finalizar, tras haber completado los dos pasos anteriores, subimos al servidor de la aplicación de Matterport el trabajo realizado para que se lleve a cabo el tratamiento de los datos. Al tratarse de un trabajo de tantas tomas de imagen, el procesado de Matterport tardó 12 horas y posteriormente se pudo acceder al resultado crudo final.

### 5.3.- Información añadida para la visita virtual

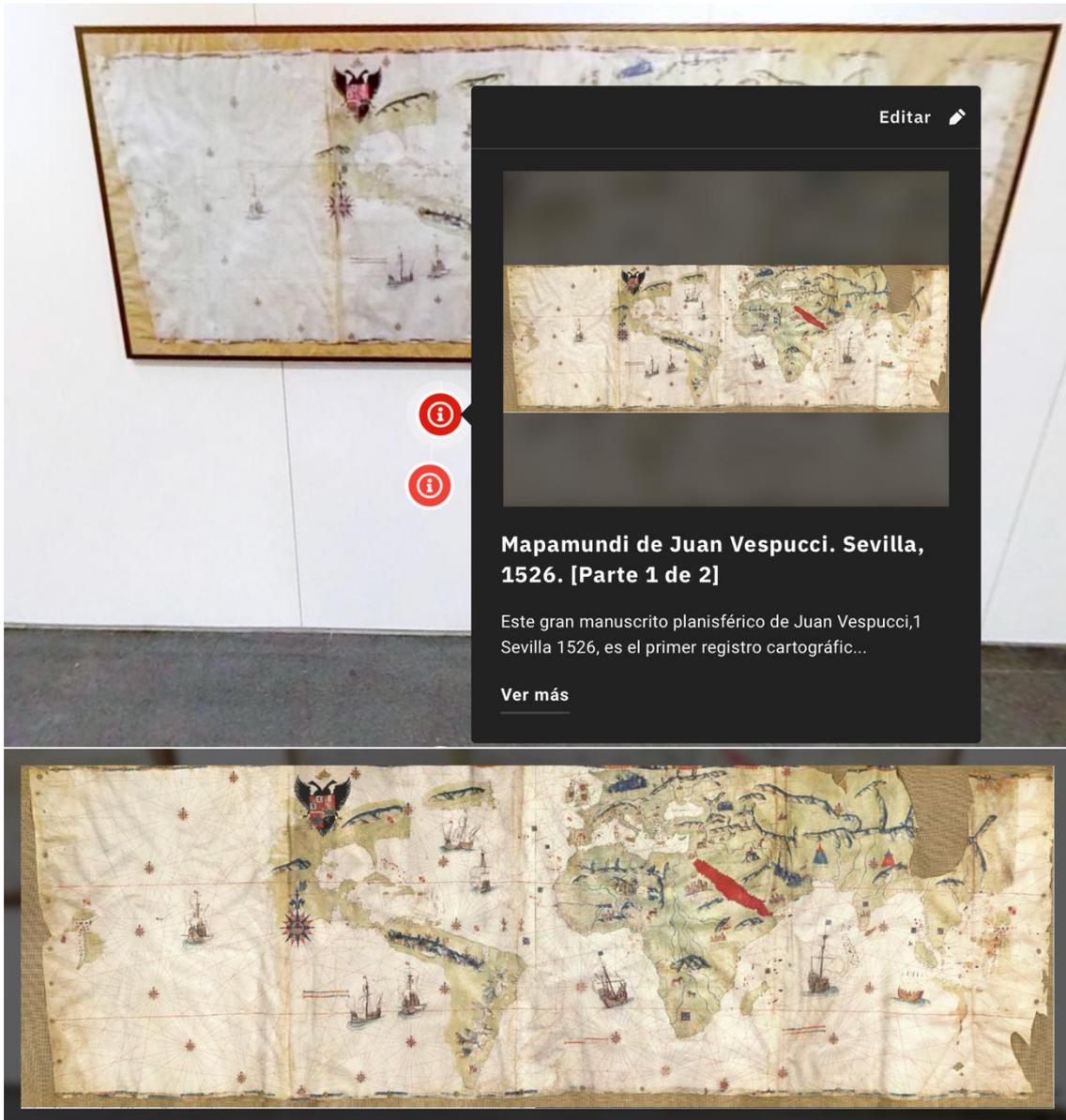
Para que la visita virtual a la Fundación Giménez Lorente sea positiva, se ha de añadir información a las cartografías y grabados que se estén exponiendo.

Para ello, en primer lugar, haciendo uso de la herramienta que incluye la propia aplicación de Matterport, se añaden etiquetas en las cuales se ha insertado la información pertinente a cada exposición (ver *ilustración 18*).



