



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Influencia de altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico  
de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Apaza Calisaya, Edy Yames (ORCID: 0000-0002-4169-8113)

**ASESOR:**

Mg. Canta Honores, Jorge Luis (ORCID: 0000-0002-9232-1359)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

### ***Dedicatoria***

*A mi Madre Hilda, por su apoyo incondicional en mi educación.*

*A mi pareja Rosmery y a mi querida hija Alba Kim, que son mi motivación y mi fuerza de voluntad.*

### ***Agradecimiento***

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, por haberme formado profesionalmente.

A la Universidad Cesar Vallejo, por darme una oportunidad en seguir avanzado en mi vida profesional.

## Índice de contenidos

<i>Dedicatoria</i> .....	ii
<i>Agradecimiento</i> .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vii
Resumen .....	x
Abstract .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	12
II. MARCO TEÓRICO .....	16
III. METODOLOGÍA .....	32
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	32
3.2. Variables y operacionalización: .....	33
3.3. Población, muestra y muestreo .....	34
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....	35
3.5. Procedimientos: .....	37
3.6. Método de análisis de datos: .....	75
3.7. Aspectos éticos: .....	75
IV. RESULTADOS .....	76
V. DISCUSIÓN .....	93
VI. CONCLUSIONES .....	96
VII. RECOMENDACIONES .....	98
REFERENCIAS .....	99
ANEXOS .....	103

## Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables de la investigación .....	33
Tabla 2. Datos de instalación de equipos GNSS Base y Rovers .....	39
Tabla 3. Reporte de precisión del software Magnet Tools. ....	41
Tabla 4. Reporte de coordenadas ajustadas de Rover1 y Rover2 .....	41
Tabla 5. Cálculo de error para una distancia de 400 m. ....	42
Tabla 6. Cuadro de coordenadas de poligonal abierta.....	43
Tabla 7. Cuadro de coordenadas obtenidas con equipos GNSS .....	44
Tabla 8. Resumen de parámetros de vuelo APP DJI PILOT.....	52
Tabla 9. Coordenadas de puntos de foto control.....	55
Tabla 10, Cuadro de coordenadas obtenidas de forma directa con equipo GNSS .....	59
Tabla 11, Cuadro de coordenadas obtenidas de forma indirecta A: 40 m.....	60
Tabla 12, Cuadro de coordenadas obtenidas de forma indirecta A:80 m.....	61
Tabla 13, cuadro de coordenadas obtenidas de forma indirecta A:120 .....	61
Tabla 14, Cuadro de diferencia de Elevación entre GNSS y VANT .....	62
Tabla 15. Cálculo de intensidad media anual.....	63
Tabla 16. Clasificación por demanda .....	63
Tabla 17. Clasificación por orografía.....	64
Tabla 18. Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.....	64
Tabla 19. Longitudes de tramos en tangente. ....	65
Tabla 20. Radio mínimo y peralte máximo para diseño de carreteras .....	65
Tabla 21. Pendientes máximas (%). ....	69
Tabla 22. Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de tercera clase .....	70
Tabla 23. Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de tercera clase. ....	70
Tabla 24. Valores de bombeo de la calzada. ....	71
Tabla 25. Anchos mínimos de calzada en tangente.....	72
Tabla 26. Ancho de berma. ....	73
Tabla 27. Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V).....	74

Tabla 28. Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes).....	74
Tabla 29. Cuadro comparativo de diferencia de elevaciones respecto al nivel de altura de vuelo.....	79
Tabla 30. Prueba de la normalidad para datos de precisión. ....	80
Tabla 31. Prueba ANOVA de un factor. ....	81
Tabla 32. Cuadro comparativo de volúmenes realizado con equipo GNSS y VANT .....	87
Tabla 33. Prueba de la normalidad para volumen de desmonte. ....	89
Tabla 34. Promedio de medias para volumen de desmonte .....	89

## Índice de figuras

Figura 1. Relación entre GSD y altura de vuelo. ....	23
Figura 2. Relación entre la altura de vuelo (H), el tamaño de pixel en el sensor (TPS) y el tamaño de pixel en el terreno (GSD).....	23
Figura 3. distancia de muestreo del suelo (GSD).....	24
Figura 4. Componentes del diseño geométrico.....	25
Figura 5. Geometría en un modelo estereoscópico orientado. Cambiar la altura en el punto P (en la superficie) conduce a un movimiento lineal (izquierda - derecha) de los puntos P' y P" dentro de las fotos a lo largo de las líneas epipolares.....	28
Figura 6. Plan ideal de adquisición de la imagen- Caso general.....	29
Figura 7. Principio de posicionamiento basado en satélites.....	30
Figura 8. Carretera C.P. Yanamayo a C.C. Chinchero.....	34
Figura 9, Placas para monumentación de 02 puntos Geodésicos. ....	37
Figura 10, Ubicación de los Puntos de control PUN001 y PUN002 .....	38
Figura 11, Monumentación de Punto Geodésico PUN001.....	38
Figura 12, Monumentación de Punto Geodésico PUN002.....	38
Figura 13, Instalación de equipos GNSS .....	39
Figura 14. Post proceso en el software Magnet Tools. ....	40
Figura 15. Datos de equipo GNSS, Código de equipo, altura y tiempo de funcionamiento. ....	40
Figura 16. Precisión del equipo GNSS en su modo estático y RTK.....	42
Figura 17. Poligonal abierta, control planimétrico y altimétrico.....	42
Figura 18. Obtención de datos modo RTK .....	43
Figura 19. muestra la inicialización de la Base (Rover 01).....	43
Figura 20. Obtención de datos modo RTK margen izquierdo.....	44
Figura 21. Obtención de datos modo RTK margen derecho .....	44
Figura 22. Importación de los puntos obtenidos con el equipo GNSS. ....	46
Figura 23. Importación de todos los puntos en el software .....	46
Figura 24. Modelo de superficie digital con equipos VANT .....	47
Figura 25, Identificación de la zona de trabajo con Google Earth .....	47
Figura 26, Generación de archivo *.KML en Google Earth. ....	48
Figura 27. Pantalla de inicio del Aplicativo .....	48

