



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Levantamiento topográfico con scanner LiDAR Móvil IP-S2 para el  
mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado  
km 40 Antigua Panamericana Sur

### **TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Civil

### **AUTORES**

Buleje Vargas, Barci Jacqueline  
ORCID: 0000-0003-0040-6855

Chavez Flores, Erick Wilson  
ORCID: 0000-0001-9236-727X

### **ASESOR**

Estrada Mendoza Miguel Luis  
ORCID: 0000-0002-8646-3852

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos de los autores**

Buleje Vargas, Barci Jacqueline

DNI: 70076135

Chavez Flores, Erick Wilson

DNI: 76455841

### **Datos de asesor**

Estrada Mendoza, Miguel Luis

DNI: 10493289

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Sueldo Mesones, Jaime Pio

DNI: 43703437

ORCID: 0000-0003-3760-8370

JURADO 2

Fano Miranda, Gonzalo Ramsés

DNI: 09178719

ORCID: 0000-0002-4401-8654

JURADO 3

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres, abuelos, hermano, compañeros y amigos quienes me brindaron consejos, apoyo y conocimiento a lo largo de mis años de estudio.

Barci Jacqueline Buleje Vargas

Dedico la presente tesis a mi padre Wilson Chavez, que ha sido el soporte perfecto para nunca decaer y siempre mantenerme firme en cada etapa del proceso del desarrollo de esta tesis.

Erick Wilson Chavez Flores

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios en primer lugar, por colocarnos a las personas correctas en nuestro camino y haber obrado en nosotros para permitirnos llegar a este día en el que nos recibimos como ingenieros civiles, a nuestras familias por apoyarnos de mil y un maneras para no rendirnos jamás, a nuestra Alma Mater la Universidad Ricardo Palma, a cada uno de nuestros docentes que nos dejaron sus enseñanzas en esta etapa de pregrado, en el especial a nuestro asesor el PhD. Miguel Luis Estrada Mendoza por sus consejos, apoyo y comprensión durante esta etapa del desarrollo de nuestra investigación.

Buleje Vargas y Chavez Flores

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>iii</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Descripción de la realidad problemática .....	1
1.1.2 Problemas General .....	2
1.1.3 Problemas Específicos.....	2
<b>1.2 Objetivo general y específico .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Objetivo general .....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
<b>1.3 Delimitación de la investigación .....</b>	<b>3</b>
1.3.1 Delimitación espacial .....	3
1.3.2 Delimitación temporal.....	3
1.3.3 Delimitación poblacional .....	3
1.3.4 Limitaciones .....	3
<b>1.4 Justificación e importancia .....</b>	<b>4</b>
1.4.1 Importancia.....	4
1.4.2 Justificación teórica.....	4
1.4.3 Justificación metodología.....	4
1.4.4 Justificación práctica .....	4
1.4.5 Justificación social .....	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Antecedentes del estudio de investigación .....</b>	<b>5</b>
2.1.1 Antecedentes Nacionales.....	5
2.1.2 Antecedentes Internacionales .....	6
<b>2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio .....</b>	<b>9</b>
2.2.1 Investigaciones relacionadas con la variable .....	9
2.2.2 Levantamiento topográfico .....	11
2.2.3 Sistema LiDAR .....	12
2.2.4 IP S2 .....	14

2.2.5 Sistemas de agua potable.....	20
<b>2.3 Definición de términos básicos.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Hipótesis.....</b>	<b>22</b>
3.1.1 Hipótesis principal.....	22
3.1.2 Hipótesis secundarias .....	22
<b>3.2 Variables .....</b>	<b>22</b>
3.2.1 Definición conceptual de las variables.....	22
3.2.2 Operacionalización de las variables .....	23
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 Tipo y nivel .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2 Diseño de investigación.....</b>	<b>24</b>
<b>4.3 Población y muestra.....</b>	<b>25</b>
<b>4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>26</b>
4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos.....	26
4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos .....	26
4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos.....	27
<b>4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....</b>	<b>28</b>
4.5.1 Utilización de equipos:.....	28
4.5.2 Utilización de Software:.....	29
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>33</b>
<b>5.1 Ubicación geográfica.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2 Ubicación del área de estudio .....</b>	<b>33</b>
<b>5.3 Levantamiento topográfico con escáner LiDAR.....</b>	<b>34</b>
5.3.1 Procedimiento en campo .....	35
<b>5.4 Levantamiento topográfico con Drone Phantom V4 .....</b>	<b>37</b>
5.4.1 Trabajo de campo .....	37
<b>5.5 Presentación de resultados .....</b>	<b>36</b>
5.5.1 Levantamiento topográfico con escáner LiDAR.....	36
5.5.2 Levantamiento topográfico a través del vuelo Drone Phantom V4 .....	45
5.5.3 Levantamiento topográfico con imágenes satelitales ALOS PALSAR .....	49
<b>5.6 Presentación de resultados .....</b>	<b>51</b>
5.6.1 Comparación de perfiles generados por los levantamientos .....	51
5.6.2 Procedimiento de los datos mediante el software ArcGIS .....	51

5.6.3 Comparación de costos de los levantamientos topográficos.....	60
5.6.4 Comparación de los levantamientos topográficos.....	61
<b>5.7 Contrastación de hipótesis .....</b>	<b>62</b>
5.7.1 Hipótesis general .....	62
5.7.1 Primera hipótesis específica .....	62
5.7.2 Segunda hipótesis específica .....	62
5.7.3 Tercera hipótesis específica .....	62
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>63</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>68</b>
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	68
Anexo 2: Operacionalización de variables .....	71
Anexo 3: Levantamiento topográfico con scanner LiDAR .....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de los puntos de georreferencia .....	36
Tabla 2. Costos de levantamiento LiDAR .....	60
Tabla 3. Comparación entre los levantamientos .....	61
Tabla 4. Operacionalización de variables .....	71



## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1:Funcionalidad del scanner LiDAR .....	13
Figura 2:Superposición de imagen en color .....	15
Figura 3:Captura de nube de puntos .....	16
Figura 4:Componente de Posicionamiento. ....	16
Figura 5:Codificadores de ruedas de vehículos. ....	17
Figura 6:Componente de imagen. ....	17
Figura 7:IP-SW HD Instalación.....	18
Figura 8:Principales características. ....	18
Figura 9:Velodyne HDL-64E S2. ....	19
Figura 10:HDL-64 Escaneo a ambos lados de las características. ....	19
Figura 11:Proceso de uso de Scanner LiDAR IP-S2. ....	20
Figura 12:Sistema de agua potable en espacios urbanos. ....	21
Figura 13:Mapa del distrito de Lurín .....	33
Figura 14:Área de estudio. ....	34
Figura 15:Flujograma de actividades escáner LiDAR.....	35
Figura 16:Scanner móvil IP – S2. ....	35
Figura 17:Inicio del recorrido con el sistema IP-S2 .....	36
Figura 18:Ubicación del punto CD-210.....	36
Figura 19:Armado del sistema RTK. ....	37
Figura 20:Procesamiento de datos del software en Spatial Factory. ....	36
Figura 21:Conversión de archivos. ....	37
Figura 22:Digitalización en 3D del software Spatial Factory.....	38
Figura 23:Coordenadas colocadas mediante polilíneas .....	39
Figura 24:Producto final de la planimetría en formato PDF. ....	40
Figura 25:Figura N°25: Procesamiento de data. ....	41
Figura 26:Procesamiento de la nube de puntos en ReCap.....	42
Figura 27:Generación de curvas de nivel en Civil 3D.....	43
Figura 28:Curvas de nivel con scanner LiDAR.....	44
Figura 29:Procesamiento de vuelo drone.....	45
Figura 30:Datos del levantamiento. ....	45
Figura 31:Calibración de imágenes. ....	46

Figura 32:Posiciones de cámaras.....	47
Figura 33:Puntos de control terrestre.....	47
Figura 34:Modelo digital de elevaciones.....	48
Figura 35:Curvas de nivel a través de vuelo drone.....	48
Figura 36:Delimitación del área a intervenir en Google Earth.....	49
Figura 37:Exportación de la data de topografía mediante satélite.....	49
Figura 38:Curvas de nivel con imágenes satelitales.....	50
Figura 39:Importancia de data topografía.....	51
Figura 40:Generación de curvas de nivel.....	52
Figura 41:Perfil longitudinal con LiDAR.....	57
Figura 42:Perfil longitudinal por vuelo de dron. Perfil longitudinal por vuelo de dron.....	58
Figura 43:Perfil longitudinal por satélite.....	59
Figura 44:Levantamiento topográfico con scanner LiDAR.....	72
Figura 45:Datos del levantamiento.....	73
Figura 46:Calibración de la cámara.....	74
Figura 47:Posiciones de cámara.....	75
Figura 48: Punto de control terrestre.....	76
Figura 49:Modelo digital elevaciones.....	77
Figura 50:Parámetros de procesamiento.....	78
Figura 51:Preparación para vuelo drone.....	79
Figura 52:Inicio del despegue del vuelo de drome.....	79
Figura 53:Levantamiento de puntos de referencia.....	80
Figura 54:Configuración del dron para iniciar el levantamiento.....	80
Figura 55:Finalización del vehículo del drome.....	81

## RESUMEN

En el presente estudio de investigación, se desarrolló Levantamiento topográfico con scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado km 40 antigua panamericana sur, departamento de Lima, se llevó a cabo el trabajo de campo, realizándose la recolección de datos en tres etapas; la primera etapa fue: el levantamiento topográfico con el scanner LiDAR, la segunda etapa el levantamiento topográfico con vuelo de dron y la tercera etapa la recolección de datos a través del levantamiento topográfico satelital, y sus respectivos procesamiento de datos. En este estudio se utilizó como método general el método deductivo, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel descriptivo, el diseño es experimental, el cual se profundizo realizando el respectivo trabajo de campo y procesamiento de datos donde fue necesario recolectar la mejor información del terreno existente.

Lo que se pretendió con este estudio fue el poder evaluar las ventajas que tiene el levantamiento topográfico con scanner LiDAR comparando el desempeño de estos 3 levantamientos donde se tomó en cuenta el terreno que generaban a lo largo de la línea de impulsión, se llegó a determinar que el levantamiento por scanner LiDAR es el método con mejor precisión donde en una escala de 1:1000 con una equidistancia de 1 metro la precisión del scanner LiDAR es de 0.25cm y registra hasta 360 grados incluso objetos en vertical como fachadas de edificaciones.

**Palabras claves:** Levantamiento topográfico, Scanner LiDAR Móvil IP-S2, sistemas de agua potable y alcantarillado, dron, satélite.

## ABSTRACT

In the present research study, a topographic survey was developed with a Mobile LiDAR IP-S2 scanner for the improvement and expansion of the drinking water and sewage systems at km 40 old South Pan-American, district of Lurín, department of Lima. , the field work was carried out, performing the data collection in three stages; the first stage was: the topographic survey with the LiDAR scanner, the second stage the topographic survey with drone flight and the third stage the data collection through the satellite topographic survey, and their respective data processing.

In this study, the deductive method was used as a general method, the type of research was applied, the descriptive level, the design is experimental, which was deepened by carrying out the respective field work and data processing where it was necessary to collect the best information of the existing land.

What was intended with this study was to be able to evaluate the advantages of the topographic survey with a LiDAR scanner by comparing the performance of these 3 surveys where the terrain generated along the discharge line was taken into account, it was determined that the survey by LiDAR scanner is the method with the best precision where in a scale of 1:1000 with an equidistance of 1 meter the precision of the LiDAR scanner is 0.25cm and registers up to 360 degrees including vertical objects such as building facades.

**Key words:** Topographic survey, IP-S2 Mobile LiDAR Scanner, drinking water and sewage systems, drone, satellite.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación servirá para poder contribuir a dar un aporte social encontramos un marco actual de la problemática local que viven los pobladores del distrito de Lurín, ya que en la actualidad la principal necesidad pública es que no tienen un óptimo sistema de agua potable tanto en las redes primarias y secundarias y el alcantarillado.

Siendo la presente investigación analizar las ventajas del levantamiento topográfico con scanner LiDAR para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable, se necesita la mayor y mejor información del terreno por donde se propone el proyecto. Ante ello se realiza una adecuada investigación y recolección de datos. Con la ejecución del proyecto de mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable se busca solucionar la contaminación sanitaria y ambiental, así como las enfermedades y bacterias, que afectan la salud de aproximadamente 130 mil habitantes, y 80 mil viviendas.

El estudio de investigación consta de cinco capítulos que se refieren en:

Capítulo I es la problemática a investigar donde se presenta el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la delimitación y la justificación de la investigación. Capítulo II contiene el marco teórico donde se presentan los antecedentes de la investigación, y el conjunto de aspectos teóricos el cual permite acceder a una base conceptual, sobre el levantamiento topográfico, el sistema LiDAR, el IP S2 y el sistema de agua potable. Capítulo III demuestra que el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión realizado con Scanner LiDAR Móvil IP-S2, Phantom 4 V2 y la obtención de información plani – altimétrica al comparar los resultados se indicara que el realizado con el Scanner LiDAR Móvil IP-S2 es el más preciso. Capítulo IV se realizó el levantamiento topográfico con Scanner LiDAR móvil IP-S2, Phantom 4 V2 y la obtención de información satelital y su respectivo procesamiento de datos. Capítulo V se analizó mediante el trabajo de campo que el levantamiento topográfico con Scanner LiDAR móvil IP-S2 es el que nos muestra mayor precisión y analizamos las ventajas del equipo tanto económicas y ventajas en precisión de datos.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos**

### **1.1.1 Descripción de la realidad problemática**

De acuerdo con Pérez (2020), indica que la crisis mundial del agua se está agravando debido al aumento de la población mundial y a la ausencia de gestión administrativa en muchas regiones del mundo, donde las políticas de atención son escasas o inexistentes y la distribución de los recursos hídricos es especialmente desigual. La salud y la forma de vida de una persona se ven directamente afectadas por la disponibilidad de agua potable, que también influye en la aparición de enfermedades, pobreza y otros problemas. Se revisaron las investigaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS) con el fin de reducir las brechas de acceso al agua potable a través de la red pública y de sensibilizar sobre las situaciones problemáticas que se presentan sobre este tema en el contexto nacional e internacional. También se revisó la situación problemática del acceso al agua potable a nivel nacional, regional (Lima) y local (el distrito de Lima).

Según Altamirano y Fernández (2019), además de contar con una infraestructura inadecuada de agua potable e instalaciones sanitarias, la población de Lurín corre el riesgo de contraer enfermedades debido a la falta de higiene y a una infraestructura inadecuada para estos servicios. Por ello, el objetivo de este estudio es conocer las ventajas que tiene el levantamiento topográfico con scanner LiDAR para la obtención de información planimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado km 40 antigua panamericana sur, provincia de Lima, departamento de Lima, La hipótesis de este estudio es analizar el levantamiento topográfico con scanner LiDAR para identificar las ventajas de este levantamiento sobre el levantamiento topográfico con vuelo Drone Phantom V4 y el levantamiento topográfico con satélite.

### **1.1.2 Problemas General**

¿Cuáles son las ventajas del levantamiento topográfico con Scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur, provincia de Lima, departamento de Lima?

### **1.1.3 Problemas Específicos**

- a) ¿De qué manera realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con Scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado km 40 antigua panamericana sur?
- b) ¿De qué manera realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con vuelo drone Phantom V4 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado km 40 antigua panamericana sur?
- c) ¿De qué manera realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con imágenes satelitales para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado km 40 antigua panamericana sur?

## **1.2 Objetivo general y específico**

### **1.2.1 Objetivo general**

Analizar las ventajas del levantamiento topográfico con Scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur, provincia de Lima, departamento de Lima.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- a) Realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con Scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur.
- b) Realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con vuelo drone Phantom 4 V2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur.
- c) Realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con imágenes satelitales para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur.

## **1.3 Delimitación de la investigación**

### **1.3.1 Delimitación espacial**

El problema está ubicado en el km 40 de la antigua panamericana sur en el departamento de Lima en donde se busca analizar y realizar un levantamiento topográfico con Scanner LiDAR Móvil IP-S2 para el mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado.

### **1.3.2 Delimitación temporal**

El análisis se efectuará durante los meses de mayo del 2022 al mes de noviembre del 2022.

### **1.3.3 Delimitación poblacional**

La delimitación poblacional comprende las urbanizaciones entre la cámara de bombeo de la playa Arica y el PTAR San Bartolo.

### **1.3.4 Limitaciones**

El poco acceso de información respecto al tema debido a que no se han realizado investigaciones similares con anterioridad.



## **1.4 Justificación e importancia**

### **1.4.1 Importancia**

Contribuye en conocer las ventajas del levantamiento topográfico con scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales ante otros métodos como el levantamiento topográfico con vuelo Drone y el levantamiento topográfico con satélite.

### **1.4.2 Justificación teórica**

La investigación permitirá realizar levantamiento topográfico con scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención plani – altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur. y conocer las ventajas que tiene sobre otros métodos.

### **1.4.3 Justificación metodología**

La investigación será utilizada para conocer el método de levantamiento topográfico con scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales, conociendo así las virtudes que tiene este novedoso método para ser usado por las futuras investigaciones.

### **1.4.4 Justificación práctica**

Los resultados de la investigación permitirán conocer las ventajas del levantamiento topográfico con scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales.

### **1.4.5 Justificación social**

Con las ventajas del levantamiento topográfico con scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur se permitirá realizar un trabajo más efectivo y rápido beneficiando así a los pobladores.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes del estudio de investigación**

#### **2.1.1 Antecedentes Nacionales**

Guillén (2020) menciona que el análisis detallado del terreno mediante datos 3D por parte de los geógrafos se ha convertido en una actividad extremadamente importante. Es necesario para el proceso de cierta porción masiva de datos 3D, ya que esta información topográfica suele corresponder a superficies de hasta 7000 hectáreas. Por ello, el presente estudio tiene como principio una revisión de la literatura con el fin de alcanzar la visualización de enormes porciones de informaciones 3D. Primero, se examinará de qué manera deberían almacenarse y organizarse las informaciones 3D con el fin de facilitar su extracción por parte del espectador, así como la estructura de datos óptimos sobre la tipología de trabajo. Segundo, examinaremos los procesos existentes para renderizar las informaciones 3D de manera fácil, para conseguir una visión comunicativa del usuario sin requerir excesivos recursos. Finalmente, se expondrá las conclusiones de los dos temas anteriores y explicaremos los métodos más eficaces para la visualización de conjuntos de datos masivos y visualización a gran escala de datos 3D en una proporción elevada, por lo que las personas tienen un bajo bienestar social.

Huamaní (2019) El objetivo principal de su proyecto era describir la precisión de los dos métodos de medición en términos de puntos de control geodésico para obras civiles. La metodología cuantitativa, no experimental, descriptiva y transversal empleada ha sido el trabajo de campo realizado en forma de encuesta con un receptor de satélite GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite), que ha servido de patrón. Asimismo, la población fue el perímetro de la AA. HH Miramar en el distrito de San Martín de Porres, y la muestra fue un polígono de seis vértices con forma cerrada. Comparando los resultados de estos dos levantamientos con el patrón de referencia (GNSS), la estación total tuvo un mayor grado de precisión con respecto al GNSS (99,98%) que el dron (99,60%); por lo tanto, se puede decir que la estación total sigue siendo una herramienta precisa y fiable para las operaciones civiles.