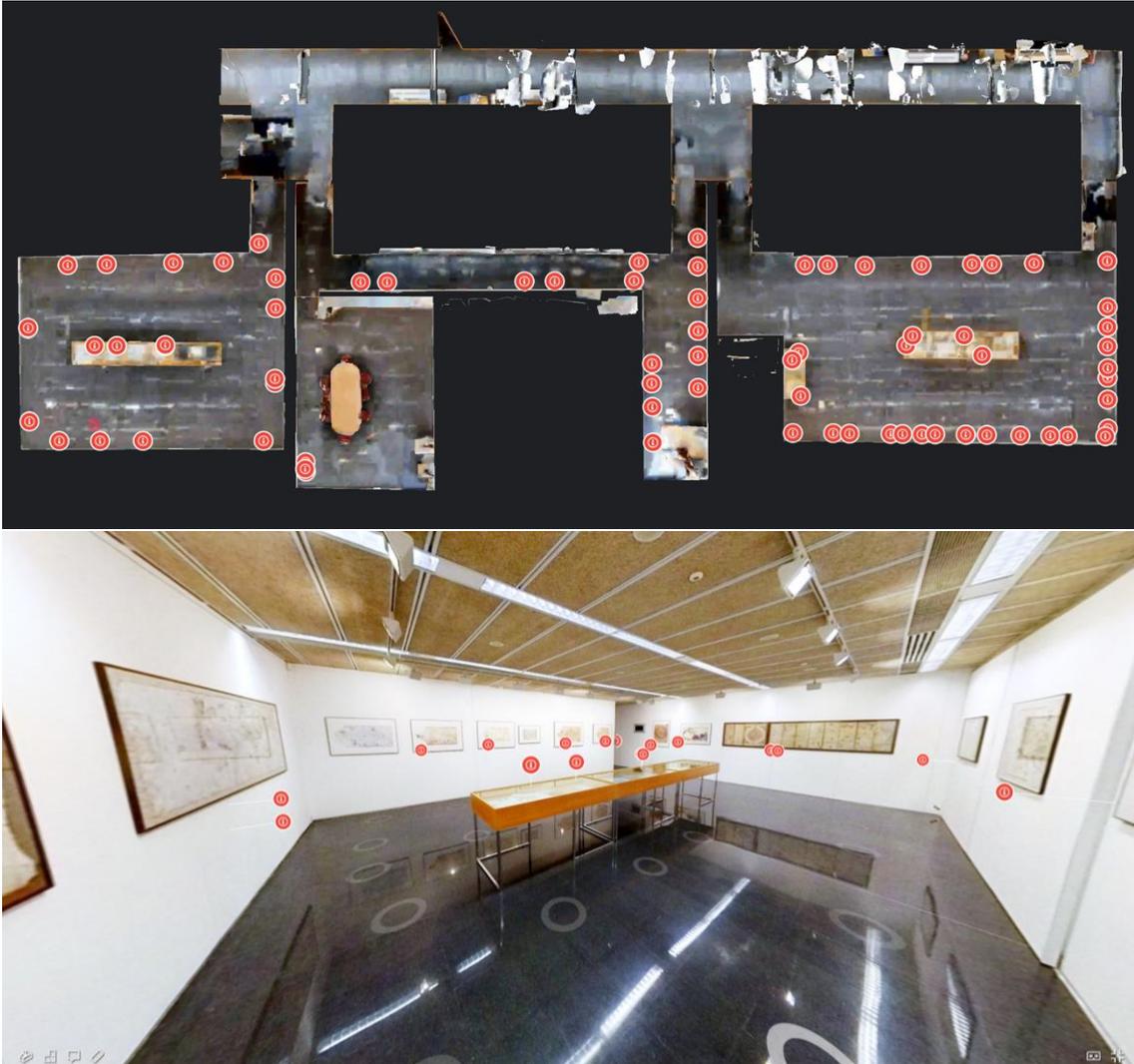
*Ilustración 18 - Interfaz para añadir la información*

En segundo lugar, dado que la calidad de imagen está limitada por la cámara, siendo ésta no óptima para ver con detalle la exposición, se han añadido imágenes a la descripción de cada cuadro para que el usuario pueda abrirlas, verlas sin reflejos y con mayor calidad (ver *ilustración 19*).



*Ilustración 19 - Imagen añadida a la descripción para una mejor visualización*

Por último, una vez añadida toda la información relevante a la exposición (ver *ilustración 20*), ya se puede publicar el trabajo para que la Fundación Giménez Lorente lo pueda añadir a su página web.



*Ilustración 20 - Arriba, vista en planta de la FGL con la información añadida / Abajo, ejemplo de visualización*

## 6.- Lidar desde iPad

La adquisición de datos se realizó desde un iPad-Pro gracias al sensor Lidar que tiene integrado con la limitación ya mencionada de 5 metros de profundidad máxima.