Figura 28. Selección para importar extensión *.KML .....	49
Figura 29. Opciones para realizar líneas de vuelo fotogramétrico .....	49
Figura 30. Vista principal de configuración de líneas de vuelo.....	50
Figura 31. Configuración básica de líneas de vuelo.....	50
Figura 32. Selección de altura de vuelo .....	51
Figura 33. Configuración de superposición de vuelo.....	51
Figura 34, configuración de vuelo altura 40 metros.....	52
Figura 35, configuración de vuelo altura 80 metros.....	52
Figura 36, configuración de vuelo altura 120 metros.....	53
Figura 37. Distribución de puntos de foto control. ....	53
Figura 38, se observa el marcado de puntos de foto control.....	54
Figura 39. Vuelos fotogramétricos a diferentes alturas. ....	55
Figura 40. Importación de fotos al programa Pix4D .....	56
Figura 41. Importación de las coordenadas de foto control.....	57
Figura 42. Ubicación y ajustes de coordenadas de puntos de foto control. ....	57
Figura 43. Resultado final de Postproceso.....	58
Figura 44. Calidad de imágenes de Orto mosaico 40m. ....	58
Figura 45. Nube de puntos en civil 3D 2016 .....	59
Figura 46. Curvas de nivel generada con nube de puntos altura 40 metros .....	59
Figura 47. Comportamiento de error en la precisión de acuerdo con la altura de vuelo.....	62
Figura 48. Radios asumidos del DG de la carretera.....	67
Figura 49. Peralte calculado por número de curva.....	67
Figura 50. Cuadro de pendientes del diseño de la carretera.....	69
Figura 51. Valores de K para curvas convexa y cóncavas del diseño geométrico .....	70
Figura 52. Ancho de carril del diseño de carretera.....	71
Figura 53. Parámetros de talud de desmonte y terraplén. ....	74
<i>Figura 54, Mapa político del Perú</i>	<i>Figura 55. Mapa político del</i>
Departamento de Puno	76
Figura 56. Carretera de C.P. Yanamayo- C.C. Chincheros.....	76
Figura 57. Mapa provincial de Puno.....	76
Figura 58. Vista de punto de foto control al inicio de vuelo altura 40 m. ....	78

Figura 59. Vista de punto de foto control al inicio de vuelo. Altura 120 m. ....	78
Figura 60. Nube de puntos densa altura de vuelo 40 metros .....	82
Figura 61. Modelo digital del terreno tridimensional altura 40 metros. ....	83
Figura 62. Comparación de curvas de nivel entre GNSS – altura 40 m. ....	84
Figura 63. Comparación de curvas de nivel entre GNSS – altura 80 m .....	84
Figura 64. Comparación de curvas de nivel entre GNSS – altura 120 m. ....	85
Figura 65. Diseño geométrico de la carretera Yanamayo - Chinchero .....	86
Figura 66. Vista tridimensional del diseño geométrico de la carretera Yanamayo - Chinchero .....	86

## Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021, se utilizó la siguiente metodología: el tipo de investigación es aplicada con un enfoque cuantitativo, y un diseño de investigación no experimental – transversal. La población y muestra se constituye por la carretera Yanamayo – Chinchero con una longitud aproximada de 05 kilómetros, el muestreo se constituye por la selección del tramo 00+000 al 01+000 debido a que la autonomía de vuelo del equipo VANT a altura de 40 metros solo cubre una longitud aproximadamente 01 kilometro, se utilizó la técnica de observación y el instrumento fue recolectar datos de forma sistemática.

La conclusión principal fue que no existe influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, se realizaron los análisis estadísticos con un nivel de confianza del 95 %, para evaluar la influencia de la precisión, influencia de las características y detalles topográficos, la influencia en las características de diseño geométrico y como resultado tuvimos que rechazar nuestras hipótesis alternas ya que en la pruebas de hipótesis no existe influencia significativa.

Palabras clave: Equipo VANT, Drone, topografía, Diseño Geométrico de carreteras y GNSS.

## **Abstract**

The objective of the study was to determine the influence of the flight height with UAV technologies in the geometric design of the Yanamayo Chinchero highway, Puno 2021, the following methodology was used: the type of research is applied with a quantitative approach, and a design of non-experimental – cross-sectional research. The population and sample is constituted by the Yanamayo - Chinchero highway with an approximate length of 05 kilometers, the sampling is constituted by the selection of the section 00+000 to 01+000 due to the flight autonomy of the UAV equipment at a height of 40 meters only covers a length of approximately 01 km, the observation technique was used and the instrument was to collect data systematically.

The main conclusion was that there is no influence of the flight height with UAV technologies in the geometric design of the Yanamayo Chinchero highway, statistical analyzes were carried out with a confidence level of 95%, to evaluate the influence of precision, influence of the topographical features and details, the influence on the geometric design features and as a result we had to reject our alternative hypotheses as there is no significant influence on the hypothesis tests.

Keywords: UAV equipment, Drone, topography, Geometric Design of roads and GNSS.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional tradicionalmente, El estudio topográfico se realiza utilizando estaciones totales y sistemas globales de navegación por satélite, que permiten medir puntos sobre el terreno, con precisión, para reconstruir una superficie. Estos sistemas son eficientes para medir áreas que no utilizan un gran número de puntos, en los casos en los que es necesario reconstruir una superficie con un gran número de puntos, se requerirá más tiempo en la medición y por lo tanto tendrá un mayor costo, Perez (2021).

Los trabajos de los levantamientos topográficos se realizan por los métodos convencionales directos, utilizando equipos topográficos de alta precisión como las estaciones totales y equipos GNSS. en el artículo de la revista Environ Earth Sci de los autores Suh & Yosoon (2017) menciona que sin embargo, los métodos convencionales basados en levantamiento con humanos y mapeo de hundimientos sufren omisiones de datos y errores debido a problemas relacionados con la accesibilidad, la seguridad y la digitalización manual.

Los estudios topográficos basados en técnicas tradicionales (estaciones totales y GPS) permiten una representación detallada de las características de la superficie del suelo, pero son costosos en términos de recursos y tiempo, Jimenez (2017)

A nivel nacional el uso de los equipos GNSS y los equipos UAV se está utilizando para realizar los levantamientos de carreteras esto debido al tipo de geografía del Perú, los levantamientos topográficos se realizan utilizando los métodos tradicionales que nos limita en tener mejores perspectivas y detalles topográficos y dichos levantamientos no son suficientes información requerida antes de su ejecución, la utilización de equipos GNSS y fotogrametría con equipos UAV es cada vez más requerida, es deficiente los parámetros de funcionamiento de estos equipos, Hinostroza (2021).

No se cuenta con una Norma específica de los procedimientos técnicos para realizar levantamientos topográficos de obras Viales, más si se cuenta con la Norma para realizar replanteo de las obras viales la cual nos indica que se debe replantear todos los puntos en el eje del proyecto, los que se encuentra en tangente a cada 20 metros y en curvas horizontales a cada 10 metros y todas las secciones transversales con mayor detalle topográfico que se encuentren en el eje de la carretera, las distancias de replanteo en línea tangente no debe superar los 20 metros y los 10 metros en tramos curvos. Cuando existan detalles topográficos importantes se realiza el seccionamiento cada 5 metros, MTC (2015). Según las especificaciones técnicas mencionadas los levantamientos topográficos se realizan en línea tangente cada 20 m. y en curvas cada 10 m. perdiendo así los detalles topográficos entre progresivas.

En la Región Puno se observa el incremento del uso de nuevas tecnologías como el uso de equipos VANT para realiza trabajos en la ingeniería civil (Levantamiento Topográficos), existen tesis sobre el uso de los equipos VANT de la Universidad Nacional del Altiplano que concluye que los datos generados sobre el terreno del drones y los datos obtenidos por una estación total tienen resultados muy próximos, otra investigación menciona que el cálculo de volúmenes de relleno y corte generados por los equipos VANT son mucho mejores que los realizados por el método tradicional donde de utilizan los métodos de levantamientos convencionales usando una estación total para realiza los seccionamientos y de tal manera realizar los cálculos volumétricos, señalando que el método tradicional subestima las variaciones topográficas entre progresivas, a razón de ampliar la investigación del uso de tecnologías VANT, nos formulamos los siguientes problemas generales y específicos , ¿Cuál es la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021?, como problemas específicos nos formulamos las siguientes interrogantes, ¿Cuál es la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en la precisión para el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021?, ¿Cuál es la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en las características y detalles topográficos para el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021? y ¿Cuál es la

influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en las características del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021?.