Altamirano y Fernández (2019) mencionan que el 9% de la población carece de acceso al agua potable y el 32% carece de acceso al saneamiento, según la

Organización Mundial de la Salud (2015). Este es un problema mundial. El 40 por ciento de la población peruana no tiene acceso a ambos servicios, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2015). Por otro lado, el bienestar social está supeditado a la inversión pública y privada que se gasta en servicios básicos, en otras palabras, el bienestar social de un país mejora como resultado de fuerzas económicas endógenas en las que el gobierno y las empresas privadas juegan un papel importante. Este estudio pretende determinar, entre 2013 y 2019, el impacto de las inversiones en infraestructuras de saneamiento y agua en la comodidad de los ciudadanos del distrito de Lurín.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

Castañeda y Martínez (2018) explican que el objetivo de su proyecto fue comparar la información obtenida con un sistema LiDAR terrestre (escáner terrestre estacionario) con la información obtenida mediante métodos de comunicación convencionales (nivelación y radiación), creando dos modelos tridimensionales, y realizando un análisis comparativo en tres áreas: precisión, rendimiento y costes que se presentan actualmente para desarrollar la actividad. Las actividades enumeradas en esta definición incluyen el establecimiento de puntos de control, la creación de trasmallos de amarre, la toma de datos mediante sistemas LiDAR terrestres y topografía convencional, el procesamiento de la información, así como la comparación visual y estadística de la información obtenida, lo que lleva a la generación de ventajas y desventajas de ambos métodos, factores de precisión y análisis de costo-beneficio para cada método utilizado.

Fernández (2021) la aparición de los sistemas de escaneado láser dinámicos, son capaces de registrar datos a medida que atraviesan la zona de interés, ha revolucionado la adquisición, haciendo que la captura de datos sea más rápida y flexible y ofreciendo una amplia gama de aplicaciones, incluso en los ámbitos de la ingeniería y la arquitectura. Al principio, los sistemas de escaneado móvil se concentraban en la digitalización de regiones geográficas extensas, como carreteras y bosques. En consecuencia, los equipos de escaneo se montan en vehículos terrestres o aéreos y la región se escanea mientras los vehículos la transitan. Esta estrategia es inaplicable a los entornos interiores, ya que en estos lugares no hay recepción de sistemas de posicionamiento global (GNSS) y los equipos son demasiado grandes y pesados para ser empleados en edificios o

espacios pequeños. En determinadas situaciones de interior, resulta adecuada una de las siguientes soluciones i) el empleo de dispositivos móviles de escaneo vestibles respaldados por técnicas SLAM (localización y mapeo simultáneos), y ii) el uso de drones terrestres equipados con sistemas de escaneo láser y técnicas SLAM o Stop & Go.

Varela (2017) presenta un modelo novedoso para la gestión de grandes infraestructuras en un esfuerzo por remediar las deficiencias de los actuales sistemas de inventario e inspección. Estas operaciones se caracterizan actualmente por la falta de sofisticación tecnológica y la desconexión entre la información visual y textual (archivos CAD, archivos de imagen y documentos de texto). Esta tesis propone el uso de la tecnología SIG para que toda la información esté contenida en un sistema único e integrado que permita su recogida, almacenamiento, mantenimiento y utilización. Se prevé que este sistema de gestión de infraestructuras incorpore importantes avances en tecnologías geomáticas, como el escaneo láser móvil, que supone un salto cualitativo en la caracterización geométrica de la carretera y su entorno (por su alta precisión métrica y nivel de detalle) y la incorporación de imágenes georreferenciadas. Consiste en un vehículo equipado con un sistema de navegación inercial asistido por GPS, dos sensores LIDAR, cuatro cámaras, GPR y un perfilómetro. Esta tecnología genera una cantidad considerable de datos sin procesar. Esta tecnología genera una cantidad sustancial de datos sin procesar que deben ser analizados de dos formas principales. Debido a la naturaleza de las actividades y al hecho de que son lineales, es difícil procesar las cantidades masivas de datos que generan con el software disponible actualmente. Para dar sentido a estos datos y obtener información que pueda ser útil en el ámbito actual, es necesario realizar un análisis de datos. Para abordar el primer problema, se desarrolla un software que permite la visualización sincronizada de todos los datos adquiridos. La visualización sincronizada de todos los datos adquiridos por el sistema móvil, es decir, una aplicación de software que permite la navegación a lo largo del camino que el vehículo tomó durante la exploración y la visualización de todos los elementos conectados en la misma ubicación geográfica. Además, se crea una amplia base de datos para el mantenimiento de las carreteras de acuerdo con la normativa del Ministerio de

Fomento español, que puede ser gestionada por el mismo software. puede ser gestionada por un único programa. En cuanto al segundo punto, sin embargo, se están aplicando varias herramientas, algunas de las cuales se han ampliado en los últimos años. Han surgido diversas herramientas que se han convertido en parte integrante de las operaciones internas de las empresas privadas.

Ormeño y Vicent (2013) presentan en su tesis el desarrollo e implementación de un sistema para mejorar la metodología de extracción de la información geométrica necesaria asociada a los procesos de documentación de entidades de interés patrimonial, a partir de la información proporcionada por el empleo de sensores láser, tanto aéreos como terrestres. Para ello se realiza una presentación y justificación de los antecedentes y la problemática en el registro de información geométrica para el patrimonio, detallando todos aquellos sistemas de registro y análisis de la información geométrica utilizados en la actualidad. Posteriormente, se detallan los sistemas de registro basados en técnicas láser, comenzando por los sensores aerotransportados y concluyendo con el análisis pormenorizado de los sensores terrestres, tanto en su aplicación en modo estático como móvil. Tras la exposición de las características de los sistemas LiDAR, se detallan los procesos a realizar con los datos extraídos para poder generar la información necesaria para los diferentes tipos de objetos analizados. Seguidamente, se propone una alternativa para optimizar los modelos de procesamiento existentes, basándose en el desarrollo de algoritmos nuevos y herramientas informáticas que mejoran el rendimiento en la gestión de la información LiDAR.

El resultado es un organigrama de las tareas a realizar desde la nube de puntos LiDAR hasta el cálculo de los modelos digitales del terreno y de superficies.

Real (2011) presenta en su tesis a geo tecnología LiDAR, desde sus fundamentos teóricos y tecnológicos, hasta su funcionamiento y aplicaciones en diversos ámbitos de la Geomática. En particular, se procesan datos LiDAR 3D aerotransportados de la zona de Ostucán, Chiapas, al final se propone un planteamiento conceptual sobre la emergencia del marco de conocimientos de la geo tecnología LiDAR en escala terrestre.

## **2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio**

### **2.2.1 Investigaciones relacionadas con la variable**

Nacional de La Plata. Para realizar un levantamiento completo de un objeto De acuerdo con Rodríguez, García y Ordoñez (2015) en su investigación se desarrolló y se probó un algoritmo para extraer superficies horizontales y verticales de nubes de puntos 3D utilizando características geométricas. Este algoritmo consta de dos pasos secuenciales: La extracción de superficies horizontales y verticales a partir de una nube de puntos se realiza mediante la segmentación de la nube de puntos utilizando la segmentación de componentes conectados 3D en un índice calculado a partir de las características geométricas de la nube de puntos. Utilizando el sistema TOPCON IP-S2 Compact +, se evaluó el rendimiento de este método utilizando una nube de puntos que contenía aproximadamente 4.000.000 puntos y una sección de calle de 80 m en Cudillero, en el norte de España.

En la investigación de la Garza, Howerton y Sideris (2012), mencionan que, en Estados Unidos, las técnicas de recogida de datos no están estandarizadas, pero la mayoría de los DOT estatales dependen en gran medida de las cuadrillas de recogida manual. La recopilación de datos por parte de los equipos humanos es larga, costosa y potencialmente peligrosa. La cartografía móvil permite a los DOT determinar el estado y la ubicación de los activos al tiempo que mejora la seguridad de los topógrafos. El posicionamiento y la identificación visual de los activos son cruciales cuando se inspeccionan numerosos activos dispersos a lo largo de las carreteras. Este documento ofrece una visión general del sistema de cartografía móvil IP-S2 de Topcon. Se llevaron a cabo dos proyectos distintos pero relacionados. Los objetivos principales del primer proyecto son: (1) comparar el tiempo necesario para recopilar datos utilizando el método IP-S2 frente al método tradicional; y (2) comparar la precisión de los datos recopilados utilizando el método IP-S2 frente al método tradicional. Estas pruebas se realizaron tanto a velocidades lentas como a velocidades de autopista.

De acuerdo a Del Cogliano y Falip (2019), menciona que El LiDAR (Light Detection and Ranging) permite modelar estructuras tridimensionales con una resolución sin precedentes y una precisión milimétrica. La topografía y esta tecnología interactúan de forma natural, especialmente cuando los modelos son

un componente de las áreas georreferenciadas en términos de mecanismos de relación verticales y geodésicas. La calidad geométrica exterior del modelo integrado depende de las relaciones geométricas entre las numerosas mediciones LiDAR y los métodos topográficos o geodésicos tradicionales, como el GNSS. La comparación de modelos 3D con precisión milimétrica a lo largo del tiempo requiere la familiaridad con sistemas de referencia que sean al menos igual de precisos. Por lo tanto, la precisión de las determinaciones debe ser validada. Mediante el uso de DAR estático terrestre, se han levantado dos edificios de la Universidad se requieren múltiples estaciones de registro; el producto final es el resultado de la combinación de múltiples escaneos. En este estudio se emplea la técnica de rasgos monidentificables a partir de estaciones cercanas; los resultados se expresan en un marco de referencia terrestre derivado de un polígono de apoyo para el que se requirieron mediciones de estaciones totales, niveles automáticos y equipos GNSS. Utilizando las coordenadas de los puntos de control obtenidos por métodos independientes, se evaluó la calidad de las nubes de puntos 3D obtenidas, tanto interna como externamente. Resultados: Se estima que el LiDAR terrestre estático Trimble TX5 puede producir nubes de puntos con una calidad geométrica interna de 1 a 3 mm (1RMS). Las técnicas topográficas clásicas que utilizan la poligonal de apoyo produjeron una consistencia de 3 mm en cada componente, mientras que la georreferenciación obtenida mediante mediciones GNSS produjo una consistencia de 1 cm. La calidad geométrica interna de los puntos de la nube generada demuestra la capacidad de representación de estos modelos tridimensionales y su potencial para analizar las deformaciones internas (como los ángulos y las distancias). Las nubes LiDAR 3D iniciales disjuntas pueden integrarse mediante técnicas geodésicas-topográficas y georreferenciarse en un marco de referencia geodésico de calidad adecuada.

Según Cahalane, McCarthy y McElhinney (2010), menciona que el uso de sistemas cartográficos móviles (MMS) para recopilar datos de alta calidad casi 3D en entornos terrestres es cada vez más popular. Esto se debe principalmente a los avances tecnológicos en el escaneo láser. Cuando un escáner láser moderno se monta en una plataforma móvil y se combina con un GPS y un sistema de navegación, los sistemas de cartografía móvil son capaces de generar millones de puntos georreferenciados por minuto, que pueden

utilizarse para generar modelos 3D precisos. El desarrollo de algoritmos de procesamiento de estas nubes de puntos ha sido el principal objetivo de la comunidad investigadora hasta la fecha. Dado un objeto estático conocido y arbitrario situado a una distancia específica de un sistema de cartografía móvil en movimiento, la resolución y la precisión de la nube de puntos resultante que describe el objeto son desconocidas. Esta resolución y precisión representan la limitación fundamental de estos algoritmos de procesamiento de nubes de puntos. En cuanto a los objetos conocidos, estamos desarrollando un método para determinar la resolución y precisión cuantitativas de las nubes de puntos recogidas por un sistema cartográfico móvil. En este artículo, presentaremos nuestra investigación preliminar sobre el impacto de la velocidad del vehículo en las líneas de escaneo láser. La distancia física entre las líneas de escaneo láser secuenciales se ve afectada por la velocidad, al igual que el ángulo de las líneas de escaneo individuales. Hemos desarrollado un sistema para calcular esta información sobre las líneas de escaneo láser basándonos en la posición y orientación del escáner láser en el vehículo, así como en la velocidad de este. Comparando nuestros datos simulados con los datos de la nube de puntos recogidos por nuestro sistema de cartografía móvil XP-1, validaremos nuestras ecuaciones y análisis.

### **2.2.2 Levantamiento topográfico**

De acuerdo con Castañeda y Martínez (2018), menciona que en el método de "estación libre", el equipo se coloca en un lugar conveniente P, desde el que se iniciará el levantamiento. P, que está convenientemente situado y desde el que se iniciará el levantamiento del amarre. Desde este punto deben ser visibles dos o más puntos con coordenadas conocidas. Debe ser posible ver las coordenadas conocidas desde ese lugar. La siguiente ecuación determina las coordenadas de P: Los ángulos y las longitudes se miden entre dos o más puntos con coordenadas conocidas. Las coordenadas de los puntos conocidos se derivan de un sistema arbitrario con el punto P como origen. Este enfoque es muy útil, y su precisión depende de la precisión de las coordenadas conocidas, la precisión de las coordenadas de los puntos conocidos y la precisión de las mediciones tanto de los ángulos como de las distancias. El uso de un distanciómetro es casi indispensable en su aplicación. En el caso más sencillo, cuando sólo se ven dos puntos con coordenadas conocidas, la aplicación de un



distanciómetro es casi imprescindible. Entre dos puntos con coordenadas dadas, bastará con medir el ángulo entre el punto P y las visuales dirigidas a él; evidentemente, también se miden las distancias desde el punto P. Las ecuaciones de transformación pueden despreciarse al resolver el triángulo resultante dado el ángulo y las dos distancias observadas. Al resolver dicho triángulo, la distancia entre dos puntos puede compararse con la obtenida entre los mismos dos puntos a partir de sus coordenadas para determinar la precisión del amarre.

### **Trabajo de campo**

Según Castañeda y Martínez (2018) la visibilidad de las enormes áreas que se pueden delinear desde una sola estación tiene un impacto sustancial en la colocación de las estaciones. En cada estación hay que determinar la altura del instrumento. Es vital, cuando se localizan y recogen los puntos, crear un gráfico que represente claramente los puntos recogidos y la secuencia en la que se recogieron en el momento del seccionamiento o la recogida de datos.

### **2.2.3 Sistema LiDAR**

De acuerdo con Pisconte (2021), menciona que LIDAR es la abreviatura de Light Detection And Ranging (detección y medición de la luz). Los sistemas LIDAR emiten un gran número de pulsos generados por láseres y grandes telescopios, y utilizan detectores ópticos sensibles para recoger los pulsos reflejados. Además, proporcionan datos topográficos de la superficie del terreno mediante el escaneo de elementos cercanos. Hans Karl Heidemann, especialista público del Programa Geoespacial Nacional de Estados Unidos, define el LIDAR en su artículo LIDAR Baseline Specification (2014) como un instrumento que mide la distancia a un objeto reflejado emitiendo pulsos de luz y calculando la diferencia de tiempo entre la emisión de un pulso láser y la recepción de los pulsos reflejados. La duración medida entre cada El intervalo de tiempo medido para cada reflexión se convierte en distancia, que, cuando se combina con los datos de posición del GPS, la IMU y el instrumento, permite derivar la ubicación del punto 3D a partir de la ubicación del objetivo del reflector. (Ver figura N°1)

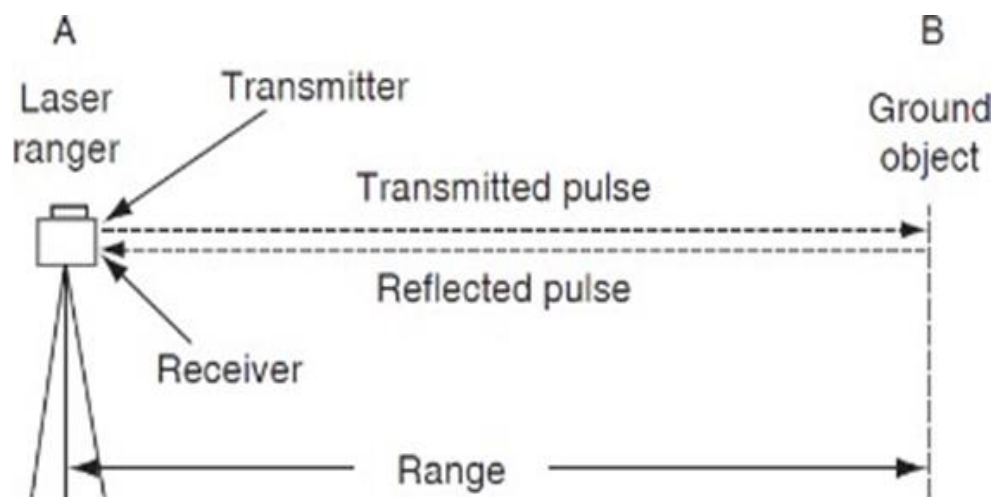


Figura 1: Funcionalidad del scanner LiDAR  
 Fuente: Jie Shan and Charles K. Toth (2009).

### Orígenes del Sistema LiDAR

Pisconte (2021), describe el LiDAR como un recurso de teledetección que permite determinar de forma excepcionalmente rápida y precisa el terreno y las características estructurales. El sistema LIDAR genera mediciones increíblemente precisas de datos en tres dimensiones que pueden utilizarse para sistemas de cartografía, orientación y navegación. Los datos LIDAR utilizados por el software de los sistemas de información geográfica (GIS) y coordinados con los sistemas de posicionamiento global diferencial (GPS) pueden producir mapas del terreno extremadamente precisos e integrarse con otros datos tácticos, por ejemplo. La tecnología LIDAR mide las distancias calculando el retraso entre la emisión y la recepción de la luz infrarroja. Recepción de la luz infrarroja La luz infrarroja regresa después de reflejarse en los elementos de la superficie a estudiar; por lo tanto, los elementos de la superficie a estudiar, como el rasgo del terreno trazado, reflejan la luz. se refleja en la superficie del terreno. Junto con los datos del GPS y del sistema de navegación inercial (INS), el sistema LIDAR permite determinar con precisión la altitud y la ubicación de aviones, misiles y otros sistemas de armas y reconocimiento. armas y equipos de reconocimiento adicionales El LIDAR se ha utilizado para cartografiar los flujos de hielo y vigilar los daños causados por el hielo, además de las aplicaciones militares y de inteligencia. Observar los flujos de hielo y los daños causados por la erosión de las tormentas en las playas.

