



## ARTÍCULO ORIGINAL

## Comparación de volúmenes mediante levantamiento topográfico (estación total y dron) en la carretera departamental JU-103

Comparison of volumes by topographic survey (total station and drone) on the JU-103 departmental road.

Danny Erick Perez Perez <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Huancavelica (UNH), Huancavelica, Perú.

Correo electrónico: [2022902097@unh.edu.pe](mailto:2022902097@unh.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3149-1610>

Recibido: 22 Julio del 2024 / Revisado: 07 de Septiembre del 2024 / Aprobado: 31 de Diciembre del 2024 / Publicado: 31 de Enero del 2025

### RESUMEN

La investigación y redacción del presente artículo tuvo como principal objetivo comparar los volúmenes obtenidos mediante el levantamiento topográfico (dron y estación total). Para ello se usó una estación total Leica TS06 Plus y un dron Phamthon 4 PRO v2.0, para lo cual, se realizaron levantamientos topográficos utilizando ambas técnicas y se calcularon los volúmenes de eliminación de material en la zona de esponjamiento km 10+630 de la carretera departamental JU-103. Obteniendo como resultado que el volumen obtenido mediante levantamiento topográfico con estación total es 141.65 m<sup>3</sup>, siendo menor que la que se obtuvo con el levantamiento topográfico con dron la cual fue 143.06 m<sup>3</sup>. La investigación realizada es de tipo aplicada, los resultados demostraron que existe una diferencia pequeña pero significativa en el volumen calculado en la zona de esponjamiento.

**Palabras claves:** levantamiento topográfico, estación total, dron, volumen.

### ABSTRACT

The main objective of the research and writing of this article was to compare the volumes obtained through topographic surveying (drone and total station). To this end, a Leica TS06 Plus total station and a Phamthon 4 PRO v2.0 drone were used to carry out topographic surveys using both techniques and calculate the volumes of material removed in the sponging area at km 10+630 of the JU-103 departmental road. The result was that the volume obtained by topographic survey with a total station was 141.65 m<sup>3</sup>, which was less than that obtained by topographic survey with a drone, which was 143.06 m<sup>3</sup>. The research carried out is of an applied nature, and the results showed that there is a small but significant difference in the volume calculated in the sponging zone.

**Keywords:** topographic survey, total station, drone, volume.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los métodos tradicionales de levantamiento topográfico con estación total pueden subestimar los volúmenes de movimiento de tierras, especialmente en tramos con curvas horizontales y verticales pronunciadas. Esto se debe a que la toma de datos con prismas no captura adecuadamente las variaciones de la superficie entre puntos medidos. Por otro lado, los drones equipados con cámaras permiten generar modelos digitales de elevación (DEM) de alta resolución que reflejan mejor la topografía real. Sin embargo, es necesario comparar la precisión de ambos métodos para determinar cuál es más adecuado para cuantificar movimientos de tierra en proyectos de infraestructura vial. La topografía es la ciencia que estudia la representación gráfica de la superficie terrestre, incluyendo sus accidentes y obras

realizadas por el hombre. Los levantamientos topográficos se realizan tradicionalmente con estaciones totales, que miden distancias y ángulos para calcular coordenadas de puntos. Rincón et al. (2017) la fotogrametría con drones permite generar modelos 3D de alta resolución a partir de imágenes aéreas. Los drones capturan cientos o miles de fotos que se procesan con software especializado para producir nubes de puntos y modelos digitales de elevación. Esto permite cuantificar volúmenes de movimiento de tierras de manera más precisa que los métodos tradicionales. Vásquez Castañeda (2022) demostró que los volúmenes del procedimiento con dron son mayores en 0.4% a 1.30% (15.98m<sup>3</sup> a 22.80m<sup>3</sup>) a los obtenidos con estación total; Cuenca Granados (2021) concluyó: existe una pequeña exageración en el cálculo del

movimiento de tierras en una superficie generada mediante aerofotogrametría con drones; así también Jiménez et. al (2019) explica que los datos obtenidos con dron y con estación total tienen resultados muy similares. Comparar la precisión de levantamientos topográficos con estación total y dron permitirá determinar cuál método es más adecuado para cuantificar movimientos de tierra en proyectos viales. Además, la fotogrametría con