Se justifica la investigación proponiendo nuevas tecnología como alternativa de solución para mejorar los resultados de los levantamientos topográficos y generar mejores modelos digitales de elevación para los proyectos de obras lineales, proponiendo el uso de tecnologías actuales como son los vehículos aéreos no tripulados (VANT); el uso de la tecnología beneficiara la realización de proyectos de infraestructura vial, incrementando las características, precisión de los modelos digitales de elevación y reduciendo tiempo y costos para realizar dichos trabajos de ingeniería.

La justificación teórica, la investigación se desarrolla con el propósito de contribuir y cerrar la brecha de conocimiento, para lo cual se aplicará el concepto de investigación de artículo rankeado de cuartil Q2, de Kuo Jen, (2020) publicado en la revista Applied sciences MSPI, donde muestra levantamientos topográficos para cuantificar volúmenes de deslizamiento de tierras con tecnología VANT, generando modelos topográficos digitales de elevación de muy buena resolución y de bajos costos, recomienda que la tecnología VANT se aplique en otras áreas de la ingeniería.

Por otro lado, Roblero & Flores (2020) realizaron una investigación en la revista Ingeniería Agrícola y Biosistemas, ha referido la prueba de los tres métodos de levantamiento topográficos y evaluar su confiabilidad para realizar el modelos digitales de elevación y como resultado obtuvo al analizar las diferencias entre las variables y para cada método, se obtiene que al comparar el levantamiento topográfico con ET vs. VANT se espera un error absoluto de  $X = 0.061$  m,  $Y = 0.065$  m y  $Z = 0.047$  m.s.n.m; y con GPS RTK vs. VANT se espera un error de  $X = 0.020$  m,  $Y = 0.002$  m y  $Z = 0.050$  m.s.n.m. y nos recomienda realizar para estudios posteriores de levantamiento a diferentes alturas de vuelo, y analizar el error debido al incremento en el tamaño de pixel y a las condiciones de cobertura de la superficie.

Como justificación social y metodológica podemos señalar que esta investigación contribuirá en la utilización de los nuevos métodos de levantamientos topográficos y dar solución a problemas que se generen al aplicar estas nuevas tecnologías., para el desarrollo de nuestra investigación realizaremos uso de metodologías apropias para la recolección de la información en campo, y la realización de procesamiento de gabinete se realizara detalladamente.

Para nuestra investigación el objetivo general es determinar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021, con los siguientes objetivos específicos. Determinar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en la precisión para el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021; analizar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en las características y detalles topográficos para el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021 y determinar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en las características del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021, y se propuso las siguientes hipótesis alternativas, como hipótesis general,  $H_a$ : La altura de vuelo con tecnología VANT si influye en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021, con la formulación de las siguientes hipótesis específicas,  $H_a$ : La altura de vuelo con tecnologías VANT si influye en la precisión para el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021;  $H_a$ : La altura de vuelo con tecnologías VANT si influye en las características y detalles topográficos para el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021;  $H_a$ : La altura de vuelo con tecnologías VANT si influye en las características del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes internacionales en esta investigación, Jimenez, Magaña, & Soriano (2019), El objetivo fue realizar un comparativos de levantamientos topográficos, entre el uso de un equipo estación total y uso de un equipo Drone, GPS, referidos a los levantamientos por métodos directos e indirectos. Fue un estudio experimental aplicado. La población de estudio estuvo constituida por Sherwin Williams - Ilopango del El Salvador, y el muestreo fue en los terrenos de la universidad. Los instrumentos utilizados fueron el Drone Phantom, la estación total y el GPS de doble frecuencia. Los principales resultados obtenidos fueron en  $X = 0,038$  metros, en  $Y = 0,041$  metros y en  $Elev = 0,287$  metros. Se concluyó que, de acuerdo con la investigación, los resultados obtenidos en campo de las mediciones realizadas utilizando el método de uso de equipo Drone y la estación total, ambos métodos georreferenciados, los resultados fueron parecidos, pero recomienda el uso del segundo método ya que existe mayor precisión.

Corredor( 2018) El objetivo de esta investigación fue evaluar los modelos de elevación generados por topografía convencional y modelos con topografía con drones para diseñar una carretera de 12.62 kilómetros. Fue un estudio experimental. La población de muestra estuvo dentro del departamento del Valle del Cauca que pertenece al corredor vial nacional Panorama. Los instrumentos utilizados fueron Drone ebee y equipo GNSS y se llegaron a las siguientes conclusiones la realización de levantamientos topográficos con equipos drones ebee tiene como ventaja la disminución en el tiempo de obtención de información y los resultados obtenidos con el Drone ebee tiene bastante precisión, esta información puede ser utilizada en los proyectos de consultorías, se extrajo información aleatoria a lo largo de la carretera, se realizó la identificación y la comparación de la diferencia de alturas, obteniéndose como resultados una diferencia de 0.003 metros a 0.09 metros, estas comparaciones se realizaron con los métodos utilizados de levantamientos con drone Ebee y el otro método topográfico convencional, verificando que las diferencias están dentro de un rango aceptable para el estudio realizado.

García & Polo (2020), El objetivo fue realizar el análisis de los levantamientos topográficos con el Drone y la Estación Total para realizar un comparativo entre levantamientos. Fue un estudio no experimental. La población estuvo establecida por la cuenca del río Moche ubicada en el departamento de La Libertad, abarcando 4 provincias y 22 distritos. La cuenca abarca las provincias de Trujillo, Otuzco, Santiago de Chuco y Julcán en un área aproximada de 2,708 km<sup>2</sup>. y el muestreo fue todo el tramo del Río Moche, Kilómetro 0+00 al Kilómetro 102+00. Los instrumentos empleados fueron Drone Phantom 4 y estación total Topcon ES-105. Los principales resultados obtenidos fueron que se puede observar claramente que el levantamiento con Estación total Topcon ES-105 es más preciso que el levantamiento topográfico realizado con Drone Phantom 4, además se puede rescatar que tiene un nivel de error menor que 0.05%, mientras que el levantamiento topográfico con Drone Phantom 4 tiene un error superior a 1%. La discusión principal fue que se puede observar una diferencia abismal entre el levantamiento con Estación total Topcon ES-105 y el levantamiento topográfico realizado con Drone Phantom 4, siendo el primero mucho más preciso, ya que tiene un nivel de error menor que 0.05%, mientras que el levantamiento topográfico con Drone Phantom 4 tiene un error superior a 1%, por lo que se puede deducir que el Drone no debe realizar levantamientos topográficos por sí solo. Se concluyó que los mejores resultados son los obtenidos con el equipo topográfico Estación Total Topcon ES-105, porque a pesar que realizar el levantamiento topográfico con Drone Phantom 4 resultó ser más rápido y más económico, pero no cumple con los estándares con respecto a precisión que debería tener un levantamiento topográfico (% error < 0.05), ya que su error es superior a 1%.