#### 2.2.4 IP S2

De acuerdo con Topcon (2012), menciona que la IP-S2 HD proporciona una densa nube de puntos con una superposición de imágenes en color para obtener el máximo nivel de reconocimiento de características y precisión cartográfica. El sistema de cartografía móvil IP-S2 HD de Topcon supera las dificultades de cartografiar con precisión las características 3D. Un receptor GNSS de doble frecuencia establece una posición geoespacial, una unidad de medición inercial (IMU) proporciona la actitud del vehículo y una conexión con el vehículo o con codificadores de rueda externos adquiere datos de odometría. Juntas, estas tres tecnologías permiten al vehículo mantener una posición 3D muy precisa en zonas en las que las señales de los satélites pueden estar bloqueadas por obstáculos como edificios, puentes o líneas de árboles. El sistema estándar IP-S2 HD contiene un cabezal de sensor LiDAR con 64 láseres orientados a detectar elementos de la carretera a una distancia de hasta 100 metros. Incluye una cámara digital esférica de 360° para capturar imágenes a intervalos de distancia predeterminados. Para mejorar la visualización de los objetos, se dispone de cámaras digitales de alta resolución como opción. Todas las entradas de los sensores se registran y se marcan en función de un reloj centralizado. (Ver figura N°2)

Las características del sistema estándar IP-S2 HD consta de:

- Sensor LiDAR de alta densidad y largo alcance para obtener el máximo detalle visual
- IMU de alta precisión y odometría DMI para obtener precisión posicional y fiabilidad
- Cámara de 360 grados para captar imágenes esféricas
- Sistema de montaje retráctil motorizado



*Figura 2: Superposición de imagen en color*  
Fuente: Topcon (2012).

Geoclean, un potente software desarrollado por Topcon, convierte los datos LiDAR y/o de imágenes digitales georreferenciados en una representación de imagen 3D visible que puede exportarse a software de terceros. Para una mayor precisión, los datos GNSS pueden ser post- procesados contra una estación base permanente o temporal. El software Spatial Factory proporciona una interfaz sencilla para combinar, visualizar y manipular los datos del IP-S2 HD. El IP-S2 HD proporciona a los proyectos de cartografía datos precisos e imágenes dinámicas. El sistema montado en un vehículo cartografía datos para la evaluación del estado de la superficie de la carretera y los inventarios de las características de los bordes de la carretera a velocidades normales de desplazamiento. Al retirar al personal de campo de los carriles transitados, se aumenta la seguridad. (Ver figura N°3)

Escáner laser de alta definición consta de:

- Captura nubes de puntos 3D en alta densidad y resolución.
- El software incluido transforma los datos en coordenadas globales 3D con marcas de tiempo precisas.
- Genera imágenes panorámicas georreferenciadas.



*Figura 3: Captura de nube de puntos*  
Fuente: Topcon (2012).

#### Componentes de Posicionamiento

- Determina la posición y orientación precisas del vehículo
- Receptor GNSS de doble frecuencia integrado
- Unidad de medición inercial
- Monitorización continua del movimiento del vehículo
- Unidad de Medición Inercial (IMU)



*Figura 4: Componente de Posicionamiento.*  
Fuente: Topcon (2012).

#### Codificadores de ruedas de vehículos

- Los codificadores mejoran la precisión y la fiabilidad.
- Detecta el movimiento de rotación de cada rueda.
- Compara las distintas velocidades de rotación.



*Figura 5: Codificadores de ruedas de vehículos.*  
Fuente: Topcon (2012).

#### Componente de imagen

- Cámara digital con un campo de visión de 360 grados
- Sensores de imagen añadidos para mejorar la claridad



*Figura 6: Componente de imagen.*  
Fuente: Topcon (2012).

#### IP-S2 Características

- Alcance ampliado para la adquisición de datos adicionales.
- Imágenes esféricas georreferenciadas.
- Fácil exportación a Spatial Factory o a software de terceros para la extracción de características.
- Posición y actitud precisas del vehículo.
- Sistema integrado y calibrado en fábrica - Solución rentable y llave en mano.

## IP-S2 Instalación

Esta solución "llave en mano" se entrega calibrada y lista para su despliegue. No es necesario realizar ningún paso de configuración antes de la recogida de datos. Cuando el sistema no está en uso, un sistema de montaje retráctil permite que el equipo se pliegue para facilitar su almacenamiento.



*Figura 7: IP-SW HD Instalación.*  
Fuente: Topcon (2012).



*Figura 8: Principales características.*  
Fuente: Topcon (2012).

## Escáner laser de alta definición

El escáner láser de alta definición del IP-S2 HD recoge 1,3 millones de puntos por segundo a un alcance de 100 metros. El escáner tiene un campo de visión horizontal de 360 grados y un campo de visión vertical de 30 grados para maximizar la cobertura de la recogida de datos y reducir las sombras del láser. (Ver figuras N°9 al N°11)

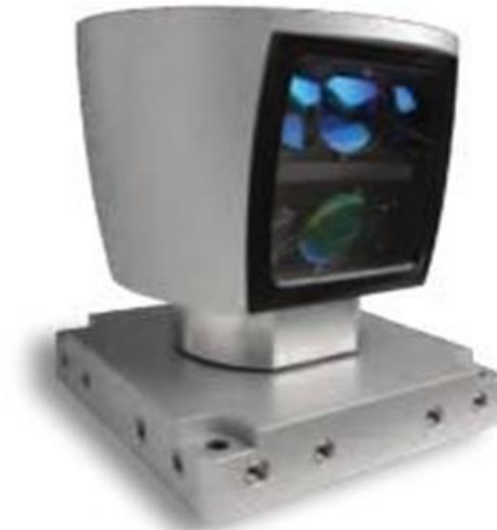


Figura 9: Velodyne HDL-64E S2.  
Fuente: Topcon (2012).

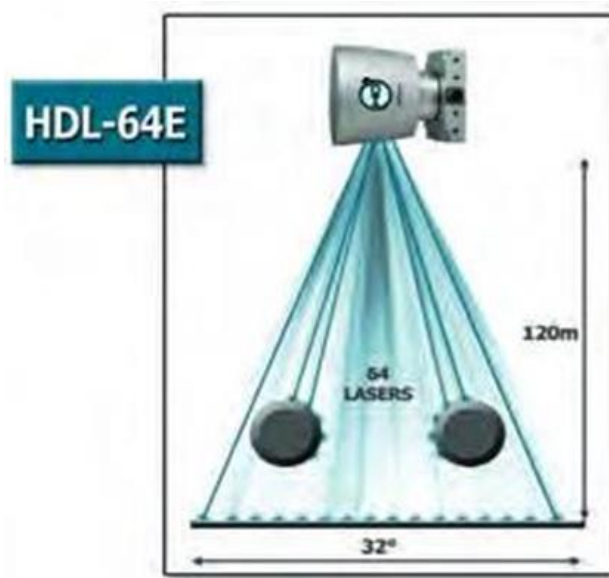


Figura 10: HDL-64 Escaneo a ambos lados de las características.  
Fuente: Topcon (2012).





*Figura 11: Proceso de uso de Scanner LiDAR IP-S2.*  
Fuente: Topcon (2012).

### 2.2.5 Sistemas de agua potable

De acuerdo con Pérez (2020), menciona que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) definió la red de distribución de agua potable como una red de tuberías, accesorios y otras estructuras y componentes que conectan el agua a las tomas domiciliarias o a los hidrantes públicos con el propósito de suministrar agua a una población determinada para uso doméstico, comercial, público e industrial. En primer lugar, es necesario generar las posibles ubicaciones del depósito de almacenamiento que proporcionará la cantidad de agua necesaria y la presión adecuada para cada punto de la red establecido. Asimismo, para definir las cantidades de agua para la red, es necesario determinar el Consumo Máximo Horario (Q<sub>mh</sub>), que se basa en las dotaciones y siempre tiene en cuenta los escenarios más perjudiciales. Hay que mantener unas presiones de servicio mínimas que puedan hacer llegar el agua a todas las viviendas de la población, independientemente de su ubicación (especialmente en las de mayor altitud, como las de ladera), así como un control de las presiones máximas (en las zonas bajas), para que el servicio pueda utilizarse sin interrupción. cualquier complicación. (Ver figura N°12)

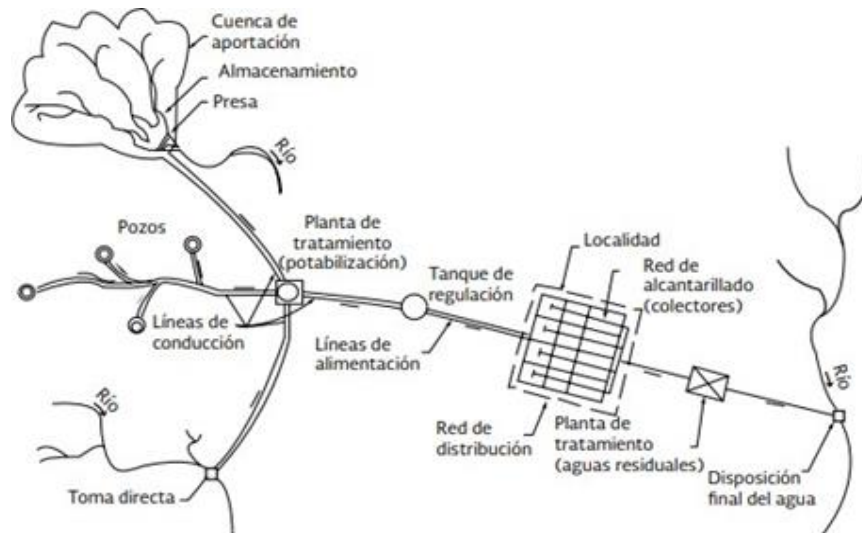


Figura 12: Sistema de agua potable en espacios urbanos.  
Fuente: CONAGUA(S/F).

## 2.3 Definición de términos básicos

### Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico es un estudio técnico y descriptivo de un terreno que examina la superficie del mismo, teniendo en cuenta sus características físicas, geográficas y geológicas, así como sus variaciones y cambios. Esta recopilación de información se denomina plano y sirve como herramienta para la planificación de edificios y construcciones.

### Scanner Laser

Es un dispositivo que analiza el entorno para tomar datos de su forma y, en ocasiones, también del color. Esta captura con un haz de rayos láser te permite construir modelos digitales tridimensionales, es decir, **nubes de puntos**, con los datos necesarios para generar un modelo virtual del entorno.

**Nube de puntos** Las nubes de puntos consisten en una colección de vértices, elementos o puntos que incluyen la información necesaria para construir un modelo virtual. Además de mucha otra información, cada una de estas piezas contiene una representación espacial tridimensional que facilita la organización de los datos recibidos.

### LiDAR

Es un acrónimo que significa Laser Imaging Detection and Ranging. Es un acrónimo peculiar que contiene otro acrónimo (LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). El LiDAR puede describirse en inglés como una tecnología basada en el láser para medir y detectar objetos.

## **CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### **3.1 Hipótesis**

#### **3.1.1 Hipótesis principal**

Al analizar el levantamiento topográfico se puede obtener la información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur se identifican las ventajas del Scanner LiDAR Móvil IP-S2.

#### **3.1.2 Hipótesis secundarias**

- a) Al realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con Scanner LiDAR Móvil IP-S2 del proyecto Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur se puede obtener la información plani - altimétrica del trazo de obras lineales.
- b) Al realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con vuelo drone Phantom 4 V2 del proyecto Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur se puede obtener la información plani - altimétrica del trazo de obras lineales.
- c) Al realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con imágenes satelitales del proyecto Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur se puede obtener la información plani - altimétrica del trazo de obras lineales.

### **3.2 Variables**

#### **3.2.1 Definición conceptual de las variables**

##### **A. Variable Independiente**

Según Hernández Sampieri, (2014). La variable independiente es aquella que es susceptible de ser manipulada durante el proceso de investigación. De hecho, se pretende evaluar el efecto de esta manipulación en la variable dependiente. Si la variable es compleja esta puede ser definida en términos de variables más simples o dimensiones.

Las variables independientes son:

- Levantamiento topográfico con Scanner LiDAR Móvil IP-S2.

### **B. Variable Dependiente**

Según Hernández Sampieri, (2014). La variable dependiente no se manipula, sino que se mide para ver el efecto que la manipulación de la variable independiente tiene en ella. Esto se esquematiza de la siguiente manera:

Las variables dependientes son:

- Sistemas de agua potable y alcantarillado.

### **3.2.2 Operacionalización de las variables**

Según Borja (2012) La operacionalización de las variables “es el proceso mediante el cual se explica cómo se medirán las variables formuladas en la hipótesis, para lo cual en muchos casos habrá que descomponerlas en indicadores susceptibles de poder medirse”.

En la tabla mostrada se describe la operacionalización de la variable independiente y dependiente (Ver Anexo 2)

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1 Tipo y nivel**

El tipo de investigación sería aplicada porque, según Borja (2016), esta investigación busca comprender, actuar, construir y alterar una realidad problemática. Además, señala que esta investigación se preocupa más por la aplicación inmediata de un problema que por la acumulación de conocimientos. Concluye afirmando que la investigación aplicada se utiliza en proyectos de ingeniería civil porque la tesis busca resolver un problema.

El método de investigación sería cuantitativo, debido a que Borja (2016) afirma que la recogida y el análisis de datos, que permiten responder a las preguntas de la investigación y comprobar las hipótesis, es un método fiable para descubrir la verdad. Este tipo de investigación se basa en la medición numérica, el recuento y la estadística para identificar con precisión los patrones de comportamiento de una población. Una vez que las múltiples investigaciones arrojan pruebas que apoyan la premisa, se refuerza la confianza en la teoría que la sustenta o apoya. Si no es así, se descarta la hipótesis y a veces la teoría. Una teoría científica se mantiene hasta que se refuta o se desarrolla una descripción más precisa.

Esta investigación es cuantitativa pues recopila información respecto al levantamiento topográfico con scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur, departamento de Lima.

### **4.2 Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es experimental ya que se ha realizado el levantamiento topográfico con scanner LiDAR Móvil IP-S2, el levantamiento topográfico con Drone PhantomV2 y el levantamiento topográfico con satélite ALOS PALSAR para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto. Según la cronología es retrospectiva ya que se tienen datos obtenidos con anterioridad. Según el número de mediciones es longitudinal ya que se presentan diferentes métodos del levantamiento topográfico.

### **4.3 Población y muestra**

Según Borja (2016), la muestra de análisis para la investigación cuantitativa es un subconjunto de la población de la que se recogerán los datos. El investigador debe preocuparse por extrapolar o generalizar los resultados de la muestra a la población o al universo. La muestra debe ser estadísticamente representativa. Para obtener la muestra, el investigador debe seguir los siguientes pasos: Determinar qué miembros de la muestra serán analizados tras calcular el tamaño de esta (procedimiento de muestreo). En una investigación, se pueden obtener múltiples muestras. Si se quiere realizar un estudio sobre la competitividad del sector de la construcción, por ejemplo, hay que seleccionar una muestra de proyectos terminados y otra de profesionales implicados en este proceso. La conceptualización de una unidad del elemento de estudio que se va a investigar es la primera etapa para elegir una muestra (individuos, familias, obras construidas, vehículos de transporte público, viviendas, kilómetros de una carretera, metros lineales de aceras, ladrillos fabricados por una máquina, sacos de cemento envasados por una fábrica, pruebas de laboratorio, fenómenos registrados, etc.).

La muestra de estudio en la presente investigación está constituida por las urbanizaciones entre la cámara de bombeo de la playa Arica y el PTAR San Bartolo. Según Borja (2016), la población o universo, criterio estadístico, define el conjunto de recursos o sujetos que servirán de base al estudio. Si queremos examinar, por ejemplo, el coeficiente intelectual de los estudiantes universitarios en el Perú, la población estará constituida por todos los estudiantes universitarios del país. Si queremos examinar los problemas estructurales de la vivienda en Chiclayo, la población estará constituida por todas las viviendas de la ciudad. Dado que un estudio de esta naturaleza sería bastante costoso y largo, a excepción de los censos en los que se debe estudiar a toda la población, debemos utilizar la estadística para seleccionar un subconjunto de la población que cumpla con el siguiente criterio: "Las conclusiones que se pueden extraer con probabilidad  $P$  son aplicables a toda la población".

La población de estudio en la presente investigación está constituida por los pobladores del distrito de Lurín-Lima-Perú.

## **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos**

Las técnicas que se usaron para la recolección de datos en la presente investigación son los datos secundarios y la observación.

Hernández, Fernández. y Baptista (2014) consideraron que los datos secundarios son el análisis de documentos, registros públicos y archivos físicos o digitales. Por ejemplo, si nuestra hipótesis es que "la violencia en la Ciudad de México es mayor que en Caracas", visitaríamos la alcaldía y solicitaríamos datos sobre la violencia, como el número de asaltos, violaciones, allanamientos, homicidios, etc. (datos en general, por distrito y por habitante). Además, se recepcionará datos de los registros de los hospitales, las fiscalías y los departamentos de policía. A continuación, se presenta un estudio de caso en el que se utilizaron datos secundarios en el proceso de recopilación de datos. Comparar los indicadores económicos de los países de la Sociedad Europea, analizar la interacción comercial entre dos naciones, comparar el número, la eficiencia y el tipo de casos atendidos por diferentes hospitales, contrastar la eficiencia con la que los graduados de diferentes universidades se incorporan al mercado laboral y determinar las preferencias electorales de un país al inicio y al final de un acontecimiento significativo son ejemplos de investigación comparativa (como los actos terroristas de Madrid en 2004 o la muerte del Presidente de la República).

Para comenzar la investigación, se recopila información relacionada con el tema del proyecto, incluyendo libros teóricos, revistas científicas, artículos, tesis de investigación nacionales e internacionales.

### **4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos**

La observación, según la definición de Borja, M. (2016), es la comprensión consciente e ilustrada de un hecho, grupo de hechos o fenómeno. El objeto de la observación es un hecho basado en la realidad. Es directo porque no se observan los sentimientos ni las enfermedades, sino sólo sus síntomas. Los recursos de observación son los siguientes: Objeto de observación - El poseedor de las características que son objeto de análisis; el sujeto de observación (variables). ¿Cuál es la identidad del investigador? Circunstancias que rodean la observación: influidas por el entorno del objeto y del observador.

Las herramientas de observación incluyen los sentidos, los instrumentos de medición y los métodos. Conocimientos adquiridos.

El problema de investigación se define qué comportamientos serán observados y cómo serán medidos o cuantificados; una observación estructural. Este método se refiere a la modificación de las variables independientes que el levantamiento topográfico con el escáner LiDAR Móvil IP-S2, a través de la observación con equipos topográficos, medirá y cuantificará.

Según Hernández, Fernández, y Baptista (2014), una herramienta para medir hace registros información visuales, las cuclas muestran con precisión las definiciones o variables en mente del investigador. Además, el instrumento de medida debe cumplir tres requisitos fundamentales: fiabilidad, validez y objetividad. Se trata de la medida en que una herramienta provoca sistemáticamente resultados consecuentes. La validez es la medida en que un instrumento mide la variable prevista. El grado en que el instrumento es susceptible de sufrir los sesgos y las tendencias predominantes de los investigadores que lo administran, puntúan e interpretan.