drones ofrece ventajas en cuanto a rapidez, seguridad y detalle de la información capturada. A medida que la construcción viene implementando la tecnología BIM y se pone cada vez más estricta, es importante continuar investigando sobre movimiento de tierras y ver cual es mas apto para dicha labor, el presente estudio nos permitirá comparar los volúmenes obtenidos mediante el levantamiento topográfico (dron y estación total).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Uno de los métodos tradicionales para calcular volúmenes en movimiento de tierras es mediante el levantamiento topográfico con estación total, sin embargo, con el avance de la tecnología surgieron nuevos equipos capaces de realizar la misma tarea, con dron. El levantamiento topográfico aplicando Se inició colocando puntos de control para poder asegurar la precisión en la toma de datos.

dron Phantom 4 Pro han demostrado ser una herramienta versátil y eficaz en las operaciones de movimiento de tierras, mejorando la eficiencia, la precisión y la productividad, y reduciendo los costos y el tiempo asociados con la recopilación de datos.

**Figura 1**  
*Puntos de control en zona de corte*



**Tabla 1**  
*Puntos de control terreno natural 01*

| PUNTOS CONTROL     |              |             |           |     |
|--------------------|--------------|-------------|-----------|-----|
| TERRENO NATURAL 01 |              |             |           |     |
| 1                  | 8708068.6300 | 446168.3713 | 3613.0045 | PC1 |
| 2                  | 8708068.4200 | 446162.9329 | 3615.3042 | PC2 |
| 3                  | 8708073.3380 | 446161.7003 | 3615.7166 | PC3 |
| 4                  | 8708077.8210 | 446166.7344 | 3614.4286 | PC4 |
| 5                  | 8708079.7400 | 446162.6561 | 3616.2469 | PC5 |

**Figura 2**  
*Puntos de control en zona de acopio*



**Tabla 2**

*Puntos de control terreno natural 02*

| PUNTOS CONTROL     |              |             |           |     |
|--------------------|--------------|-------------|-----------|-----|
| TERRENO NATURAL 02 |              |             |           |     |
| 1                  | 8708421.7270 | 446114.1354 | 3643.0453 | PC1 |
| 2                  | 8708416.5950 | 446113.7128 | 3643.1252 | PC2 |
| 3                  | 8708410.6290 | 446111.6376 | 3643.1612 | PC3 |
| 4                  | 8708409.8010 | 446104.2055 | 3643.3321 | PC4 |
| 5                  | 8708425.0160 | 446105.5098 | 3643.1643 | PC5 |

Se realizaron 4 levantamientos topográficos con estación total Leica TS 06 Plus:

- 1 en terreno natural en zona de corte

- 1 después de haber realizado el corte
- 1 en terreno de acopio
- 1 después de haber realizado el acopio

**Figura 3**

*Levantamiento topográfico con estación total*



Se realizaron 4 levantamientos topográficos con dron Phamton 4 Pro V2.0:

- 1 en terreno natural en zona de corte

- 1 después de haber realizado el corte
- 1 en terreno de acopio
- 1 después de haber realizado el acopio

**Figura 4**

*Levantamiento topográfico con dron*



A continuación, se realizaron los siguientes procedimientos para procesar la información recopilada de la estación total Leica TS06 Plus en el software AutoCAD Civil 3D:

- Se configuró el sistema de coordenadas en UTM84-18S.

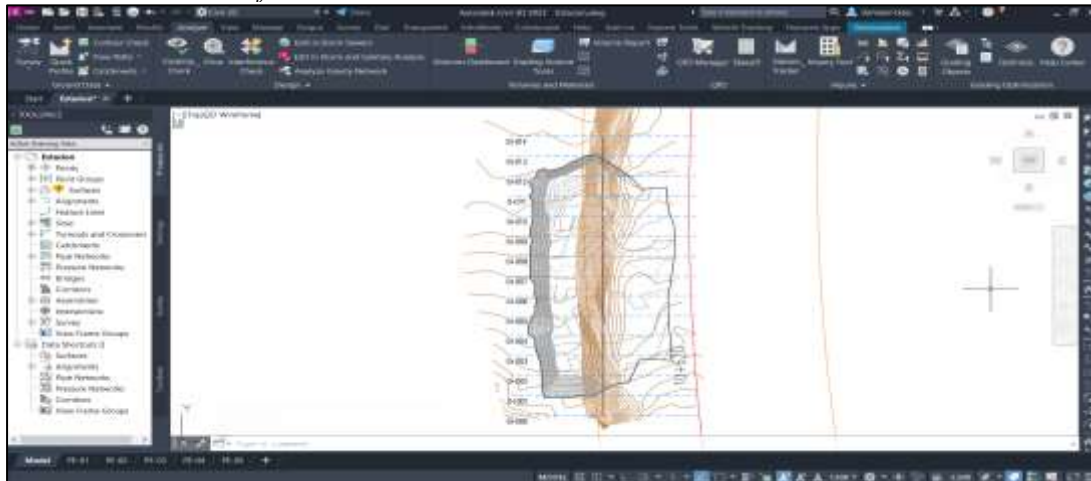
- Se importaron los puntos tomados para posteriormente generar: una superficie, un alineamiento para generar líneas de muestreo, perfil longitudinal, secciones transversales y cuantificación de volúmenes.

