



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

TRABAJO FINAL DE GRADO

Modelización 3D de un refugio de guerra en Ribarroja (Valencia)

Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

Alumno: Alejandro Soria Blat

Tutor: Dr. Enrique Priego de los Santos

Valencia, julio 2020

Con este proyecto, finalizo mi grado en la Universidad Politécnica de Valencia, cuyo inicio significó un cierre de una etapa y el inicio de una nueva, más allá de lo estrictamente académico.

Agradecer en primer lugar a mi tutor Enrique, por darme la posibilidad de trabajar con él en un proyecto de tal magnitud y que a pesar del momento de pandemia que nos ha tocado vivir, ha sabido responder a mis dudas y a ayudarme desde la distancia en todo lo posible.

Agradezco a la empresa Leica Geosystems, y a sus ingenieros Ruben Cubel y Rodrigo García por brindarme la licencia para poder trabajar desde casa en este tiempo de cuarentena ya que ello me ha permitido finalizar este trabajo.

Doy las gracias a todos mis compañeros que empezaron conmigo y que algunos se han convertido en grandes amigos.

Agradezco a mi familia por sembrarme con su motivación para que no cayera en momentos más bajos del grado.

Y sobretodo, a mi pareja, que es mi compañera de viaje y nunca ha perdido la sonrisa y me ha animado a continuar.

Gracias por todo.

Compromiso

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

Resumen

El presente trabajo fin de grado consiste en la realización completa de un levantamiento topográfico 3D de un refugio de guerra situado en el municipio de Riba-roja de Turia (Valencia) y el colegio dónde se encuentra, empleando la metodología del láser escáner y su posterior modelado 3D con fines de divulgación histórica. Se ha pretendido aplicar la tecnología láser escáner para el cartografiado de elementos subterráneos y su geolocalización, para posteriormente analizar la información geométrica que dicha instrumentación ofrece, facilitando en gran medida los trabajos de medida de campo y otorgando una alta precisión y una gran cantidad de información métrica.

Resum

El present treball fi de grau consisteix en la realització completa de un llevantament topogràfic 3D d'un refugi de guerra situat al municipi de Riba-roja del Turia (Valencia) i el col·legi on es troba, empleant la metodologia del làser escàner i el seu posterior modelat 3D amb la finalitat de divulgació històrica. S'ha tractat d'aplicar la tecnologia làser escàner per al cartografiat dels elements subterranis i la seua geolocalització, per a posteriorment analitzar la informació geomètrica que aquesta instrumentació ofereix, facilitant en gran manera els treballs de mesura de camp i donant una alta precisió i una gran quantitat d'informació mètrica.

Summary

The present final degree project consists of the complete realization of a 3D topographic survey of a war refuge located in the municipality of Riba-roja de Turia (Valencia) and the school where it is located, using the methodology of the laser scanner and its subsequent 3D modeling for historical disclosure purposes. An attempt has been made to apply laser scanner technology for mapping underground elements and their geolocation, to subsequently analyze the geometric information that said instrumentation offers, greatly facilitating field measurement work and granting high precision and a large amount of information metrics.

Índice

Introducción	10
Instrumentación	13
2.1. Láser escáner	14
2.1.1. Medición basada en triangulación	15
2.1.2. Medición basada en el tiempo de vuelo mediante pulsos	16
2.1.3. Medición basada en el tiempo de vuelo mediante diferencia de fase	17
2.2. Teoría de errores	18
2.3. Láser escáner Trimble TX6	18
Metodología	22
Capítulo 3. Metodología	23
3.1. Captura de datos	23
3.2. Procesado de datos	24
3.2.1. Trimble RealWorks	24
3.3. Tratamiento de los datos	25
3.3.1. Registro de nubes de puntos	25
3.3.2. Resultados del registro	28
3.3.3. Limpieza de la nube de puntos	29
3.3.4. ModelSpace y resultados	33
3.4. Modelización 3D	36
Resultados	39
Capítulo 4. Resultados	40
4.1. Vistas Modelo 3D	40
4.2. Planos 2D	43
4.3. Cálculos métricos	49
Presupuesto	50
Conclusiones	54
Bibliografía	56
Anejos	57

Tabla de figuras

<i>Figura 1: Ejemplo de medición basada en triangulación.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2: Ejemplo de medición basada en el tiempo de vuelo mediante pulsos.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 3: Ejemplo de medición basada en el tiempo de vuelo mediante diferencia de fase...17</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4: Láser Escáner Trimble TX6</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5: Parámetros de escaneo</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6: Elementos del menú del Trimble TX6</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7: Esfera de referencia</i>	<i>23</i>
<i>Figura 8: Esquema de formato de nube de puntos</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9: Nubes de puntos para el registro</i>	<i>25</i>
<i>Figura 10: Fase 1</i>	<i>26</i>
<i>Figura 11: Constraint List</i>	<i>26</i>
<i>Figura 12: Optimice Cloud Alignment</i>	<i>27</i>
<i>Figura 13: Proceso de registro de nubes</i>	<i>27</i>
<i>Figura 14: Resultados estadísticos de unión</i>	<i>28</i>
<i>Figura 15: Histograma Lineal</i>	<i>28</i>
<i>Figura 16: Listado Constraints</i>	<i>29</i>
<i>Figura 17: Colegio sin limpiar</i>	<i>30</i>
<i>Figura 18: Colegio sin elementos exteriores</i>	<i>31</i>
<i>Figura 19: Elementos internos a eliminar</i>	<i>31</i>
<i>Figura 20: Limit Box</i>	<i>32</i>
<i>Figura 21: Elementos eliminados</i>	<i>33</i>
<i>Figura 22: ModelSpace 1 Libre de elementos innecesarios</i>	<i>33</i>
<i>Figura 23: ModelSpace 2 Refugio, perímetro del colegio y suelo</i>	<i>34</i>
<i>Figura 24: ModelSpace 3 Muros exteriores, refugio y casetas de acceso</i>	<i>34</i>
<i>Figura 25: ModelSpace 4 Refugio</i>	<i>35</i>
<i>Figura 26: ModelSpace 5 Refugio, muros y fachada del colegio</i>	<i>35</i>
<i>Figura 27: Nuevo sistema de coordenadas</i>	<i>36</i>
<i>Figura 28: Refugio en 3D Reshaper</i>	<i>36</i>
<i>Figura 29: Malla del refugio</i>	<i>37</i>
<i>Figura 30: Agujero a cerrar</i>	<i>37</i>
<i>Figura 31: Agujero cerrado</i>	<i>38</i>
<i>Figura 32: Suavizado de malla</i>	<i>38</i>
<i>Figura 33: Modelo 3D - Planta</i>	<i>40</i>
<i>Figura 34: Modelo 3D - Entrada Principal</i>	<i>41</i>
<i>Figura 35: Pasillo Interior</i>	<i>41</i>
<i>Figura 36: Plano de sección</i>	<i>42</i>

<i>Figura 37: Extracción de líneas según plano de sección</i>	<i>42</i>
<i>Figura 38: Plano de planta</i>	<i>43</i>
<i>Figura 39: Plano de planta sin nube de puntos</i>	<i>44</i>
<i>Figura 40: Plano de planta y fachada del colegio</i>	<i>45</i>
<i>Figura 41: Plano de planta, fachada y muro del colegio</i>	<i>46</i>
<i>Figura 42: Plano topográfico</i>	<i>47</i>
<i>Figura 43: Perfiles transversales</i>	<i>48</i>
<i>Figura 44: Perfil longitudinal</i>	<i>48</i>
<i>Figura 45: Comparativa capacidad de personas del refugio</i>	<i>49</i>
<i>Figura 46: Tabla salarial del convenio laboral de oficinas y despachos</i>	<i>51</i>
<i>Figura 40: Listado actividades</i>	<i>52</i>
<i>Figura 41: Presupuesto total</i>	<i>53</i>

Capítulo 1

Introducción

Capítulo 1. Introducción

El patrimonio bélico construido durante la Guerra Civil ha dejado una serie de construcciones por todo el territorio español. Concretamente, en el municipio valenciano de Riba-roja de Túria, existen bastantes fortificaciones que formaban parte de la línea defensiva Puig-Carasoles que protegía la ciudad de Valencia. Entre trincheras, bunkers y nidos de ametralladoras, está el refugio antiaéreo del colegio CEIP Cervantes. El área de Turismo pretende poner en valor este patrimonio mediante un estudio geomático de las galerías que conforman el refugio.

El objeto de este trabajo fin de grado es la obtención del título de Grado en Ingeniería en Geomática y Topografía en la Universitat Politècnica de Valencia, y para ello se ha realizado un levantamiento topográfico 3D con sistemas láser escáner, su posterior modelado 3D, y la obtención de algunos datos geométricos que de ello derivan. Este trabajo forma parte de la colaboración del Ayuntamiento de Riba-roja de Turia, con los investigadores Enrique Priego (profesor que ha dirigido este TFG), Jesús Palomar y María José Viñals de la Universitat Politècnica de Valencia.

Como objetivo principal, se pretende aplicar la tecnología láser escáner para el cartografiado de elementos subterráneos y geolocalizarlos respecto a la superficie, para posteriormente analizar la información que dicha instrumentación nos ofrece. Un levantamiento topográfico es un estudio del terreno, haciendo énfasis en la superficie teniendo en cuenta sus características geográficas y físicas y las alteraciones propias del ser humano. En este caso se pretende realizar un levantamiento mediante un láser escáner, instrumento que facilita en gran medida el levantamiento y otorga una precisión muy buena y una gran cantidad de información métrica.

Dicho levantamiento tridimensional, realizado con un equipo Trimble TX6, perteneciente al Departamento de Ingeniería Cartográfica, ha comprendido toda la superficie del citado colegio Cervantes, incluyendo todo el perímetro del colegio, el patio delantero y trasero, así como el propio refugio el cual se accede desde fuera del colegio.

La modelización 3D es una técnica en pleno crecimiento, que apoyada en aplicaciones geomáticas y debido a su alta precisión, permite su uso en técnicas patrimoniales. Para aprovechar las funcionalidades de la tecnología del modelado 3D, se pretenden obtener datos métricos como superficie del refugio, volumen, así como será posible extraer planos 2D.

De este modo, el presente documento se estructura en 6 capítulos que describen el proceso realizado. En este primer capítulo de introducción se presentan los objetivos y alcance de este trabajo. En el segundo capítulo se hace referencia a la instrumentación utilizada, centrándose fundamentalmente en el sistema láser escáner escogido para la realización de este proyecto.

A continuación, se describe la metodología de campo y de gabinete para llevar a cabo todo el proceso mediante diferentes programas de tratamiento de nubes de puntos. Posteriormente se obtienen todos los resultados, desde los planos 2D en planta hasta perfiles longitudinales y transversales en alzado, y datos métricos que pudiesen derivarse y ser interesantes para la explotación turística de este refugio. Y por último, se hace una valoración estimada del coste de este trabajo geomático, para terminar con unas conclusiones personales en cuanto a la realización de este trabajo fin de grado.

Capítulo 2

Instrumentación

Capítulo 2. Instrumentación

En este apartado se definen los fundamentos genéricos de un equipo láser escáner y sus tipos de toma de datos. El objetivo de usar esta tecnología es obtener una nube de puntos que contenga toda la información del lugar para generar posteriormente una malla 3D.

2.1. Láser escáner

El láser escáner es un instrumento que mediante barridos en forma de abanico a través de un haz de láser capta miles de puntos por segundo de una superficie. El resultado de dicho proceso son coordenadas tridimensionales (x, y, z) más la intensidad del punto, formando una densa nube de puntos, que en sí misma compone un modelo numérico de los objetos registrados (una matriz). El producto generado es una nube de puntos de alta densidad en verdadera magnitud (Priego, 2015).

La técnica de láser escáner es una técnica de medida sin contacto físico con la superficie, captura los datos y los muestra a modo de una densa nube de puntos por cada medición o estacionamiento, y gracias a este sistema de no contacto, no se altera la superficie a medir, pudiendo repetir las mediciones siempre que sea necesario sin riesgo de perjudicar el lugar de estudio.

El láser escáner es un instrumento que manda un haz láser a la superficie y en base a ese haz láser, es capaz de almacenar información de cada punto asignando coordenadas tridimensionales reales, de forma que podemos posicionarlo en el espacio. El haz láser emplea el espectro electromagnético, comprendido en las longitudes de onda del infrarrojo cercano hasta el ultravioleta. La longitud de onda empleada discrepa según el fabricante del instrumento, el rango de uso y la aplicación que le vayamos a dar (Riveiro et al., 2011).

Además, muchos instrumentos en el mercado cuentan con una cámara de fotos de alta resolución, lo que dota a la nube de puntos de mayor realismo y obtener el color verdadero, ya que el instrumento relaciona cada punto con el color del pixel captado en la foto. También podemos realizar este paso con el uso de programas específicos que nos permiten ajustar el color de la nube de puntos con imágenes obtenidas mediante una cámara externa al láser escáner (Priego, 2015).

El láser escáner se emplea para realizar el levantamiento de la superficie interior de una obra subterránea, obteniendo una gran cantidad de información detallada de los aspectos geométricos de dicha obra. Como resultado del levantamiento, obtenemos una densa nube de puntos digitalizada, con coordenadas tridimensionales (x, y, z), dicha densidad de información hace que se aproxime a la realidad, consiguiendo gran calidad de detalle (Priego, 2009).

Este método no proporciona datos sobre los cambios bruscos de pendiente, líneas de ruptura de superficies o vacíos de información. Por ejemplo, en una densa nube de puntos con información espacial de una zona, una superficie con poca pendiente tendrá una separación entre puntos parecidos a una superficie abrupta. Este problema con las líneas características se compensa con la gran masa de puntos captada en la medición que posteriormente se procesa (Riveiro et al., 2011).

A fin de cuentas, se trata de una nube de puntos, es decir, un modelo simplificado de la realidad, su posterior tratamiento implica la auténtica interpretación de los datos.

A la hora de elegir entre un láser escáner u otro, es importante fijarse en los parámetros de velocidad de barrido, densidad de puntos en la toma de datos, precisión al realizar las mediciones, alcance, área de medición, y en caso de tener cámara integrada, calidad de las fotos tomadas en campo y su integración al modelo 3D.

Para medir el tiempo de vuelo, se emplean tres formas distintas de proceder: la tecnología de pulsos, la diferencia de fase a partir de la modulación de amplitud continua de onda (AMCW), y la diferencia de fase a partir de la modulación de frecuencia continua de una onda (FMCW) (Priego, 2015).

2.1.1. Medición basada en triangulación

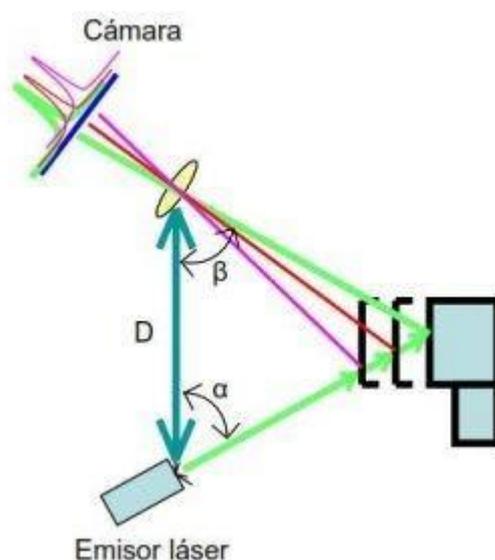


Figura 1: Ejemplo de medición basada en triangulación

El láser se basa en la medición de distancias (rango), y en dos ángulos para poder obtener coordenadas tridimensionales del objeto o superficie en un sistema de coordenadas esféricas. Esta medición de distancias se basa en el principio de triangulación, tiempo de vuelo o

diferencia de fase. La medición de los ángulos utiliza codificadores de alta precisión asociados a los sistemas mecatrónicos que manejan el movimiento de los ángulos horizontal y vertical del aparato (Riveiro et al., 2011).

Según la tecnología empleada y el rango de exploración los láseres escáner se clasifican según el principio de medición y según el alcance del campo de visión (Riveiro et al., 2011).

2.1.2. Medición basada en el tiempo de vuelo mediante pulsos

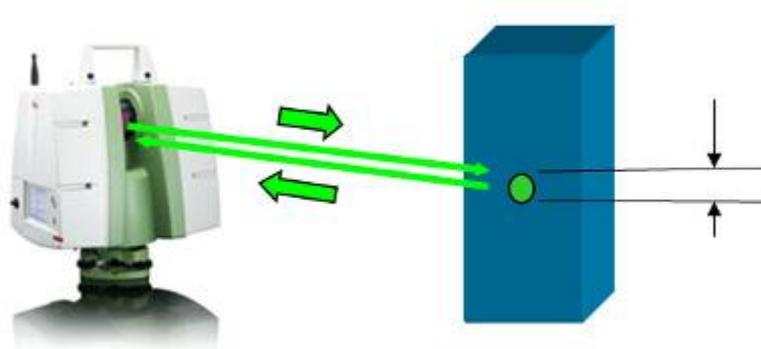


Figura 2: Ejemplo de medición basada en el tiempo de vuelo mediante pulsos

Los láseres escáner que emplean la medición de tiempo de vuelo mediante la tecnología de pulsos, constan de un emisor de pulsos y un conversor digital, el cual mediante la medición muy precisa del tiempo, ronda los picosegundos (10^{-12} segundos), que tarda la onda emitida en rebotar en el objeto, se obtiene la distancia buscada. (Priego, 2015).

Los láseres que emplean la medición del tiempo de vuelo (TOF), se basan en la diferencia de fase entre la emisión del haz láser y su recepción en el instrumento después de que este rebote en el objeto. Al tratarse de un haz láser, su velocidad es la de la luz, que, a pesar de ser conocida, depende del medio de transmisión y su índice de refracción, por lo que es necesario introducir parámetros medioambientales, como la temperatura, humedad o presión atmosférica para obtener mediciones precisas (Riveiro et al., 2011).

Dicha tecnología utiliza varios rangos de frecuencias, comprendidas entre 2 y 100 MHz, y 128 KHz. La precisión varía, entre los 4 mm y 3 cm, aunque después del escaneado, con el procesado en gabinete se pueden alcanzar los 2 mm de precisión. Estos escáneres pueden llegar a los 2km de distancia. Emplean un sistema de espejos rotatorios y servomotores que dirigen la trayectoria del haz láser tanto en el plano vertical como en el horizontal.

2.1.3. Medición basada en el tiempo de vuelo mediante diferencia de fase

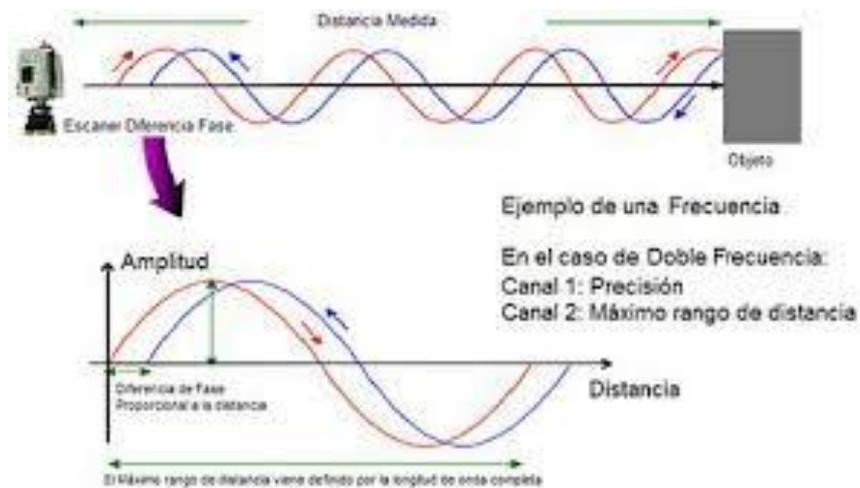


Figura 3: Ejemplo de medición basada en el tiempo de vuelo mediante diferencia de fase

Los láseres escáner que emplean la medición de distancia por diferencia de fase, se basan en la modulación del haz láser que emite el láser escáner hacia la superficie a digitalizar. De la radiación reflejada, hay parte que la capta el láser escáner, que la monitoriza y la compara para ver la diferencia de la fase modulada entre la señal emitida y la recibida. La diferencia de fase obtenida es 2π veces el tiempo de vuelo de la frecuencia modulada. Por lo tanto, a mayores frecuencias de modulación, mayores resoluciones espaciales (Riveiro et al., 2011).

Esta tecnología de medición de distancia por fase emplean frecuencias más altas que la anterior, llegando a los 1000 MHz, lo que posibilita que el escaneo sea más rápido, trabajando con velocidades de hasta 1,2 MHz, que supone 1.200.000 puntos/segundo. Pero, tiene una limitación en medidas inferiores a la distancia.