El escáner LiDAR IP-S2 y los drones se utilizaron para recoger datos para la para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto mejora y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado km 40 antigua panamericana sur, Distrito de Lurín, provincia de Lima, departamento de Lima en el Km 40 de la antigua Panamericana Sur, distrito de Lurín, provincia de Lima, departamento de Lima.

#### **4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos**

Las técnicas que se usaron para la recolección de datos en la presente investigación son los datos secundarios y la observación.

Para comenzar la investigación, se recopila información relacionada con el tema del proyecto, incluyendo libros teóricos, revistas científicas, artículos, tesis de investigación nacionales e internacionales.

La observación, según la definición de Borja, M. (2016), es la comprensión consciente e ilustrada de un hecho, grupo de hechos o fenómeno. El objeto de la observación es un hecho basado en la realidad. Es directo porque no se observan los sentimientos ni las enfermedades, sino sólo sus síntomas.

El problema de investigación se define qué comportamientos serán observados y cómo serán medidos o cuantificados; una observación estructural. Este



método se refiere a la modificación de las variables independientes que el levantamiento topográfico con el escáner LiDAR Móvil IP-S2, a través de la observación con equipos topográficos, medirá y cuantificará.

Según Hernández, Fernández, y Baptista (2014), una herramienta para medir hace registros información visuales, las cuclas muestran con precisión las definiciones o variables en mente del investigador. Además, el instrumento de medida debe cumplir tres requisitos fundamentales: fiabilidad, validez y objetividad. Se trata de la medida en que una herramienta provoca sistemáticamente resultados consecuentes. La validez es la medida en que un instrumento mide la variable prevista.

El escáner LiDAR IP-S2 y los drones se utilizaron para recoger datos para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto mejora y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado km 40 antigua panamericana sur, Distrito de Lurín, provincia de Lima, departamento de Lima en el Km 40 de la antigua Panamericana Sur, distrito de Lurín, departamento de Lima.

#### **4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

Con los datos obtenidos en el área de estudio por medio de expedientes técnicos, tesis, fotografías y videos, se realizará el levantamiento topográfico con los instrumentos adecuados para obtener los parámetros que permitan realizar el mejoramiento y ampliación que se requiere.

Los datos fueron recopilados de libros, tesis nacionales e internacionales y trabajos nacionales e internacionales.

El procesamiento de datos se realiza en los equipos y en los Software usados en nuestra investigación.

##### **4.5.1 Utilización de equipos:**

LiDAR IP-S2 Sistema de cartografía móvil:

- A. El levantamiento de información se realizó mediante el uso del Sistema de mapeo denominado IP-S2 Mobile Mapping System – Sistema de Cartografía Móvil que permite manejar y procesar una gran cantidad de información para obtener planos digitales.
- B. El sistema obtiene la información de la superficie terrestre en 3D, integrando la imagen digital de alta resolución con el escáner LiDAR

y el sistema de posicionamiento Satelital GPS- GLONASS de doble frecuencia, de esa manera se obtiene las coordenadas geodésicas de todos los puntos registrados.

- C. Logrando así obtener todos detalles planimétricos y altimétricos existentes dentro del área establecida, así se pudo encontrar un número conveniente de puntos de relleno que permitieron una definición exacta del relieve del terreno, cumpliendo los requerimientos solicitados como la escala del plano y el intervalo de las curvas de nivel que se desea usar.
- D. Se continuó realizando el procesamiento basado en web con interfaz para PC de escritorio, siendo parte del sistema IP-S2.
- E. La posición del vehículo y la salida del sensor se integró en un flujo continuo de datos en tres dimensiones que son exportados como formatos estándar de la producción.
- F. Dichos datos GNSS fueron post procesados para mayor precisión.

#### Vuelo de Drone Phantom V4

- A. Correcta ubicación e identificación de la zona de estudio
- B. Determinación de los puntos de control que serán utilizados con base importante del desarrollo de la investigación.
- C. Se realizó la georreferenciación con GPS, para lograr mayor precisión en nuestros datos a obtener.
- D. Un adecuado planeamiento de vuelo para que se dé un desarrollo de trabajo en campo optimo.
- E. Ejecución del plan de vuelo en campo con el drone.
- F. Corroboración y verificación de datos obtenidos, como las fotos
- G. Procesamiento post de fotos – imágenes
- H. Consolidación y obtención de nube de puntos y curvas de nivel.

#### **4.5.2 Utilización de Software:**

Con la base de datos del sistema LiDAR IP-S2 cartografía móvil se desarrolló los siguientes pasos:

- A. Se realizó el proceso de la Data con Geoclean.
- B. Importación /Análisis de capas con Spatial Factory.
- C. Exportación de capas y puntos para aplicarlos.

## Imágenes satelitales

Para la obtención de las imágenes satelitales se comenzó con delimitar el área de topografía en google Earth, luego en la página ASF Data search (topography data) se utilizó la imagen satelital ALOS PALSAR y finalmente se exporto el archivo de google Earth para obtener la imagen satelital del área de estudio.

### A. Bases para interpretar las imágenes

Lo que se a de resaltar son los objetivos del proyecto, lo que se orienta la mayor parte de las decisiones a tener en cuenta el tipo de información necesaria, la precisión, la escala.

Las bases de interpretación son los:

#### ➤ OBJETIVOS:

- Fijación de objetivos: Escala y Leyenda del trabajo
- Selección del material de trabajo
- Selección del método de análisis
- Fases del proceso de trabajo

#### ➤ MEDIOS DISPONIBLES

- Tipo de tratamiento
- Fecha de adquisición
- Numero de imágenes
- Tipo de sensor

### B. Análisis visual de imágenes

Se aborda dos alternativas que se debe brindar al interprete:

- Análisis visual, basándose en principios similares a la foto-interpretación clásica.
- Optar por el tratamiento digital de la imagen, aprovechando los vastos recursos que el ordenador aporta el análisis de datos.

Criterios visuales para la interpretación de imágenes:

- ❖ Tono
- ❖ Color
- ❖ Textura
- ❖ Situación espacial
- ❖ Periodo de adquisición

## C. Tratamiento digital de las imágenes

### ➤ **La matriz de datos de una imagen digital**

La unidad mínima de información en una imagen digital se denomina pixel, definido por un número entero, ND, que puede convertirse en una intensidad luminosa.

### ➤ **Soporte y organización de la imagen**

Tratamiento digital aplicados a las imágenes, que se requiere que estas imágenes sean introducidas en un sistema informático. Lo que depende de los soportes y formatos en los que se ofrecen los ND que definen los píxeles de la imagen.

### ➤ **Equipos de tratamiento digital de imágenes**

#### **Componentes físicos:**

- Unidades de entrada de información
- Unidades de proceso y almacenamiento
- Unidades de salida

#### **Componentes lógicos: Software**

**Equipos de tratamiento digital:** Quiere decir que hardware y software se integran en una serie de componentes bien estructurados

- Equipos basados en un ordenador personal
- Equipos soportados por un ordenador personal
- Equipos soportados por un mini – ordenador

### ➤ **Operaciones de utilidad marginal**

Son los procesos aplicados sobre la imagen en un equipo de tratamiento digital ERDAS, disponible en el departamento de Geografía.

### ➤ **Correcciones de la imagen**

- Fuentes de error en una imagen espacial
- Correcciones radiométricas
- Correcciones geométricas

➤ **Realces y mejoras de la imagen**

Técnicas dirigidas hacia las mejoras de la calidad visual de la imagen. En otras palabras, se dispone mejor de los datos para su análisis visual, de tal manera que sean mas evidentes los rasgos de interés. Se realiza:

- Ajuste del contraste
- Empleo del pseudo – color
- Composición en color
- Transformación HSI
- Cambio de escala
- Filtrajes

➤ **Transformaciones de la imagen**

➤ **Clasificación digital**

➤ **Obtención y presentación de resultados**

## CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Ubicación geográfica

El distrito de Lurín se encuentra en el sur de Lima entre el km 32 y el km 42 de la carretera Panamericana sur. (Ver figura N°13)

El distrito de Lurín limita con los siguientes distritos:

Norte: Con los distritos de Pachacamac, Villa María del Triunfo y Villa el Salvador.

Este: También con el distrito de Pachacamac

Sur: Con el distrito de Punta Hermosa

Oeste: Con el Océano Pacífico



*Figura 13: Mapa del distrito de Lurín*  
Fuente: (Wikipedia, 2022).

### 5.2 Ubicación del área de estudio

Los trabajos de Topografía y Georreferenciación del proyecto “Mejoramiento y ampliación de los sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del distrito de Lurín” se encuentran localizados en el distrito de Lurín, en el km 40 de la antigua panamericana sur en la Provincia de Lima del Departamento de Lima. (Ver figura N°14)



Figura 14: Área de estudio.  
Fuente: (Google Earth, 2019).

### 5.3 Levantamiento topográfico con escáner LiDAR

El levantamiento topográfico del proyecto, se realizó con el Sistema de Cartografía Digital IP S2, el Sistema obtiene la representación de la superficie terrestre en 3D, integrando la imagen digital de alta resolución, con el escáner LIDAR, y el sistema de posicionamiento Satelital GPS-GLONASS de doble frecuencia, obteniendo luego del post proceso las coordenadas UTM de la nube de puntos registrada. la precisión del escáner IP-S2 está determinada por la lectura de cada punto con tecnología Satelital Geodésica con una precisión de 5 mm + 1 ppm en posición horizontal y 10 mm + 1 ppm en altura.

El levantamiento topográfico se realizó sobre el trazo lineal de Impulsión 1era Etapa, la línea Interceptor y la línea de rebose, en una franja de 30m a cada lado del eje, incluye detalles planimétricos y particularidades del terreno (muros, cercos, torres, postes cables, edificaciones, etc.). en la figura N°14 se muestra el flujograma de actividades para el levantamiento topográfico con escáner LiDAR.



Figura 15:Flujograma de actividades escáner LiDAR.  
Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.1 Procedimiento en campo

El sistema IP-S2 está preparado con tres (03) escáner LiDAR de alta resolución (Ver figura N°16), y el sistema de posicionamiento Satelital GPS-GLONASS de doble frecuencia, se comenzó realizando en el inicio del recorrido (Ver figura N°17) un mapeo del área, teniendo en cuenta que se tendrá un punto georreferenciado el cual será el punto CD 210. (Ver tabla 1 y figura N°18)



Figura 16:Scanner móvil IP – S2.  
Fuente: Elaboración propia.





Figura 17: Inicio del recorrido con el sistema IP-S2  
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.  
Datos de los puntos de georreferencia

CUADRO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES PROYECTO AGUA POTABLE Y ALCANTARILLA - LURÍN					
N/O	POZO / RESERVORIO/ PTAR/ CÁMARA DE BOMBEO	COORDENADAS UTM WGS84		AVANCE	ÁREA
		ESTE	NORTE		
1	CD-210	298 184	8 639 735	SE LEVANTO	249.3512 m2

Fuente: (HYTSA-CEMOSA, 2022)



Figura 18: Ubicación del punto CD-210.  
Fuente: (HYTSA-CEMOSA, 2022).

## 5.4 Levantamiento topográfico con Drone Phantom V4

### 5.4.1 Trabajo de campo

Mediante el sistema RTK se estableció puntos de referencia para poder geolocalizar en la data que produzca el vuelo del dron. (Ver figura N°19)



*Figura 19: Armado del sistema RTK.*  
Fuente: Elaboración propia.

## 5.5 Presentación de resultados

### 5.5.1 Levantamiento topográfico con escáner LiDAR

Desde un punto de referencia se inició un recorrido con el vehículo sobre todo el trazo de la línea de Impulsión, la línea Interceptor y la línea de rebose, en una franja de 30 m a cada lado del eje, luego se cargó el archivo LiDAR al programa Spatial Factory, el cual permitió digitalizar todos los elementos. (Ver figura N°20)

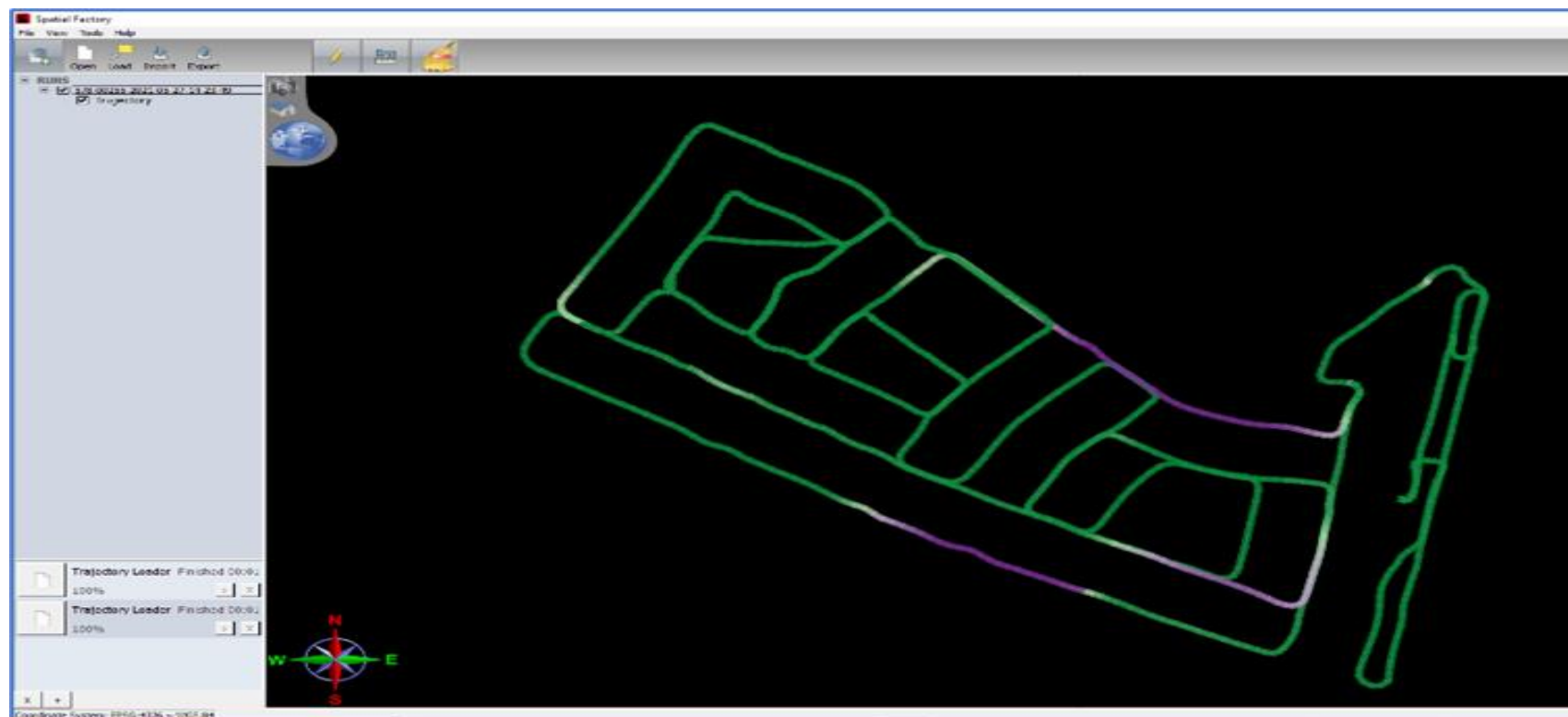


Figura 20: Procesamiento de datos del software en Spatial Factory.  
Fuente: (HYTSA-CEMOSA, 2022).

Luego se procedió a cargar un tramo del archivo LiDAR, para obtener la nube de puntos. (Ver figura N°21)

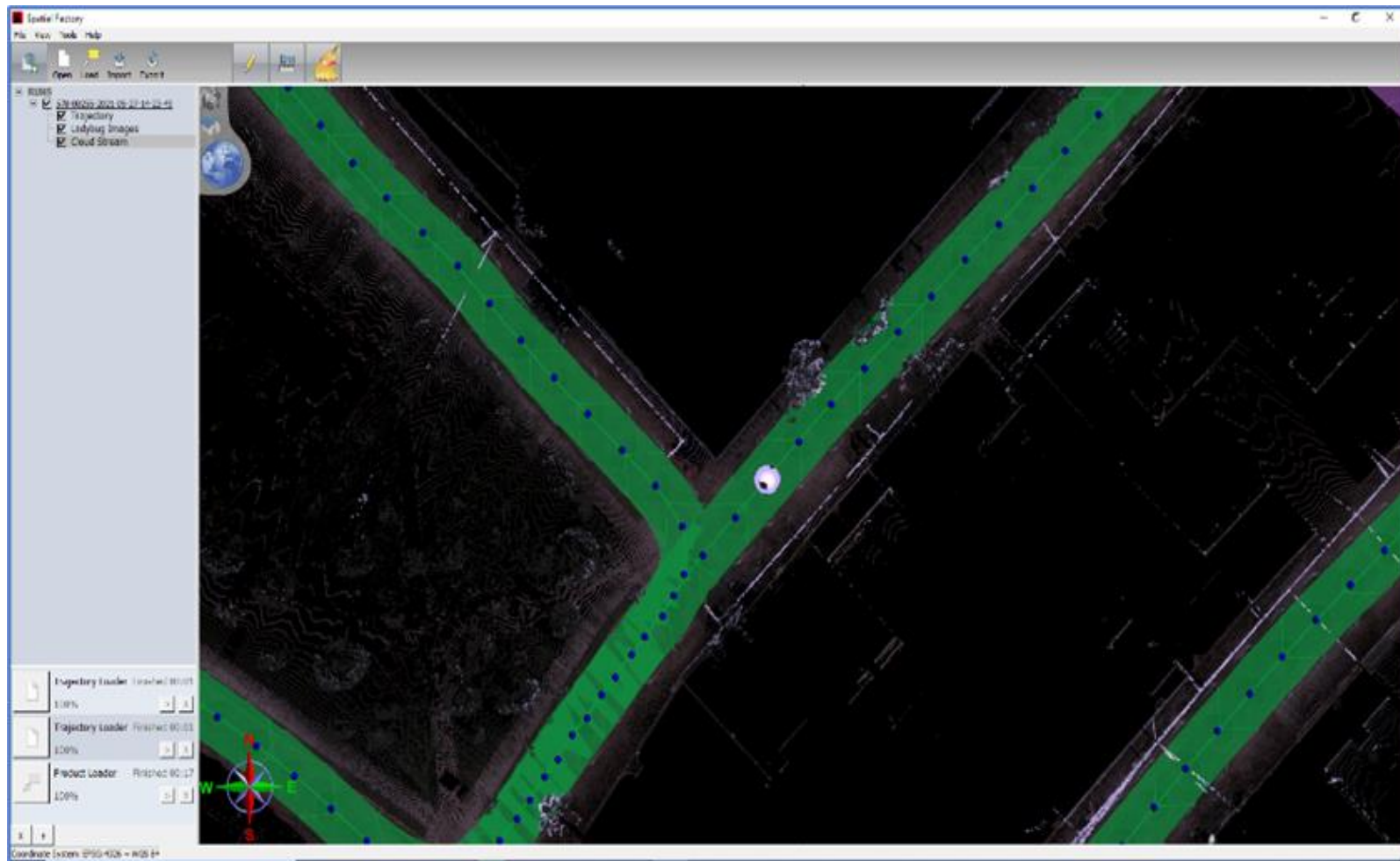


Figura 21: Conversión de archivos.  
Fuente: (HYTSA-CEMOSA, 2022).