- Finalmente se generó una tabla de movimiento de tierras que servirá para

poder realizar la comparación de volúmenes de la investigación.

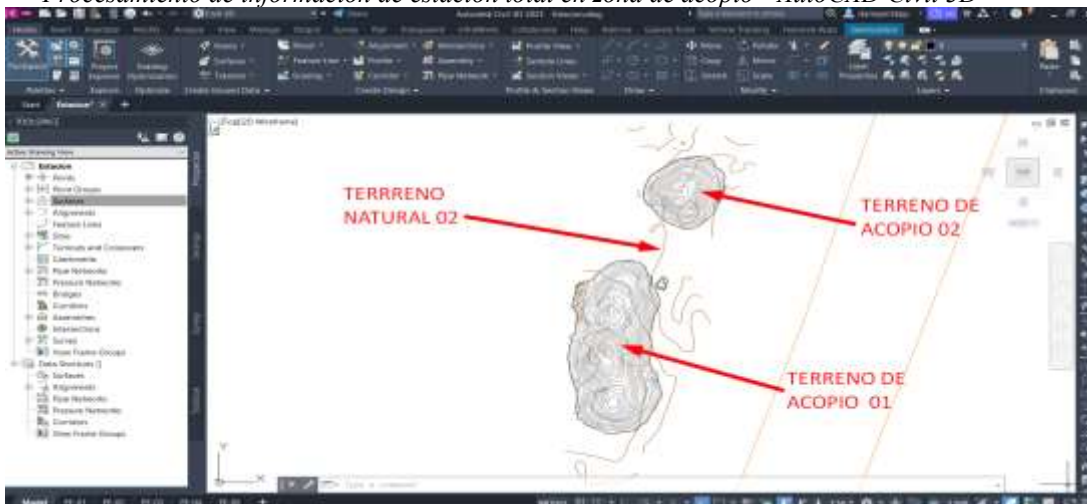
**Figura 5**

*Procesamiento de información de estación total en zona de corte - AutoCAD Civil 3D*



**Figura 6**

*Procesamiento de información de estación total en zona de acopio - AutoCAD Civil 3D*



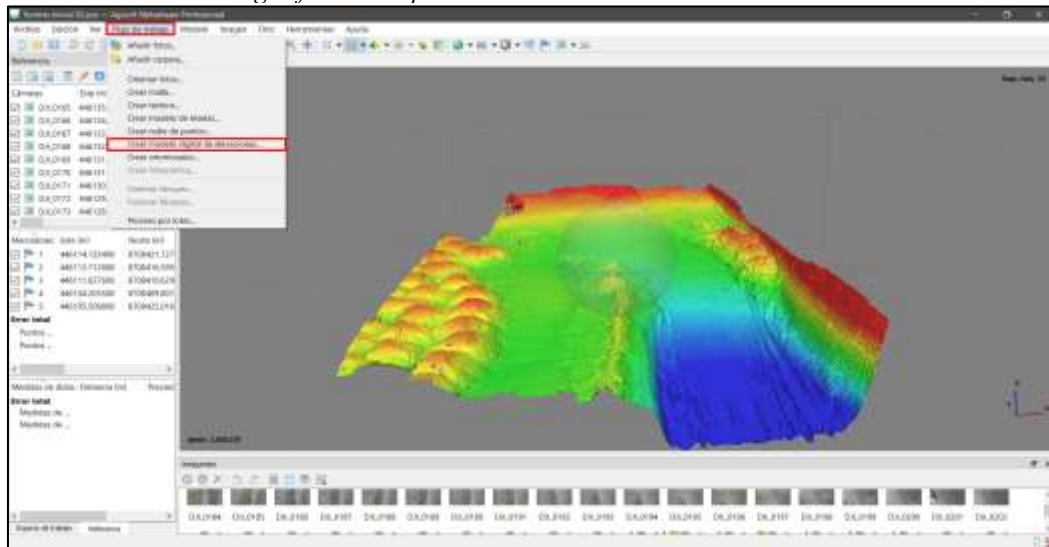
A continuación, se realizaron los siguientes procedimientos para procesar la información recopilada del dron Phamton Pro V2.0 en el software Agisoft Metashape y luego en el AutoCAD Civil 3D:

#### Agisoft Metashape

- Se importaron las imágenes tomadas por el dron.
- Se realizó una conversión y configuró el sistema de coordenadas en WGS84/UTM zone 18S.

- Se importaron los puntos de control para georreferenciar las fotos.
- Dentro de la pestaña flujo de trabajo se realizaron los siguientes pasos: orientas fotos, crear malla, crear textura, crear nube de puntos, crear el modelo digital de elevaciones (MDE).
- Finalmente se exportó el modelo digital de elevaciones para procesar la superficie en el AutoCAD Civil 3D.

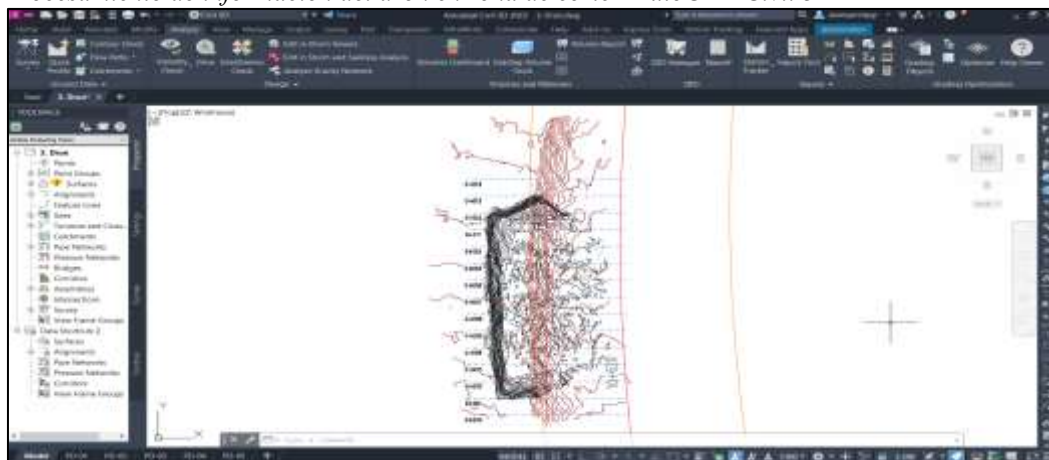
**Figura 7**  
*Creación de MDE en Agisoft Metashape*



#### AutoCAD Civil 3D

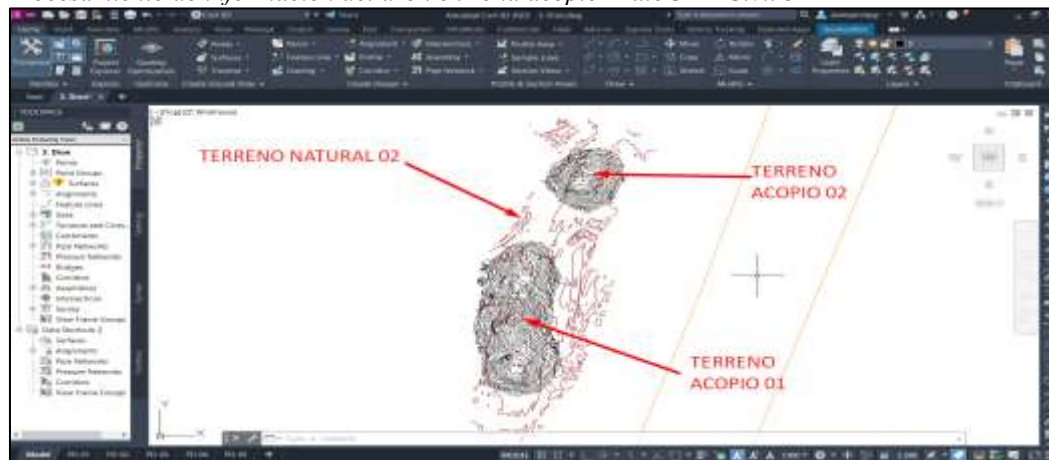
- Se configuró el sistema de coordenadas en UTM84-18S.
- Se importaron las superficies generadas en el Agisoft Metashape para generar: un eje para generar líneas de muestreo, perfil longitudinal, secciones transversales y cuantificación de volúmenes.
- Finalmente se generó una tabla de movimiento de tierras que servirá para poder realizar la comparación de volúmenes de la investigación.