En primer lugar, al tratarse de una comparativa métrica, se han adquirido los límites de cada sala y pasillo dejando de lado las zonas centrales y los objetos que estaban en la exposición.

En segundo lugar, se ha realizado la toma de datos a una distancia aproximada de dos metros separado del muro. Esto está dentro de los 5 metros de límite y nos da una densidad de puntos equilibrada a pesar de que sea bastante inferior a la obtenida mediante láser escáner.

Para finalizar, los datos obtenidos han sido extraídos y guardados en formato “.las” para poder importarlos a RealWorks con el fin de poder realizar las mediciones pertinentes para la comparativa.

## 7.- Comparativa de medidas

A continuación, se ha realizado una comparativa de las medidas entre los tres métodos de adquisición de datos ya presentados. El fin de esta comparativa es el de aclarar la calidad geométrica.

	Láser escáner	Fotogrametría 360º	Lidar
Distancia diana 2-esquina mesa (Ver anejo 1)	1,921m	1,80m	1,833m
Distancia diana 2-diana 3 (Ver anejo 2)	11,979m	11,64m	11,861m
Distancia diana 3-diana 11 (Ver anejo 3)	39,908m	39,08m	39,677m
Longitud banco (Ver anejo 4)	1,993m	2,00m	1,997m

Tabla 1 - Comparativa de medidas

Como se puede comprobar en la *tabla 1*, las medidas tomadas en los datos adquiridos mediante fotogrametría 360º son los que más diferencia presentan con las metodologías restantes. Esto se debe a que la herramienta de medición del software Matterport no permite medir desde el centro de la diana porque estaban demasiado próximas a las esquinas de la sala y la herramienta se desplaza automáticamente al muro.

Este mismo problema está presente en los datos tomados mediante el Lidar del iPad Pro puesto que la densidad de puntos es inferior a lo deseado haciendo imposible medir desde el centro de las dianas.

Así mismo, se ha de destacar el problema de continuidad en los datos adquiridos mediante Lidar desde iPad Pro. En el *Anejo 5* y *6*, se muestran las discrepancias entre los datos tomados desde láser escáner con respecto a los tomados mediante fotogrametría 360º y láser escáner donde se aprecia la diferencia de dicha continuidad de datos tomados por el Lidar desde iPad Pro.

## 8.- Comparativa de tiempo invertido

La siguiente tabla se muestra el tiempo que se ha necesitado para llevar a cabo la toma de datos, su procesado y añadir información extra:

Método de adquisición	Adquisición de datos	Tratamiento de los datos	Acciones extra
Láser escáner	3 horas	10 horas	0.5 horas
Fotogrametría 360º	4 horas	1 hora	0.5horas + 11.5horas
Lidar desde iPad Pro	0.5 horas	0 horas	0.5 horas

Tabla 2- Comparativa del tiempo dedicado a cada metodología

En primer lugar, en la *tabla 2*, destaca el poco tiempo que ha sido necesario para realizar la adquisición de datos con la metodología Lidar desde iPad Pro de apenas 10 minutos. Esto en parte se debe a que se ha adquirido únicamente las paredes de las salas que forman la Fundación Giménez Lorente con el fin de obtener un resultado enfocado a lo métrico.

En segundo lugar, el láser escáner es el que tiene la mayor cifra de tiempo en el tratamiento de los datos sin tener en cuenta el tiempo que fue necesario para extraer los puntos de todas las estaciones para disponer de ellos en formato “.rwp” alcanzando las 10 horas.

Finalmente, el método de adquisición mediante fotogrametría 360º es la que más equilibrada teniendo 4 horas invertidas en la adquisición de los datos, 1 hora en el tratado de estos y 30 minutos dedicados a las acciones extra como por ejemplo la toma de medidas. Las siguientes 11.5 horas hacen referencia al tiempo invertido para introducir toda la información correspondiente a lo que se estaba exponiendo, incluyendo imágenes para obtener el producto final.

## 9.- Presupuestos

Ya se ha comparado el tiempo necesario para cada metodología y ahora se va a realizar una comparativa del presupuesto necesario para llevar a cabo cada metodología.

	Alquiler instrumento	Coste del personal	Licencia del software	<b>Total</b>
Trimble TX6	450€ / día	20€ / hora	8.792,00€	<b>9.512,00€</b>
Insta 360 One R	130€ / día	20€ / hora	Gratis	<b>340,00€</b>
iPad Pro 2020	20€ / día	20€ / hora	8.792,00€	<b>8.832,00€</b>

*Tabla 3 - Presupuestos para cada metodología*

Teniendo en cuenta las 13.5 horas para realizar el trabajo mediante láser escáner, la licencia del software RealWorks y el coste de personal, el coste asciende a 9.512,00€.