La nube de puntos en 3D se visualizó con colores, estos colores representan las alturas el cual sirvió para tener una mejor visualización del entorno.

Cuando paso a vista 3D, se pudo digitalizar los diferentes elementos como pistas, manzanas, veredas, sardinel, arboles, poste de teléfono, poste de luz, poste de mediana tensión, torre de alta tensión, así como buzones, hidratante, entre otros. (Ver figura N°22)



Figura 22: Digitalización en 3D del software Spatial Factory.  
Fuente: (HYTSA-CEMOSA, 2022).

Una vez digitalizado los diferentes elementos en programa Spatial Factory, se exporto cada uno de estos, en este caso se escogió el formado ASCII, el cual se encuentra la opción en la parte superior derecha, además se colocó el sistema de coordenadas WGS 84 UTM Zona 18S brindara la data en CSV (Excel). Estas coordenadas se colocaron mediante polilíneas dando forma a los elementos encontrados como pavimento, manzanas, veredas, sardinell, además los elementos como árboles, poste de teléfono, poste de luz, poste de mediana tensión, torre de alta tensión, así como buzones, hidrante. (Ver figura N°23)

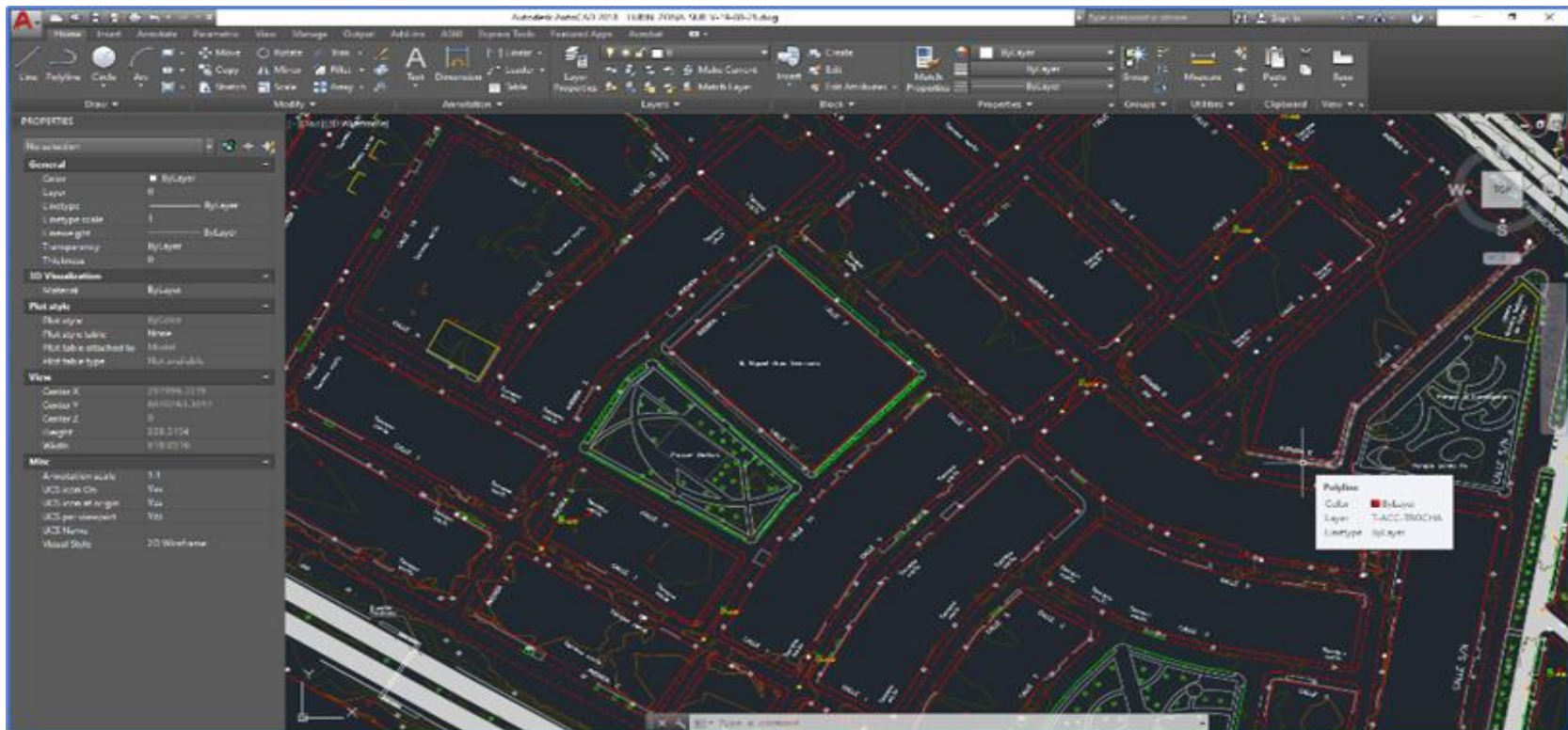


Figura 23: Coordenadas colocadas mediante polilíneas  
Fuente: (HYTSA-CEMOSA, 2022).



Procesamiento de data cruda de campo con base rover de LiDAR con su respectiva posesión y nube de puntos. Para esto se utilizó software Geoclean Workstation. (Ver figura N°25)

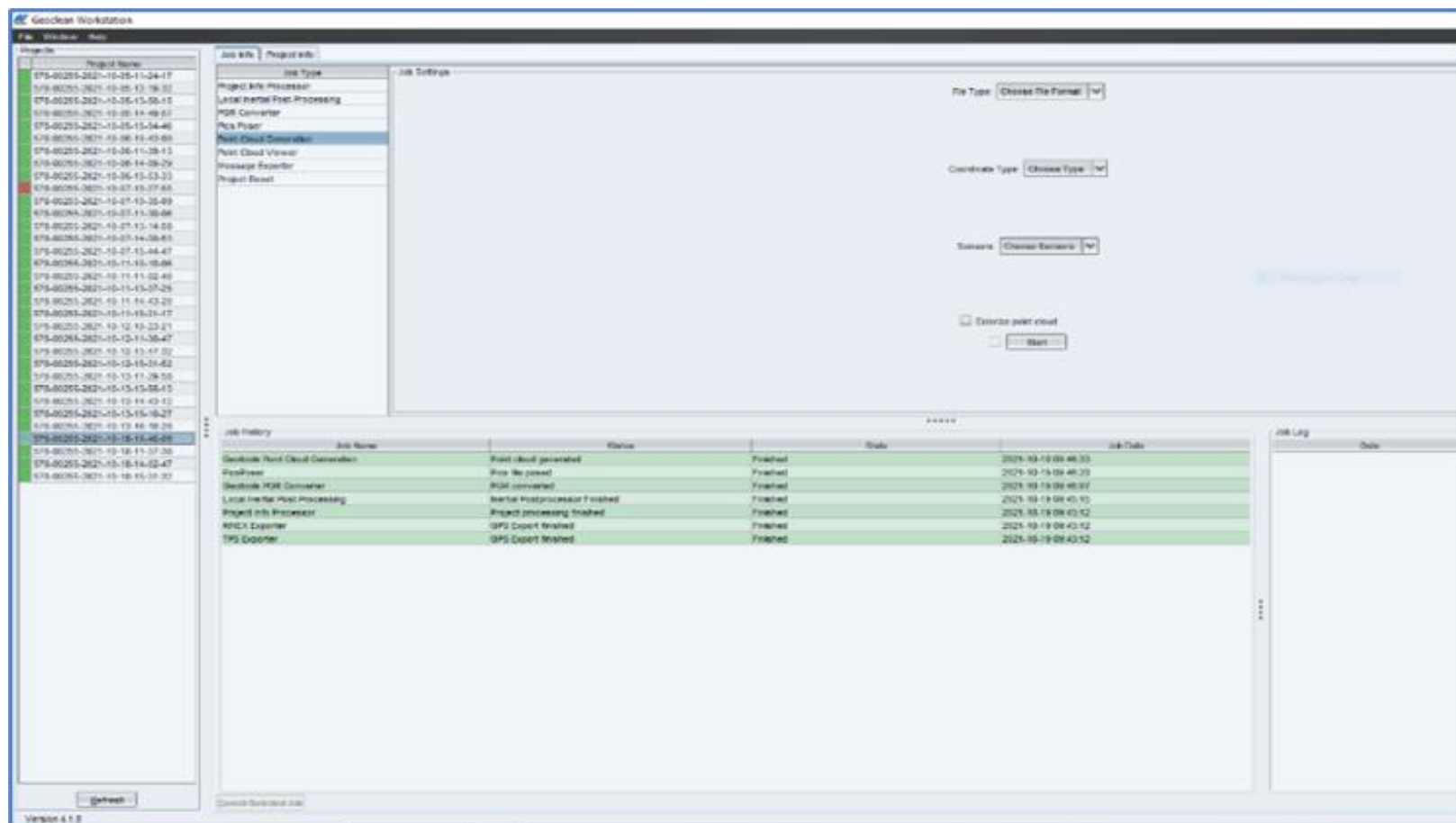


Figura 25:Figura N°25: Procesamiento de data.  
Fuente: (HYTSA-CEMOSA, 2022).



Con el archivo. Se procedió a procesar la data en el Autodesk ReCap donde exportaremos la nube de puntos. (Ver figura N°26)

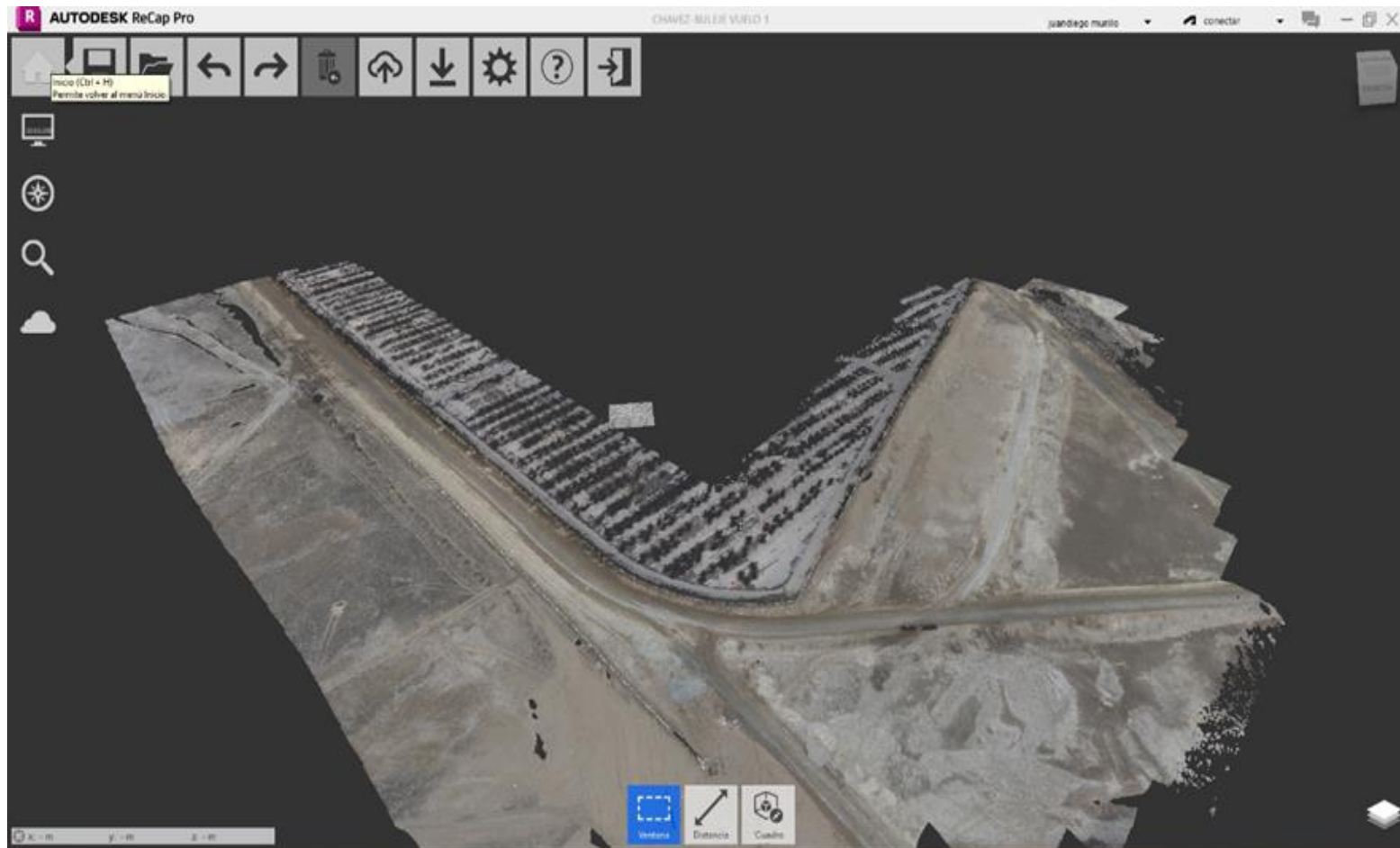


Figura 26: Procesamiento de la nube de puntos en ReCap.  
Fuente: Elaboración propia.

Con el archivo exportado del RedCap se procedió a generar la nube de puntos en el Civil 3D, para su posterior generación de curvas. (Ver figura N°27)

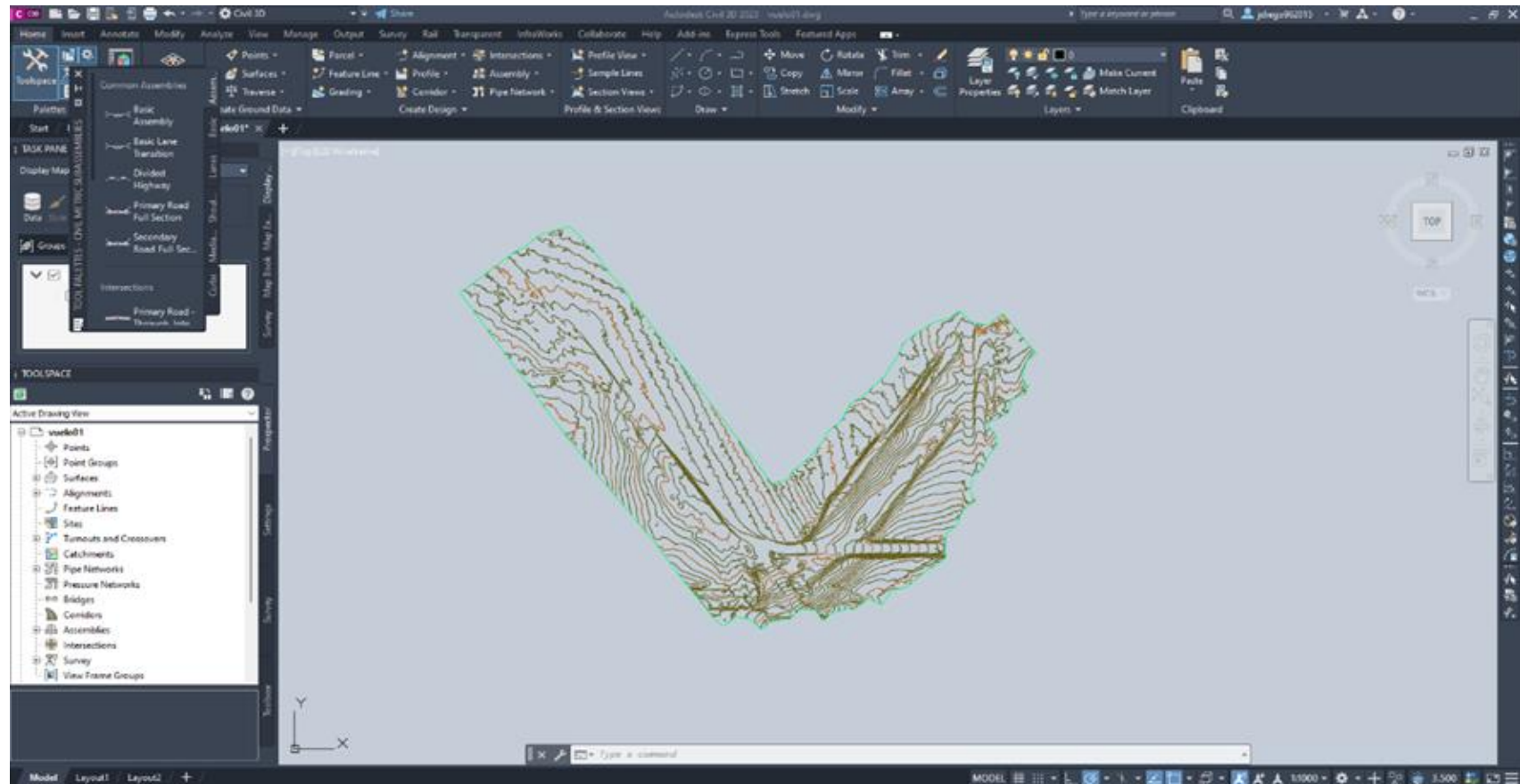


Figura 27: Generación de curvas de nivel en Civil 3D.  
Fuente: Elaboración propia.