**Figura 8**  
*Procesamiento de información del dron en zona de corte - AutoCAD Civil 3D*



**Figura 9**

*Procesamiento de información del dron en zona acopio- AutoCAD Civil 3D*



### 3. RESULTADOS

Luego de haber realizado en procesamiento de la información obtenida en campo en los softwares Agisoft Metashape y AutoCAD Civil 3D respecto

a la cuantificación y comparación de volúmenes, se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 3**

*Resultados obtenidos de volumen en zona de corte con estación total*

| Volumen con estación total zona de corte |               |                  |                 |                    |                            |                              |
|------------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|
| Progresiva                               | Área de Corte | Volumen de corte | Área de Relleno | Volumen de Relleno | Volumen Acumulado de Corte | Volumen Acumulado de Relleno |
| 0+000.000                                | 0             | 0                | 0               | 0                  | 0                          | 0                            |
| 0+001.000                                | 0.19          | 0.09             | 0               | 0                  | 0.09                       | 0                            |
| 0+002.000                                | 3.54          | 1.86             | 0               | 0                  | 1.95                       | 0                            |
| 0+003.000                                | 4.73          | 4.14             | 0               | 0                  | 6.09                       | 0                            |
| 0+004.000                                | 4.87          | 4.8              | 0               | 0                  | 10.89                      | 0                            |
| 0+005.000                                | 4.98          | 4.93             | 0               | 0                  | 15.82                      | 0                            |
| 0+006.000                                | 5.21          | 5.1              | 0               | 0                  | 20.91                      | 0                            |
| 0+007.000                                | 5.54          | 5.37             | 0               | 0                  | 26.29                      | 0                            |
| 0+008.000                                | 5.46          | 5.5              | 0               | 0                  | 31.79                      | 0                            |
| 0+009.000                                | 5.68          | 5.57             | 0               | 0                  | 37.36                      | 0                            |
| 0+010.000                                | 5.77          | 5.73             | 0               | 0                  | 43.09                      | 0                            |
| 0+011.000                                | 5.66          | 5.72             | 0               | 0                  | 48.8                       | 0                            |
| 0+012.000                                | 4.26          | 4.96             | 0               | 0                  | 53.76                      | 0                            |
| 0+013.000                                | 0.15          | 2.21             | 0               | 0                  | 55.97                      | 0                            |
| 0+014.000                                | 0             | 0.07             | 0               | 0                  | 56.04                      | 0                            |

**Tabla 4**

*Resultados obtenidos de volumen en zona de acopio 01 con estación total*

| Volumen con estación total - zona de acopio 01 |               |                  |                 |                    |                            |                              |
|------------------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|
| Progresiva                                     | Área de Corte | Volumen de corte | Área de Relleno | Volumen de Relleno | Volumen Acumulado de Corte | Volumen Acumulado de Relleno |
| 0+000.000                                      | 0             | 0                | 0               | 0                  | 0                          | 0                            |
| 0+001.000                                      | 0             | 0                | 0.13            | 0.06               | 0                          | 0.06                         |
| 0+002.000                                      | 0             | 0                | 2.54            | 1.34               | 0                          | 1.4                          |