Pari & Sedano (2019), El objetivo fue realizar un levantamiento fotogramétrico con equipo RPA frente a un levantamiento topográfico convencional con equipos GNSS, para analizar, desarrollar y comparar estos métodos de levantamiento. El estudio fue cuantitativo según la naturaleza de los datos, aplicado según la finalidad, cuasi-experimental y transversal según la manipulación de las variables. La población de estudio corresponde a un área de 15 hectáreas en las instalaciones del proyecto minero Lagunas Norte, operado por Barrick Gold

Corporation, a una altura máxima de 4500 m.s.n.m. a 140 kilómetros al noreste de la ciudad de Trujillo aproximadamente. Los instrumentos utilizados fueron una aeronave RPA híbrida modelo Wingtra WingtraOne, que cuenta con una cámara de 42 megapíxeles con receptor RTK, para la topografía convencional se utilizaron 03 receptores GNSS Trimble, modelo RIO en modo RTK, y para el post-procesamiento de los vuelos y data de equipos GNSS se utilizó los siguientes softwares Agisoft Metashape, Autodesk Civil 3D y Global Mapper. Los principales resultados obtenidos con la comparación de la nube de puntos densa realizada con equipo RPA frente a los puntos del levantamiento topográfico convencional que fueron realizados con equipos GNSS es que están dentro de un rango permisible. Se ha llegado a la conclusión de que con un nivel de significación del 5% se puede afirmar que los errores absolutos de X, Y y Z se encuentran por debajo del parámetro permitido de 0.017, la diferencia significativa entre los levantamientos topográficos no existe, por lo tanto afirmamos que la precisión obtenida con equipos RPA realizadas con técnicas fotogramétricas es aceptable a la vez tiene un 70% de mayor eficiencia que un levantamientos topográficos realizado con equipos GNSS, por lo que se recomienda realizar levantamientos topográficos con equipo RPA para realizar trabajos de extensiones inmensas.

Pedrasa (2019), El objetivo general fue realizar levantamientos topograficos por metodos tradicionales y levantamientos topograficos con RPAS para determinar su diferencia. Fue un estudio de tipo de investigación aplicada, no experimental y transversal. La población de estudio se ubica a 60.00 m.sn.m perteneciente al distrito Los Olivos, Provincia de Lima y Departamento de Lima. Los instrumentos utilizados para realizar el levantamiento topográfico para los dos metodos fueron una estación total y un dron DJI Phantom 4 PRO. Los principales resultados obtenidos realizados los tres metodos de levantamiento topografico se obtubo errores de 0.010 metros en horizontal y 0.021 metros en vertical con respecto al levantamiento topografico con equipos RPAS. Se puede concluir que existe diferencias de presicion entre los levantamientos topograficos tradicionales y levantamiento topografico con equipo RPAS, a la vez difiren en los tiempos de ejecucion en los levantamientos topograficos, como tambien el los costos de

operación. Se observa que la precisión por el método tradicional es de 0.014 metros y la precisión con equipos RPAS es de 0.030 metros.

Alca & Gutierrez (2021), El objetivo fue realizar la diferencia entre el movimiento de tierras en carreteras realizados por el método de superficies con dron y en comparación con el método del prisma, fue un estudio de tipo descriptivo, solo es necesario utilizar estadística descriptiva, La población de estudio se encuentra en la comunidad Mi Perú hasta el centro poblado Salcedo en la provincia de Puno con una longitud de 2.2 Kilómetros, Los instrumentos utilizados fueron una estación total y un dron Phantom 4 pro v2. 0, se concluyó que el método de diferencia de superficies aplicando la fotogrametría con drones para el cálculo de movimientos de tierra nos muestra un volumen real respecto al movimientos de tierras realizado por el método de prismas que sugiere las EG-2013, ya que este método subestima las variaciones de superficie que existe entre tramos, las cuales son mucho más resaltantes en tramos de curvas horizontales y verticales.

Jea, Wei, & Ming (2020), tuvieron como objetivo evaluar la aplicación de topografía adquirida por vehículos aéreos no tripulados (UAV) para cuantificar el volumen de deslizamientos de tierra provocados por tifones y su posible impacto topográfico en ríos en cuencas montañosas, la población de estudio en la cuenca del río Laishe en el sur de Taiwán de 2009 a 2015, los instrumentos empleados fueron equipo VANT, datos LiDAR DEM aerotransportados fueron proporcionados por el Centro de Inspección Satelital, Departamento de Administración de Tierras, Ministerio del Interior, los software utilizados fueron el Pix4D y el ArcGis, teniendo como resultado que la comparación de los errores de levantamiento de todas las regiones en cada período sin incluir el área de cambio de río y deslizamiento de tierra. En general, las densidades de los puntos de control espaciaron entre 0,05 y 1,0 pts/m<sup>2</sup> y la media del sesgo vertical entre los DEM encuestados y el espacio LiDAR aerotransportado fue de -0,13 a 0,65 m. Para cuantificar el volumen extremo de deslizamientos de tierra inducidos por eventos de tifón, los autores creen que menos de 1 m de error de levantamiento es aceptable en una escala de captación. Este estudio demuestra la viabilidad del uso de vehículos aéreos no tripulados para cuantificar la migración de material de deslizamiento de tierra y los

cambios en el área y el volumen del canal, y la detección de presas de deslizamiento de tierra. En conclusión, se utilizaron dos fuentes de imágenes, especialmente las de los UAV, para descifrar la consecuencia y el peligro potencial, el impacto social y los cambios morfológicos en un río montañoso.

Gómez, Galán & González (2020), El objetivo del artículo fue realizar la aplicación de la fotogrametría con drones en el control de deformaciones de estructuras y terrenos. En este artículo se realizó el estudio del control de la deformación de las estructuras y terrenos con la posibilidad de utilizar drones para realizar dicho control, se ha realizado análisis de la resolución, nivel de precisión y la validación con otras técnicas similares. Se muestra la utilización de la técnica fotogramétrica Structure From Motion, utilizada para generar las ortofotografías y modelos 3D precisos, obviando los conocimientos de los ángulos de incidencia y las posiciones. La utilización de los puntos de control con precisión, la utilización de drones con sistemas integrados de RTK, son factores importantes para obtener resultados de gran precisión. Se ha realizado el estudio y el monitoreo de una gran estructura una presa de arco de gravedad. Los resultados muestran que en la investigación se logró una precisión de deformación de  $\pm 2$  milímetros para la gran estructura. Podemos afirmar que la fotogrametría con drones se puede aplicar en el control de las deformaciones de presas de hormigón.