Se generó las curvas de nivel con scanner LiDAR. (Ver figura 28)

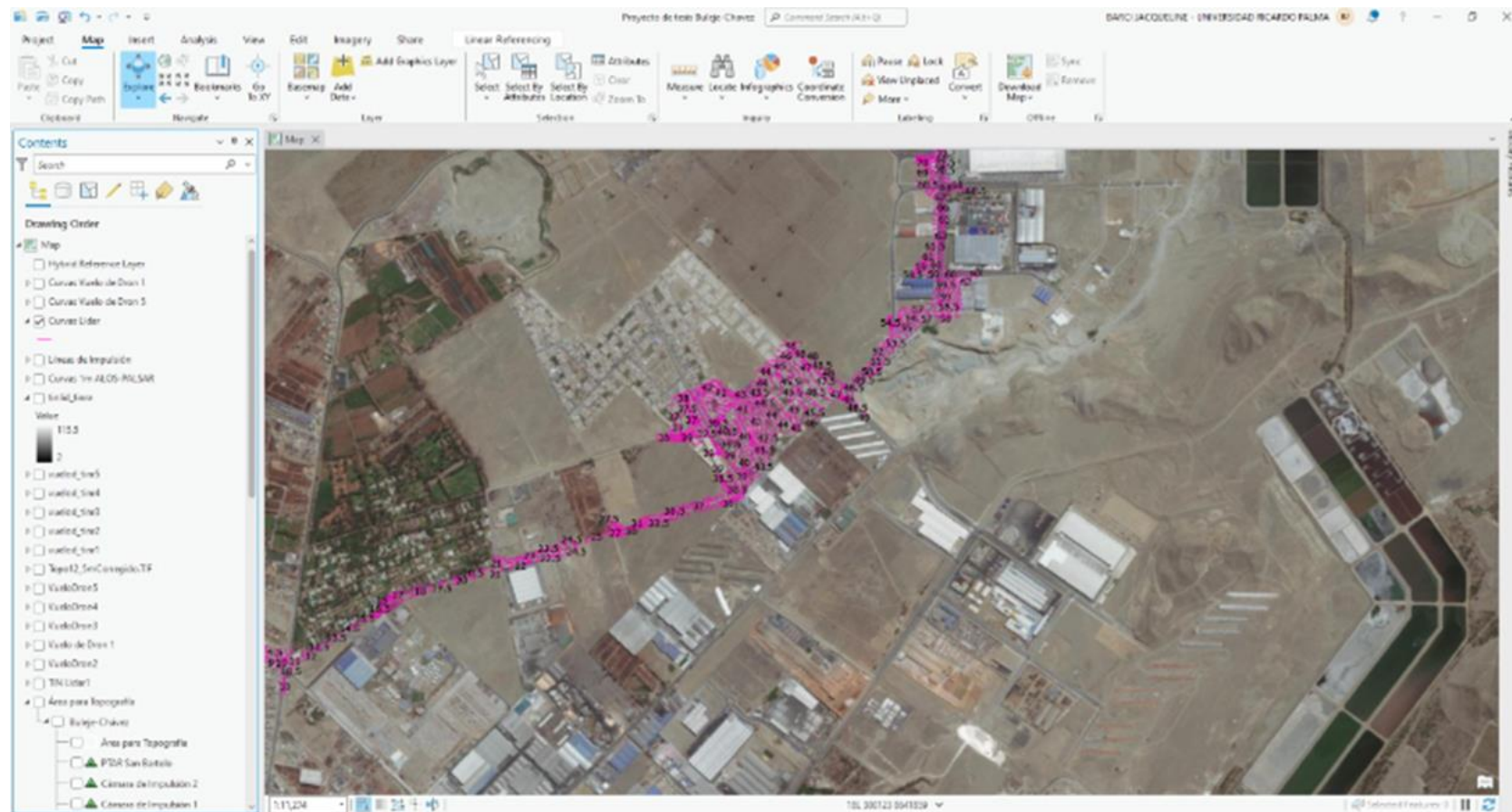


Figura 28: Curvas de nivel con scanner LiDAR.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.5.2 Levantamiento topográfico a través del vuelo Drone Phantom V4



Figura 29: Procesamiento de vuelo drone.  
Fuente: Elaboración propia.

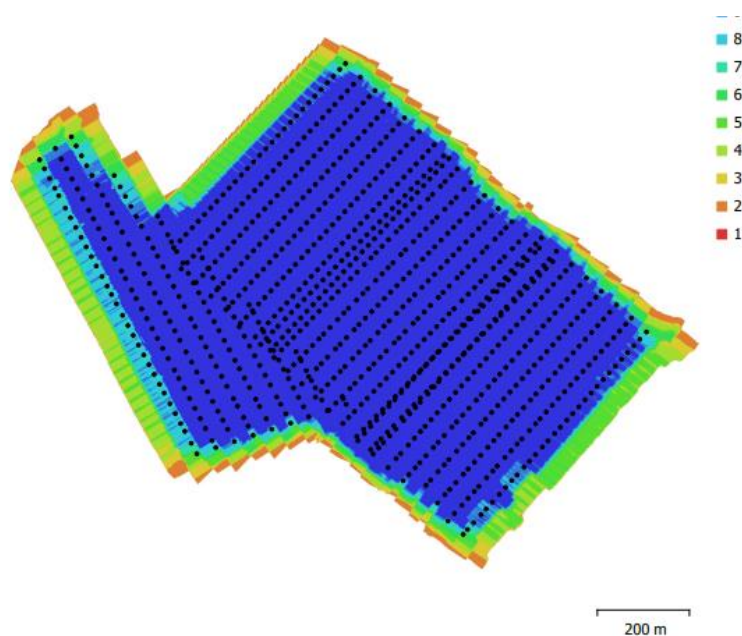
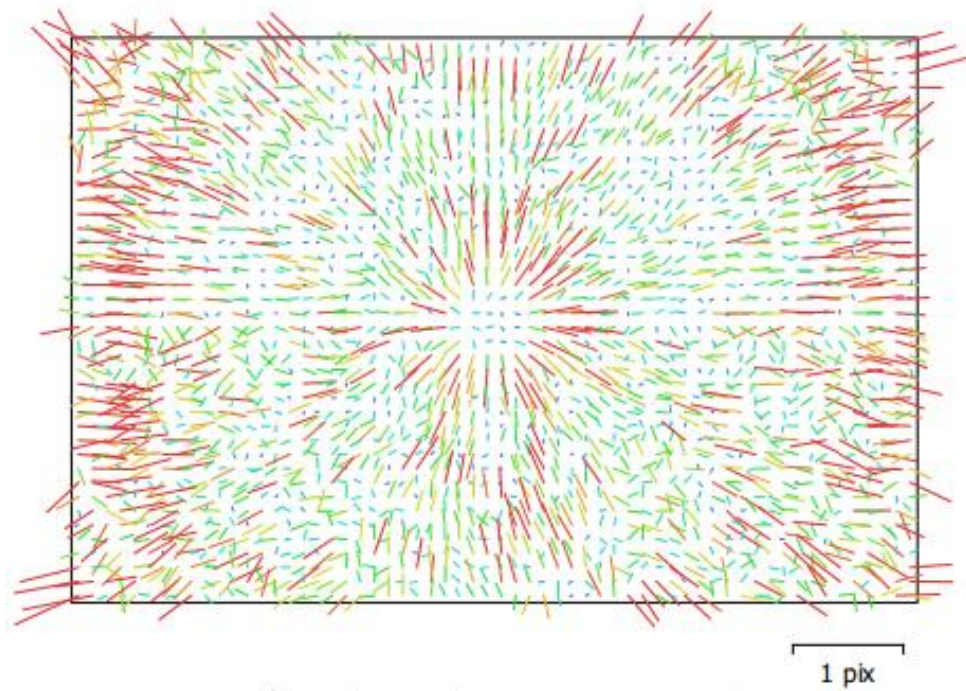


Figura 30: Datos del levantamiento.  
Fuente: Elaboración propia.

Número de imágenes: 939  
Altitud media de vuelo: 112 m  
Resolución en terreno: 2.63 cm/pix  
Área cubierta: 0.897 km<sup>2</sup>  
Panorámicas multicámara 3:9  
Puntos de paso: 603,144  
Proyecciones: 3,449,527  
Error de reproyección: 1.07 pix



*Figura 31: Calibración de imágenes.*  
Fuente: Elaboración propia.

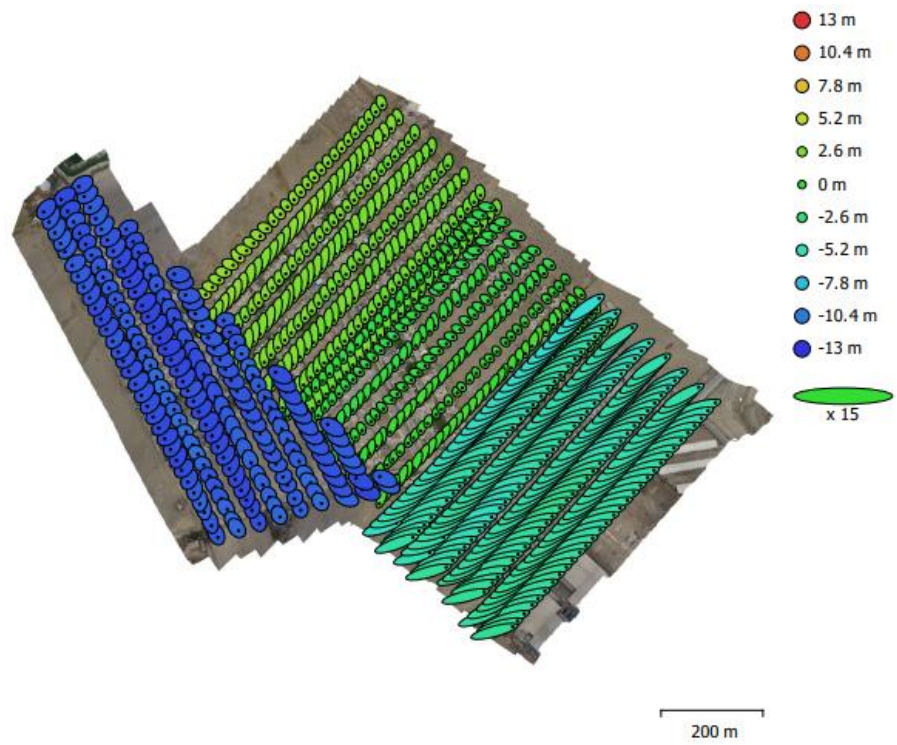


Figura 32: Posiciones de cámaras.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 33: Puntos de control terrestre.  
Fuente: Elaboración propia.



### 5.5.3 Levantamiento topográfico con imágenes satelitales ALOS PALSAR

Con los puntos de referencia del proyecto de saneamiento, se delimitó el área para el levantamiento topográfico. (Ver figura N°36)

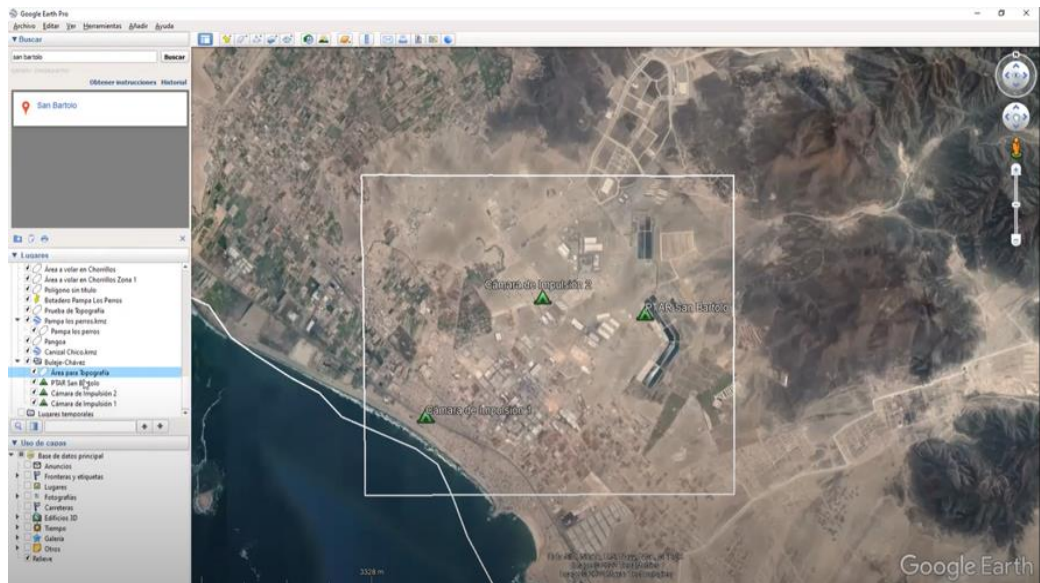


Figura 36: Delimitación del área a intervenir en Google Earth.

Fuente: Elaboración propia.

Con la página ASF Data Search, se extrajo la topografía de la zona anteriormente marcada. (Ver figura N°37)

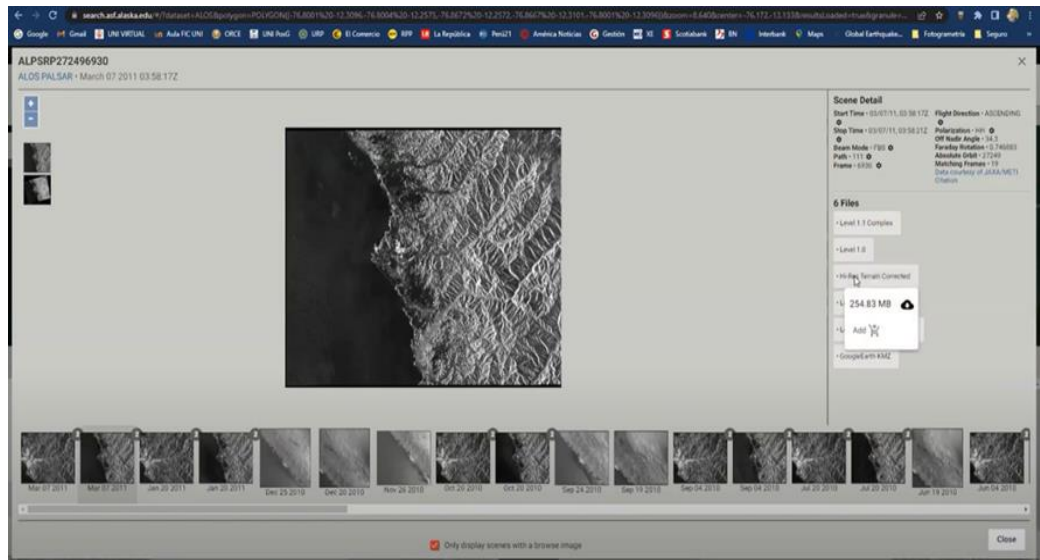


Figura 37: Exportación de la data de topografía mediante satélite.

Fuente: Elaboración propia.



Curvas de nivel generadas con imágenes satelitales. (Ver figura N°38)

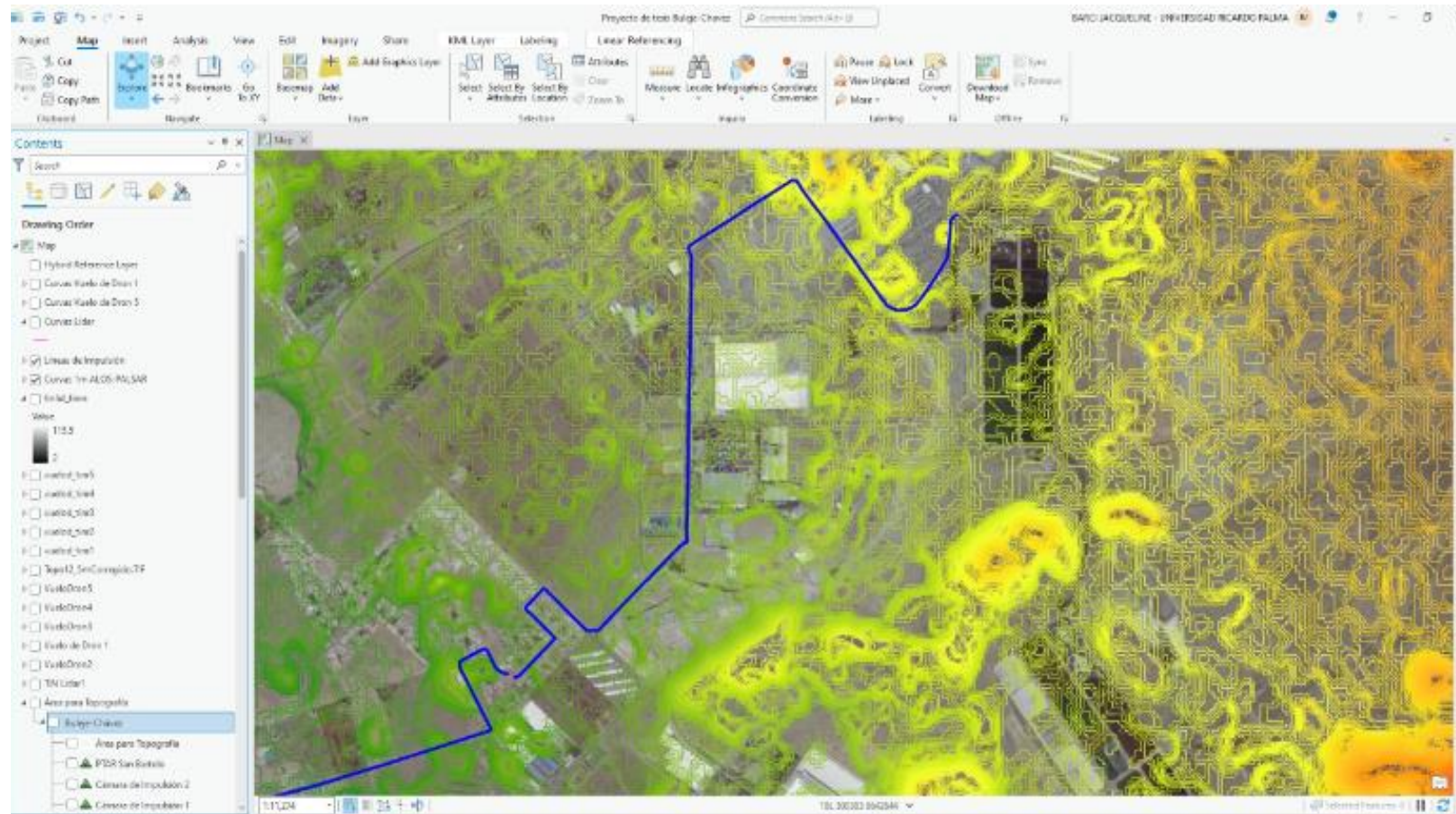


Figura 38: Curvas de nivel con imágenes satelitales  
Fuente: Elaboración propia

## 5.6 Presentación de resultados

### 5.6.1 Comparación de perfiles generados por los levantamientos

Para poder establecer una comparación entre los levantamientos topográficos (escáner LiDAR, Drone Phantom V4, imágenes satelitales ALOS PALSAR) para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur, departamento de Lima se usó el software ArcGIS para poder hacer perfiles a lo largo de la línea de impulsión y poder compararlos. La zona de trabajo se encuentra totalmente pavimentada y lotizada por lo que por el trazo de la línea de impulsión debería haber grandes desniveles.

### 5.6.2 Procedimiento de los datos mediante el software ArcGIS

Se trabajó el archivo obtenido de la página ASF Data Search en el software ArcGIS, donde generaremos las curvas de nivel. (Ver figura N°39 y N°40)

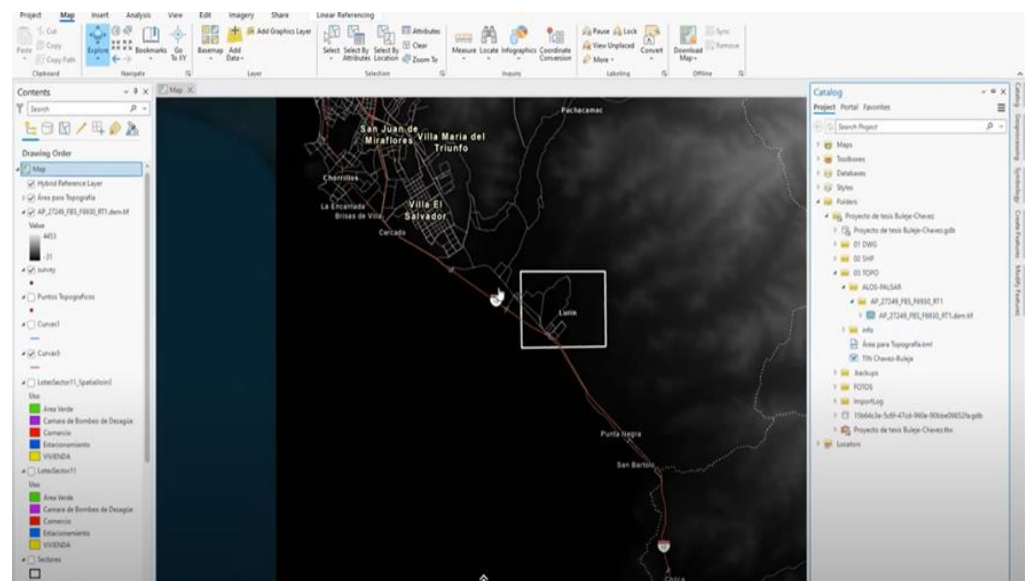


Figura 39: Importancia de data topografía.  
Fuente: Elaboración propia.