Seguidamente, el coste del trabajo realizado utilizando fotogrametría 360º es de 340,00€ englobando las 22 horas de trabajo y el coste del personal.

Para finalizar, el coste total es de 8.832,00€ para el trabajo hecho mediante escáner Lidar desde iPad Pro.

## 10.- Conclusión

Para finalizar y a modo de conclusión, teniendo en cuenta los presupuestos y el tiempo invertido para realizar la adquisición, tratamiento de los datos y el resultado obtenido, la metodología de Láser escáner tiene una adquisición de datos rápida y cumple con la continuidad de estos. El problema es que el software RealWorks, a pesar de ser muy bueno para tratar nubes de puntos para generar gemelos digitales, no es adecuado para el producto final buscado puesto que no cumpliría con el enfoque inmersivo e intuitivo que se desea. Pero su uso es imprescindible puesto que es la metodología que nos asegura la métrica del levantamiento. En el caso de que sólo se hubiera buscado una visualización, las prestaciones de Matterport son imbatibles.

Por otro lado, la toma de datos por Lidar desde iPad ofrece una calidad geométrica correcta en distancias cortas para el poco tiempo que se ha invertido. Desafortunadamente, muestra grandes problemas en la continuidad de los datos, cuando se cambia de sala, lo cual lo descarta como posibilidad para realizar el producto final en este gemelo digital. Sabiendo esto, si se hubiera trabajado con más cuidado es probable que se hubiera evitado este problema pero hay que se ha resaltar que la densidad de los puntos es reducida en comparación con las otras dos metodologías.

Finalmente, la metodología de fotogrametría 360º ofrece más versatilidad. En primer lugar, ofrece una calidad geométrica adecuada para el gemelo digital que se quiere realizar y su software está mucho más adaptado para poder crear una visita virtual inmersiva lo que convierte a esta metodología en la correcta para generar el gemelo digital que se usará para la visita virtual de la Fundación Giménez Lorente.

## Bibliografía

- Artículo 1: Yadav, K., Ramrakhya, R., Ramakrishnan, S. K., Gervet, T., Turner, J., Gokaslan, A., ... & Chaplot, D. S. (2023). Habitat-matterport 3d semantics dataset. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 4927-4936).
- Artículo 2: Ramakrishnan, S. K., Gokaslan, A., Wijmans, E., Maksymets, O., Clegg, A., Turner, J., ... & Batra, D. (2021). Habitat-matterport 3d dataset (hm3d): 1000 large-scale 3d environments for embodied ai. *arXiv preprint arXiv:2109.08238*.
- Artículo 3: Sulaiman, M. Z., Aziz, M. N. A., Bakar, M. H. A., Halili, N. A., & Azuddin, M. A. (2020, December). Matterport: virtual tour as a new marketing approach in real estate business during pandemic COVID-19. In *International conference of innovation in media and visual design (IMDES 2020)* (pp. 221-226). Atlantis Press.
- Artículo 4: Tchomdji, L. O. K., Park, S. J., & Kim, R. (2022). Developing virtual tour content for the inside and outside of a building using drones and Matterport. *International Journal of Contents*, 18(3), 74-84.
- Juan Toro, 2023; Reunión online webinar: [Webinar Matterport PRO3 y Analist](#)
- Hoja de datos TX6 - [Datasheet – Trimble TX6 Laser Scanner Spanish Manual](#)
- Shan, Jie | Toth, Charles K | Boca Raton : CRC/Taylor & Francis; 2009; Topographic laser ranging and scanning : principles and processing.