Los láseres escáner que utilizan la medición por tiempo de vuelo tienen un mayor rango de medición, mientras que los que emplean la medición por diferencia de fase tienen velocidades de adquisición de puntos mayores, según el proyecto a realizar será mejor usar un equipo u otro.

Los láseres escáner con tecnología de medición por diferencia de fase son de corto alcance o alcance más limitado, mientras que los que emplean tecnología de medición por tiempo de vuelo tienen mayor alcance, y por ello, estos últimos son los más recomendados para digitalizar túneles y obras subterráneas (Priego, 2009).

Según el alcance del campo de visión los láseres escáner podemos clasificarlos en tres grupos, escáneres tipo cámara, escáneres tipo híbrido y escáneres panorámicos (Riveiro et al., 2011).

2.2. Teoría de errores

Igual que en los tipos de medición anteriores, hay que conocer con exactitud todos los parámetros que pueden favorecer la presencia de errores tanto internos como externos, con el fin de minimizarlos.

Los errores internos son los errores en fabricación, bien sea por un mal montaje, ajuste o movimiento incorrecto de alguna de las partes. Este tipo de errores se puede desglosar en dos tipos de errores internos, fundamentales o de hardware.

Los fundamentales se deben a la limitación técnica de la medición de la distancia, estos no se pueden eliminar y reducir, por ello hay que tenerlos presentes cuando se realice las correcciones pertinentes a posteriori. Los de hardware son propios del diseño del escáner, pudiéndose reducirse o eliminarse.

Estos últimos errores pueden afectar de forma sistemática o aleatoria. Los errores sistemáticos son los más importantes ya que no se puede ajustar dicho láser escáner o tratar de eliminarlos.

También tenemos errores externos, producidos por el objeto escaneado, ambiente y errores en la metodología de trabajo. Los producidos por el objeto pueden deberse al efecto del reflejo de la luz en la superficie del mismo, bien por las propiedades del objeto, brillo, ángulo de incidencia del haz, temperatura del propio objeto, etc. Los errores ambientales se deben a la presión, temperatura, humedad relativa, vibraciones, etc., este tipo de errores son los más difíciles de controlar. Actualmente, algunas estaciones láser permiten introducir los datos ambientales para tratar de obtener la nube de puntos con el mínimo impacto de estos fenómenos. Los errores en la metodología de trabajo incluyen los errores de escaneado y georreferenciación de las nubes de puntos o registro de nubes en el sistema de coordenadas global o local (Riveiro et al., 2011).

2.3. Láser escáner Trimble TX6

Actualmente dispone de un extenso abanico de aplicaciones para la ingeniería, como la arquitectura o la arqueología. También en el sector del entretenimiento, ya sea videojuegos o películas, sector de defensa policial, usado en accidentes de tráfico, levantamientos criminales, etc. De esta forma se toma una representación muy cercana a la realidad del lugar,

desde el que se pueden añadir texturas, realizar mediciones, cálculos, secciones o cortes 2D, cálculos de volúmenes, modelar elementos en 3D, etc.

A día de hoy, el mercado cuenta con una gran variedad de láseres escáner con los que podemos obtener una gran cantidad de puntos con gran calidad para medir. Esta cantidad de puntos nos permite medir distancias por debajo del metro hasta de varios kilómetros.

Los láseres escáner se complementan con un software privado según la marca del propio láser, estos permiten el manejo con cualquier software CAD de las nubes de puntos obtenidas, que posterior registro, limpieza, georeferenciación y modelado, podemos visualizar y gestionar el modelo 3D según la finalidad.



Figura 4. Láser escáner Trimble TX6

Para la elaboración de este proyecto, se ha utilizado el láser escáner de la marca Trimble modelo TX-6 perteneciente al Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universidad Politécnica de Valencia. Dicho equipo contiene una cámara que proporciona imágenes HDR del entorno para poder dotar de color a los escaneados. El campo de visión es de $360^{\circ} \times 317^{\circ}$ con una precisión angular de 80 microradianes. Tiene una velocidad de medida de 1,2 MHz, lo que supone 1.200.000 puntos/segundo.

Los escaneos realizados se guardan en un pen drive integrado dentro del propio láser escáner, facilitando así el transporte y el vuelco de los datos en un ordenador, lo que permite cambiar de pen drive si debemos realizar varios escaneos de proyectos distintos sin pasar por gabinete a volcar los datos.

Otro punto muy importante es que el láser escáner, al incidir en las esquinas, provoca ruido. Este efecto provoca que las esquinas no estén lo suficientemente definidas en cada escaneo. En este proyecto es de suma importancia, pues dentro del refugio, las paredes no son perfectamente lisas, lo que puede provocar ruido en las paredes.

La precisión de los láseres escáneres actuales ronda entre 2mm y 3 cm, el equipo usado en este proyecto tiene precisión de 6 mm. Los Leica P40 y P50, en condiciones de laboratorio óptimas puede llegar al milímetro de precisión, pero esas condiciones es prácticamente imposible de conseguir en la toma de datos en campo.

Dicha precisión varía según la distancia, a más distancia menos densidad de puntos tendrá el escaneo. En nuestro proyecto, el ancho del refugio es aceptable así que no tendremos problema con el resultado de cada escaneo.

El láser escáner cuenta con varios niveles de precisión, es decir, cuánto mayor nivel usado mayor precisión. Esto se debe a que cuanto mayor nivel pongamos, menor es la distancia entre puntos, por tanto más barridos debe realizar, lo que aumenta el tiempo empleado en cada estacionamiento.

Preview(4 min): 8.700.000 puntos. 1 pto/cm a 10 m. 30m en 30m

N1 (5 min): 34.700.000 puntos. 4 ptos/cm a 5 m. 23mm en 30m

N2 (7 min): 138.900.000 puntos. 16 ptos/cm a 2,5 m. 11mm en 30m

N3 (20 min): 555.500.000 puntos 64 ptos/cm a 10 m. 5mm en 30m

Los parámetros de escaneo pueden verse en la siguiente figura.

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

Figura 5: Parámetros de escaneo

Las dimensiones del láser escáner son 335x386x242mm con peso de 10,7 kg y 11,2 kg con y sin batería respectivamente.

Dispone de un tipo de tecnología que el fabricante llama “Lightning”, que hace al equipo menos susceptible a los cambios atmosféricos, y por este motivo, no podemos introducir de forma manual los valores de presión, humedad o temperatura.



Figura 6: Elementos del menú del Trimble TX6

A pesar de esto, el equipo puede funcionar en un rango de 0º a 40º Celsius. Además dispone de una cámara integrada de 10mpx, tarda aproximadamente 1 minuto en obtener una imagen en su modo estándar y 2 minutos en HD3.

Capítulo 3

Metodología

Capítulo 3. Metodología

3.1. Captura de datos

Para realizar el levantamiento topográfico 3D se deben realizar varios estacionamientos debido al tamaño del elemento a escanear e intentando minimizar las zonas de sombra con más estacionamientos adicionales en caso de ser necesario, todo ello para favorecer el proceso de unión (registro) de los distintos escaneos. Así pues, debido a la morfología del refugio, se ha realizado estacionamientos cercanos para evitar zonas de sombra, dando como resultado 33 nubes de puntos con las que trabajar.

Para facilitar el registro en gabinete, se han distribuido esferas a lo largo del recorrido cómo las que se pueden ver en la imagen.



Figura 7: Esfera de referencia

Esta esfera permite que al verse desde distintos escaneos, su unión sea mucho más sencilla y casi automática, ofreciendo una mejor precisión. Se han colocado 6 dianas en los tramos de escalera en ambas entradas.

El primer escaneo en la entrada del refugio se ha realizado con nivel 1, y el resto con nivel 2. No es necesario usar el máximo nivel en todos los escaneos porque se requiere un gran poder computacional y el peso de las nubes de puntos aumenta en exceso.

No se han podido obtener imágenes a color del lugar debido a que el refugio es una excavación artificial, por tanto no consta de ningún elemento a destacar dentro de él.

Se dispone de 33 escaneos de los cuales, 17 corresponden al refugio y el resto del exterior dentro del perímetro del colegio.

3.2. Procesado de datos

El proceso de registro consiste en hacer coincidir las nubes de puntos con las zonas de solape entre distintos escaneos, para tener el resultado final de una única nube de puntos homogénea, que cubra todo el terreno para su posterior modelado 3D.

Esto se ha realizado mediante la selección de puntos en común, es decir, cuántos más puntos en común haya entre dos escaneos, mejor se unirán entre sí. Para ello, se deben seleccionar unos puntos de forma manual que sepamos claramente que corresponden al mismo punto en ambas nubes (3 puntos como mínimo), y el software realiza las rotaciones y traslaciones Helmert para casar ambas nubes de puntos, tomando como base el primer estacionamiento realizado. Es recomendable que cada par de nubes de puntos tenga como mínimo 10.000 puntos en común para que el modelo tenga mejor coherencia, dato que podemos obtener en la información de la unión.

3.2.1. Trimble RealWorks

La toma de datos de campo se ha realizado con el láser escáner Trimble TX6, por ese motivo, los archivos están en el formato aceptado por el software de la empresa, es decir, en formato .TZF. Por tanto, ya que queremos hacer el proceso de limpieza y registro con el Leica Cyclone, los archivos deben ser convertidos a un formato que si acepte este software, en este caso se ha elegido el .PTX

Es recomendable hacer copia de seguridad de los datos originales, ya que el software sobrescribe los ya existentes.

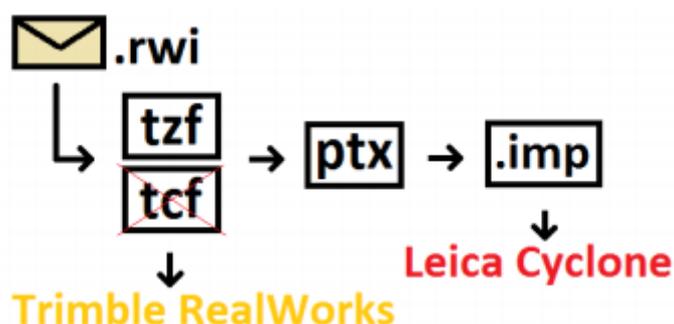


Figura 8: Esquema de formato de nube de puntos

Una vez tomados los escaneos, en los archivos del proyecto (proyecto.rwi) encontramos ficheros en formato .TZF y .TCF, además de otros ficheros como una base de datos propia de los escaneos y sus archivos asociados.

3.3. Tratamiento de los datos

Una vez los escaneos han sido exportados a formato .PTX, ya podemos abrirlo con el software Leica Cyclone. Software que usaremos para el registro y limpieza de las nubes de puntos.

3.3.1. Registro de nubes de puntos

En la toma de datos se realizaron 33 escaneos con sus respectivas nubes de puntos con las que trabajar.

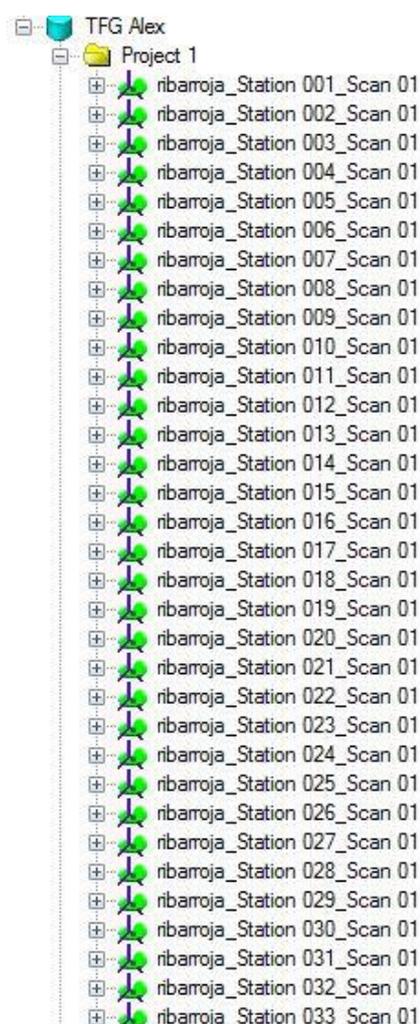


Figura 9: Nubes de puntos para el registro

Para empezar, creamos el proyecto TFG_Alex, y una carpeta para el registro para unir cada escaneo.

Se deben cargar los ScanWorlds en el orden en el que se realizaron, es decir, siguiendo el orden numérico.

Introducimos los ScanWorlds en grupos de 5, para hacer el registro entre ellos (Add ScanWorld). La razón de ir por partes es que evitamos que el programa se sature y los resultados no sean coherentes. Para ello definimos 6 fases de trabajo que se compone de 5 ScanWorlds cada uno y su unión final.

En todas las fases se procederá a unir 2 escaneos, es decir, se une el escaneo 1 con el 2, al acabar el 2 con el 3, y así sucesivamente marcando puntos en común.

Fase 1

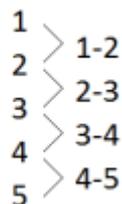


Figura 10: Fase 1

En primer lugar, tomamos los ScanWorlds 1 y 2, y mediante la selección múltiple seleccionamos los puntos en común de ambos escaneos. Con la opción CloudConstraint -> Add CloudConstraint le decimos al software los puntos en común que hemos seleccionado, y si no da ningún error podemos continuar, en caso contrario habría que marcar más puntos comunes o eliminar alguno que no esté bien seleccionado.

Constraint ID	ScanWorld	ScanWorld	Type	Status	Weight	Error	Error Vector
Cloud/Mes...	ScanWorld 1	ScanWorld 2	Cloud: Cloud/Mesh-Cloud/...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.010 m]
Cloud/Mes...	ScanWorld 2	ScanWorld 3	Cloud: Cloud/Mesh-Cloud/...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.008 m]

Figura 11: Constraint List

Con todos los escaneos unidos desde la pestaña ConstraintList, en la barra de tareas superior seleccionamos Cloud Constraint -> Optimice Cloud Alignment. Si el software no responde con ningún mensaje de alarma, el proceso se ha realizado correctamente.

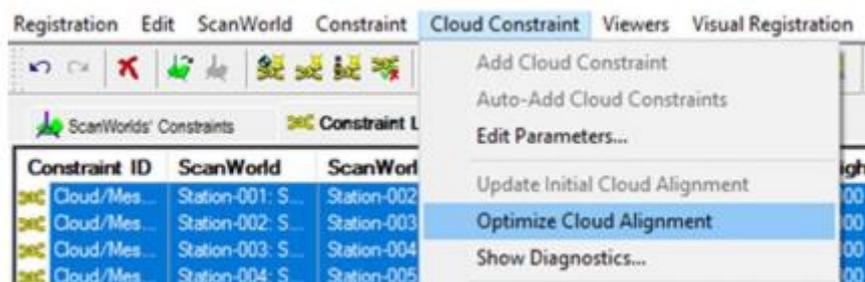


Figura 12: Optimice Cloud Alignment

Desde Edit Parameters, podemos cambiar algunas opciones interesantes, cómo el número máximo de iteraciones, la separación máxima entre puntos, etc. En este caso se han dejado las opciones por defecto.

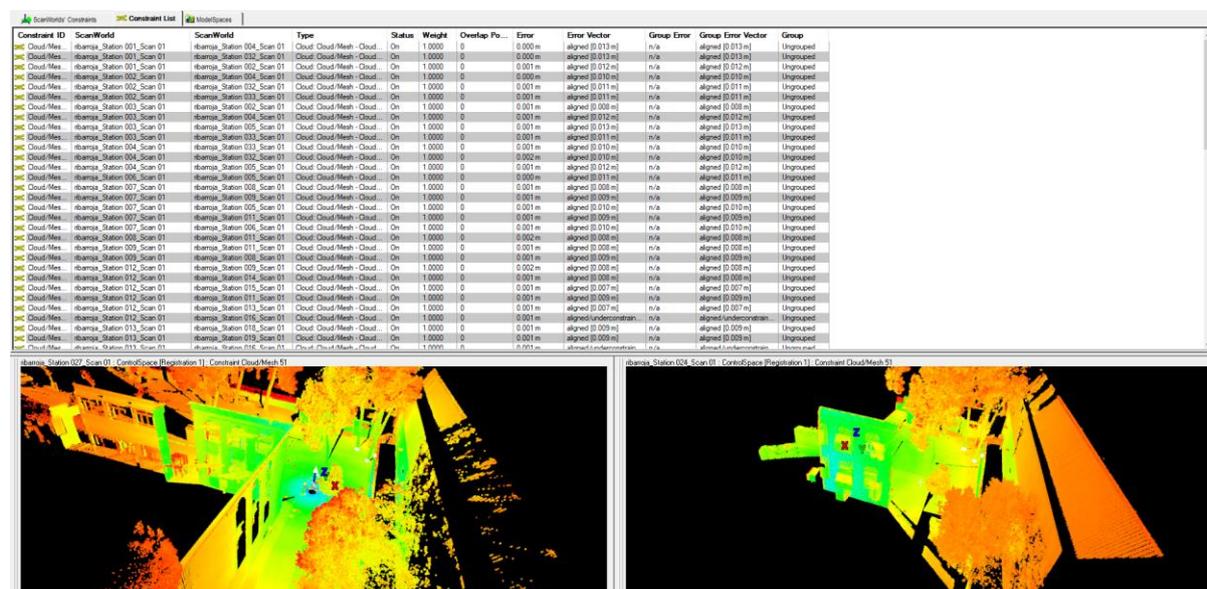


Figura 13: Proceso de registro de nubes

Posteriormente, en Cloud Constraint -> Show Diagnostics, podemos comprobar el error medio cuadrático (RMS), cuanto menor sea mejor realizada estará la unión. Lo ideal sería que fuera inferior a 6mm, qué es el propio error del aparato.

```

Cloud/Mesh 1 [ribarroja_Station 001_Scan 01 : ribarroja_Station 002_Scan 01]
Alignment 8 of 8:
  Translation: (0.453, 18.293, -0.294) m
  Rotation: (0.0000, -0.0001, 1.0000):38.094 deg

Objective Function Value: 4.5417e-05 sq m
Iterations: 1000
Overlap Point Count: 330197
Overlap Error Statistics
RMS: 0.0115734 m
AVG: 0.00723435 m
MIN: 8.02889e-09 m
MAX: 0.0497036 m
Overlap Center: (4.737, 11.179, 3.808) m
Filter Parameters
Max Search Distance: 0.100 m
No Subsampling
Stopping Criteria
Max Iterations: 1000
    
```

Figura 14: Resultados estadísticos de union

Adicionalmente, podemos obtener un histograma con información sobre la alineación de los puntos, mostrando una relación entre el nivel de ruido (color rojo), y la alineación resultante (color verde). Podemos obtener la escala de manera lineal o logarítmica.

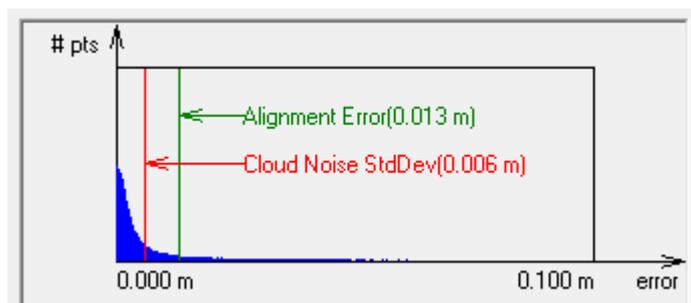


Figura 15: Histograma lineal

Posteriormente se obtiene un modelo de las nubes de puntos registradas y optimizadas entre sí, con la opción Cloud Constraint -> Auto-Add Cloud Constraints. Con esto obtenemos que en base a los puntos en común previamente marcados, trate de encontrar puntos homólogos en las 5 nubes de puntos para obtener un modelo mucho más coherente entre sí.

La forma de proceder con los siguientes escaneos es el mismo que el descrito anteriormente.