Campos, Dos Santos, & Da Silva (2020), realizaron una investigación sobre el control de procesos estadísticos y estándares de precisión cartográfica aplicados a levantamientos aéreos, El objetivo de estudio fue evaluar la calidad de los procesos que se originaron en la generación de productos digitales georreferenciados empleando un número diferente de puntos de control terrestre (GCP), usando Control Estadístico de Procesos (SPC) y Estándares de Precisión de Mapeo (MAS) en un ortomosaico producido con imágenes de un RPA. Se utilizó un RPA multirrotor para adquirir imágenes aéreas sobre un área de 2 hectáreas. Posteriormente se generó un ortomosaico utilizando el software PhotoScan, y se georreferenciaron con ocho, cinco y tres GCP (ground control points). Los errores de posicionamiento se enviaron a SPC para evaluar la calidad de cada proceso, y los ortomosaicos fueron calificados por MAS. Los resultados

son prometedores, en vista de los errores de posicionamiento de menos de 0,1 m en los ortomosaicos generados, que se clasifican como Mapping Accuracy Standards clase 'A'. El Control Estadístico de Procesos mostró niveles aceptables de error, lo que indica la alta precisión de las encuestas de esta naturaleza. La precisión obtenida al mapear muestra que las imágenes aéreas obtenidas mediante RPA pueden ser utilizadas en levantamientos topográficos siempre que se observen estándares de error y control de procesos, lo que atestigua la calidad de los resultados.

## Teorías

La altura de vuelo se define como la distancia de la cámara al objeto que dependerá del nivel de detalle que deseemos obtener, que tiene una relación directa con la resolución del sensor y la distancia focal del objetivo. En este apartado trataremos del GSD (ground sample distance) que no es más que la huella o tamaño del píxel proyectado sobre la superficie. También conocido como la longitud que se proyecta entre los centros de dos píxeles que fueron medidas sobre un terreno (17), ver figura 1.

La resolución es un factor muy importante para realizar las mediciones en las fotografías tomadas desde vehículos aéreos no tripulados. Esta resolución debe ser la misma para todas las fotografías, la cual condicional que el dron debe volar a una misma altura. Sin embargo, por lo general se realizan los vuelos en superficies irregulares, para tal situación se procederá a tomar como referencia de la resolución media y la altura de vuelo promedio evitando siempre las interferencias en el vuelo del dron, considerando la pendiente de la superficie en lo posible (18), [...] para realizar los cálculos de la altura de vuelo para cualquier sensor dependerá de la distancia focal del sensor y de la escala horizontal con las que se obtendrán las imágenes (Figura 2). La escala se expresa como como la relación que existe entre la distancia medida de la imagen y la distancia real de la superficie o la relación que existe entre el tamaño del píxel en el sensor y el tamaño del píxel en la superficie (GSD). Así, la altura se define por la siguiente ecuación 1, (18).

Dependiendo de la cámara digital utilizada, es necesario realizar el vuelo a una altura que garantice que el tamaño medio del píxel que cumpla con las especificaciones del proyecto. Cada vuelo se realizara a una altura que cumplan simultáneamente con las dos condiciones siguientes: 1) El tamaño medio de los píxeles de los vuelos será de  $0,10 \text{ m} \pm 10\%$ , 2) No existirá más de un 10% de fotogramas en cada vuelo con un píxel medio del fotograma superior a 0.11 metros (19).

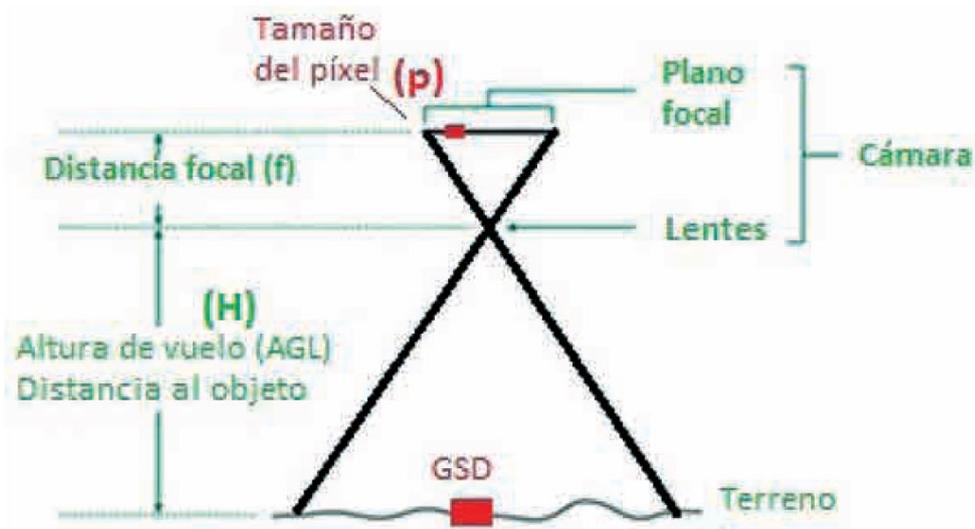


Figura 1. Relación entre GSD y altura de vuelo.

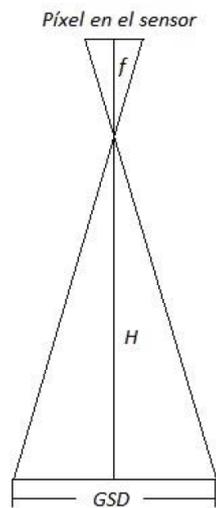


Figura 2. Relación entre la altura de vuelo (H), el tamaño de píxel en el sensor (TPS) y el tamaño de píxel en el terreno (GSD)

$$H = f * E, H = f * \frac{GSD}{TPS}$$

Ecuación 1

La distancia de muestreo del suelo (GSD) es la longitud medida entre dos centros de píxeles continuas medida en la superficie. Cuando el valor sea mayor de la imagen GSD, será menor la resolución espacial de la fotografía y menos detalles visibles (20).

El GSD se calcula en base a:

- La altura de vuelo / la distancia desde el terreno u objeto (H).

Las especificaciones de la cámara:

- Ancho de la imagen (ImW).
- Ancho del sensor (SW).
- Longitud focal (F)