|           |   |   |      |      |   |       |
|-----------|---|---|------|------|---|-------|
| 0+003.000 | 0 | 0 | 5.04 | 3.79 | 0 | 5.19  |
| 0+004.000 | 0 | 0 | 5.33 | 5.18 | 0 | 10.38 |
| 0+005.000 | 0 | 0 | 4.55 | 4.94 | 0 | 15.32 |
| 0+006.000 | 0 | 0 | 5.47 | 5.01 | 0 | 20.33 |
| 0+007.000 | 0 | 0 | 6.66 | 6.07 | 0 | 26.4  |
| 0+008.000 | 0 | 0 | 6.36 | 6.51 | 0 | 32.91 |
| 0+009.000 | 0 | 0 | 5.1  | 5.73 | 0 | 38.64 |
| 0+010.000 | 0 | 0 | 3.95 | 4.52 | 0 | 43.16 |
| 0+011.000 | 0 | 0 | 5.49 | 4.72 | 0 | 47.87 |
| 0+012.000 | 0 | 0 | 5.42 | 5.45 | 0 | 53.33 |
| 0+013.000 | 0 | 0 | 4.33 | 4.88 | 0 | 58.21 |
| 0+014.000 | 0 | 0 | 3.2  | 3.76 | 0 | 61.97 |
| 0+015.000 | 0 | 0 | 1.55 | 2.37 | 0 | 64.34 |
| 0+016.000 | 0 | 0 | 0.03 | 0.79 | 0 | 65.13 |
| 0+017.000 | 0 | 0 | 0    | 0.02 | 0 | 65.15 |

**Tabla 5**

*Resultados obtenidos de volumen en zona de acopio 02 con estación total*

| Volumen con estación total - zona de acopio 02 |               |                  |                 |                    |                            |                              |
|------------------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|
| Progresiva                                     | Área de Corte | Volumen de corte | Área de Relleno | Volumen de Relleno | Volumen Acumulado de Corte | Volumen Acumulado de Relleno |
| 0+000.000                                      | 0             | 0                | 0               | 0                  | 0                          | 0                            |
| 0+001.000                                      | 0             | 0                | 0.13            | 0.07               | 0                          | 0.07                         |
| 0+002.000                                      | 0             | 0                | 3.16            | 1.65               | 0                          | 1.72                         |
| 0+003.000                                      | 0             | 0                | 5.72            | 4.44               | 0                          | 6.16                         |
| 0+004.000                                      | 0             | 0                | 5.1             | 5.41               | 0                          | 11.56                        |
| 0+005.000                                      | 0             | 0                | 3.9             | 4.5                | 0                          | 16.06                        |
| 0+006.000                                      | 0             | 0                | 2.22            | 3.06               | 0                          | 19.12                        |
| 0+007.000                                      | 0             | 0                | 0.22            | 1.22               | 0                          | 20.34                        |
| 0+008.000                                      | 0             | 0                | 0               | 0.11               | 0                          | 20.45                        |

**Tabla 6**

*Resultados obtenidos de volumen en zona de corte con dron*

| Volumen con dron - zona de corte |               |                  |                 |                    |                            |                              |
|----------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|
| Progresiva                       | Área de Corte | Volumen de corte | Área de Relleno | Volumen de Relleno | Volumen Acumulado de Corte | Volumen Acumulado de Relleno |
| 0+000.000                        | 0             | 0                | 0               | 0                  | 0                          | 0                            |
| 0+001.000                        | 0.17          | 0.09             | 0               | 0                  | 0.09                       | 0                            |
| 0+002.000                        | 3.73          | 1.95             | 0               | 0                  | 2.04                       | 0                            |
| 0+003.000                        | 4.77          | 4.25             | 0               | 0                  | 6.28                       | 0                            |
| 0+004.000                        | 4.84          | 4.8              | 0               | 0                  | 11.08                      | 0                            |
| 0+005.000                        | 5.23          | 5.03             | 0               | 0                  | 16.12                      | 0                            |
| 0+006.000                        | 5.16          | 5.2              | 0               | 0                  | 21.31                      | 0                            |
| 0+007.000                        | 5.69          | 5.42             | 0               | 0                  | 26.74                      | 0                            |
| 0+008.000                        | 5.65          | 5.67             | 0               | 0                  | 32.4                       | 0                            |
| 0+009.000                        | 6.07          | 5.86             | 0               | 0                  | 38.26                      | 0                            |
| 0+010.000                        | 5.91          | 5.99             | 0               | 0                  | 44.25                      | 0                            |
| 0+011.000                        | 6.08          | 5.99             | 0               | 0                  | 50.24                      | 0                            |
| 0+012.000                        | 3.78          | 4.93             | 0               | 0                  | 55.17                      | 0                            |
| 0+013.000                        | 0.08          | 1.93             | 0               | 0                  | 57.11                      | 0                            |
| 0+014.000                        | 0             | 0.04             | 0               | 0                  | 57.15                      | 0                            |