Una vez alineadas todas las nubes de puntos con todas las variaciones posibles, se han obtenido 91 combinaciones

3.3.2. Resultados del registro

Cloud/Mesh 1	ribarroja_Station 001_Scan 01	ribarroja_Station 002_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.012 m]	n/a	aligned [0.012 m]
Cloud/Mesh 3	ribarroja_Station 003_Scan 01	ribarroja_Station 004_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.012 m]	n/a	aligned [0.012 m]
Cloud/Mesh 4	ribarroja_Station 004_Scan 01	ribarroja_Station 005_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.012 m]	n/a	aligned [0.012 m]
Cloud/Mesh 5	ribarroja_Station 005_Scan 01	ribarroja_Station 005_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.011 m]	n/a	aligned [0.011 m]
Cloud/Mesh 6	ribarroja_Station 003_Scan 01	ribarroja_Station 005_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.013 m]	n/a	aligned [0.013 m]
Cloud/Mesh 7	ribarroja_Station 007_Scan 01	ribarroja_Station 006_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
Cloud/Mesh 8	ribarroja_Station 007_Scan 01	ribarroja_Station 008_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
Cloud/Mesh 9	ribarroja_Station 009_Scan 01	ribarroja_Station 008_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.009 m]
Cloud/Mesh 10	ribarroja_Station 009_Scan 01	ribarroja_Station 011_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
Cloud/Mesh 11	ribarroja_Station 007_Scan 01	ribarroja_Station 005_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
Cloud/Mesh 12	ribarroja_Station 007_Scan 01	ribarroja_Station 009_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
Cloud/Mesh 13	ribarroja_Station 007_Scan 01	ribarroja_Station 011_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
Cloud/Mesh 14	ribarroja_Station 008_Scan 01	ribarroja_Station 011_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
Cloud/Mesh 15	ribarroja_Station 012_Scan 01	ribarroja_Station 011_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
Cloud/Mesh 16	ribarroja_Station 012_Scan 01	ribarroja_Station 013_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.007 m]	n/a	aligned [0.007 m]
Cloud/Mesh 17	ribarroja_Station 014_Scan 01	ribarroja_Station 013_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
Cloud/Mesh 18	ribarroja_Station 014_Scan 01	ribarroja_Station 015_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
Cloud/Mesh 19	ribarroja_Station 016_Scan 01	ribarroja_Station 015_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.007 m]	n/a	aligned [0.007 m]
Cloud/Mesh 20	ribarroja_Station 012_Scan 01	ribarroja_Station 009_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
Cloud/Mesh 21	ribarroja_Station 012_Scan 01	ribarroja_Station 014_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
Cloud/Mesh 22	ribarroja_Station 012_Scan 01	ribarroja_Station 015_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.007 m]	n/a	aligned [0.007 m]
Cloud/Mesh 23	ribarroja_Station 012_Scan 01	ribarroja_Station 016_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned/underconstrain...	n/a	aligned/underconstrain...
Cloud/Mesh 24	ribarroja_Station 013_Scan 01	ribarroja_Station 011_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.007 m]	n/a	aligned [0.007 m]
Cloud/Mesh 25	ribarroja_Station 013_Scan 01	ribarroja_Station 015_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned/underconstrain...	n/a	aligned/underconstrain...
Cloud/Mesh 26	ribarroja_Station 013_Scan 01	ribarroja_Station 016_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned/underconstrain...	n/a	aligned/underconstrain...
Cloud/Mesh 27	ribarroja_Station 014_Scan 01	ribarroja_Station 011_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
Cloud/Mesh 28	ribarroja_Station 014_Scan 01	ribarroja_Station 016_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.007 m]	n/a	aligned [0.007 m]
Cloud/Mesh 29	ribarroja_Station 015_Scan 01	ribarroja_Station 011_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
Cloud/Mesh 30	ribarroja_Station 017_Scan 01	ribarroja_Station 013_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
Cloud/Mesh 31	ribarroja_Station 017_Scan 01	ribarroja_Station 018_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
Cloud/Mesh 32	ribarroja_Station 019_Scan 01	ribarroja_Station 018_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
Cloud/Mesh 33	ribarroja_Station 019_Scan 01	ribarroja_Station 020_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]

346	Cloud/Mesh 34	ribarroja_Station 021_Scan 01	ribarroja_Station 020_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
346	Cloud/Mesh 35	ribarroja_Station 021_Scan 01	ribarroja_Station 022_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
346	Cloud/Mesh 36	ribarroja_Station 023_Scan 01	ribarroja_Station 022_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.003 m	aligned/underconstrain...	n/a	aligned/underconstrain...
346	Cloud/Mesh 37	ribarroja_Station 023_Scan 01	ribarroja_Station 024_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.007 m]	n/a	aligned [0.007 m]
346	Cloud/Mesh 38	ribarroja_Station 013_Scan 01	ribarroja_Station 018_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
346	Cloud/Mesh 39	ribarroja_Station 013_Scan 01	ribarroja_Station 019_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
346	Cloud/Mesh 40	ribarroja_Station 013_Scan 01	ribarroja_Station 020_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
346	Cloud/Mesh 41	ribarroja_Station 013_Scan 01	ribarroja_Station 021_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
346	Cloud/Mesh 42	ribarroja_Station 017_Scan 01	ribarroja_Station 012_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
346	Cloud/Mesh 43	ribarroja_Station 017_Scan 01	ribarroja_Station 019_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 44	ribarroja_Station 017_Scan 01	ribarroja_Station 020_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 45	ribarroja_Station 017_Scan 01	ribarroja_Station 021_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 46	ribarroja_Station 018_Scan 01	ribarroja_Station 020_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 47	ribarroja_Station 018_Scan 01	ribarroja_Station 021_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
346	Cloud/Mesh 48	ribarroja_Station 019_Scan 01	ribarroja_Station 021_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
346	Cloud/Mesh 49	ribarroja_Station 020_Scan 01	ribarroja_Station 022_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
346	Cloud/Mesh 50	ribarroja_Station 021_Scan 01	ribarroja_Station 023_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.007 m]	n/a	aligned [0.007 m]
346	Cloud/Mesh 51	ribarroja_Station 027_Scan 01	ribarroja_Station 024_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
346	Cloud/Mesh 52	ribarroja_Station 027_Scan 01	ribarroja_Station 033_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 53	ribarroja_Station 002_Scan 01	ribarroja_Station 033_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.011 m]	n/a	aligned [0.011 m]
346	Cloud/Mesh 54	ribarroja_Station 033_Scan 01	ribarroja_Station 001_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.011 m]	n/a	aligned [0.011 m]
346	Cloud/Mesh 58	ribarroja_Station 026_Scan 01	ribarroja_Station 028_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.012 m]	n/a	aligned [0.012 m]
346	Cloud/Mesh 60	ribarroja_Station 029_Scan 01	ribarroja_Station 030_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.009 m]	n/a	aligned [0.009 m]
346	Cloud/Mesh 61	ribarroja_Station 031_Scan 01	ribarroja_Station 030_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 62	ribarroja_Station 031_Scan 01	ribarroja_Station 032_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.011 m]	n/a	aligned [0.011 m]
346	Cloud/Mesh 64	ribarroja_Station 004_Scan 01	ribarroja_Station 032_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 65	ribarroja_Station 022_Scan 01	ribarroja_Station 024_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.007 m]	n/a	aligned [0.007 m]
346	Cloud/Mesh 69	ribarroja_Station 003_Scan 01	ribarroja_Station 002_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
346	Cloud/Mesh 70	ribarroja_Station 029_Scan 01	ribarroja_Station 028_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 71	ribarroja_Station 027_Scan 01	ribarroja_Station 026_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.011 m]	n/a	aligned [0.011 m]
346	Cloud/Mesh 72	ribarroja_Station 026_Scan 01	ribarroja_Station 025_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.012 m]	n/a	aligned [0.012 m]
346	Cloud/Mesh 73	ribarroja_Station 027_Scan 01	ribarroja_Station 025_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 74	ribarroja_Station 024_Scan 01	ribarroja_Station 025_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.006 m]	n/a	aligned [0.006 m]
346	Cloud/Mesh 75	ribarroja_Station 003_Scan 01	ribarroja_Station 032_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.004 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 76	ribarroja_Station 001_Scan 01	ribarroja_Station 003_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.013 m]	n/a	aligned [0.013 m]
346	Cloud/Mesh 77	ribarroja_Station 001_Scan 01	ribarroja_Station 004_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.013 m]	n/a	aligned [0.013 m]
346	Cloud/Mesh 78	ribarroja_Station 001_Scan 01	ribarroja_Station 032_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.013 m]	n/a	aligned [0.013 m]
346	Cloud/Mesh 79	ribarroja_Station 002_Scan 01	ribarroja_Station 004_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 80	ribarroja_Station 002_Scan 01	ribarroja_Station 032_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.011 m]	n/a	aligned [0.011 m]
346	Cloud/Mesh 81	ribarroja_Station 003_Scan 01	ribarroja_Station 033_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.011 m]	n/a	aligned [0.011 m]
346	Cloud/Mesh 82	ribarroja_Station 004_Scan 01	ribarroja_Station 033_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 83	ribarroja_Station 024_Scan 01	ribarroja_Station 028_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 84	ribarroja_Station 024_Scan 01	ribarroja_Station 029_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]
346	Cloud/Mesh 85	ribarroja_Station 025_Scan 01	ribarroja_Station 028_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.012 m]	n/a	aligned [0.012 m]
346	Cloud/Mesh 86	ribarroja_Station 026_Scan 01	ribarroja_Station 029_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 87	ribarroja_Station 027_Scan 01	ribarroja_Station 028_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.012 m]	n/a	aligned [0.012 m]
346	Cloud/Mesh 88	ribarroja_Station 030_Scan 01	ribarroja_Station 032_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.011 m]	n/a	aligned [0.011 m]
346	Cloud/Mesh 89	ribarroja_Station 033_Scan 01	ribarroja_Station 031_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.010 m]	n/a	aligned [0.010 m]
346	Cloud/Mesh 90	ribarroja_Station 033_Scan 01	ribarroja_Station 032_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.011 m]	n/a	aligned [0.011 m]
346	Cloud/Mesh 91	ribarroja_Station 024_Scan 01	ribarroja_Station 026_Scan 01	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.008 m]	n/a	aligned [0.008 m]

Figura 16: Listado Constraints

Lo primero que observamos es que el error medio cuadrático (RMS) se encuentra entre 6 y 13 mm, lo ideal sería que todos los constraints rondaran los 6mm, qué es el propio error del aparato.

Al final del presente documento se adjunta la hoja de resultados de los constraints extraída del propio software dónde se obtienen los datos de valores medios del ajuste, valores de transformaciones de Helmert (traslaciones y rotaciones), número de puntos de la unión, errores, etc.

Por último, y viendo que el resultado obtenido es aceptable para el fin de este proyecto, se bloquean los constraints con la opción Create ScanWorld/Freeze Registration y se crea el ModelSpace, qué se trata de la unión de todas las nubes de puntos cómo si de una única nube se tratara para su posterior limpieza.

3.3.3. Limpieza de la nube de puntos

Una vez con el modelo ya creado, se procede a la limpieza de puntos que no nos interesan, cómo por ejemplo los edificios colindantes. Es altamente recomendable guardar un ModelSpace tal cual ha salido del Registration cómo copia de seguridad.

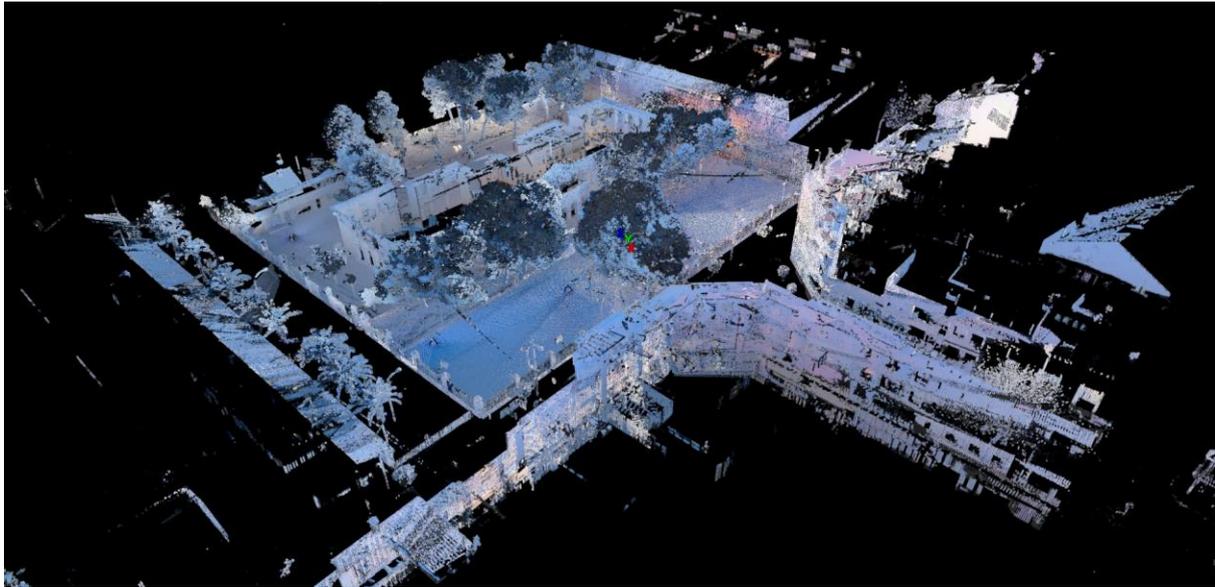


Figura 17: Colegio sin limpiar

Para limpiar los puntos no deseados, se usa la herramienta Fence, con la que mediante una selección con puntos, forma circular o de cubo, seleccionamos las partes que queremos eliminar o las que queremos conservar, es decir, si seleccionamos el colegio, con la opción del cuadro de contexto Fence -> Delete Outside, eliminaremos todo lo exterior al colegio, si se quiere proceder eliminando solo lo que no queremos, debemos seleccionarlo y optar por la opción Fence -> Delete Inside.

Primero dejamos el colegio libre de fachadas exteriores y eliminando todo lo ajeno al perímetro obtenemos el primer ModelSpace.

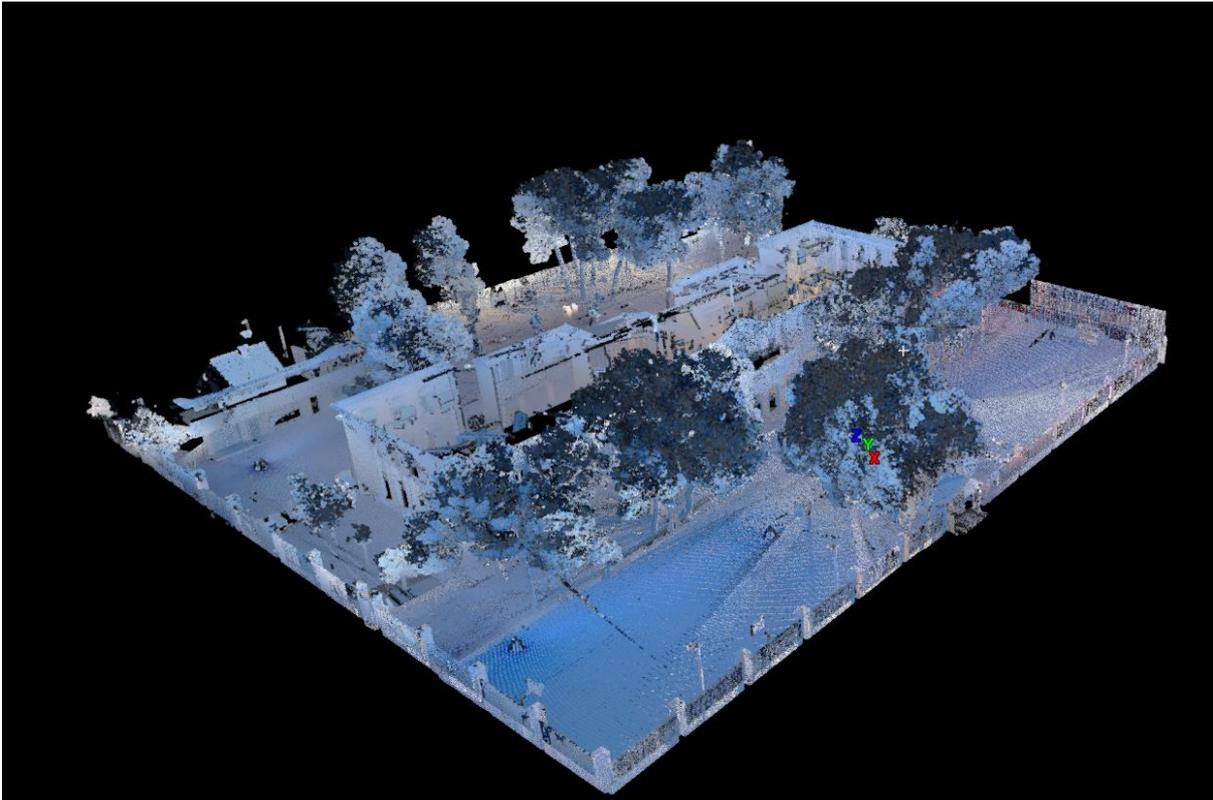


Figura 18: Colegio sin elementos exteriores

Ahora se procede a eliminar los elementos internos que no nos interesan, cómo por ejemplo, personas cercanas al aparato, ruido, etc.

Si solo usamos las herramientas anteriormente citadas, es más que probable que borremos algún elemento que no queremos borrar, cómo por ejemplo el suelo. Por ello se establece un Limit Box, encerrando los puntos que queremos eliminar.



Figura 19: Elementos internos a eliminar

Usando la herramienta View -> Set Limit Box by Cursor, encuadramos los puntos que no queremos para evitar borrar otros elementos. Esta herramienta nos permite visualizar solamente los puntos dentro del Limit Box, sin eliminar los puntos externos.

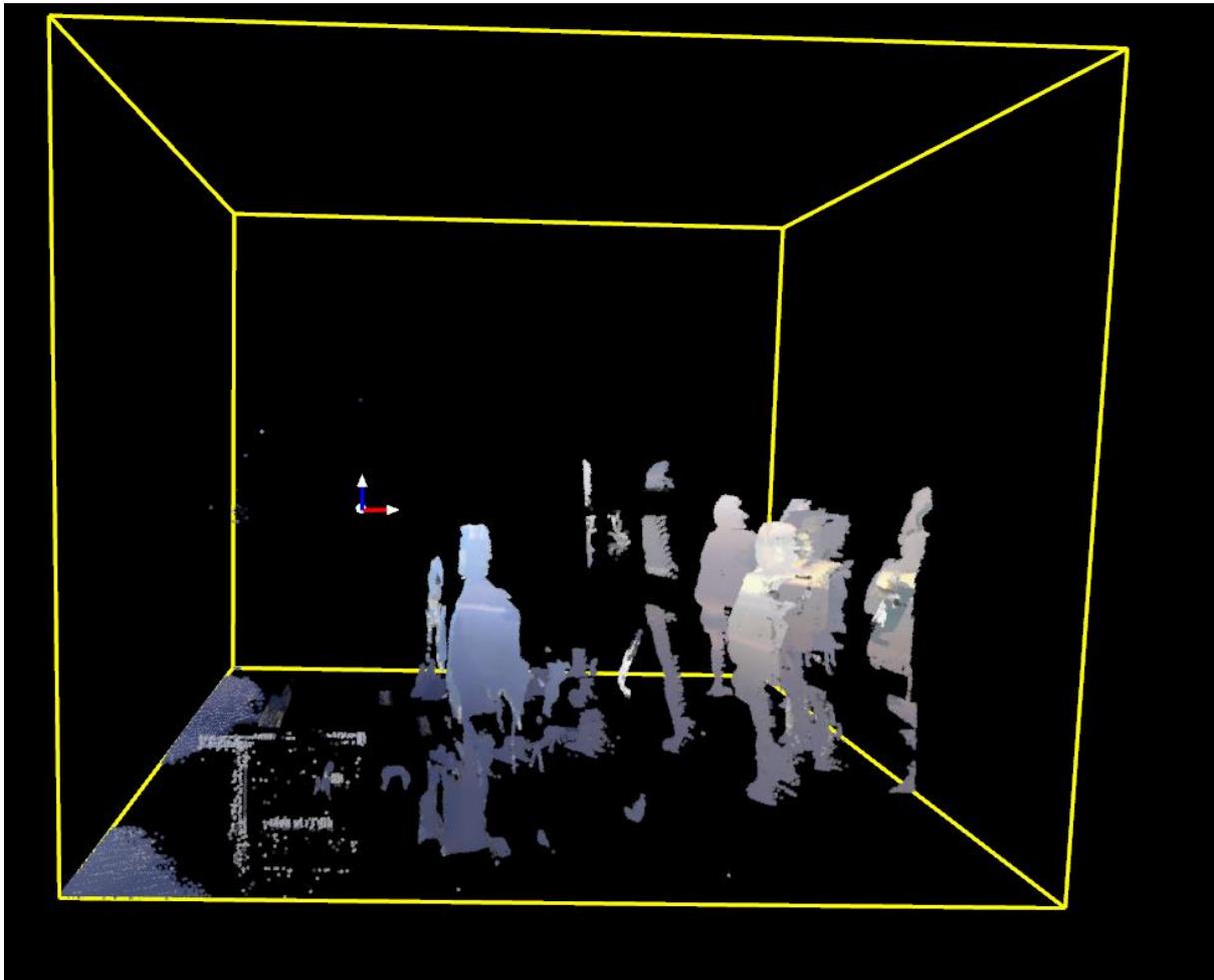


Figura 20: Limit Box

Una vez seleccionada la Limit Box, mediante el menú contextual -> Move/Rotate, se puede rotar o desplazar la caja para centrarnos en lo que queremos. E igual que con los elementos exteriores, se seleccionan con la herramienta, Fence -> Delete Inside y se elimina lo innecesario.