# ANEJOS

# Anejo 1

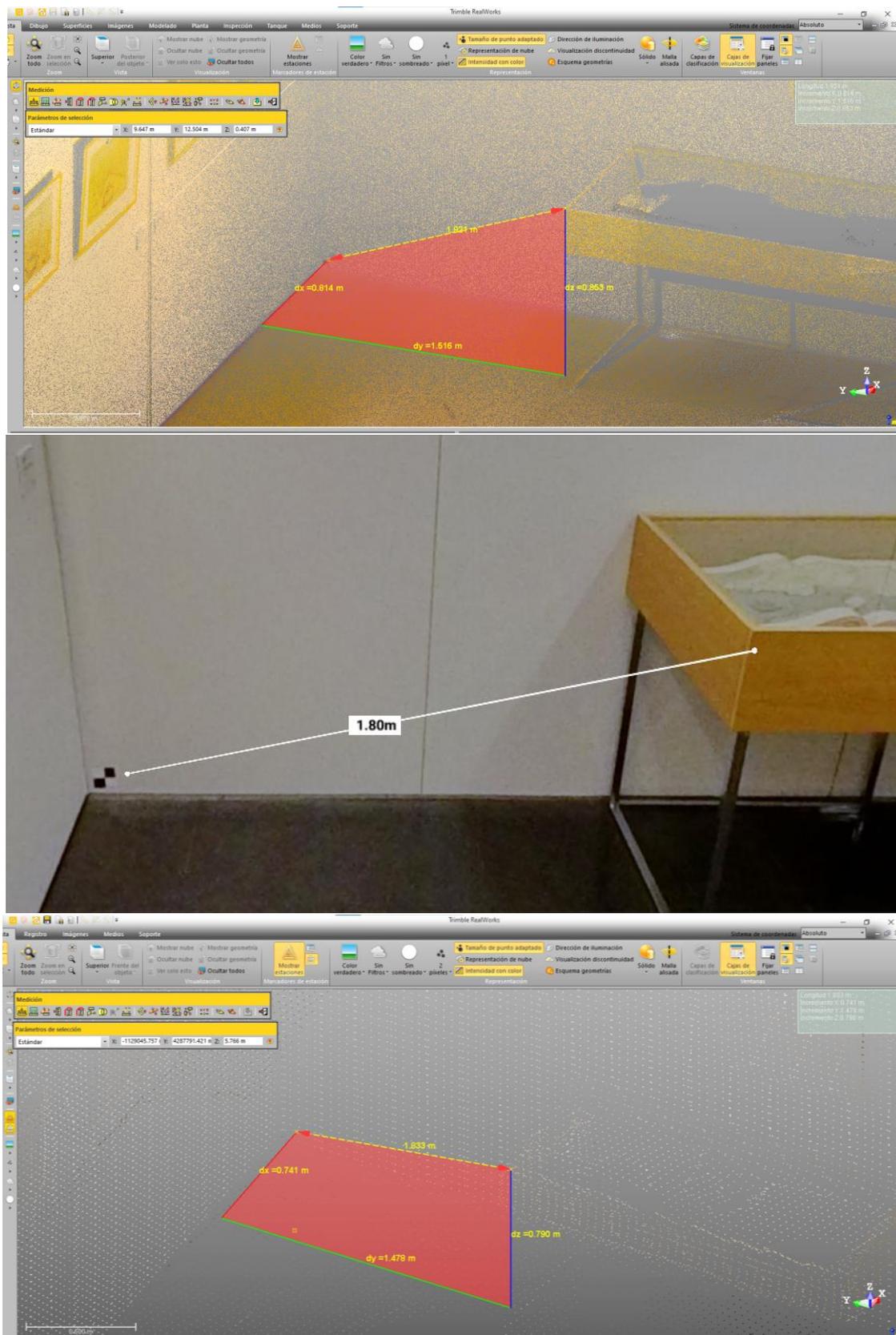


Ilustración 21 - Comparativa: arriba láser escáner, en el centro fotogrametría y abajo Lidar