**Tabla 7***Resultados obtenidos de volumen en zona de acopio 01 con dron*

| Volumen con dron - zona de acopio 01 |               |                  |                 |                    |                            |                              |
|--------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|
| Progresiva                           | Área de Corte | Volumen de corte | Área de Relleno | Volumen de Relleno | Volumen Acumulado de Corte | Volumen Acumulado de Relleno |
| 0+000.000                            | 0             | 0                | 0               | 0                  | 0                          | 0                            |
| 0+001.000                            | 0             | 0                | 0.11            | 0.06               | 0                          | 0.06                         |
| 0+002.000                            | 0             | 0                | 2.53            | 1.32               | 0                          | 1.37                         |
| 0+003.000                            | 0             | 0                | 5.21            | 3.87               | 0                          | 5.24                         |
| 0+004.000                            | 0             | 0                | 5.53            | 5.37               | 0                          | 10.61                        |
| 0+005.000                            | 0             | 0                | 4.56            | 5.05               | 0                          | 15.66                        |
| 0+006.000                            | 0             | 0                | 5.38            | 4.97               | 0                          | 20.63                        |
| 0+007.000                            | 0             | 0                | 6.64            | 6.01               | 0                          | 26.64                        |
| 0+008.000                            | 0             | 0                | 6.57            | 6.61               | 0                          | 33.25                        |
| 0+009.000                            | 0             | 0                | 5.09            | 5.83               | 0                          | 39.08                        |
| 0+010.000                            | 0             | 0                | 3.87            | 4.48               | 0                          | 43.56                        |
| 0+011.000                            | 0             | 0                | 5.46            | 4.67               | 0                          | 48.23                        |
| 0+012.000                            | 0             | 0                | 5.61            | 5.53               | 0                          | 53.76                        |
| 0+013.000                            | 0             | 0                | 4.49            | 5.05               | 0                          | 58.81                        |
| 0+014.000                            | 0             | 0                | 3               | 3.75               | 0                          | 62.55                        |
| 0+015.000                            | 0             | 0                | 1.57            | 2.28               | 0                          | 64.84                        |
| 0+016.000                            | 0             | 0                | 0.03            | 0.8                | 0                          | 65.64                        |
| 0+017.000                            | 0             | 0                | 0               | 0.02               | 0                          | 65.65                        |

**Tabla 8***Resultados obtenidos de volumen en zona de acopio 02 con dron*

| Volumen con dron - zona de acopio 02 |               |                  |                 |                    |                            |                              |
|--------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|
| Progresiva                           | Área de Corte | Volumen de corte | Área de Relleno | Volumen de Relleno | Volumen Acumulado de Corte | Volumen Acumulado de Relleno |
| 0+000.000                            | 0             | 0                | 0               | 0                  | 0                          | 0                            |
| 0+001.000                            | 0             | 0                | 0.14            | 0.07               | 0                          | 0.07                         |
| 0+002.000                            | 0             | 0                | 3.12            | 1.63               | 0                          | 1.7                          |
| 0+003.000                            | 0             | 0                | 5.84            | 4.48               | 0                          | 6.18                         |
| 0+004.000                            | 0             | 0                | 5.01            | 5.42               | 0                          | 11.6                         |
| 0+005.000                            | 0             | 0                | 3.9             | 4.45               | 0                          | 16.05                        |
| 0+006.000                            | 0             | 0                | 2.14            | 3.02               | 0                          | 19.07                        |
| 0+007.000                            | 0             | 0                | 0.09            | 1.12               | 0                          | 20.19                        |
| 0+008.000                            | 0             | 0                | 0               | 0.05               | 0                          | 20.23                        |

Con los valores obtenidos se realizó una tabla que nos ayudará a comprender de mejor manera los resultados.