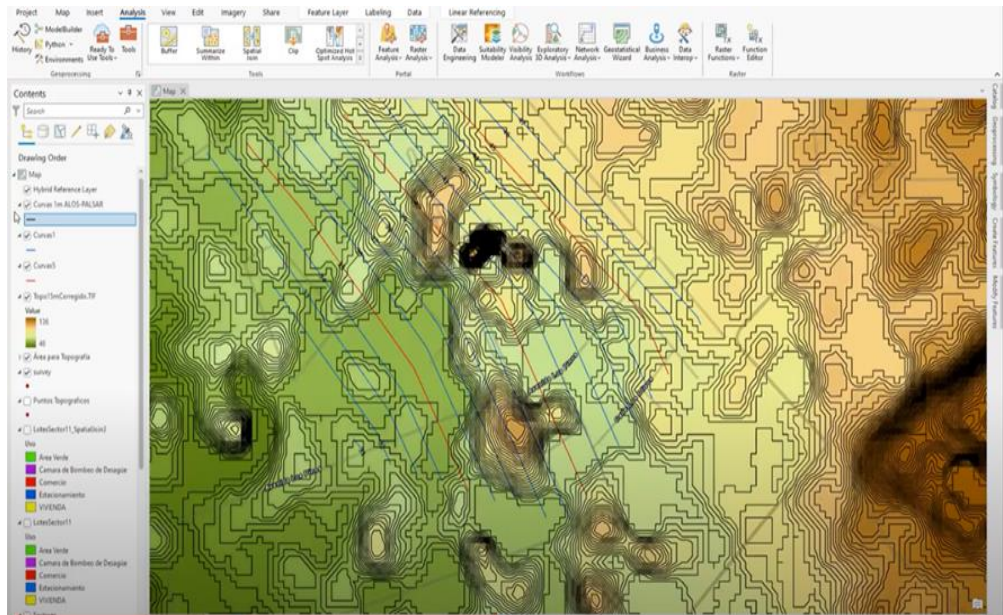


Figura 40: Generación de curvas de nivel.  
Fuente: Elaboración propia.

### A. Perfil con levantamiento LiDAR

Generada las curvas de nivel se importó al software ArcGIS, donde se obtuvo un perfil longitudinal a lo largo de la línea de impulsión. (Ver figura N°41)

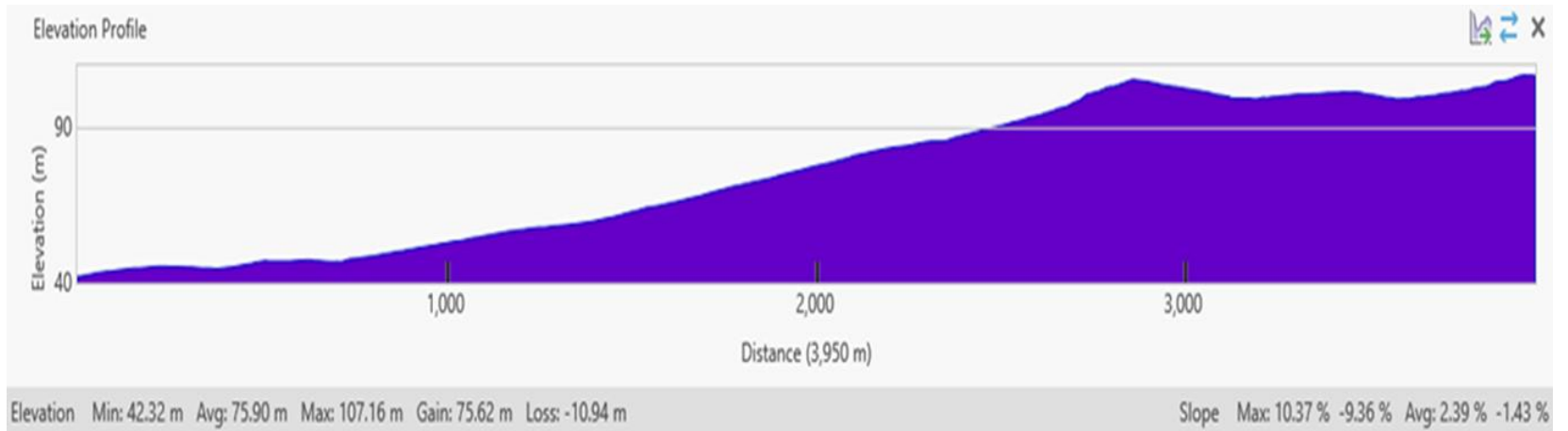


Figura 41: Perfil longitudinal con LiDAR

Fuente: Elaboración propia.

## B. Perfil con levantamiento por vuelo de dron

Generada las curvas de nivel se importó al software ArcGIS, donde se obtuvo un perfil longitudinal a lo largo de la línea de impulsión. (Ver figura N°42)

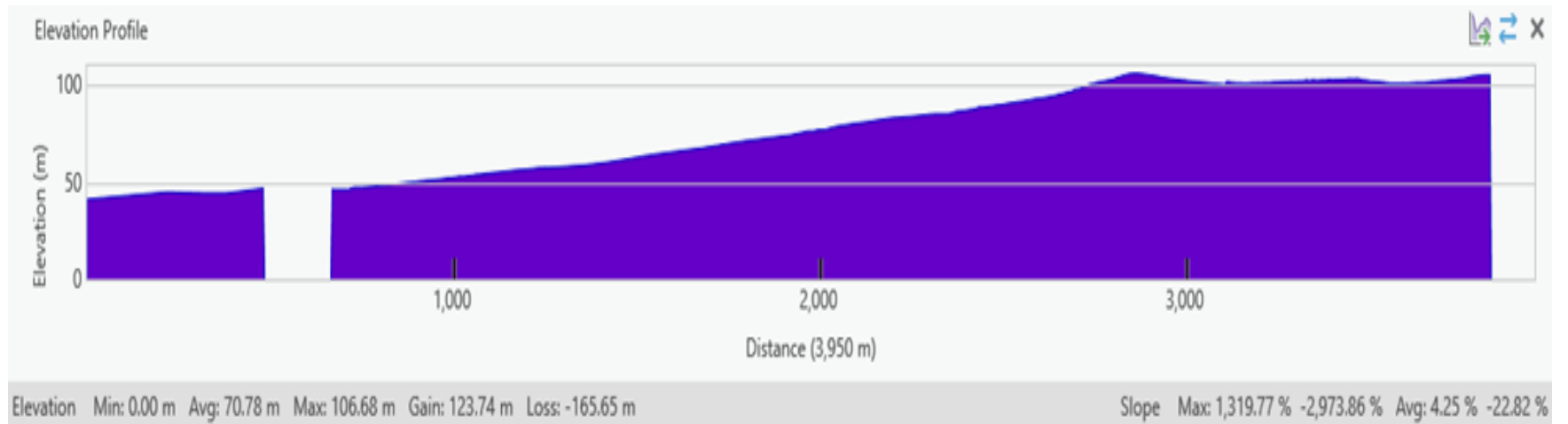


Figura 42: Perfil longitudinal por vuelo de dron. Perfil longitudinal por vuelo de dron.

Fuente: Elaboración propia.

### C. Perfil con levantamiento por imágenes satelitales

El presente levantamiento se encontró en el software por lo que solo se procedió a generarle un perfil longitudinal. (Ver figura N°43)

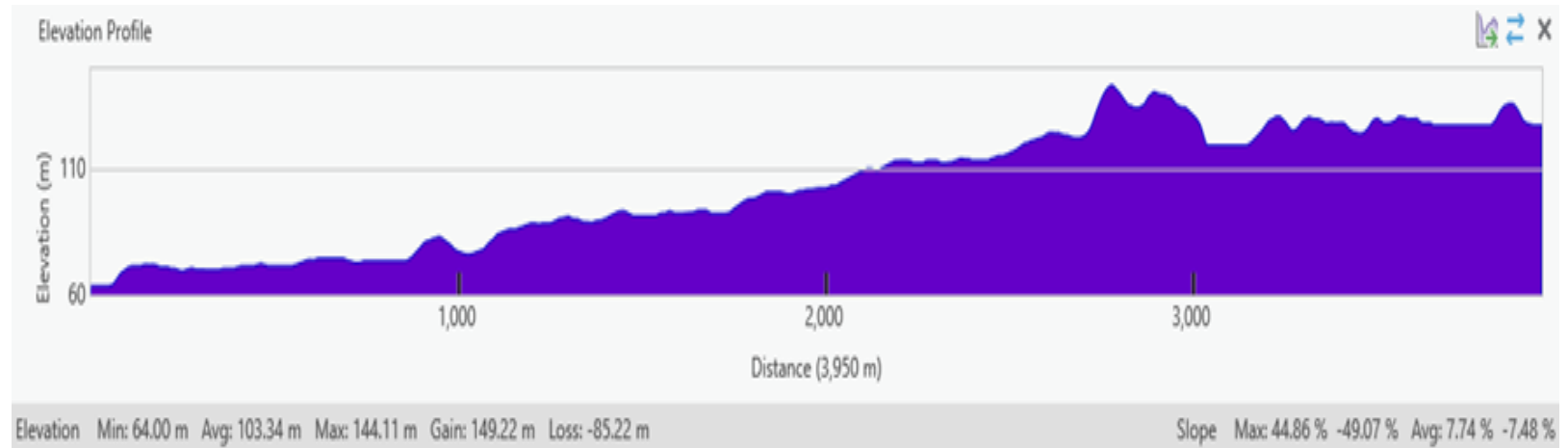


Figura 43: Perfil longitudinal por satélite

Fuente: Elaboración propia

### 5.6.3 Comparación de costos de los levantamientos topográficos

#### Costo de levantamiento del levantamiento topográfico con escáner LiDAR

Al ser un procedimiento que requiere de un equipo muy especializado, se debe contar no solo con el equipo sino además con los profesionales adecuados para la correcta realización del levantamiento. (Ver tabla 2)

Tabla 2.

Costos de levantamiento LiDAR

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M.	CUAD.	CANT.	P.U.	P.P.
<b>1.00</b>	<b>Personal Requerido</b>					<b>14,202.00</b>
1.10	Especialista de geodesia y topografía	DIA	1	15	326.00	4,890.00
1.20	Topógrafo y piloto RPAS	DIA	1	7	233.00	1,631.00
1.30	SSOMA	DIA	1	7	233.00	1,631.00
1.40	Auxiliar de topografía	Día	2	7	163.00	2,282.00
1.50	Cadista CAD-GIS	DIA	1	15	163.00	2,445.00
1.60	Seguridad	DIA	1	7	189.00	1,323.00
<b>2.00</b>	<b>Servicios</b>					<b>26,212.40</b>
2.10	Posicionamiento y monumentación de Punto de Control	pto		24	500.00	12,000.00
2.20	Levantamiento Fotogramétrico con dron	ha		62.81	40.00	2,512.40
2.30	Topografía de calles con LIDAR MOVIL IP S2	km		16	700.00	11,200.00
2.40	Ploteo de Planos A1	glb		1	500.00	500.00
<b>3.00</b>	<b>Trabajos de Gabinete</b>					<b>25,352.00</b>
3.10	Procesamiento de información del Scanner Movil	km		16	872.00	13,952.00
3.20	Elaboración y edición de planos topográficos	km		16	150.00	2,400.00
3.30	Procesamiento de información GNSS	glb		1	1,000.00	1,000.00
3.40	Procesamiento Nivelacion	km		16	500.00	8,000.00
<b>4.00</b>	<b>Logistica</b>					<b>5,040.00</b>
4.10	Camioneta con chofer y combustible	DIA	1	7	300.00	2,100.00
4.20	Alimentacion	DIA	6	7	20.00	840.00
4.40	Nivel automático GPS y Estación Total	DIA	1	7	300.00	2,100.00
<b>5.00</b>	<b>Salud y Seguridad</b>					<b>4,750.00</b>
5.10	Examen médico	UND	1	5	180.00	900.00
5.20	EPP	GLB	1	5	100.00	500.00
5.30	Prueba Antigena	UND	1	5	70.00	350.00
5.40	SCTR (Salud y Pensión)	GLB	1	1	1,500.00	1,500.00
5.50	Seguro Vida Ley	GLB	1	1	1,500.00	1,500.00
<b>6.00</b>	<b>Protocolo Covid</b>					<b>67.50</b>
6.10	Mascarilla KN95	UND	1	75	0.5	37.50
6.20	Alcohol gel (01 litro) - 01 und x 30 días	GLB	1	1	18	18.00
6.30	Atomizador 500 ml	GLB	1	1	12	12.00
<b>COSTO DIRECTO</b>						<b>50,271.90</b>
<b>GASTOS GENERALES</b>				10%		<b>5,027.19</b>
<b>UTILIDAD</b>				10%		<b>5,027.19</b>
<b>COSTO SIN I.G.V.</b>						<b>60,326.28</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Costo de levantamiento topográfico con vuelo Drone Phantom V4

Este procedimiento requirió personal capacitado por el costo de S/ 1,500.00, alquiler de equipos que llegó a tener un precio de S/ 60.00 por hectárea. El proyecto consta de casi 160 hectáreas lo que llevó a tener un costo de:

$$(S/. 60.00 \times 160) + S/ 1,500.00 = S/. 11,100.00 \text{ (Once mil cien con } 00/100)$$

### Costo de levantamiento con imágenes satelitales ALOS PALSAR

Al ser un levantamiento virtual no se requirió equipos especiales ni personal capacitado por lo que el costo fue 0 (Cero).

#### 5.6.4 Comparación de los levantamientos topográficos

En la siguiente tabla 3 se observa la comparación entre los levantamientos topográficos analizados.

Tabla 3.  
Comparación entre los levantamientos

Levantamiento	Perfil Longitudinal	Costo
LiDAR	Es el que información precisa nos entrega, ya que en el perfil longitudinal observamos que la mayor parte del recorrido de la línea de impulsión es constante sin abruptos cambios de pendiente.	S/. 60,326.28
Vuelo de dron	Al ser un procedimiento con un equipo aun no tan acondicionado para un trabajo tan extenso como los levantamientos topográficos, se requirieron 5 vuelos de dron para poder cubrir toda el área necesaria. Sin embargo, hay zonas que quedan sin cubrir si es que no se lleva un control estricto.	S/. 11,100.00
Satélite	Al ser un procedimiento virtual se confía en la data que maneja los satélites por lo que muchas veces dichas imágenes pueden estar muchos años atrasadas o en el procesamiento de datos no se consiguen los más precisos	S/. 0.00

Fuente: Elaboración propia.



## **5.7 Contratación de hipótesis**

### **5.7.1 Hipótesis general**

El análisis del levantamiento topográfico con scanner LiDAR realizado en la presente investigación, permitió analizar las ventajas que ofrece el scanner LiDAR las cuales son la mayor precisión que este tiene donde a una escala de 1:1000 con una equidistancia de 1 metro la precisión del scanner LiDAR es de 0.25 cm mientras que el levantamiento topográfico por vuelo drone tiene una precisión menor para esta escala y el levantamiento topográfico por imágenes satelitales maneja una precisión mucho menor la cual solo se usaría en un pre proyecto

### **5.7.1 Primera hipótesis específica**

En el análisis del levantamiento topográfico con scanner LiDAR realizado en la presente investigación, se obtuvo la planimetría y la altimetría y también se pudo obtener las curvas de nivel que sirve para el diseño del trazo de la línea de impulsión con una mayor precisión.

### **5.7.2 Segunda hipótesis específica**

En el análisis del levantamiento topográfico a través de vuelo drone Phantom v4 realizado en la presente investigación, se obtuvo la planimetría y la altimetría además del catastro de las edificaciones y las curvas de nivel generadas para el diseño del trazo de la línea de impulsión

### **5.7.3 Tercera hipótesis específica**

El análisis del levantamiento topográfico a través de imágenes satelitales realizado en la presente investigación, se obtuvo la planimetría y las curvas de nivel generadas para el diseño del trazo de la línea de impulsó

## DISCUSIÓN

En el presente trabajo se discuten los resultados del levantamiento topográfico con Scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur, departamento de Lima.

En los trabajos realizados se obtuvo que el levantamiento con scanner LiDAR si bien es mucho más costoso ofrece una mejor precisión para obtener la información plani – altimétrica teniendo una precisión de 0.25 cm para una escala de 1:1000.

En el levantamiento topográfico a través de vuelo drone Phantom v4 ofrece una menor precisión, pero además de poder obtener la información plani – altimétrica se obtiene el catastro de las edificaciones y el costo es menor que el scanner LiDAR.

En el levantamiento topográfico con imágenes satelitales se pudo obtener la información plani – altimétrica, pero con una precisión demasiado baja.

## CONCLUSIONES

1. De los levantamientos topográficos realizados en la investigación, el escáner LiDAR muestra una información más precisa ya que en el perfil longitudinal se observa que la mayor parte de la línea de impulsión es constante y sin abruptos cambios de pendiente, ayudando así a realizar un trabajo topográfico más óptimo.
2. El levantamiento topográfico con scanner LiDAR nos muestra la información plani – altimétrica y las curvas de nivel que se usaran para el diseño del trazo de la línea de impulsión constante y sin abruptos cambios de pendiente teniendo así levantamiento topográfico con una gran precisión.
3. El levantamiento a través de vuelo dron Phantom V4 además de poder obtener la información plani – altimétrica, obtiene el catastro de las edificaciones, pero sufre la limitación de no poder escanear una gran área de estudio, además de que la batería no tiene gran duración, depara en realizar varios vuelos. En el perfil longitudinal obtenido podemos observar que hay zonas sin información esto debido a que se debe configurar los vuelos de manera muy precisa sino se perderá información, además de que se acumula los errores de instrumento del equipo. Se concluye que es un levantamiento valido para áreas no tan extensas y sobre todo llanas.
4. El levantamiento topográfico por imágenes satelitales es el que más errores presenta en su perfil longitudinal, debido a que se apoya en las imágenes satelitales y estas muchas veces se tomaron años atrás, deparando en tener muchos errores acumulados por esta razón así su costo sea 0 su utilización solo puede ser requerida para un pre proyecto.