## Anejo 2

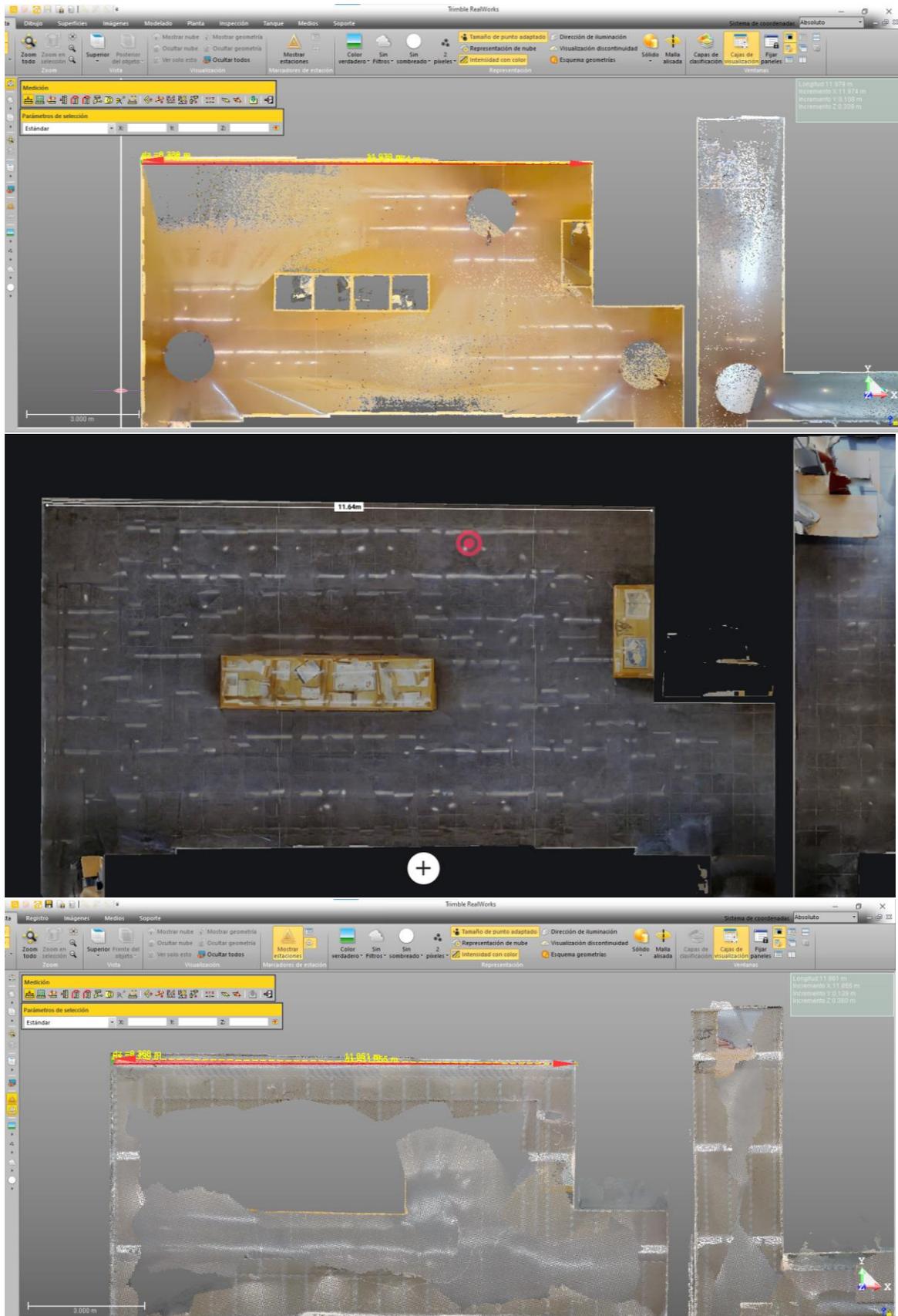


Ilustración 22 - Comparativa: arriba láser escáner, en el centro fotogrametría y abajo Lidar

### Anejo 3



Ilustración 23 - Comparativa: arriba láser escáner, en el centro fotogrametría y abajo Lidar