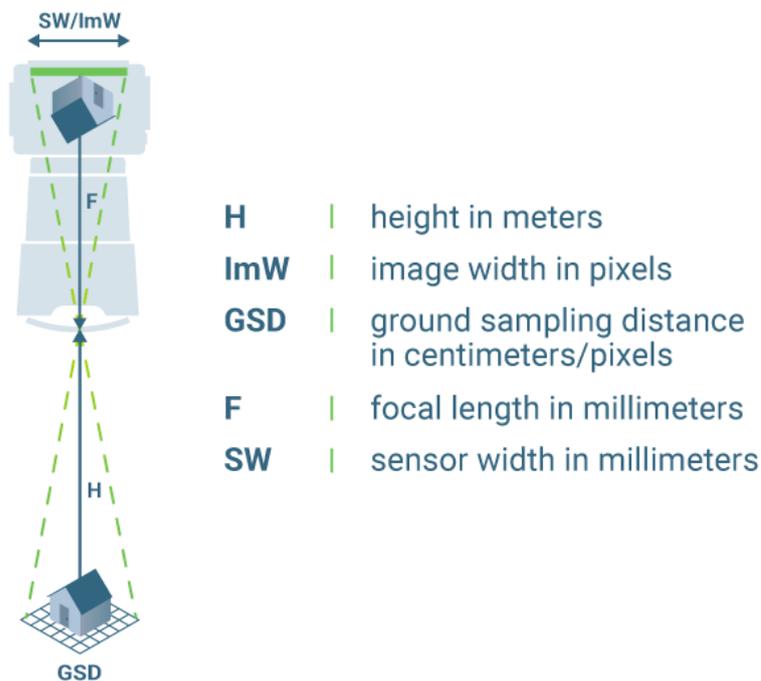
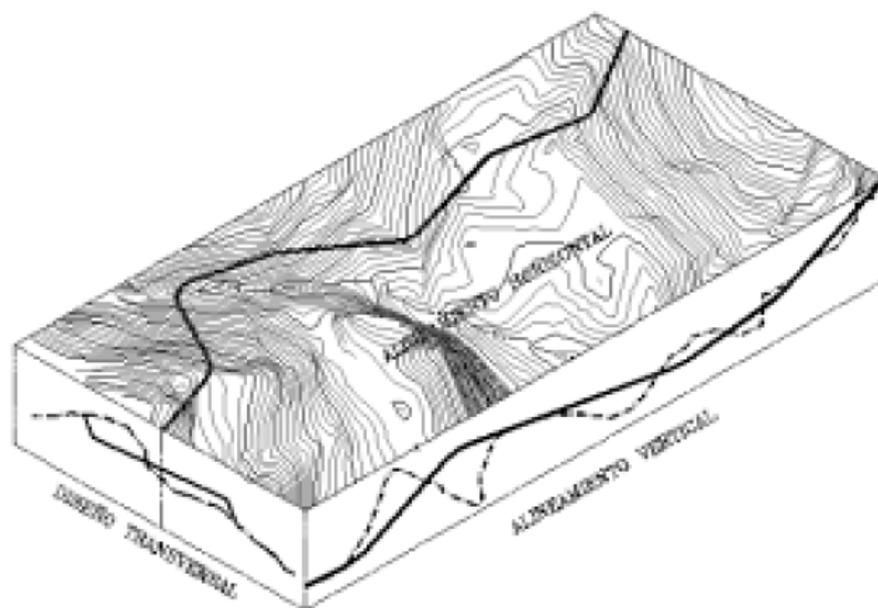


Figura 3. Distancia del muestreo de suelo (GSD)

[...] El diseño geométrico es lo más relevante, ya que él se realiza su configuración geométrica tridimensional, con el objetivo que la carretera sea funcional, segura, cómoda, estéticamente agradable, económica y relacionado con el medio ambiente (21). El diseño geométrico de una carretera es el método por el cual se realiza un proceso que adecue sus elementos físicos a las características de funcionamiento de los vehículos, por intermedio de la aplicación de los cálculos matemáticos, físicos y geométricos. La carretera se define geoméricamente por su diseño de sus ejes en planta, perfil y por el diseño de su sección transversal (22). Esta encargada de realizar la determinación de las características geométricas de la carretera en función de factores como el tráfico,

la topografía, las velocidades, para ser conducida con comodidad y seguridad. El diseño geométrico de la carretera está compuesto por tres elementos bidimensionales de diseño individual, pero que dependen entre ellos, y cuando se unen se obtiene un elemento tridimensional que equivale a la propia carretera. Los tres elementos se muestran en la figura 4, que son: Alineación horizontal: compuesta por ángulos horizontales y distancias formando un plano horizontal con coordenadas topográficas norte y este, el perfil longitudinal: está integrada por distancias verticales y pendientes obteniendo como resultado un plano vertical con abscisas y coordenadas, la sección transversal: integrado por distancias horizontales y verticales que a su vez generan un plano transversal con distancias y coordenadas (23). Podemos afirmar que el diseño geométrico de la carretera es el proceso que relaciona las características de sus elementos físicos (pendientes, longitudes de visibilidad y de frenado, distancia de parada, carriles adicionales, distancias de seguridad, nudos, ramales, etc.) que debe tener características de operación como las facilidades de frenado, aceleración, condiciones de seguridad, etc. (24)



*Figura 4.* Componentes del diseño geométrico

La alineación horizontal o el diseño geométrico en planta se compone de alineaciones rectas, curvas circulares y curvas con diferente grado de curvatura, que nos permiten una buena transición suave de las alineaciones rectas a las

curvas circulares o viceversa o entre dos curvas circulares de diferente curvatura. La alineación horizontal debe permitir el funcionamiento ininterrumpido de los vehículos, por lo general tratar de mantener la misma velocidad de diseño de la carretera (25). Podrían ser líneas rectas con una dirección constante o curvas con direcciones variables. Todas las alineaciones tienen una serie de características que nos limitan de aspectos relacionados con su propio trazado o con elementos estrechamente relacionados como la velocidad específica. De tal manera el trazado en planta es la base fundamental sobre la que se definirán el resto de los elementos geométricos como son las rampas, pendientes, peraltes, sobreeanchos, etc. pertenecientes al perfil y a la sección transversal de la carretera. Es de vital importancia definir cuidadosa y meticulosamente las alineaciones en planta para que el trazado sea finalmente acorde con los niveles de seguridad y confort que la carretera requiere por su alcance (26).

La alineación vertical o el diseño en perfil está definido por una sucesión de líneas rectas que serán unidas por curvas verticales parabólicas, por lo que estas rectas son tangentes; en cuyo recorrido se establece la dirección de las pendientes según el kilometraje, en positivo, las que suponen un aumento de cota y en negativo las que suponen una disminución de cota (25).

La alineación horizontal de una carretera determina su trazado, el diseño en alzado trata de adaptar la carretera al terreno sobre el que se va a construir. La topografía del terreno desempeña un papel importante a este respecto: un terreno accidentado con un perfil de pendiente pronunciada dificultará la adaptación de la pendiente de la carretera al terreno lo cual provocará mayores movimientos de tierra, e incluso la construcción de estructuras como viaductos y túneles, lo que aumentará el coste de la construcción de la carretera (26).

El diseño de la sección transversal consiste en definir los elementos de una carretera en un plano de corte vertical normal a la alineación horizontal, lo que facilita la definición del trazado y las dimensiones de estos elementos en el punto que corresponde a cada sección y su relación con la superficie natural.

La sección transversal sufre cambios de un punto a otro de la carretera, ya que son el resultado de la unión de los diferentes elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependerán de cada función que desempeñan y de las características del trazado y del terreno (25).