Figura 21: Elementos eliminados

De la misma forma, se procede a eliminar todos los elementos internos del perímetro para dejar la zona lo más limpia posible.

Usando este procedimiento, se van limpiando todas las zonas hasta obtener el resultado esperado. En este caso se han obtenido diversos ModelSpace según las necesidades del presente proyecto.

3.3.4. ModelSpace y resultados



Figura 22: ModelSpace 1 Libre de elementos innecesarios.

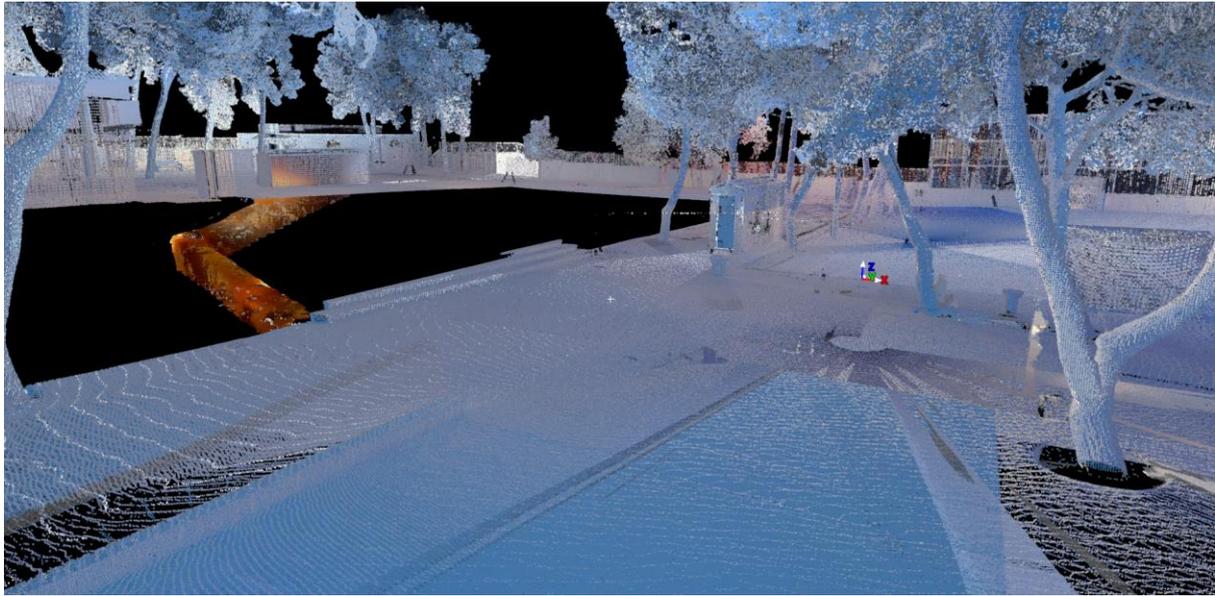


Figura 23: ModelSpace 2 Refugio, perímetro del colegio y suelo.

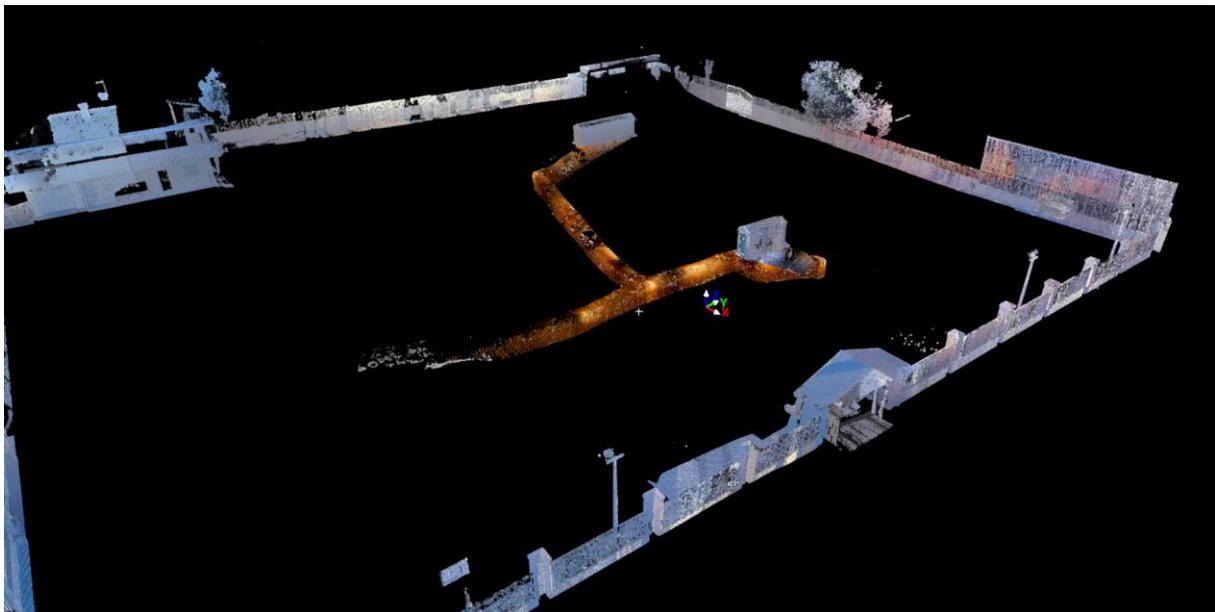


Figura 24: ModelSpace 3 Muros exteriores, refugio y casetas de acceso.

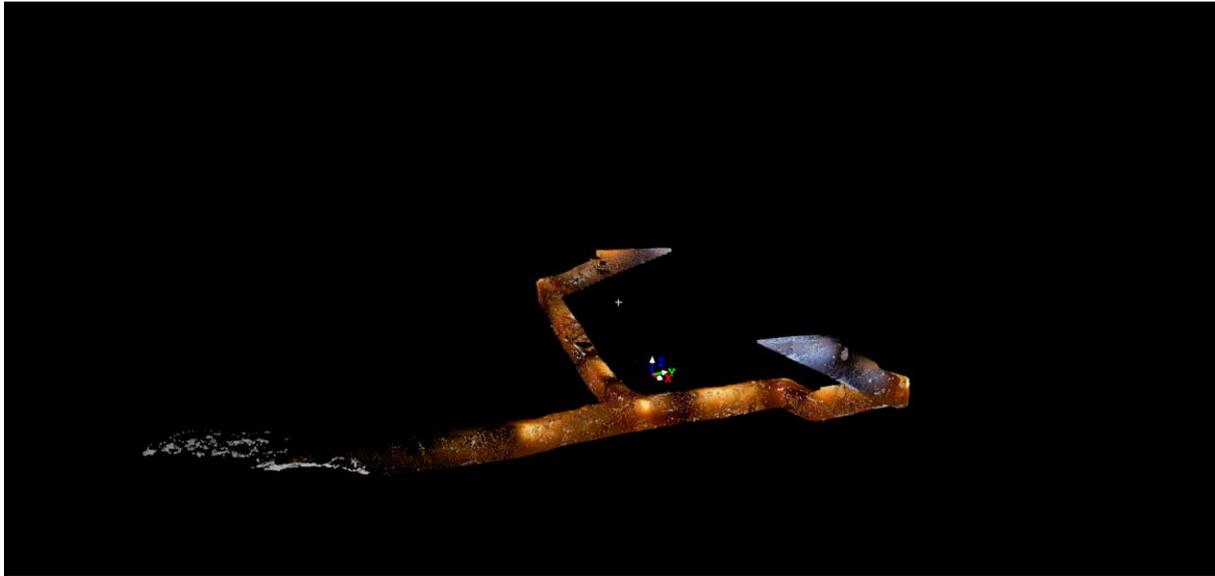


Figura 25: ModelSpace 4 Refugio

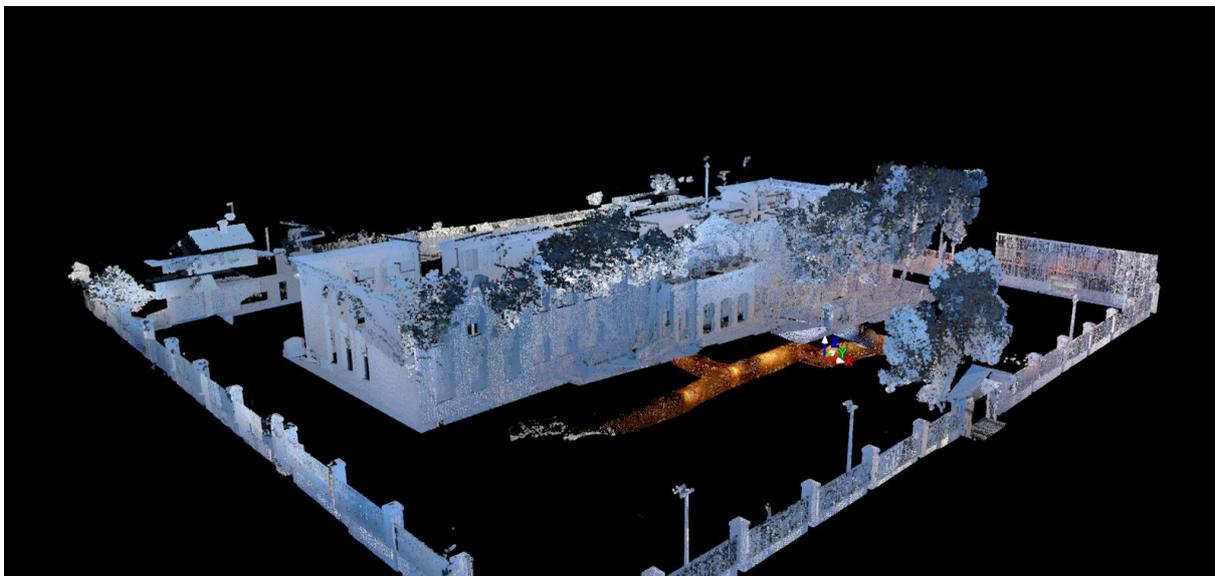


Figura 26: ModelSpace 5 Refugio, muros y fachada del colegio.

Con el ModelSpace 4 se planea averiguar la superficie del refugio, así cómo la cota a la que se encuentra el punto más bajo con respecto al nivel del suelo, para ello debemos seleccionar un nuevo origen de coordenadas, ya que el actual se centra en el aparato del escaneo.

Seleccionamos el punto en el suelo a la entrada del refugio, que actuará cómo nuevo origen de coordenadas, y mediante la herramienta View -> Coordinate System -> Set from points, se queda establecido.

Ahora, seleccionamos el refugio y mediante la opción Modelado de superficie -> Malla 3D creamos la malla usando el modo en dos pasos, con una distancia entre puntos de 0,06m y detección de orificios de 0,18m.

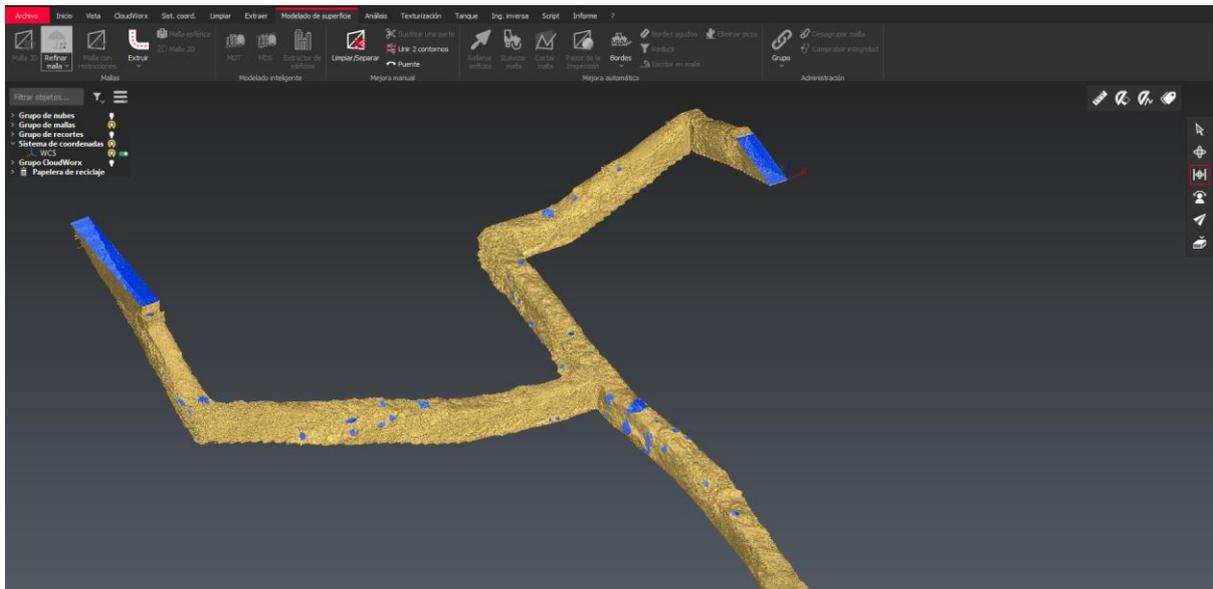


Figura 29: Malla del refugio

Cómo vemos se han quedado algunos agujeros que no se han podido cerrar, esto se debe a la mínima distancia a la que el láser escáner obtiene puntos, por tanto, las cercanías del láser son las que presentan más fallos. Con la herramienta Puente conseguimos cerrar esos agujeros.

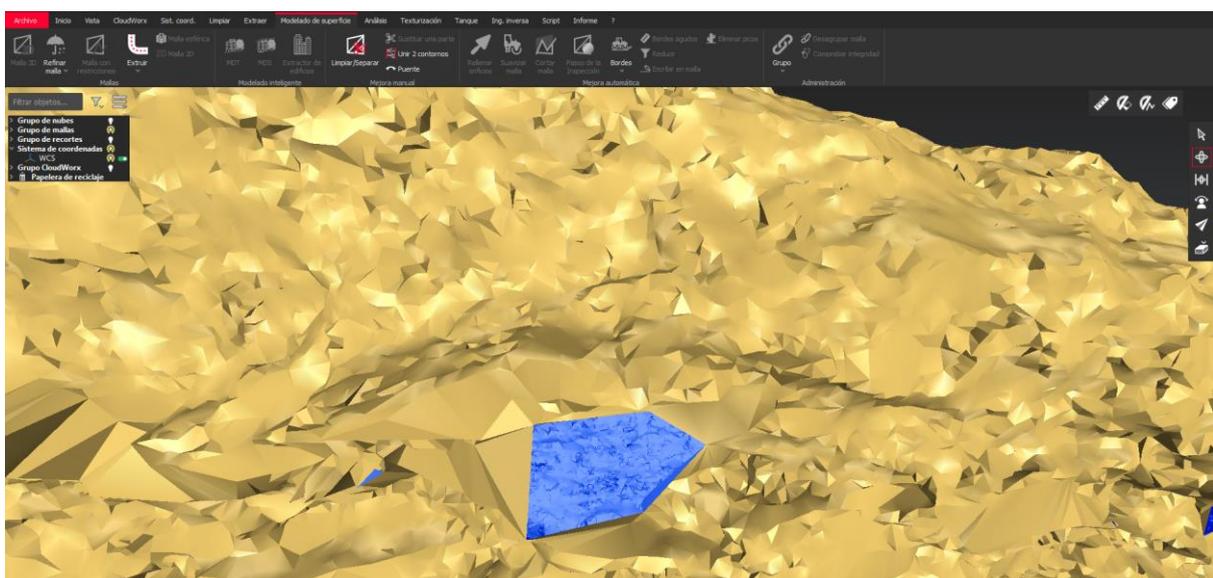


Figura 30: Agujero a cerrar

Seleccionamos ambos extremos del agujero y obtenemos el siguiente resultado.

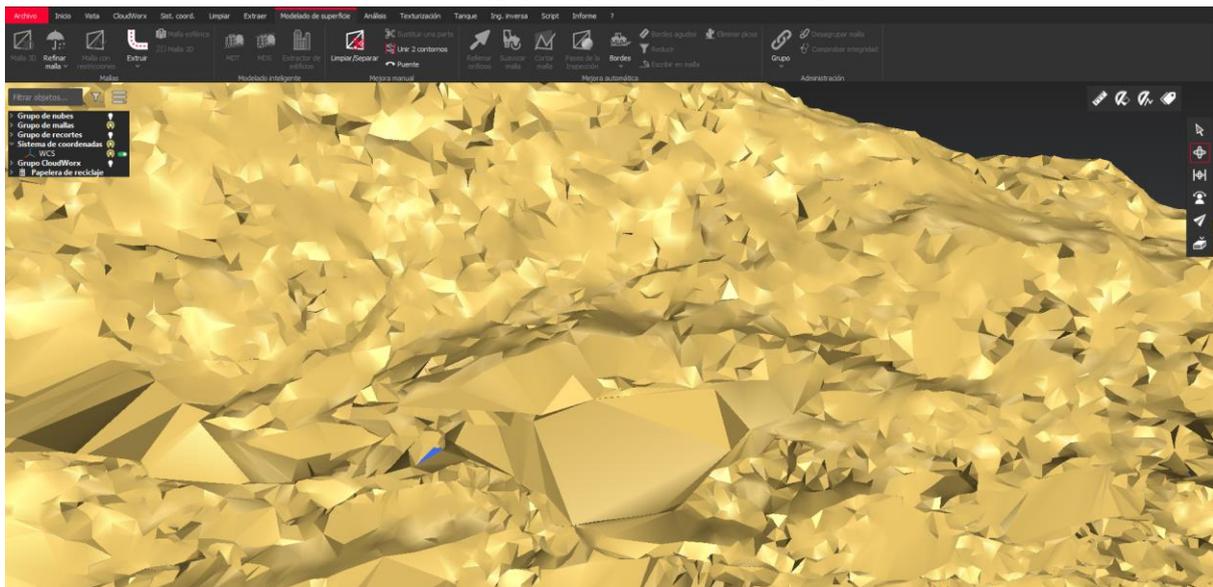


Figura 31: Agujero cerrado

También disponemos de otra forma de cerrar agujeros de forma automática seleccionando todo el modelo y usar la opción Rellenar orificios. Esto te permite seleccionar de forma manual los agujeros a cerrar. En este caso, debido a la gran cantidad de agujeros con muchos vértices e incluso demasiado grandes, se ha usado esta opción para que el software rellene los agujeros de la mejor forma posible.

Por último, se suaviza la malla a la mayor intensidad posible, activando la desviación de control para que la malla resultante se parezca lo más posible a la realidad (interpolando la malla a 2 cm), suavizando los picos y tratando de reducir las deformaciones de los bordes tanto del principio cómo del final del refugio

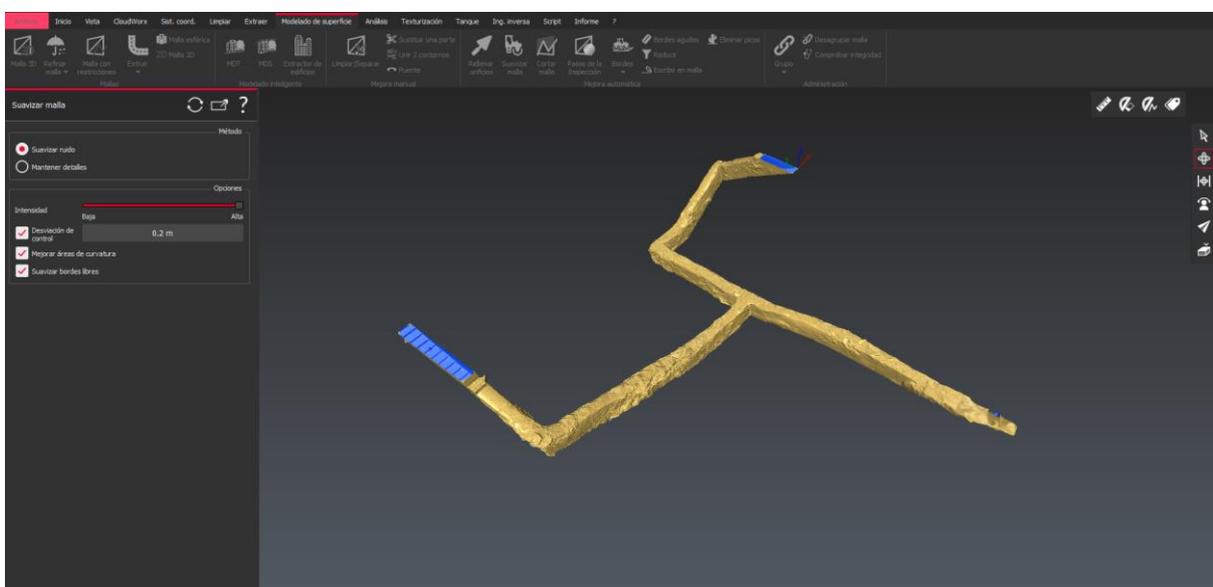


Figura 32: Suavizado de malla

Capítulo 4

Resultados

Capítulo 4. Resultados

4.1. Vistas Modelo 3D

Con todo el proceso acabado obtenemos las vistas del men perspectiva del modelo 3D del refugio.