**Tabla 9***Resultados de volumen – estación total*

| Volúmenes – estación total    |                                                           |                                                          |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| #                             | Volumen que ocupa el material en banco – corte<br>Vc (m³) | Volumen que ocupa el material suelto – acopio<br>Vs (m³) |
| 1                             | 56.05                                                     | 85.60                                                    |
| $\Sigma = 141.65 \text{ m}^3$ |                                                           |                                                          |

**Tabla 10**  
*Resultado de volumen - dron*

| Volúmenes – dron              |                                                                        |                                                                       |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| #                             | Volumen que ocupa el material en banco – corte<br>Vc (m <sup>3</sup> ) | Volumen que ocupa el material suelto – acopio<br>Vs (m <sup>3</sup> ) |
| 1                             | 57.15                                                                  | 85.91                                                                 |
| $\Sigma = 143.06 \text{ m}^3$ |                                                                        |                                                                       |

#### 4. DISCUSIÓN

Jiménez et al. (2019) concluyeron que los datos obtenidos mediante dron y estación total presentan resultados muy similares, indicando que no existe una diferencia significativa en términos de precisión entre ambos métodos de levantamiento topográfico. En el presente estudio, los resultados también muestran una diferencia pequeña entre los volúmenes obtenidos con ambos métodos: 141.65 m<sup>3</sup> con estación total y 143.06 m<sup>3</sup> con dron. Esta diferencia, aunque mínima, coincide con la idea de que ambos métodos son confiables y ofrecen resultados comparables.

Vásquez Castañeda (2022) concluyó que los volúmenes obtenidos mediante levantamiento con dron son entre un 0.4% y un 1.30% mayores (equivalentes a 15.98 m<sup>3</sup> a 22.80 m<sup>3</sup>) que los obtenidos con estación total. En contraste, el

presente estudio muestra una diferencia de solo 1.41 m<sup>3</sup> (aproximadamente 1%), lo que indica una variación menor que la reportada por Vásquez Castañeda, pero que sigue evidenciando una ligera sobreestimación del volumen cuando se utiliza dron.

Finalmente, Cuenca Granados (2021) concluye que existe una pequeña exageración en el cálculo del movimiento de tierras cuando se utiliza una superficie generada mediante aerofotogrametría con drones, en comparación con otros métodos más tradicionales. Este hallazgo se refleja en el presente estudio, donde el volumen calculado con dron es ligeramente mayor (143.06 m<sup>3</sup>) que el obtenido con estación total (141.65 m<sup>3</sup>), lo cual respalda la idea de una leve sobreestimación asociada a la tecnología de dron.

#### 5. CONCLUSIÓN

Al concluir la comparación de volúmenes obtenidos mediante levantamiento topográfico con dron y estación total, se determinó que existe una diferencia pequeña pero significativa en el volumen calculado en la zona de esponjamiento. El volumen obtenido con estación total fue de 141.65 m<sup>3</sup>, siendo ligeramente menor que el volumen obtenido con dron, que fue de 143.06 m<sup>3</sup>.

Por lo tanto, se recomienda la aplicación de ambos métodos para levantamientos topográficos siempre que se usen los mismos puntos de control para georreferenciar las fotos del dron y así garantizar confiabilidad y precisión al momento de realizar control de movimientos de tierras en los proyectos.

#### 6. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Cuenca Granados, B. (2021). *Análisis comparativo técnico-económico entre el levantamiento topográfico aerofotogramétrico usando drones y el método tradicional con estación total*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana del Centro]. Huancayo, Perú. Repositorio institucional: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20697/>
- Perez Perez, D. (2024). *Análisis comparativo de precisión con levantamiento topográfico (dron y estación total) en zona de esponjamiento de la carretera JU-103*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Huancavelica, Perú. Repositorio institucional: <https://hdl.handle.net/20.500.14597/8687>
- Jimenez, N., Magaña, A., y Soriano, E. (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de Drones y GPS como métodos indirectos* [Tesis de presgrado, Universidad de el Salvador]. San Salvador. Repositorio institucional: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20697/>
- Rincón, M., Vargas, W., y Gonzáles, C. (2017). *Topografía: conceptos y aplicaciones*. Ediciones ECOE.
- Vásquez Castañeda, A. (2022). *Análisis del volumen de material apilado obtenido de un levantamiento topográfico con dron comparado con el volumen obtenido de un levantamiento topográfico con estación total* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Cajamarca, Perú. Repositorio Institucional: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4747>