### **Enfoques conceptuales**

La fotogrametría permite recomponer la posición, la orientación, la forma y el tamaño de los objetos a través de imágenes; estas imágenes pueden proceder de imágenes fotoquímicas (fotografía convencional) o de imágenes fotoeléctricas (fotografía digital). Las imágenes de escáner láser, un tercer grupo, han llegado en los últimos años; Las imágenes de escáner láser tienen información de distancia asociada con cada elemento de la imagen (27). [...] La fotogrametría se puede definir como la “ciencia de medir en fotos”, y es tradicionalmente una parte de la geodesia, perteneciente al campo de la teledetección (RS). Se quiere determinar distancias, áreas o cualquier otra cosa, la tarea básica es conseguir las coordenadas del objeto (terreno) de cualquier punto de la foto a partir de las cuales puede calcular datos geométricos o crear mapas. Obviamente, de una sola foto (plano bidimensional) solo se pueden obtener coordenadas bidimensionales. Por lo tanto, si necesitamos coordenadas tridimensionales, tenemos que encontrar la forma de obtener la tercera dimensión. Este es un buen momento para recordar las propiedades de la visión humana. Somos capaces de ver los objetos de manera espacial, y con esto podemos estimar la distancia entre un objeto y nosotros. pero ¿cómo funciona? Como saben, nuestro cerebro en todo momento obtiene dos imágenes ligeramente diferentes resultantes de las diferentes posiciones del ojo izquierdo y derecho y según el hecho de la perspectiva central del ojo. Exactamente este principio, la llamada visión estereoscópica, se utiliza para obtener información tridimensional en fotogrametría: si tenemos dos (o más) fotos del mismo objeto, pero tomadas desde diferentes posiciones, podemos calcular fácilmente la coordenadas de cualquier punto que se represente en ambas fotos (28). Observe la figura 5:

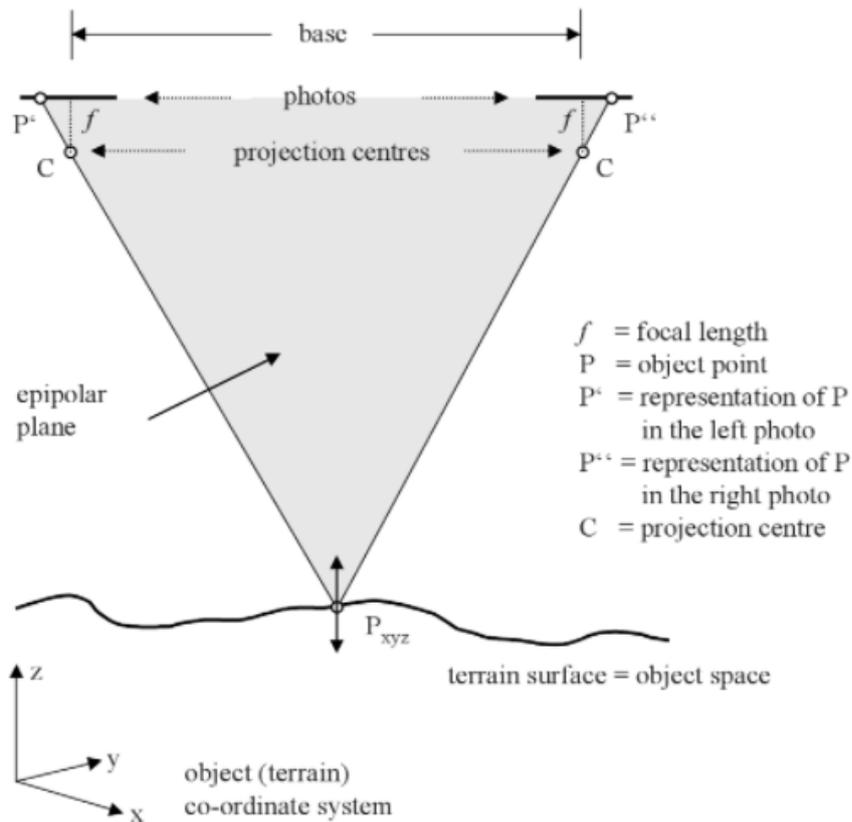


Figura 5. Geometría en un modelo estereoscópico orientado. Cambiar la altura en el punto  $P$  (en la superficie) conduce a un movimiento lineal (izquierda - derecha) de los puntos  $P'$  y  $P''$  dentro de las fotos a lo largo de las líneas epipolares.

Traslado, o recubrimiento longitudinal; Como ya se sabe, la finalidad del solapamiento fotográfico es aplicar el principio de la visión estereoscópica de los fotogramas aéreos; La parte común entre dos fotografías consecutivas de modelos estereoscópicos, tienen que poder unirse tanto longitudinal como transversalmente. El recubrimiento longitudinal mínimo ( $p$ ) que será necesario para que las zona del terreno a restaurar se muestren en dos fotogramas consecutivos sería del 50% del área de cada fotograma, pero por motivos de seguridad, en la práctica se aplica un solapamiento mínimo de un 60%, disminuyendo así los minúsculos errores de alineación de la cámara o de otro tipo no provoquen que algunas zonas del terreno queden cubiertas por un solo fotograma y, por tanto, no puedan ser restauradas estereoscópicamente. Normalmente las áreas a ser cubierta por el vuelo es de una magnitud tal que no puede ser cubierta de una sola vez en la trayectoria de la aeronave, por lo que es necesario poder realizar varias veces las pasadas con trayectorias que sea

paralelas entre sí; lo que obliga a producir un solapamiento transversal ( $q$ ), normalmente superior al 20% (29).

El recubrimiento recomendado para la mayoría de los casos será de por lo menos un 75% de recubrimiento longitudinal (con relación a la dirección de vuelo) y de por lo menos un 60% de recubrimiento lateral (entre trayectorias de vuelo). Se aconseja tomar las fotografías en un patrón de cuadrícula. La cámara debe estar estabilizada en la medida de lo posible a una altura constante sobre la superficie/objeto para asegurar el tamaño de píxel terrestre (GSD) necesario (20).

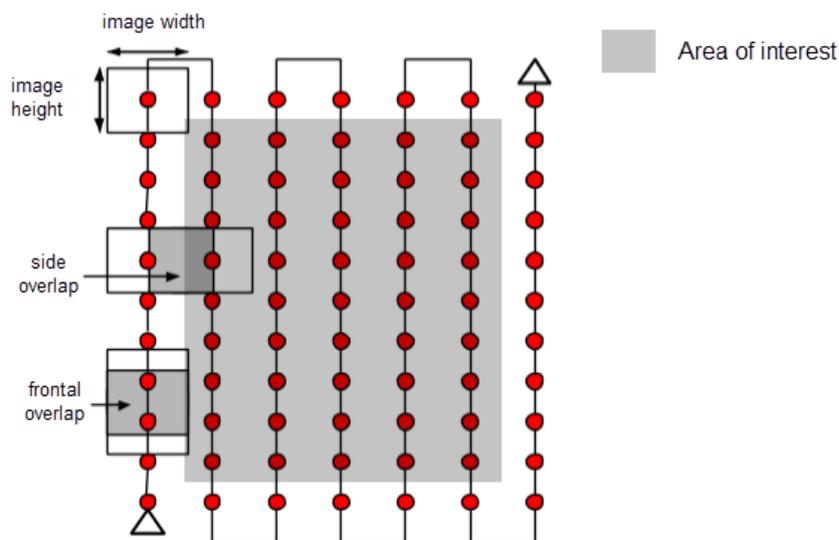


Figura 6. Plan ideal de adquisición de la imagen- Caso general.