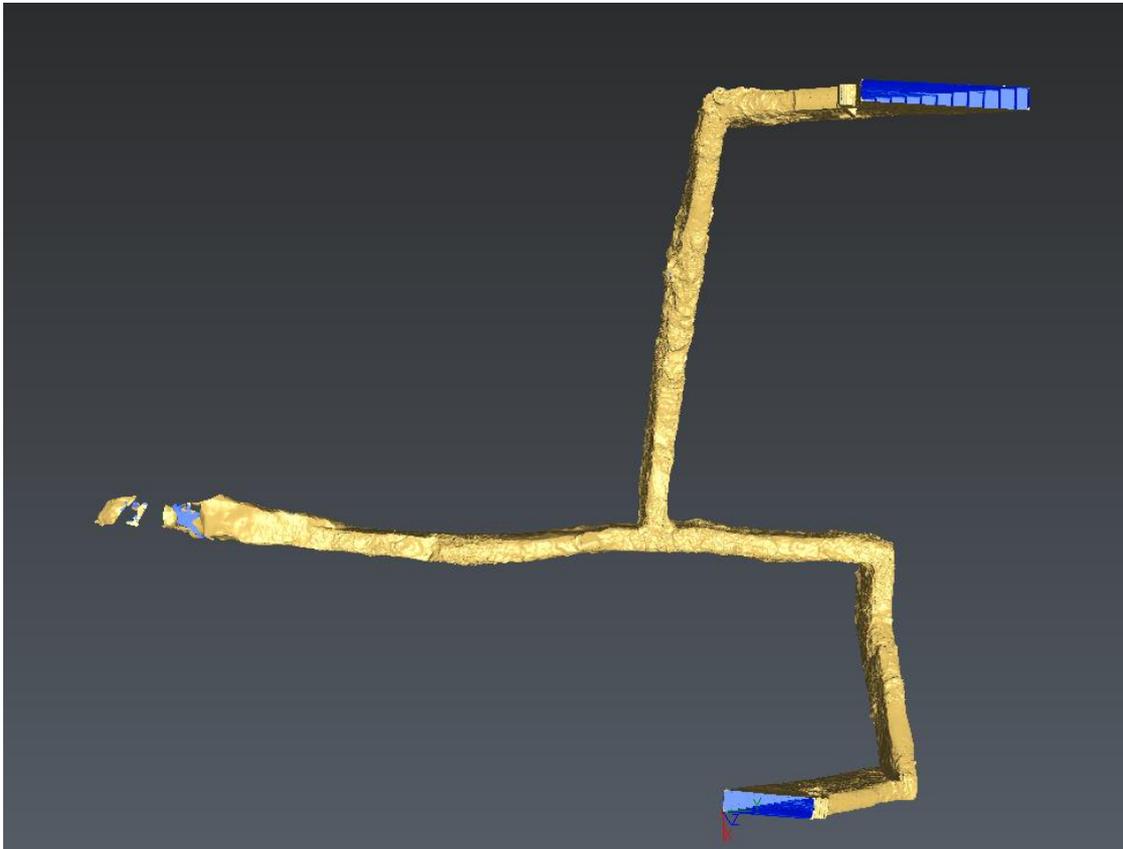


Figura 33: Modelo 3D - Planta

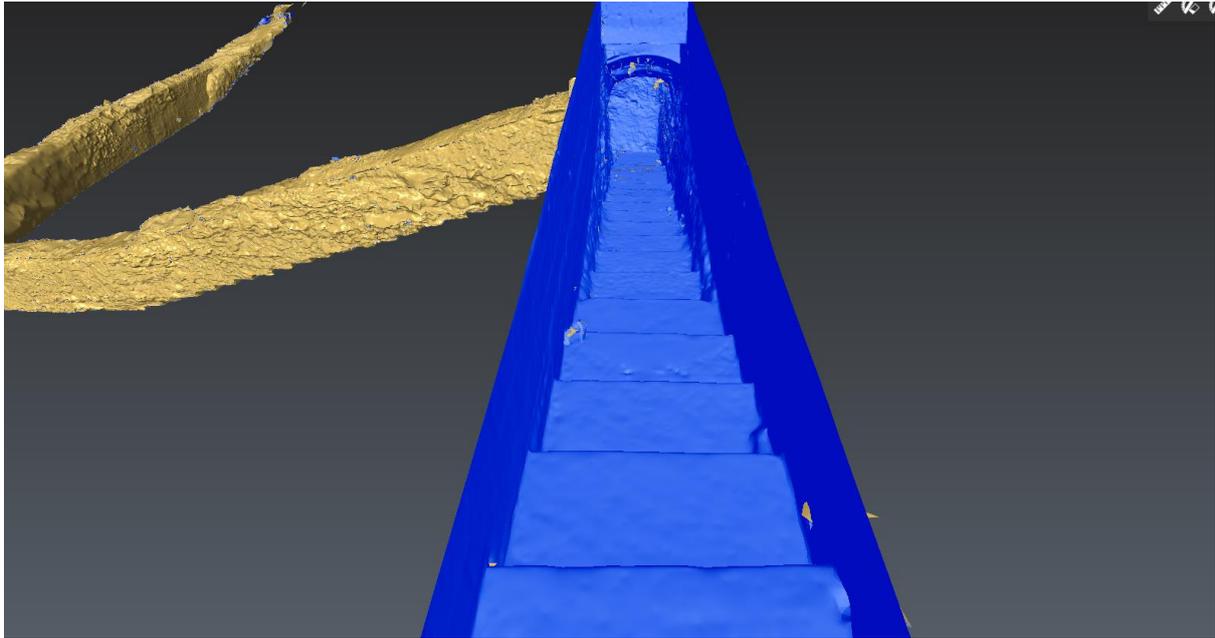


Figura 34: Modelo 3D - Entrada principal

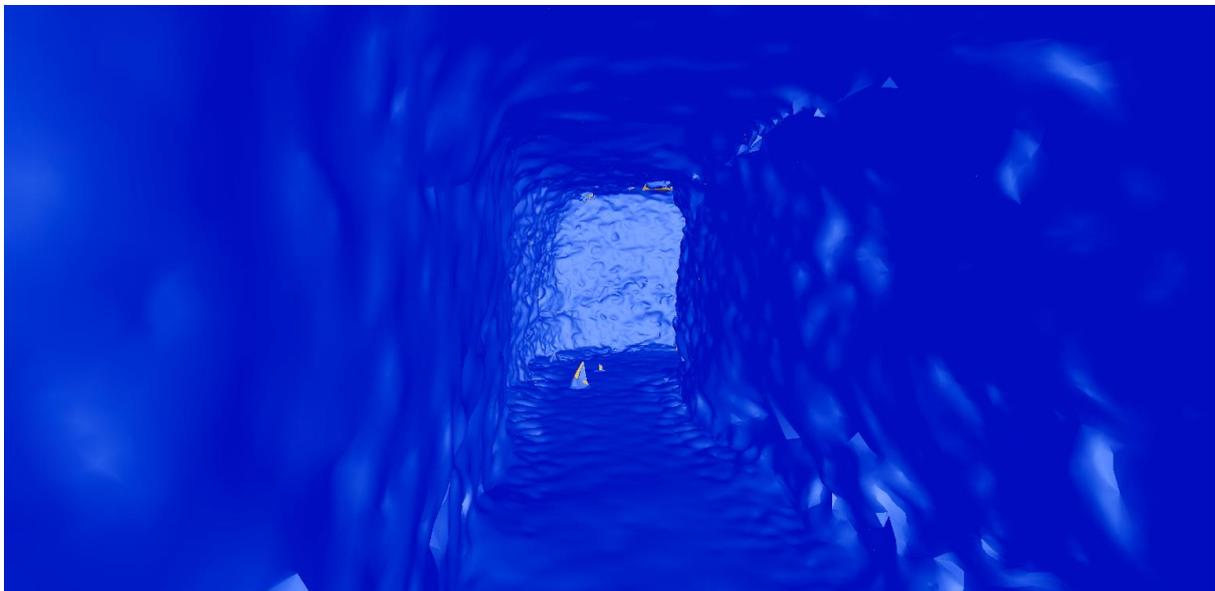


Figura 35: Pasillo interior

Exportando este modelo 3D y tratándolo con el software de Autodesk Civil 3D, se procede a realizar los planos tanto del refugio como de la fachada y los límites del dibujo. Dichos planos se han realizado exportando la nube de puntos en formato .pts y adaptado al Civil usando el software Autodesk Recap. Se ha realizado de esta forma puesto que el tratamiento en bruto de la nube de puntos por parte del Civil 3D, generaba problemas, y transformándolo a un archivo propio de Autodesk, el resultado es más aceptable.

Dicha nube de puntos, cargada en ReCap, se guarda en un formato .rcp y este si, se abre en el Civil 3D. Realizado este proceso solo hay que generar un plano de sección y el software extrae las líneas de esa sección siguiendo una distancia mínima entre puntos.

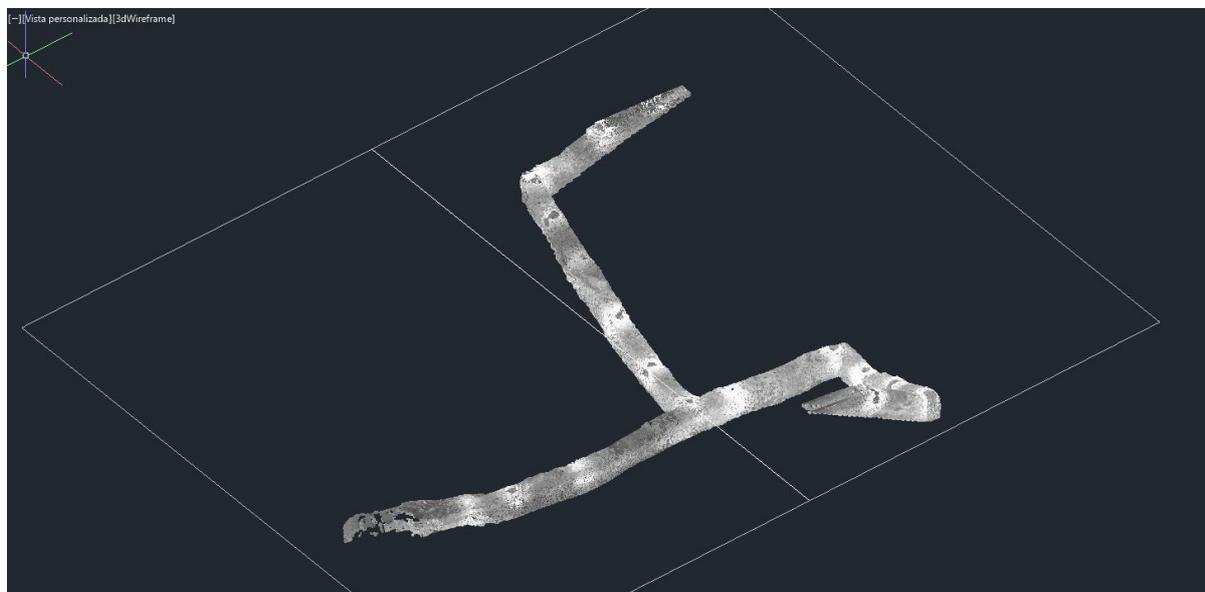


Figura 36: Plano de sección

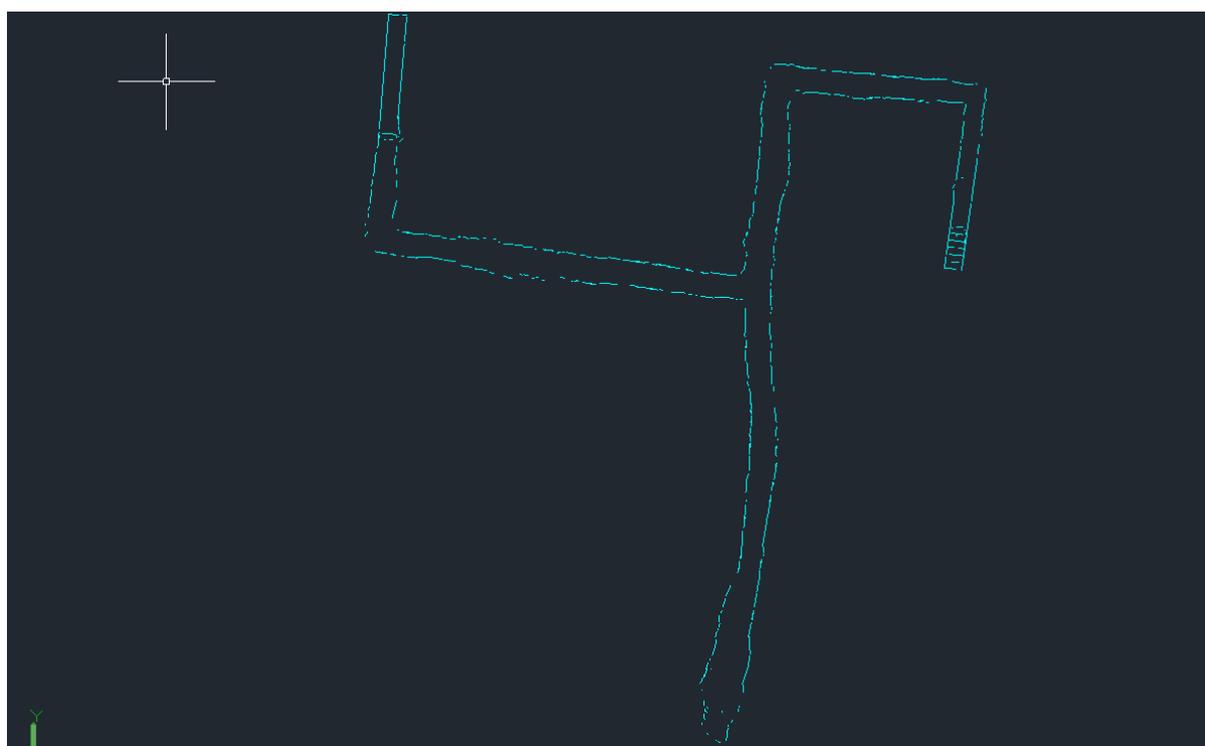


Figura 37: Extracción de líneas según el plano de sección

Este proceso se realiza con la nube de puntos de la fachada del colegio y de los muros exteriores. Con dicha nube de puntos se puede realizar un modelo de superficie, lo que a su vez, permite realizar perfiles transversales y longitudinales.

4.2. Planos 2D

Los planos resultantes de este proceso se muestran a continuación:

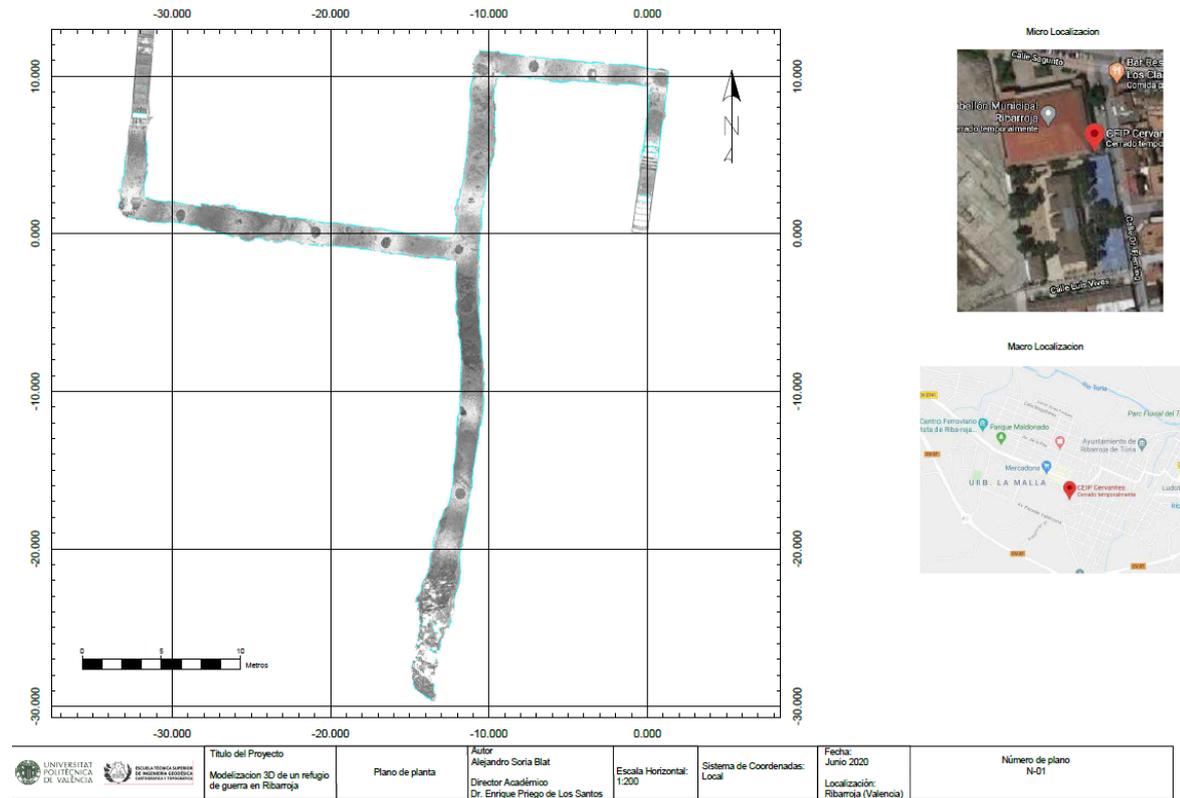


Figura 38: Plano de planta

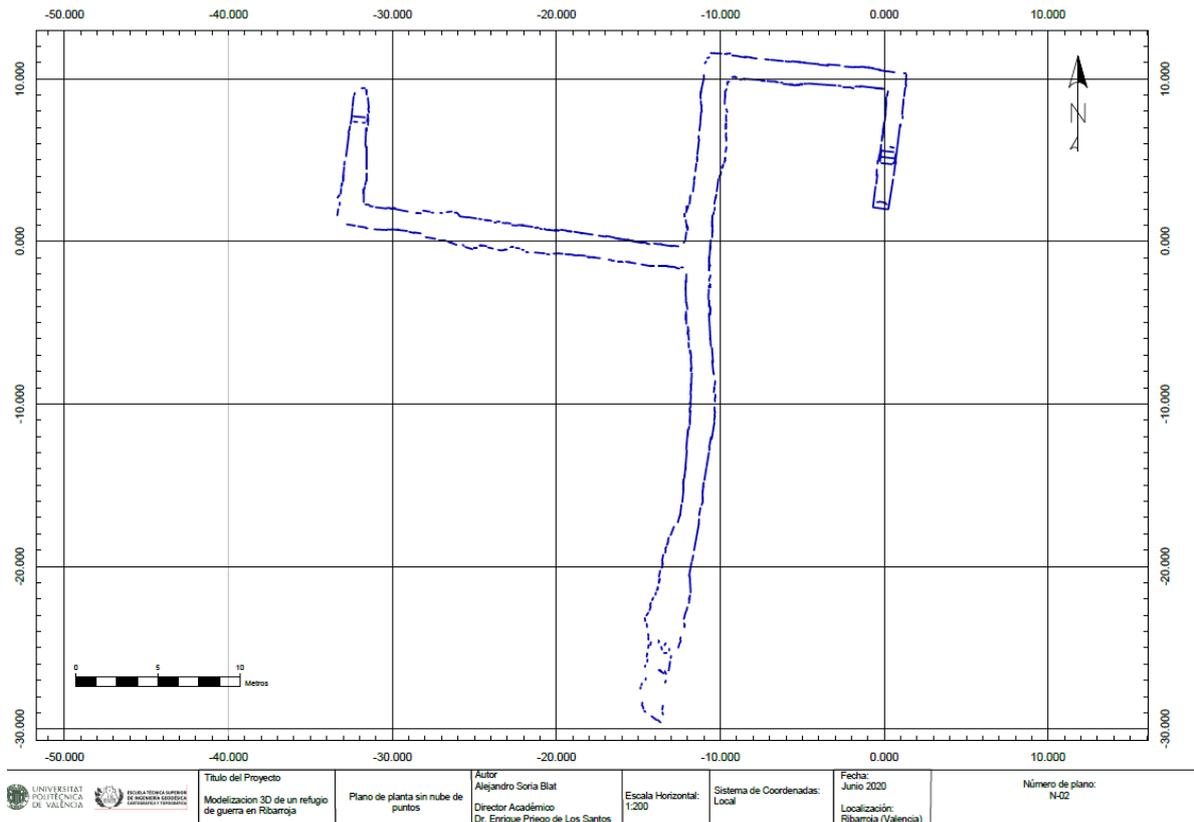
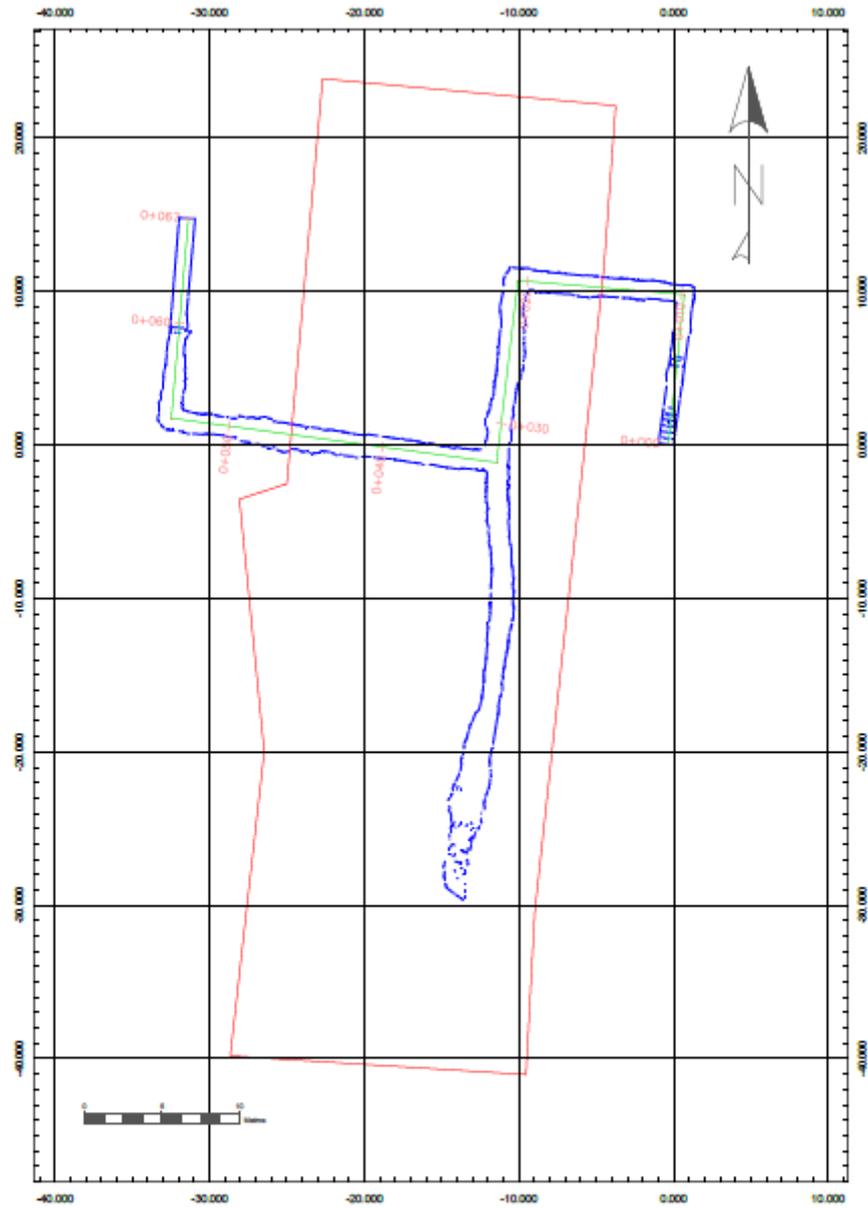
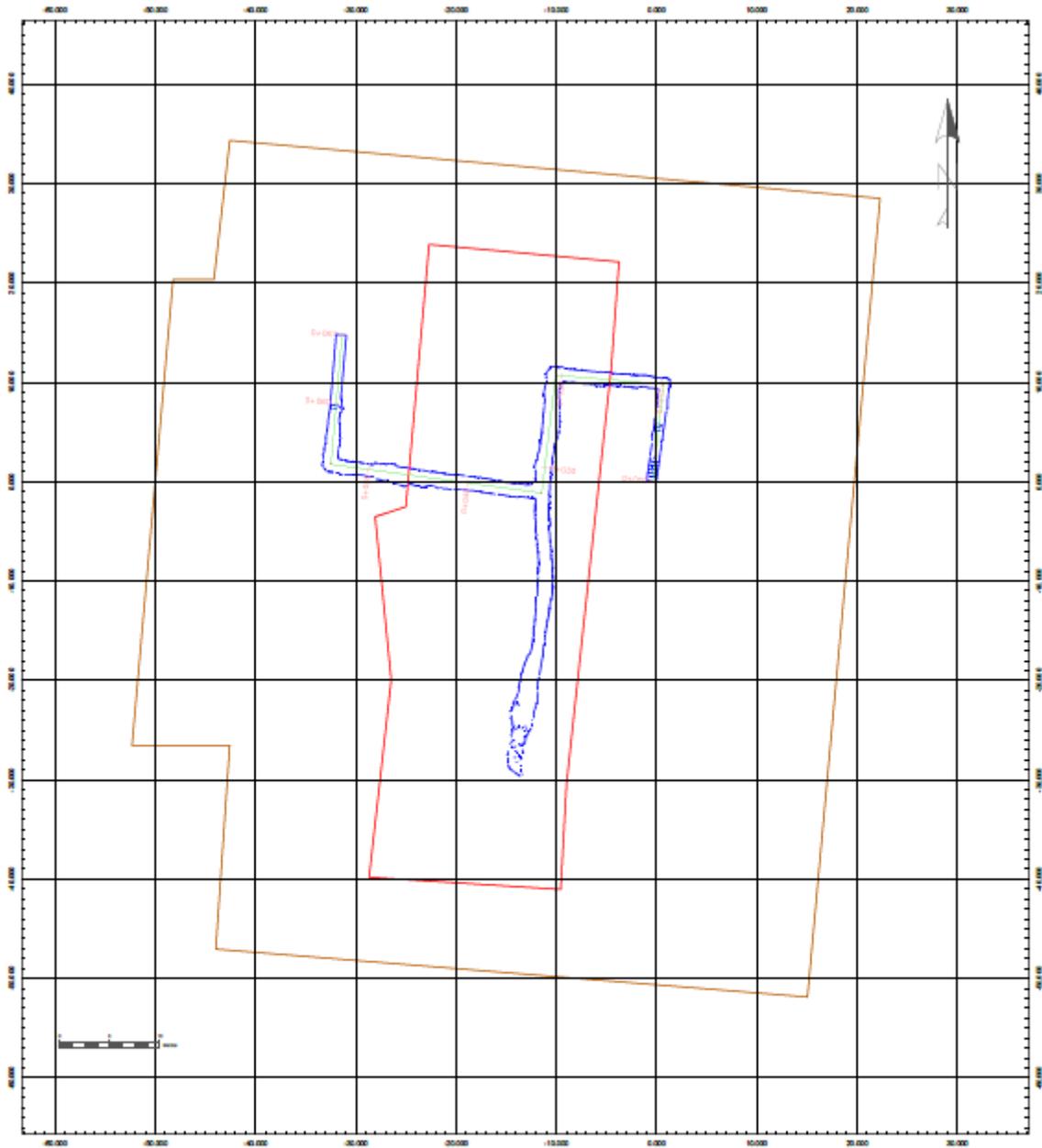


Figura 39: Plano de planta sin nube de puntos



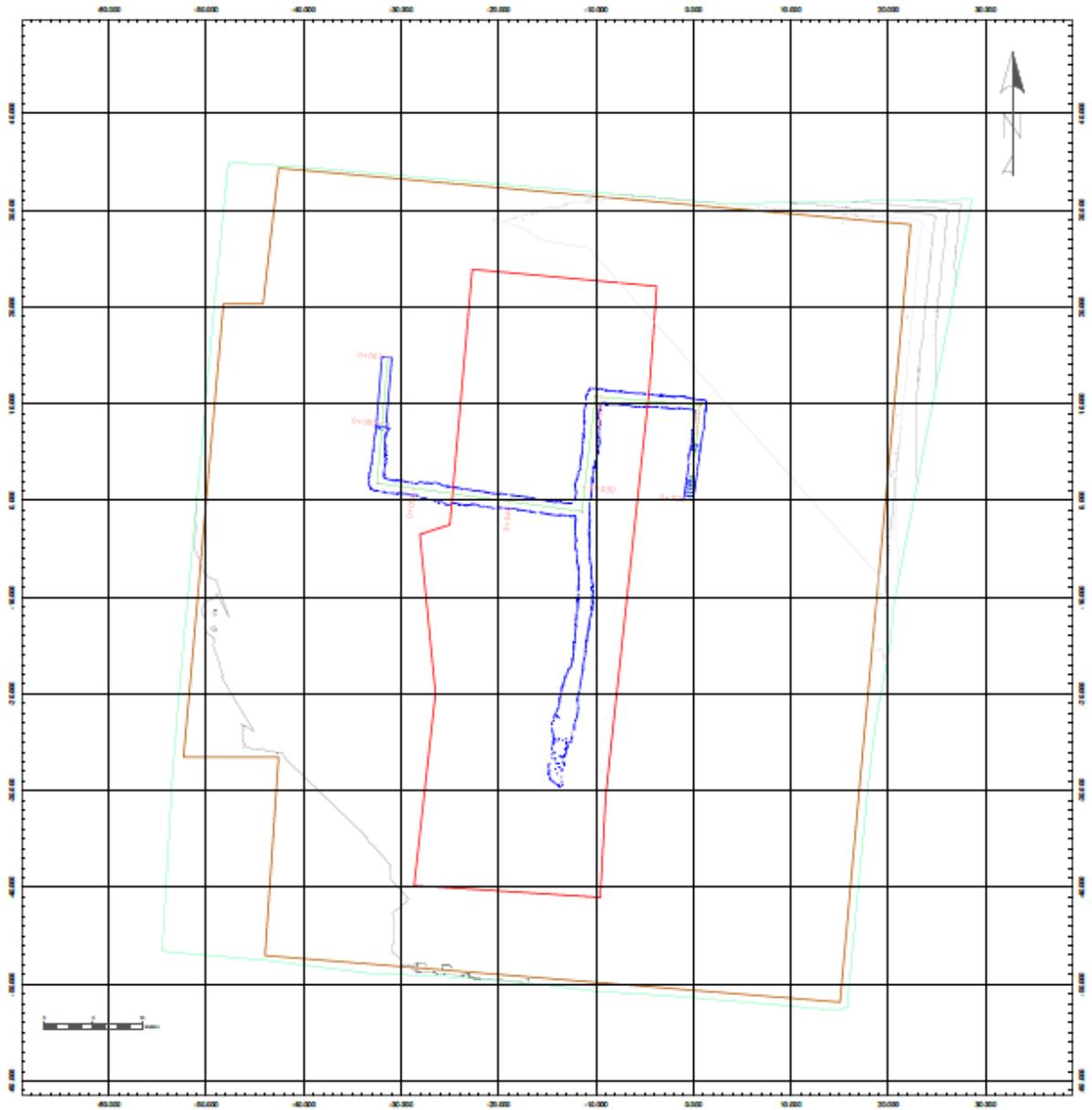
	Título del Proyecto	Autor	Fecha		Número de plano 1403
	Modelización 3D de un refugio de guerra en Píramide	Plano de planta y fachada del colegio	Autor: Alejandro Soria Salas Director Académico: Dr. Enrique Crespo de Los Rioses		
		Escala Horizontal			
		1:200	Sistema de Coordenadas		
			Local		

Figura 40: Plano de planta y fachada del colegio



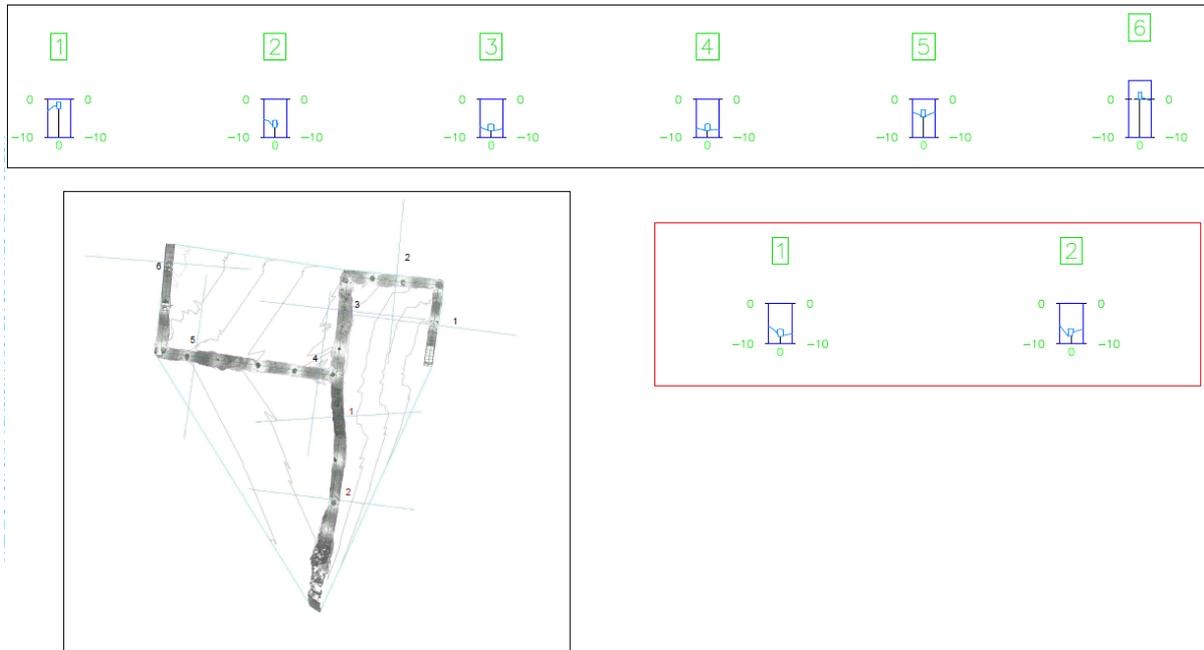
	Título del Proyecto	Autor	Fecha	<table border="1"> <tr> <td>ESTRUC</td> <td rowspan="2">Número de plano</td> </tr> <tr> <td>PLANTA</td> <td>16.04</td> </tr> </table>	ESTRUC	Número de plano	PLANTA	16.04
	ESTRUC	Número de plano						
PLANTA	16.04							
Modelación 3D de un colegio de guerra en Ribera	Planos de planta, fachada y muro exterior del colegio	Autor: Alejandro Ruiz Sal Director Académico: Dr. Roberto Pérez de los Ríos	Fecha: Junio 2023 Localización: Ribera, Colombia					

Figura 41: Plano de planta, fachada y muro del colegio



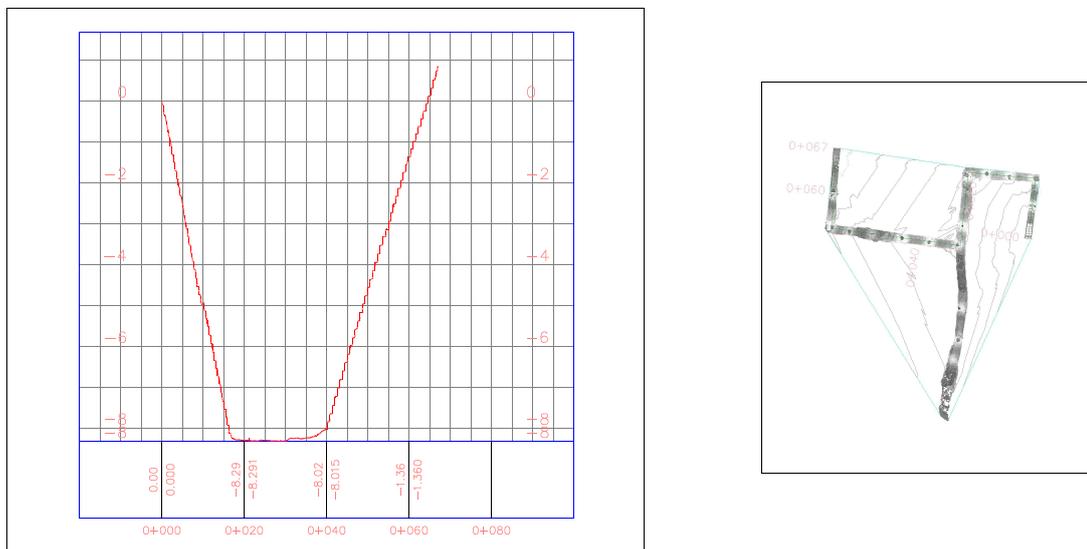
	Título del Proyecto	Plano topográfico	Autor	Escala Horizontal	Sistema de Coordenadas	Fecha	<table border="1"> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>											Número de Plano
Modelización 3D de un edificio de guerra en Ibarra	Plano topográfico	Alfonso Alejandro Buitrago	1:200	Local	Junio 2020	1405												
		Director Académico			Localización:													
		Dr. Rodrigo Pizarro de La Torre			Sistema Topográfico													

Figura 42: Plano topográfico



	Título del Proyecto	Perfiles Transversales	Autor	Escala:	Sistema de Coordenadas:	Fecha:	Número de plano
	Modelización 3D de un refugio de guerra en Ribarroja		Alejandro Soria Blat Director Académico Dr. Enrique Priego de Los Santos	1:750	Local	Junio 2020 Localización: Ribarroja (Valencia)	N-05

Figura 43: Perfiles transversales



	Título del Proyecto	Perfil Longitudinal	Autor	Escala Horizontal:	Sistema de Coordenadas:	Fecha:	Número de plano
	Modelización 3D de un refugio de guerra en Ribarroja		Alejandro Soria Blat Director Académico Dr. Enrique Priego de Los Santos	1:100 Escala Vertical: 1:100	Local	Junio 2020 Localización: Ribarroja (Valencia)	N-07

Figura 44: Perfil longitudinal

Los planos originales se anexan al final del documento.

4.3. Cálculos métricos

Con la malla ya realizada podemos obtener algunos datos métricos, por ejemplo, la longitud de todo el refugio es alrededor de 86,457 m contando la porción de las escaleras, aproximadamente tiene 2m de alto y 1,5 m de ancho, 129,685 m² y 259,371 m³.

Con estos datos, y según los estudios que se hacen del control de asistencia a manifestaciones, se presupone por un lado que en un metro cuadrado caben 2-4 personas. En la siguiente tabla se adjunta una aproximación de la cantidad de personas que podían entrar al refugio según estos datos y tomando en consideración los tramos de escalera y sin estos.

Personas por metro cuadrado	Superficie Total	Total personas
2	130	260
	78	156
4	130	520
	78	312
Superficie del refugio sin los tramos de escalera		

Figura 45: Comparativa capacidad de personas del refugio

La parte más baja del refugio se encuentra a 10 m con respecto al nivel del suelo

Capítulo 5

Presupuesto

Capítulo 5. Presupuesto

El presupuesto se ha realizado desde el punto de vista del empresario con personal a cargo. Tomándose en cuenta el salario base por convenio de un ingeniero en geomática y los días laborales obtenemos el coste de contratar a un ingeniero para este proyecto

TABLAS ODDD PROVINCIA DE VALENCIA 2019				
GRUPO	NIVEL		2018	TRAMO 1(1,3%)
I	I	Titulado Superior y Director	1.584,89	1.605,49
II	II	Titulado Medio o Diplomado	1.408,82	1.427,13
II	II	Traductor tit. e intérprete jurado	1.408,82	1.427,13
III	III	Jefe Superior	1.322,49	1.339,68
III	III	Jefe delineante	1.322,49	1.339,68
III	III	Jefe de Proyecto	1.322,49	1.339,68
III	III	Analista	1.322,49	1.339,68
III	IV	Jefe de Oficina	1.230,79	1.246,79
III	IV	Delineante proyectista	1.230,79	1.246,79
III	IV	Contable	1.230,79	1.246,79
III	IV	Programador de ordenador	1.230,79	1.246,79
III	IV	Traductor no titulado	1.230,79	1.246,79
				TRAMO 2(2%)
IV	V	Oficial 1º Administrativo	1.065,07	1.086,37
IV	V	Delineante	1.065,07	1.086,37
IV	V	Operador	1.065,07	1.086,37
IV	V	Encargado	1.065,07	1.086,37
IV	VI	Oficial 2º Administrativo	1.010,82	1.031,04
IV	VI	Comercial	1.010,82	1.031,04
IV	VI	Azafata	1.010,82	1.031,04
				TRAMO 3(2,3%)
V	VII	Conductor	955,33	977,30
V	VII	Grabador	955,33	977,30
V	VII	Auxiliar Administrativo	955,33	977,30
VI	VIII	Almacenero	892,73	913,26

Figura 46: Tabla salarial del convenio laboral de oficinas y despachos

La duración del proyecto se toma en 30 días. Se ha dejado un margen de seguridad de 3 días por posibles imprevistos y el tiempo transcurrido entre la contratación del proyecto y la ejecución, en caso de que pase un tiempo considerable entre medias.