## Anejo 4

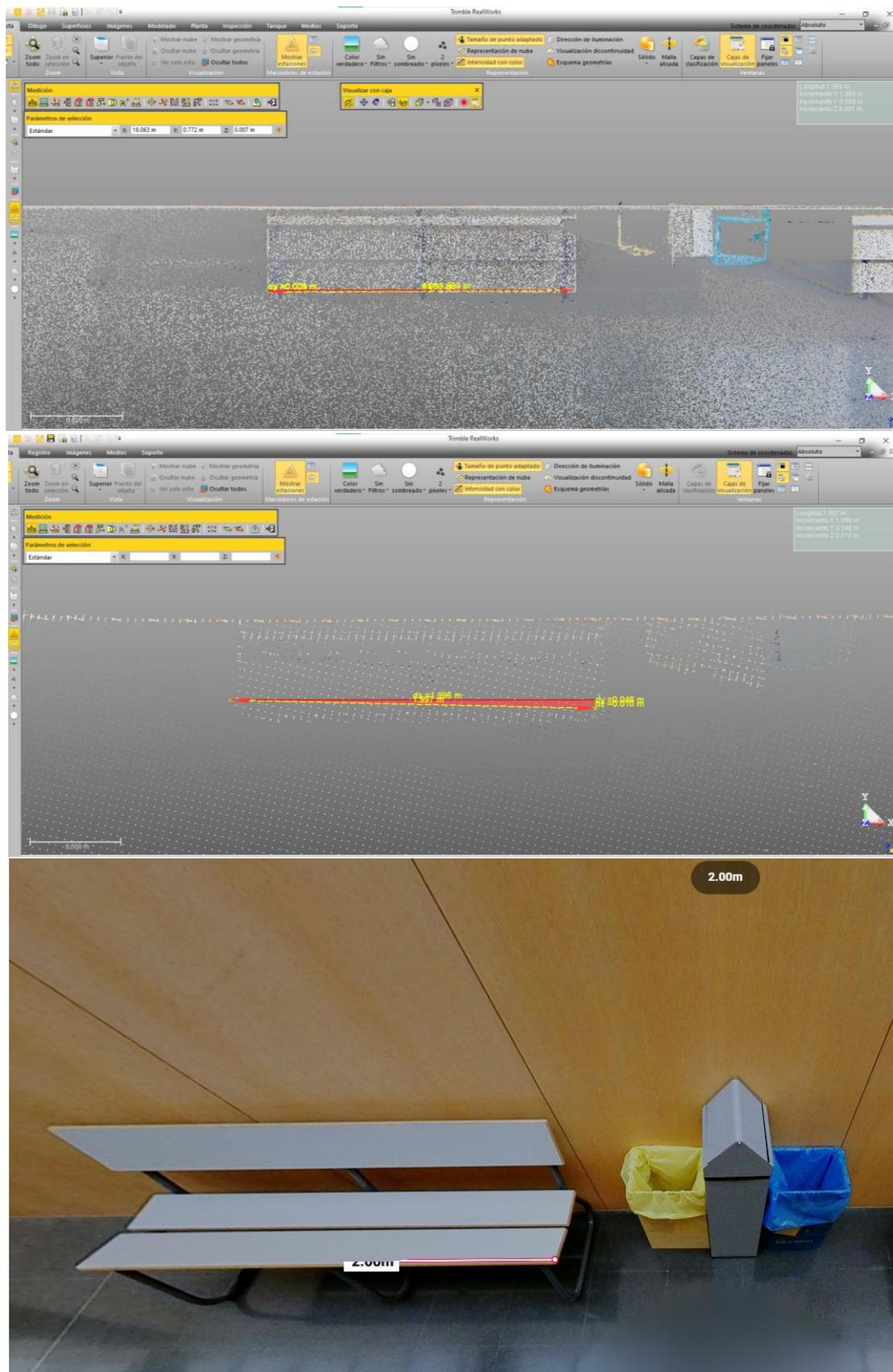


Ilustración 24 - Comparativa: arriba láser escáner, en el centro fotogrametría y abajo Lidar

## Anejo 5

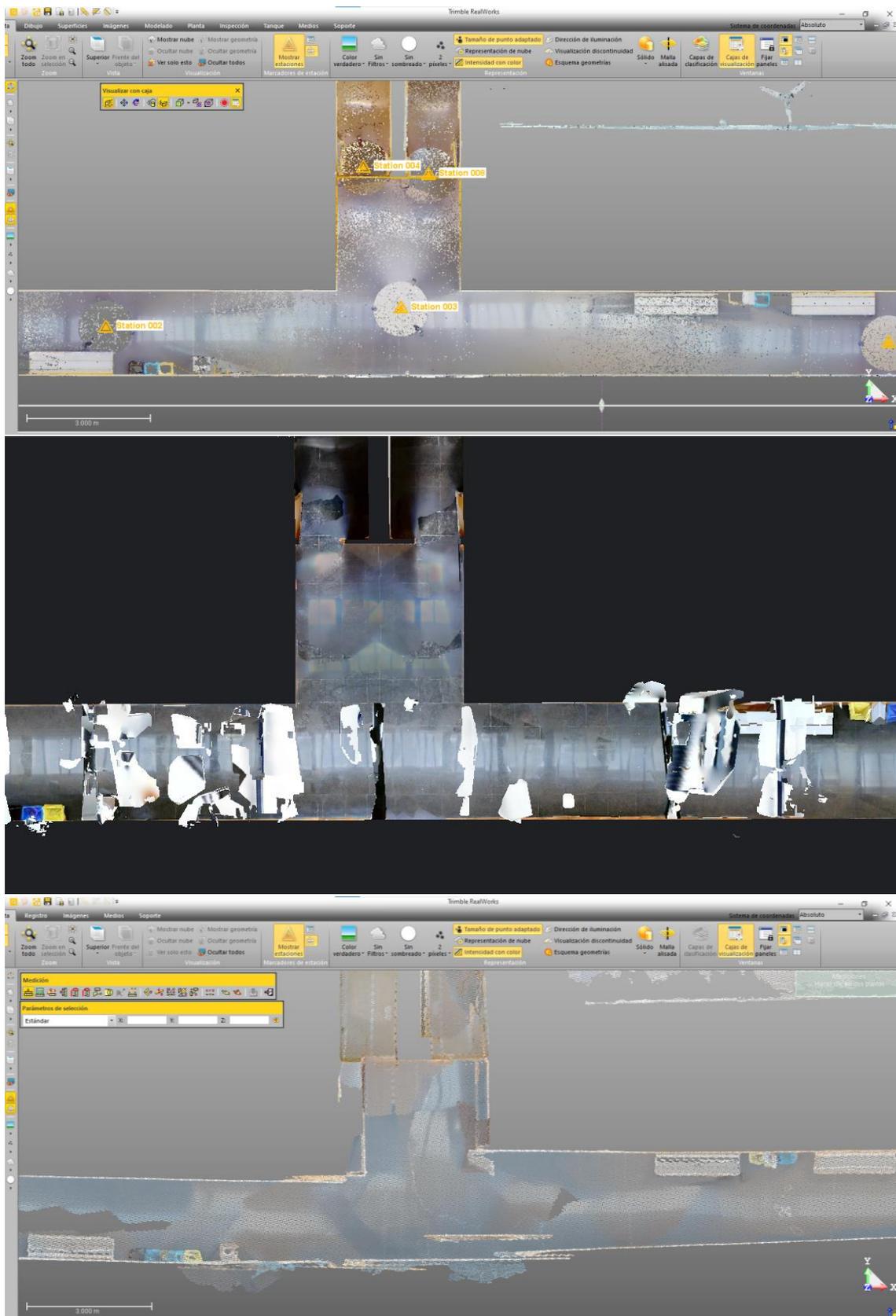


Ilustración 25 - Comparativa: arriba láser escáner, en el centro fotogrametría y abajo Lidar