## RECOMENDACIONES

1. Para los levantamientos topográficos usar el scanner LiDAR para lograr una mayor precisión en la generación de las curvas de nivel principalmente de áreas extensas, sin embargo, verificar en que zonas se quiere este levantamiento pues son pocas las empresas que cuentan con la opción de brindar este servicio.
2. Se recomienda no realizar muchos vuelos para un solo levantamiento con dron pues el error se va incrementando y podemos llegar a tener información errónea.
3. Se recomienda usar el levantamiento por satélites para levantamientos en zonas más recónditas donde el terreno siga siendo el mismo que el de hace algunos años.
4. Se recomienda usar los resultados de nuestra investigación como fuente de información para diferentes proyectos a futuro y así se hará una mejor planeación urbana. De esta manera este sistema ayuda a construir una mejor y más desarrollada sociedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamirano, I. y Fernández, D. (2019). *La inversión pública y privada en infraestructura de agua y saneamiento: su impacto en el bienestar social de la población de Lurín, periodo 2013-2019*. Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Borja, M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Cahalane C., McCarthy T. y McElhinney C. (2010). Rendimiento del sistema de cartografía móvil: una investigación inicial sobre el efecto de la velocidad del vehículo en las líneas de escaneo láser. *Research Gate*, 1-9.
- Castañeda, L. y Martínez, W. (2018). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos convencionales de detalle versus tecnología LiDAR terrestre estacionaria, aplicada a deformaciones en estructuras de gran tamaño*. Bogotá, 2018: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- De la Garza, J., Howerton, C. y Sideris, D. (2011). Un estudio de implementación de la tecnología de mapeo móvil IP-S2 para la evaluación de la condición de los activos de las carreteras. *Workshop Internacional de Computación en Ingeniería Civil 2011*, 19-22.
- Del Cogliano, D. y Falip, S. (2019). Generación de Nubes de Puntos 3D con Escáner Laser Terrestre. Georreferenciación y Evaluación de Calidad. *Revista Ingeniería*, 171-197.
- Fernández, R. (2021). *Técnicas de escaneado móvil aplicadas a la digitalización y gestión en edificación*. Salamanca, España: Universidad de Salamanca.
- Guillén, H. (2020). *Visualización 3D de grandes cantidades de datos 3D para la prevención frente a desastres naturales: una revisión de la literatura*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Hernández R., Fernández C. y Baptista M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mr. Graw Hill Education.
- Huamaní, K. (2019). *Comparación de la precisión de un levantamiento topográfico convencional y no convencional para proyectos civiles del AA. HH Miramar- Distrito de San Martín de Porres-2019*. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Pérez, D. (2020). *Diseño de la red de distribución de agua potable para disminuir las brechas de acceso por la red pública en el centro poblado de la primera etapa de la zona "B" de Huarangal del distrito de Lurín, Lima*. Lima, Perú: Universidad San Martín de Porres.
- Pisconte, D. (2021). *Aplicación de mejoras tecnológicas para la reducción del exceso de velocidad*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Rodríguez, B., García, S. y Ordoñez, C. (2015). Estudio de la rugosidad y curvatura en nubes de puntos 3D para extraer superficies verticales y horizontales. *IGARSS 2015*, 4602-4605.
- TOPCON. (2012). *Sistema de cartografía móvil HD IP-S2*. Madrid, España: TOPCON.
- Varela, M. (2017). Desarrollo de un sistema SIG de gestión de carreteras basado en datos georreferenciados 3D de alta densidad. Vigo, España: Universidad de Vigo

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>					
<b>TÍTULO: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON SCANNER LIDAR MOVIL IP-S2 PARA EL MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DESDE LA CÁMARA DE BOMBEO DE DESAGÜE CD-210 HASTA PTAR SAN BARTOLO, DISTRITO DE LURÍN, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA</b>					
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>
¿Cuáles son las ventajas del levantamiento topográfico con Scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur, provincia de Lima, departamento de Lima?	Analizar las ventajas del levantamiento topográfico con Scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur, provincia de Lima, departamento de Lima.	Al analizar el levantamiento topográfico para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur se identifican las ventajas del Scanner LiDAR Móvil IP-S2.	<b>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON SCANNER LIDAR MOVIL IP-S2</b>	Topografía del terreno	Nivelación
				Replanteos	Límites de parcelas
				Arqueología	Elementos del terreno
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>

<p>1. ¿De qué manera realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con Scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado km 40 antigua panamericana sur?</p>	<p>1. Realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con Scanner LiDAR Móvil IP-S2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur.</p>	<p>1. Al realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con Scanner LiDAR Móvil IP-S2 del proyecto mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua se obtuvo la información plani - altimétrica del trazo de obras lineales.</p>	<p>Cantidad de agua potable</p>	<p>Analizar la cobertura de agua existente para la demanda poblacional</p>
<p>2. ¿De qué manera realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con drone para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado km 40 antigua panamericana sur?</p>	<p>2. Realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con Phanton 4 V2 para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur.</p>	<p>2. Al realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con Phanton 4 V2 del proyecto mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua se obtuvo la información plani - altimétrica del trazo de obras lineales.</p>	<p>Calidad</p>	<p>Evaluar el sistema mediante parámetros ecológicos</p>
<p><b>SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO</b></p>			<p>Punto de consumo</p>	<p>Lugar</p>



---

<p>3. ¿De qué manera realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con satélite para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado km 40 antigua panamericana sur?</p>	<p>3. Realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con satélite para la obtención de información plani - altimétrica del trazo de obras lineales del proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua panamericana sur.</p>	<p>3. Al realizar el levantamiento topográfico del trazo lineal de Impulsión con satélite del proyecto mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el km 40 de la antigua se obtuvo la información plani - altimétrica del trazo de obras lineales.</p>
---	--	---

---

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Operacionalización de variables

Tabla 4.  
Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramienta
Independiente	Topografía del terreno	Información planimétrica del trazo de obras lineales	Curvas de nivel	Nube de puntos	cm	Cuantitativa	Sistema LiDAR
	Ancho de vía	Información planimétrica del trazo de obras lineales	Curvas de nivel	Nube de puntos	cm	Cuantitativa	Sistema LiDAR
	Uso de Suelo	Pendientes	Desniveles en el trazo	Curvas de nivel	%	Cuantitativa	Google Earth
Dependiente	Resultado del levantamiento topográfico con LiDAR	Información plani - altimétrica del trazo de obras lineales	Curvas de nivel	Precisión	cm	Cuantitativa	posicionamiento Satelital GPS-GLONASS Sistema de Cartografía Digital IP S2

Software Spatial Factory

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 3: Levantamiento topográfico con scanner LiDAR



*Figura 44: Levantamiento topográfico con scanner LiDAR*  
Fuente: Elaboración propia

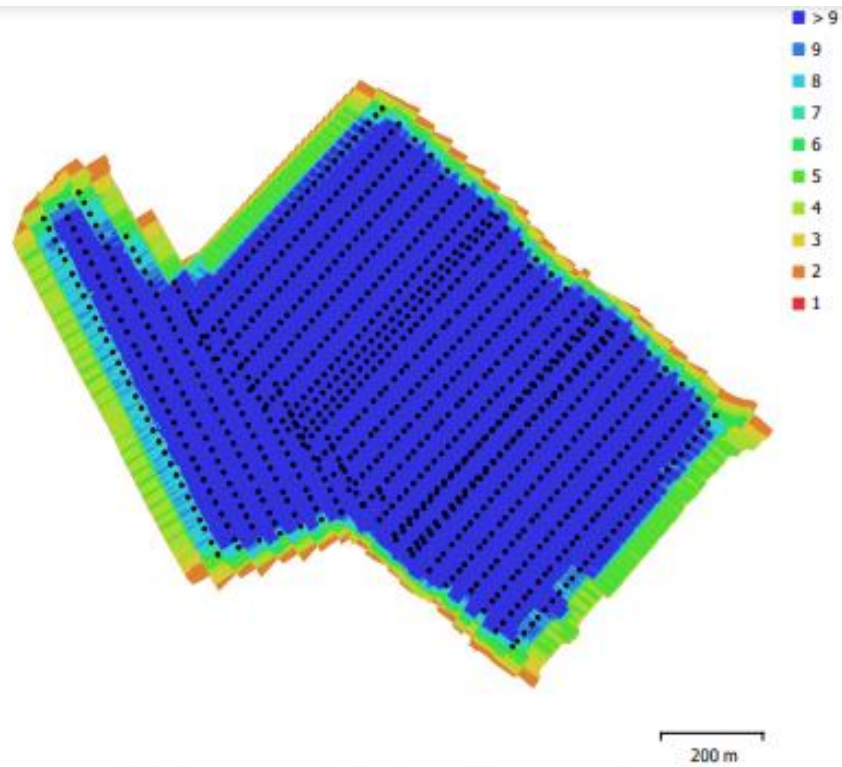


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 939	Panorámicas multicámara: 829
Altitud media de vuelo: 112 m	Puntos de paso: 603,144
Resolución en terreno: 2.63 cm/pix	Proyecciones: 3,449,527
Área cubierta: 0.897 km <sup>2</sup>	Error de reproyección: 1.07 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310S (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Figura 45: Datos del levantamiento  
Fuente: Elaboración propia

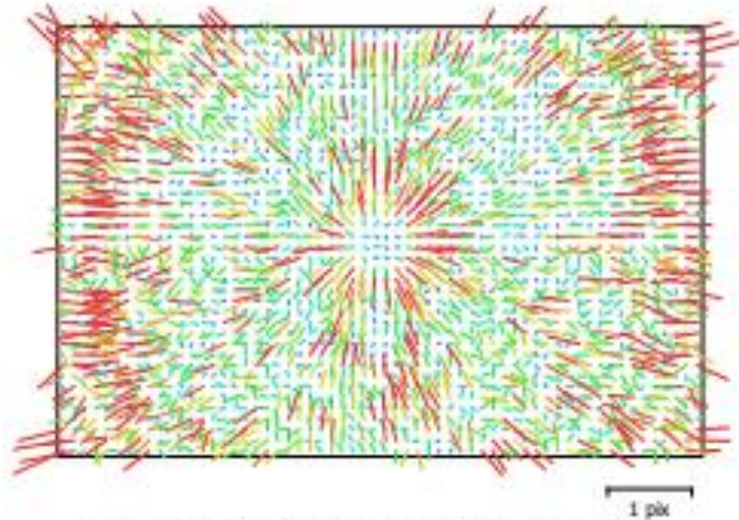


Fig. 2. Gráfico de residuos para FC6310S (8.8mm).

**FC6310S (8.8mm)**

939 imágenes

Tipo **Cuadro**      Resolución **5472 x 3648**      Distancia focal **8.8 mm**      Tamaño de píxel **2.41 x 2.41 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>3905.84</b>	1.1	1.00	-0.04	0.64	-0.40	-0.03	0.36	0.18	-0.29
<b>Cx</b>	<b>11.2577</b>	0.024		1.00	-0.02	0.01	0.01	-0.02	0.38	0.02
<b>Cy</b>	<b>3.56429</b>	0.026			1.00	-0.25	-0.02	0.23	0.11	0.02
<b>K1</b>	<b>-0.0135901</b>	1.9e-005				1.00	-0.67	0.64	-0.06	0.11
<b>K2</b>	<b>-0.00172396</b>	5.7e-005					1.00	-0.93	-0.02	0.01
<b>K3</b>	<b>0.0132592</b>	6e-005						1.00	0.07	-0.11
<b>P1</b>	<b>0.000686297</b>	1.3e-006							1.00	-0.03
<b>P2</b>	<b>-0.000717304</b>	8.2e-007								1.00

Figura 46: Calibración de la cámara

Fuente: Elaboración propia

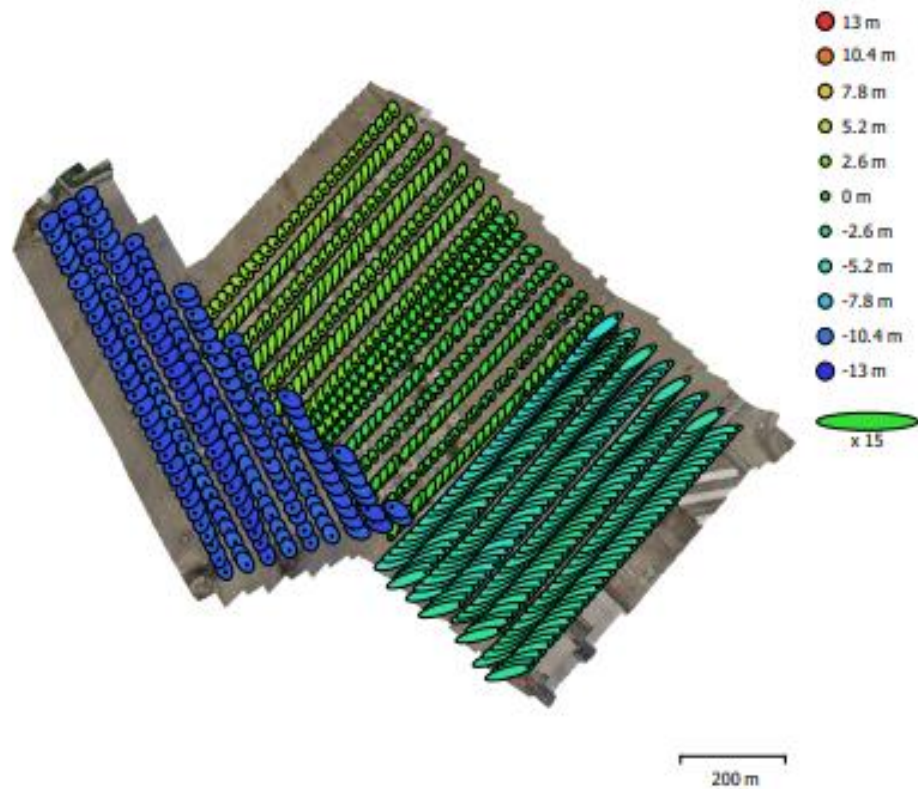


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.  
Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
2.14086	1.31712	5.81775	2.51358	6.33753

Figura 47: Posiciones de cámara  
Fuente: Elaboración propia



Fig. 4. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.  
 El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.  
 Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (mm)	Error en Y (mm)	Error en Z (mm)	Error en XY (mm)	Total (mm)
7	2.08428	2.82018	2.40506	3.5068	4.25229

Figura 48: Punto de control terrestre  
 Fuente: Elaboración propia

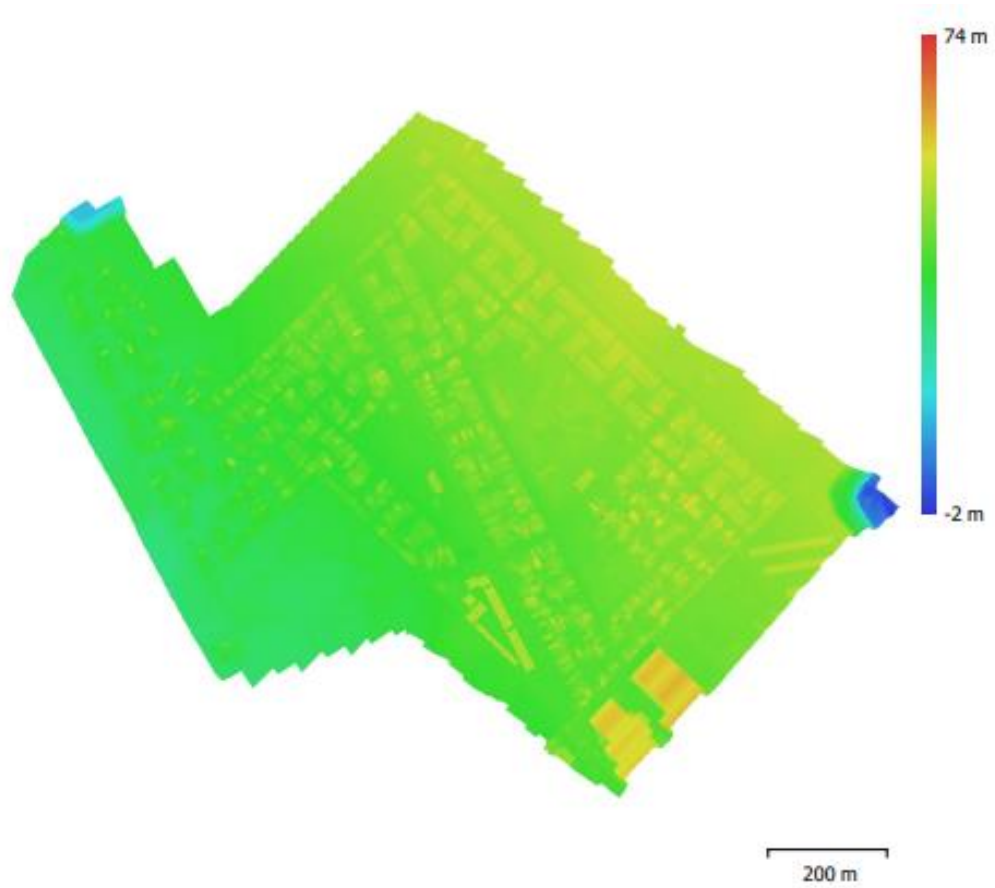


Fig. 5. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 10.5 cm/pix  
Densidad de puntos: 90.3 puntos/m<sup>2</sup>

*Figura 49: Modelo digital elevaciones*  
Fuente: Elaboración propia



<b>Generales</b>	
Cámaras	939
Cámaras orientadas	939
Marcadores	7
<b>Formas</b>	
Pollíneas	376
Polígonos	34922
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S EGM08
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo
<b>Nube de puntos</b>	
Puntos	603,144 de 663,481
RMS error de reproyección	0.133063 (1.06522 pix)
Error de reproyección máximo	0.503284 (43.8237 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	7.2177 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	6.04628
<b>Parámetros de orientación</b>	
Precisión	Media
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	9 minutos 2 segundos
Tiempo de orientación	2 minutos 58 segundos
<b>Parámetros de optimización</b>	
Parámetros	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	10 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
<b>Mapas de profundidad</b>	
Número	939
<b>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</b>	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Agresivo
Tiempo de procesamiento	5 horas 39 minutos
Versión del programa	1.5.2.7838
<b>Nube de puntos densa</b>	
Puntos	105,313,451
Colores de puntos	3 bandas, uint8
<b>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</b>	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Agresivo
Tiempo de procesamiento	5 horas 39 minutos
<b>Parámetros de generación de la nube densa</b>	
Tiempo de procesamiento	24 minutos 52 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
<b>Modelo digital de elevaciones</b>	
Tamaño	17,384 x 14,471

Figura 50: Parámetros de procesamiento  
Fuente: Elaboración propia

#### Anexo 4: Levantamiento topográfico in situ Drone Phantom



*Figura 51: Preparación para vuelo drone.*  
Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 52: Inicio del despegue del vuelo de drone*  
Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 53: Levantamiento de puntos de referencia*  
Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 54: Configuración del dron para iniciar el levantamiento*  
Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 55: Finalización del vehículo del dron*

*Fuente: Elaboración Propia.*