El margen de beneficio depende del coste total del proyecto, en este caso se ha empleado un beneficio industrial del 25%, ya que el coste del proyecto es alto y supone un riesgo de inversión a priori para la realización del trabajo, además se presupone un 2% de trabajos impagados al cabo del año.

Se ha tratado de minimizar los gastos siempre asegurando la máxima profesionalidad y calidad del producto final. Por tanto, el coche empleado será de alquiler, cómo también se alquila el instrumento topográfico.

Sabiendo que el nº de horas laborales al año son 1.800, a 8 horas por día, son 225 días laborales al año

Se ha incluido la parte proporcional de la licencia del software al tiempo empleado para el proyecto. Se ha excluido del cálculo la licencia del software de Trimble, ya que solo se usa para convertir ficheros. Además, se ha adquirido un equipo con las especificaciones técnicas necesarias para manejar el software por valor de 1000€ IVA incluido, amortizable a 2 años, 225 días laborables al año.

Coste total: 1400; 225 días laborales * 2 años de amortización = 3,1€/dia (IVA incluido)

Costes indirectos derivados del despacho de trabajo: 2740€/mes ; 32.900€/año (*Proyectos Geomáticos y Oficina Técnica*). Según la tabla anterior: Titulado Medio o Diplomado (Grado II -> Nivel II) = 1408,82€ salario convenio base, más 66,73€ de pluses por convenio.

Sueldo Bruto Anual = $(1408,82 + 66,73) * 14 = 20.657,7€$

A este valor hay que añadirle la retención por la Seguridad Social (40% del sueldo bruto), por lo que el sueldo bruto anual supone 28.920,78€. Repartido entre los días laborables:

28.920,78€ , 225 días laborables = 128,54€ al día; 16,07€ la hora de trabajo.

Un día de trabajo consta de 8h laborales, 5h en horario de mañana y 3h en horario de tarde.

Posteriormente, para el modelado y el registro de datos en gabinete se ha contado con un Ingeniero en Geomatica y Topografía durante 10 días + dietas + licencia Leica + equipo informático.

Se ha realizado un presupuesto individual de cada actividad, así cómo teniendo en cuenta los gastos de la empresa cómo autónomo durante los días de duración del proyecto, dando los siguientes resultados

Actividad	Duración	Medios Materiales	Costes Directos
Estudio previo	1 día	1 coche	1 dieta, alquiler coche, gasolina
Levantamiento		1 coche y 1 láser escáner	1 dieta, alquiler coche, gasolina
Procesado de datos	10 días	Licencias de software	7 dietas
Leica Cyclone	4 días	Licencias de software	4 dietas
Autodesk	6 días	Licencias de software	6 dietas
Las actividades han sido realizadas por un Ingeniero en Geomática exclusivamente			

Figura 47: Listado actividades

Tabla de costes		
Asunto	Detalle	Total con IVA
Sueldo Ingeniero en Geomática	16,07 €/hora * 8 días de trabajo (64 horas)	1028,48
Coche de alquiler y gasolina	40€/dia (alquiler coche) + gasolina (1,174€/litro)*5 litros	45,87
Alquiler instrumento	600€/dia sin IVA	726,00
Licencia semanal Leica Cyclone	6100€ licencia anual, se aplica parte proporcional a 10 días de trabajo	167,12
Total dietas a pagar	8 días (Levantamiento y Procesado) *7,77€ (Plus comida convenio)	83,37
Compra de equipo informático	1000€ equipo, se aplica parte proporcional a los 10 días de trabajo	20,39
Gastos generales	Costes indirectos -> 32.000€/año -> 144€/dia	1872,00
	Beneficio industrial del 25%	985,8
	Presupuesto Total	3943,23

Figura 48: Presupuesto total

Capítulo 6

Conclusiones

Capítulo 6. Conclusiones

Concluido el proyecto se procede a remarcar una serie de conclusiones derivadas de la realización del mismo.

Se deduce que el uso del equipo Trimble TX6 es adecuado para ciertos proyectos de aplicación industrial, pudiendo llegar a precisiones aceptables. Esto ayuda bastante al avance tecnológico que sufre la industria y su respuesta para proporcionar datos de alta precisiones y obtener un modelo 3D muy cercano a la realidad.

Es importante la planificación previa para evitar zonas de sombra, en este proyecto el principal inconveniente es la distancia mínima a la que el aparato almacena puntos, ya que el túnel tiene 2m de alto, es inevitable que la zona del techo cercana al estacionamiento del láser quedan oscuras, lo que se traduce en más estacionamientos para paliar esa sombra generada en el estacionamiento anterior.

Se puede comprobar a partir de este proyecto, el impacto positivo que tiene esta tecnología para la restauración a futuro de elementos patrimoniales importantes, así cómo acercar a la ciudadanía de una forma muy visual, el entorno que nos rodea y la historia adherida a ella.

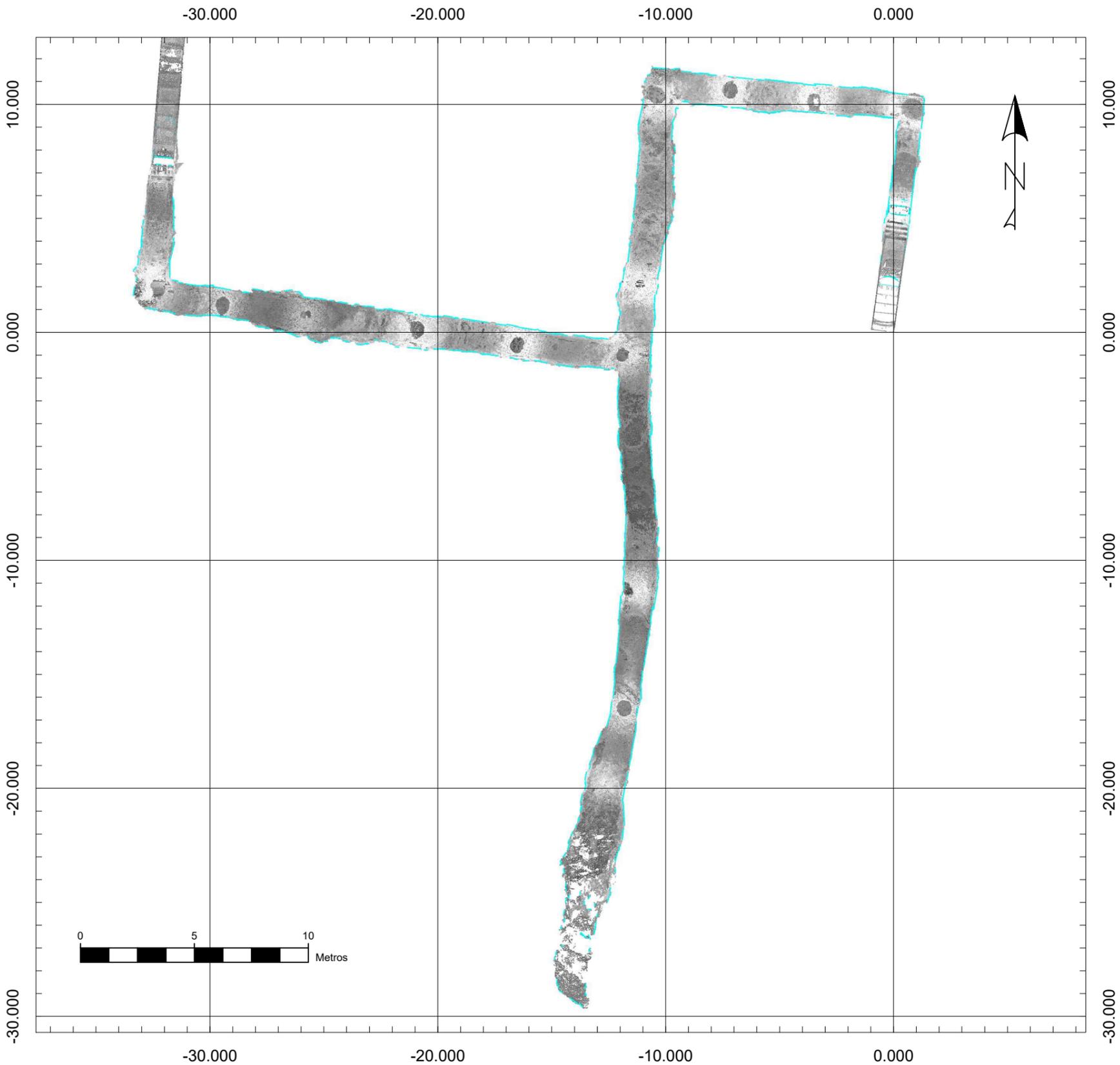
Cómo valoración final y personal del proyecto, creo que se han alcanzado los objetivos planteados inicialmente, con un resultado aceptable y concluyente y asentando muchas de las bases aprendidas durante el grado.

Bibliografía

- BOLETÍN OFICIAL DE LA PROVINCIA DE VALENCIA. (2018). Oficinas y despachos T.S. (BOP)
- Leica Geosystems AG. (2007). Leica_ScanStation 2_datasheet_es
- Priego de los Santos, E. (2009). Túneles y tuneladoras. Valencia: UPV.
- Priego de los Santos, E. (2015). Topografía. Instrumentación y observaciones topográficas. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Riveiro B., Armesto J., González H., Arias P. (2011). Manual práctico de modelado 3D mediante escáner láser terrestre. Vigo: Universidad de Vigo.
- <https://www.instop.es/alquiler/alquiler-topografia.php>
- <https://www.fesmcutpv.org/cms/index.php/convenios-oficinas/category/23-oficinas-ydespachos-valencia> <https://imasgal.com/alquiler-y-venta-de-realworks/>
- <https://www.kayak.es/cars>

Anejos

Anejo 1: Listado de planos

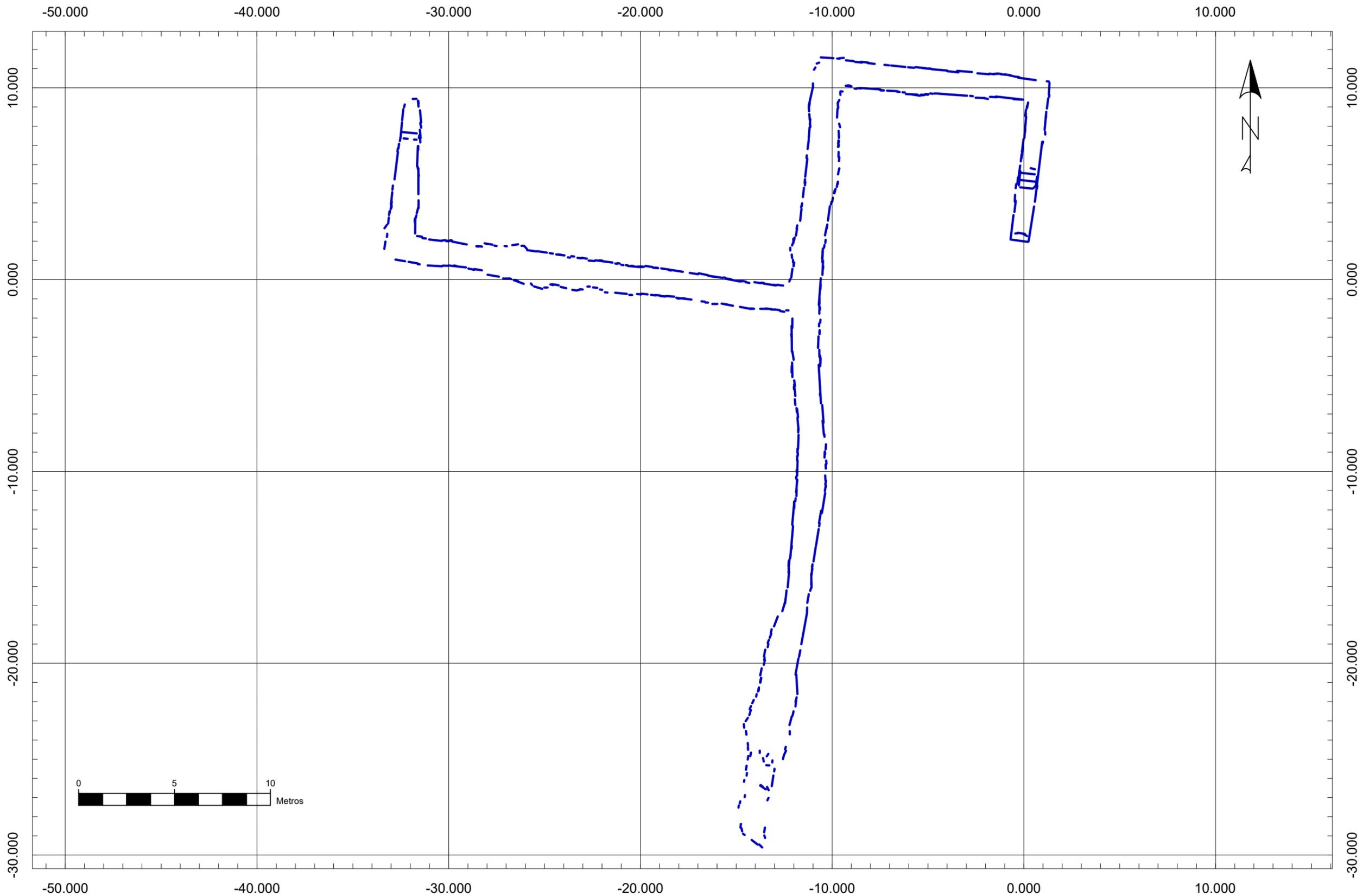


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

	Título del Proyecto	Plano de planta	Autor Alejandro Soria Blat	Escala Horizontal: 1:200	Sistema de Coordenadas: Local	Fecha: Junio 2020	Número de plano N-01
	Modelización 3D de un refugio de guerra en Ribarroja		Director Académico Dr. Enrique Priego de Los Santos			Localización: Ribarroja (Valencia)	

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

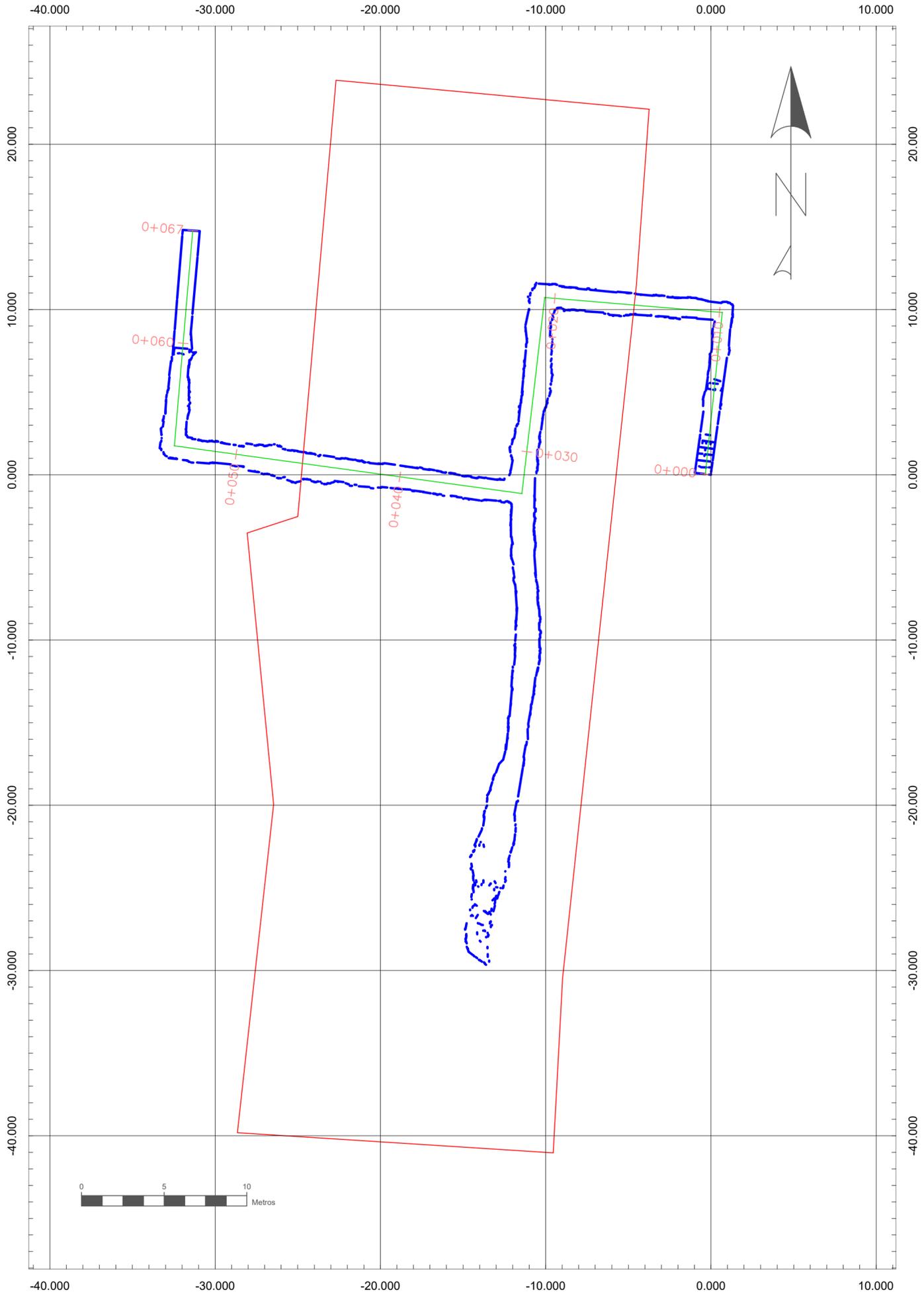


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

	Título del Proyecto Modelización 3D de un refugio de guerra en Ribarroja	Plano de planta sin nube de puntos	Autor Alejandro Soria Blat Director Académico Dr. Enrique Priego de Los Santos	Escala Horizontal: 1:200	Sistema de Coordenadas: Local	Fecha: Junio 2020 Localización: Ribarroja (Valencia)	Número de plano: N-02
--	--	---	---	------------------------------------	---	---	---------------------------------

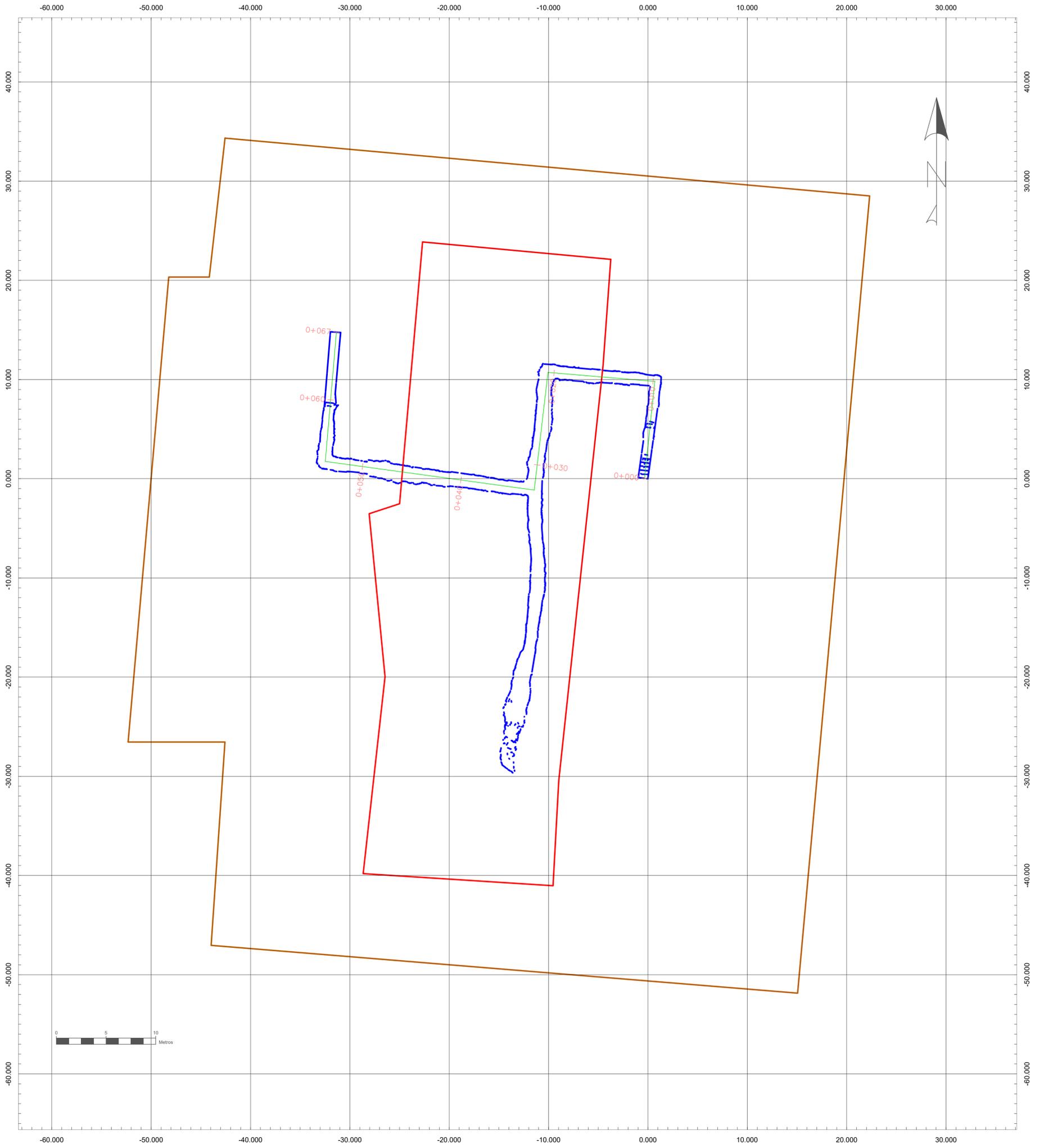
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