## Anejo 6

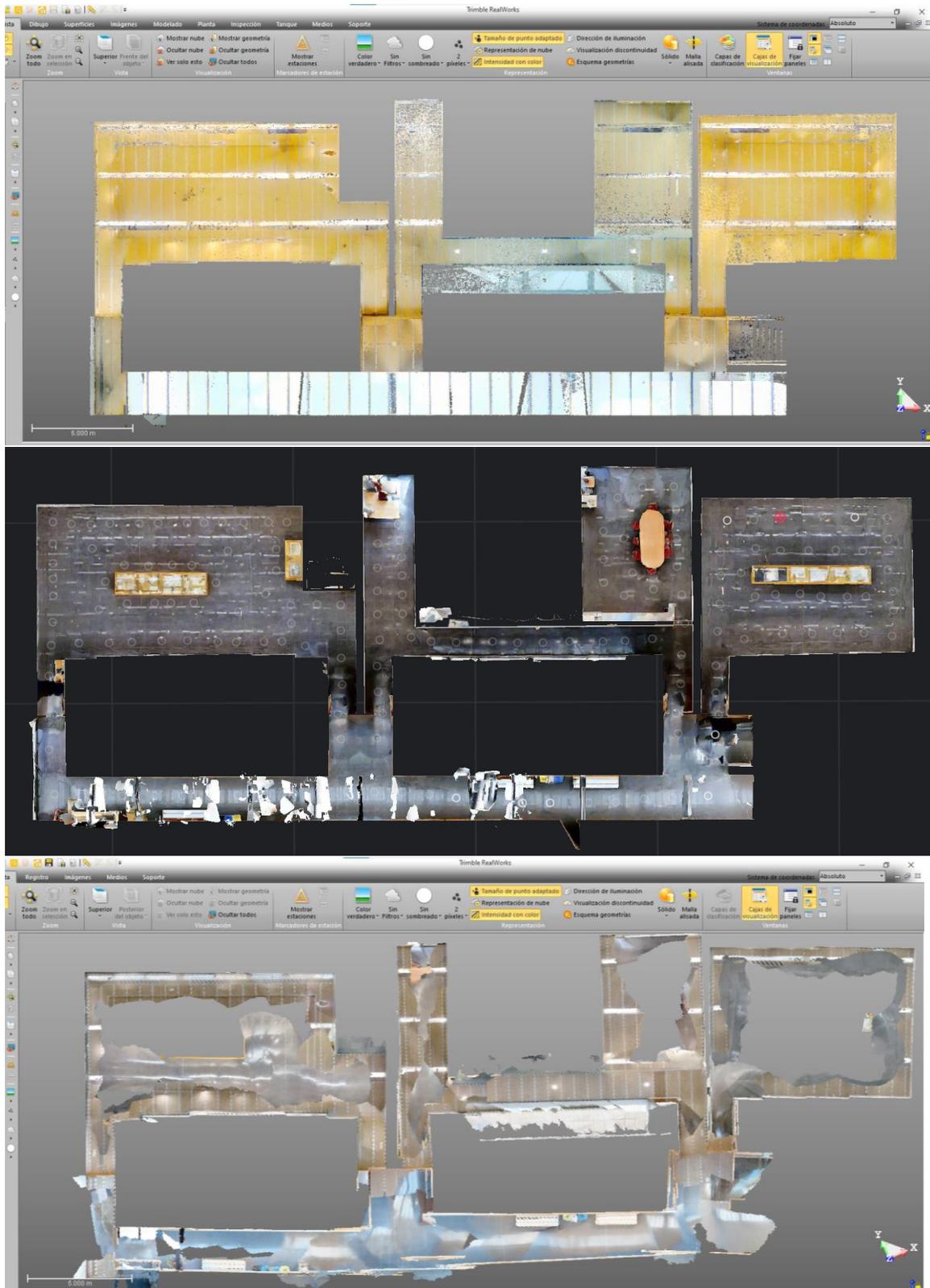


Ilustración 26 - Comparativa: arriba láser escáner, en el centro fotogrametría y abajo Lidar