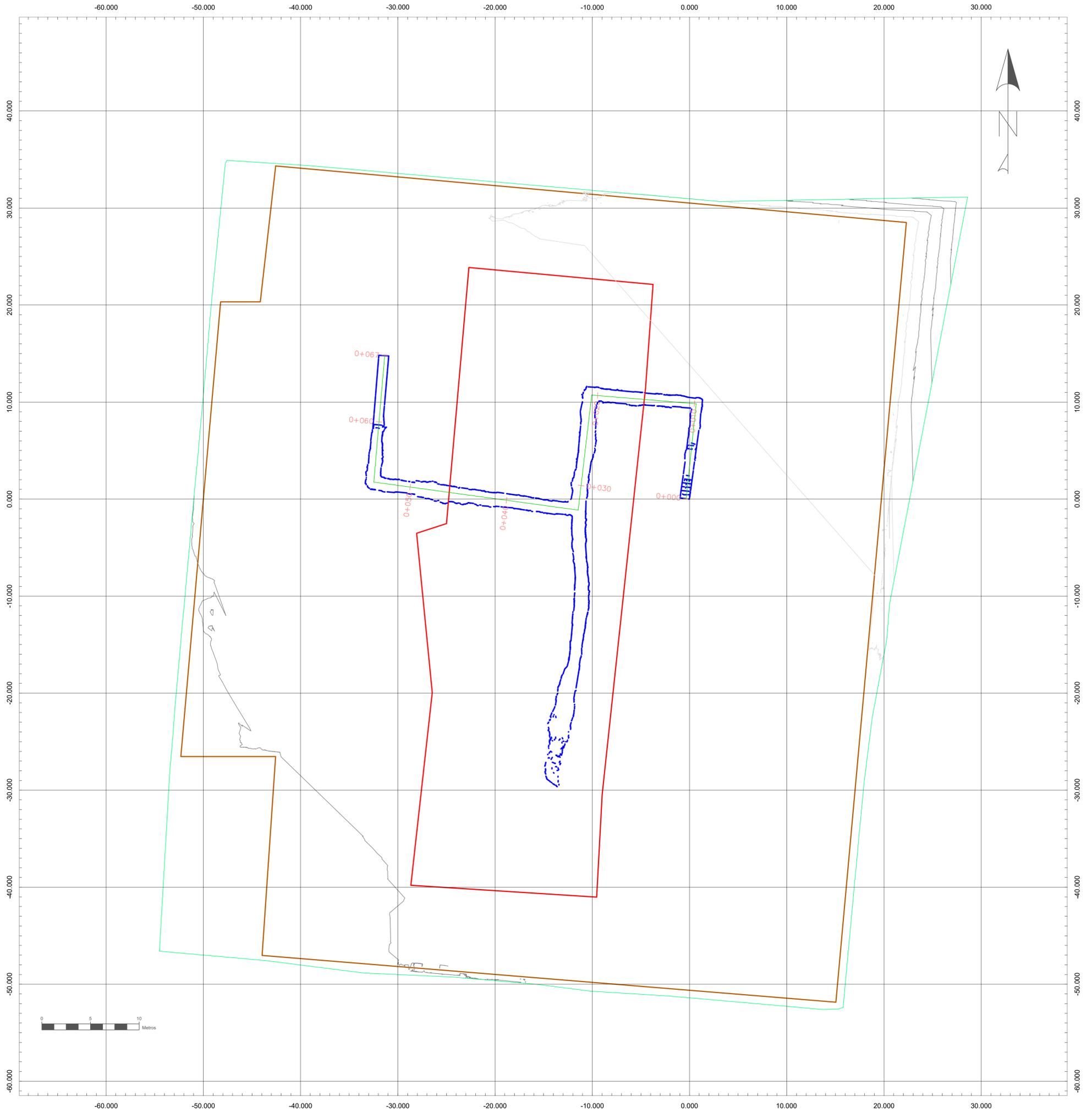
		<p>Título del Proyecto Modelización 3D de un refugio de guerra en Ribarroja</p>	<p>Plano de planta y fachada del colegio</p>	<p>Autor Alejandro Soria Blat Director Académico Dr. Enrique Priego de Los Santos</p>	<p>Escala Horizontal: 1:200</p>	<p>Sistema de Coordenadas: Local</p>	<p>Fecha: Junio 2020 Localización: Ribarroja (Valencia)</p>	<p>Leyenda E_m Muro del refugio Fachada del colegio P.K.</p>	<p>Número de plano N-03</p>
--	--	---	--	---	-------------------------------------	--	---	--	---------------------------------



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

	Título del Proyecto Modelización 3D de un refugio de guerra en Ribarroja	Plano de planta, fachada y muro exterior del colegio	Autor Alejandro Soria Blat Director Académico Dr. Enrique Priego de Los Santos	Escala Horizontal: 1:200	Sistema de Coordenadas: Local	Fecha: Junio 2020 Localización: Ribarroja (Valencia)	Leyenda - Muro del refugio - Fachada del colegio - Muro exterior - P.K.	Número de plano N-04
--	--	---	---	------------------------------------	---	---	--	--------------------------------



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



Título del Proyecto
 Modelización 3D de un refugio de guerra en Ribarroja

Plano topográfico

Autor
 Alejandro Soria Blat
 Director Académico
 Dr. Enrique Priego de Los Santos

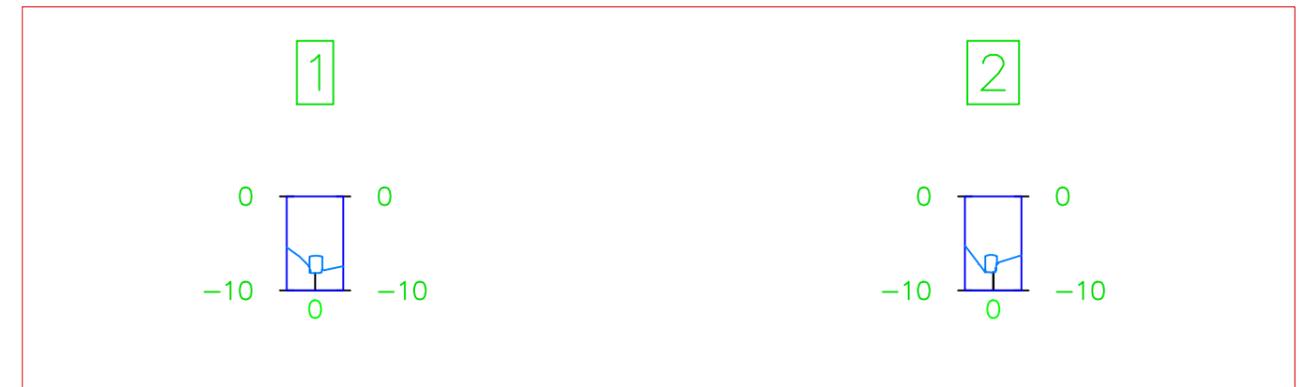
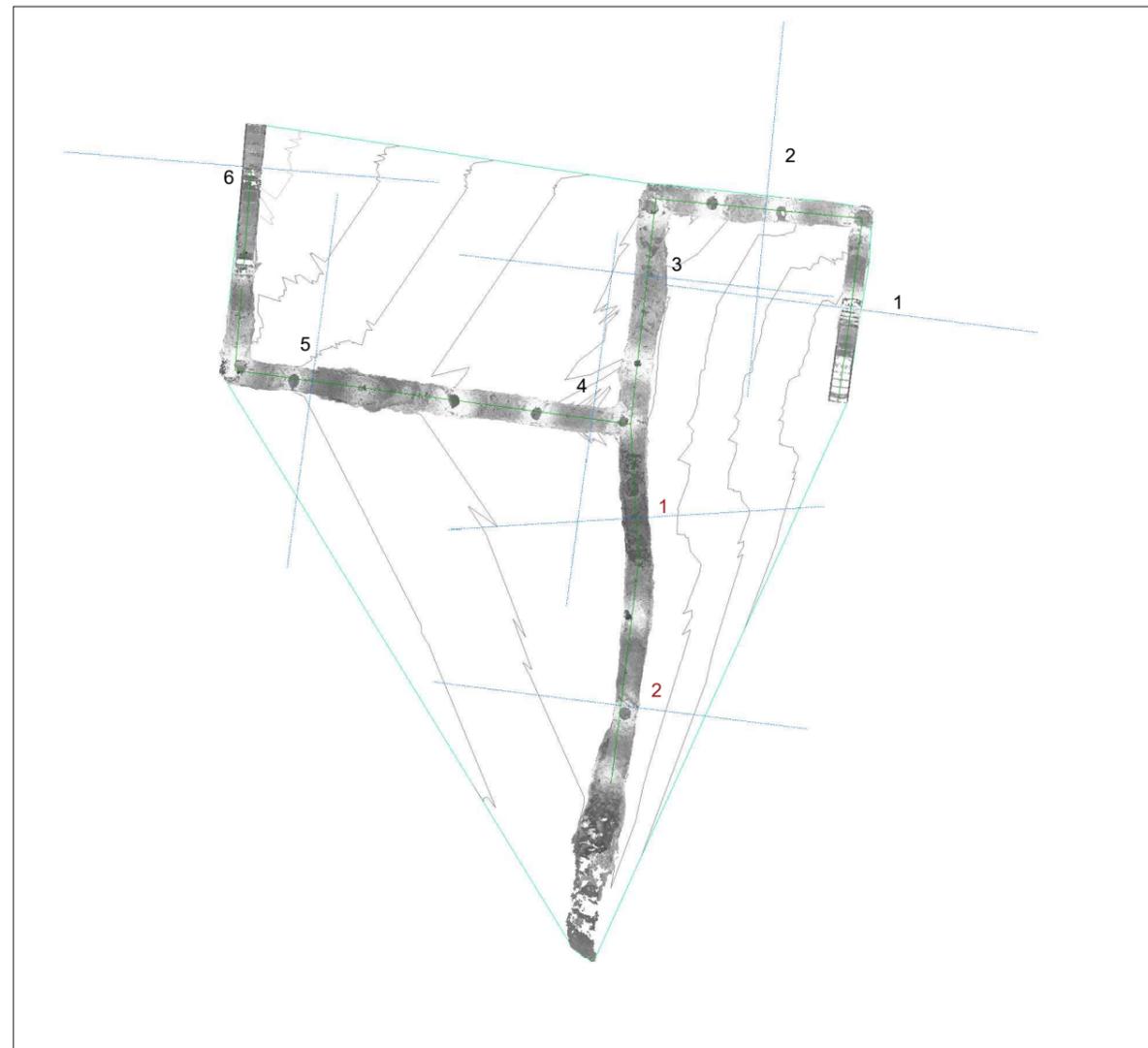
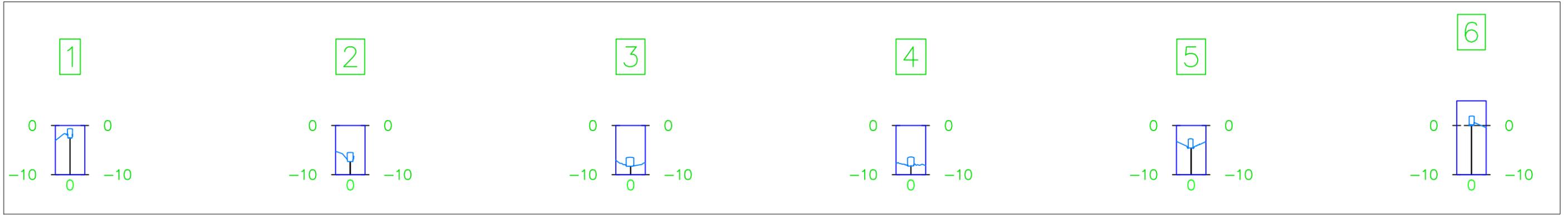
Escala Horizontal:
 1:200

Sistema de Coordenadas:
 Local

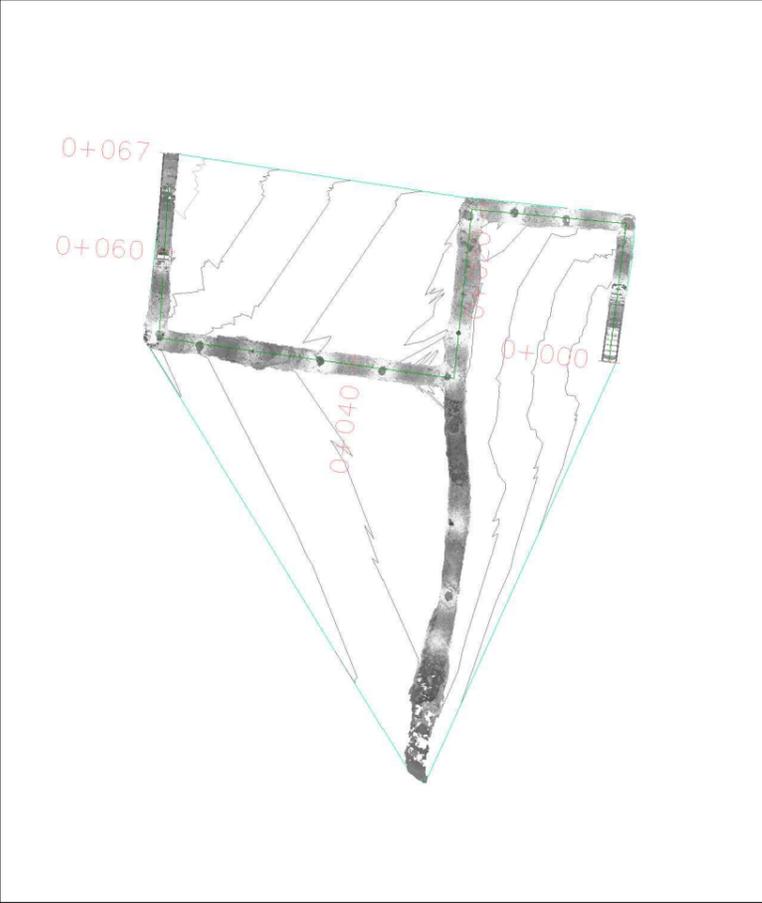
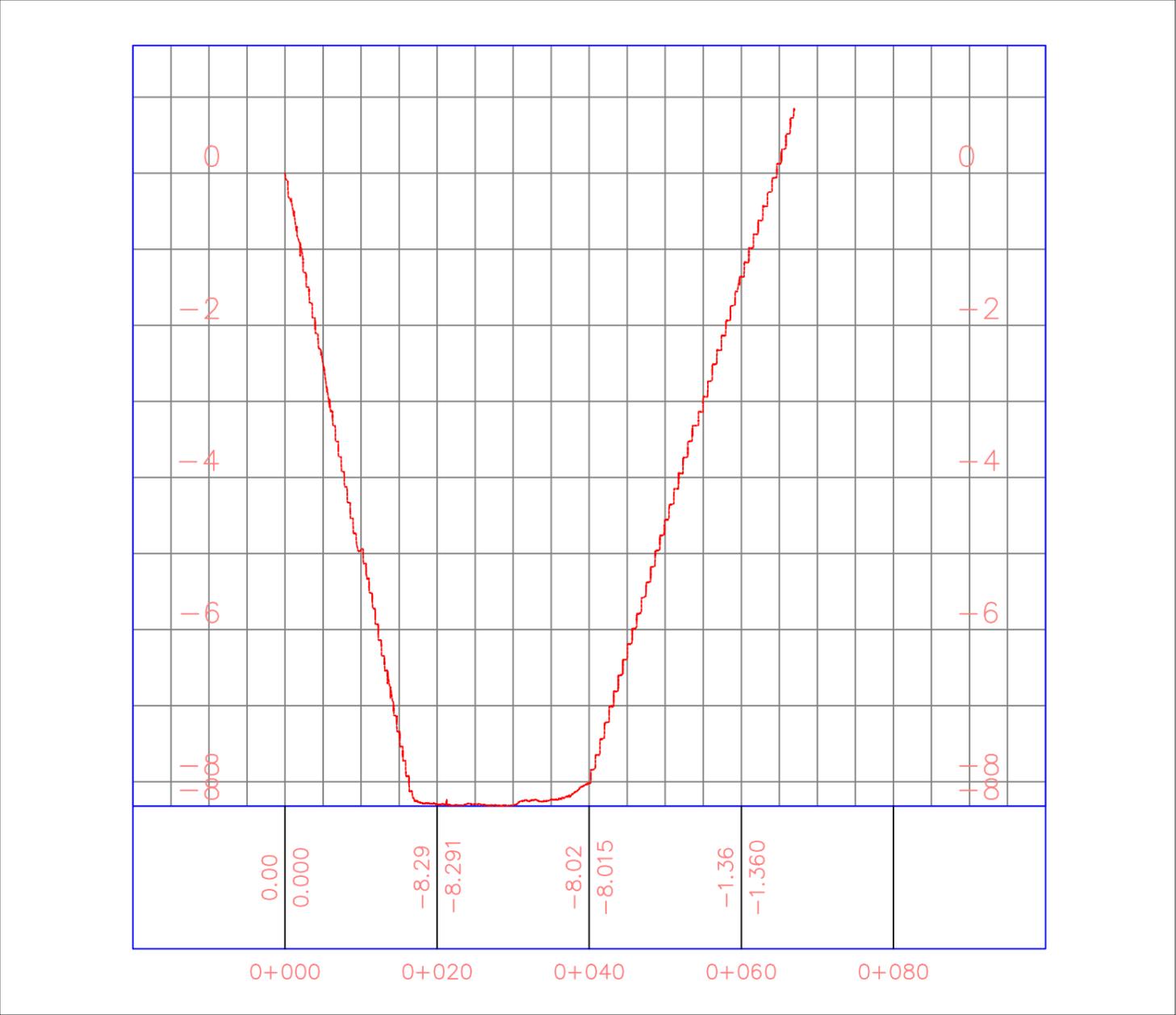
Fecha:
 Junio 2020
Localización:
 Ribarroja (Valencia)

Leyenda	
	Terr
	Muro del refugio
	Footprint del cobertizo
	Muro exterior
	FTC
	Cuotas de nivel

Número de plano
 N-05



		<p>Título del Proyecto Modelización 3D de un refugio de guerra en Ribarroja</p>	<p>Perfiles Transversales</p>	<p>Autor Alejandro Soria Blat Director Académico Dr. Enrique Priego de Los Santos</p>	<p>Escala: 1:750</p>	<p>Sistema de Coordenadas: Local</p>	<p>Fecha: Junio 2020 Localización: Ribarroja (Valencia)</p>	<p>Número de plano N-06</p>
--	--	---	-------------------------------	---	--------------------------	--	---	---------------------------------



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

	Título del Proyecto	Perfil Longitudinal	Autor	Escala Horizontal:	Sistema de Coordenadas:	Fecha:	Número de plano
	Modelización 3D de un refugio de guerra en Ribarroja		Alejandro Soria Blat	1:100		Junio 2020	
			Director Académico	Escala Vertical:	Local	Localización:	N-07
			Dr. Enrique Priego de Los Santos	1:100		Ribarroja (Valencia)	