GNSS (Global Navigation Satellite System), el posicionamiento basado en satélites es la determinación de las posiciones de los sitios de observación en la superficie o del mar, en el aire y en el espacio por medio de satélites artificiales. Los sistemas de posicionamiento basados en satélites operativos suponen que las posiciones de los satélites se conocen en cada época. Los satélites operativos brindan principalmente al usuario la capacidad de determinar su posición, expresada, por ejemplo, por latitud, longitud y altura. Esta tarea se logra mediante el proceso de resección simple usando rangos o diferencias de rango medidos a satélites. Imagina los satélites congelados en el espacio en un instante dado. El vector espacial relativo al centro de la tierra (geocentro) de cada satélite (Figura 7)

se puede calcular a partir de las efemérides transmitidas por el satélite mediante un algoritmo (30).

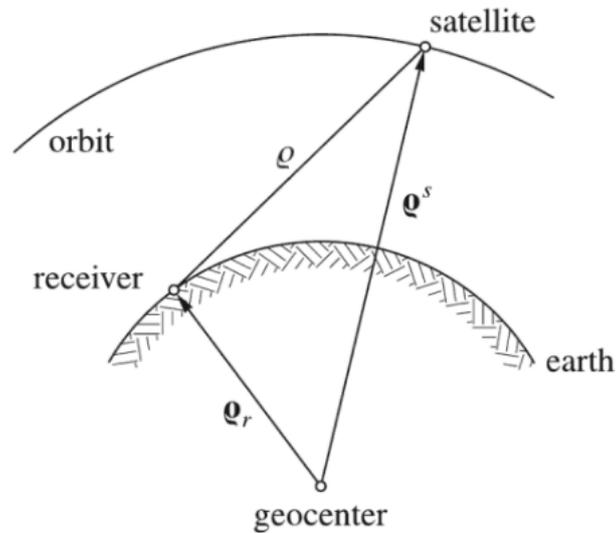


Figura 7. Principio de posicionamiento basado en satélites

RTK (Real Time Kinematic) o en español navegación cinética satelital en tiempo real, Se puede lograr una precisión de GPS muy alta mediante el posprocesamiento. Sin embargo, para aplicaciones en tiempo real que requieren correcciones sobre la marcha, se prefiere un GPS diferencial (DGPS). Una forma sencilla de lograr esto es usar dos receptores GPS (un móvil y una base) que rastrean los mismos satélites, de modo que muchos de los errores se pueden minimizar y se puede obtener una mayor precisión en tiempo real. Dado que la posición de la estación base se conoce con precisión, se puede determinar el error al estimar la ubicación de la estación base utilizando señales de satélite. Esta información de corrección se puede comunicar al receptor GPS de campo (es decir, el móvil) mediante un enlace de radio, y esta información se puede utilizar para aumentar su precisión (31).

Con el advenimiento de las técnicas GPS-RTK a principios de la década de 1990 (GNSS-RTK, que incorpora datos de CPU GLONASS), el posicionamiento basado en CPII finalmente podría considerarse seriamente como una herramienta topográfica. La productividad ha aumentado hasta tal punto que las empresas topográficas privadas ahora invierten significativamente en el equipo receptor. (La productividad se puede medir de muchas maneras, pero esencialmente se refiere

a la cantidad de puntos de tierra que se pueden coordinar en un día de trabajo, con restricciones operativas mínimas) (32).

La cinemática en tiempo real (RTK) es una técnica de posicionamiento de alta precisión que utiliza mediciones de fase y pseudodistancia de la portadora en tiempo real. Los cálculos de posición de alta precisión se realizan a la velocidad de las mediciones en la estación móvil. La estación base, que está ubicada en una posición conocida, transmite sus datos sin procesar, con el formato apropiado, a través de un canal de comunicación de datos. Para la transmisión de datos se pueden utilizar canales de ultra alta frecuencia (UHF), Sistema global celular para comunicaciones móviles (GSM), Evolución a largo plazo (LTE), Wi-Fi o Internet. Por lo general, los datos se transmiten de una manera, desde la base hasta el móvil. Uno o varios rovers pueden escuchar una determinada estación base y diferenciar sus mediciones sin procesar con las mediciones sin procesar de la estación base para corregir la posición (33).

La topografía es el arte de establecer las ubicaciones de los datos de la superficie terrestre, por encima o por debajo de ella, mediante mediciones directas o indirectas de la distancia, la dirección y la elevación (34).

Levantamientos Topográficos: Consiste en la ubicación horizontal y vertical de ciertos puntos por medidas lineales y angulares y se hace para determinar las características naturales de un país tales como ríos, arroyos, lagos, bosques, colinas, etc., y tales características como carreteras, vías férreas, canales, pueblos y aldeas (34). Se realizan levantamientos topográficos para determinar las características naturales de regiones como colinas, ríos, lagos y bosques. y elementos artificiales o hechos por el hombre, como pueblos, aldeas, edificios, carreteras, vías férreas y canales (35).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación:**

El presente trabajo es una investigación aplicada ya que “ se orienta a la determinación por medio del conocimiento científico, las cuales cubren una necesidad reconocida y específica” (36). Nuestra investigación utilizara nuevas tecnologías en el levantamiento topográfico para el diseño geométrico de carreteras.

##### **Enfoque de investigación:**

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, porque “tiene como objetivo caracterizar mediante variables cuantificables, por lo general se busca explicar por medio de la prueba de una hipótesis” (37). Para nuestra investigación las variables independiente y dependientes son cuantificable y se realizó las pruebas de hipótesis.

##### **El diseño de la investigación:**

La investigación es no experimental, porque que “la información adquirida no sufrirá ningún tipo de manipulación de lo valores de la variable, se evaluaran las variables como se comportan en la realidad” (38). Nuestra investigación se obtendrán los valores de las variables de campo sin ningún tipo de manipulación.

##### **El nivel de la investigación:**

El nivel de investigación es de tipo transversal porque “realiza la descripción de un fenómeno que se estudia en un tiempo determinado” (38). Para nuestra investigación se realizó a la obtención de información en un desteterminado tiempo.

### 3.2. Variables y operacionalización:

“La variable es una propiedad que puede cambia y los cambios pueden medirse u observarse”. (39)

Variable 1 : Altura de Vuelo.

Variable 2 : Diseño Geométrico de carreteras.

En base a la investigación se operacionalizan las variables, “se realiza la identificación de las variables y luego se realiza la identificación de cada dimensión” (40). “la operacionalización de la variable es la fase por el cual se desarrolla la separación de las variables de tal manera mejorar su comprensión, para la gran mayoría se representa este proceso mediante tablas, tiene como propósito fundamental definir los objetivos de la investigación” (41). Sobre la base de lo anterior, se ha considerado la siguiente estructura para esta investigación:

Tabla 1. Operacionalización de variables de la investigación

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Altura de vuelo	Altitud	GSD	Metros
Diseño geométrico de carreteras	Características y detalles topográficos	Curvas de Nivel	metros
	precisión para diseño geométrico	Coordenadas	milímetros
	Características del diseño geométrico	Volumen	DG 2018
	Volumen		
	Volumen		

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población:

De acuerdo con la investigación la población “es la agrupación de todos los casos que son similares y a la vez coinciden con una serie de especificaciones” (39). De acuerdo con lo señalado la población se encuentra en la carretera Yanamayo – Chinchero con una longitud aproximada de 05 kilómetros, perteneciente a la Región, Provincia y Distrito de Puno

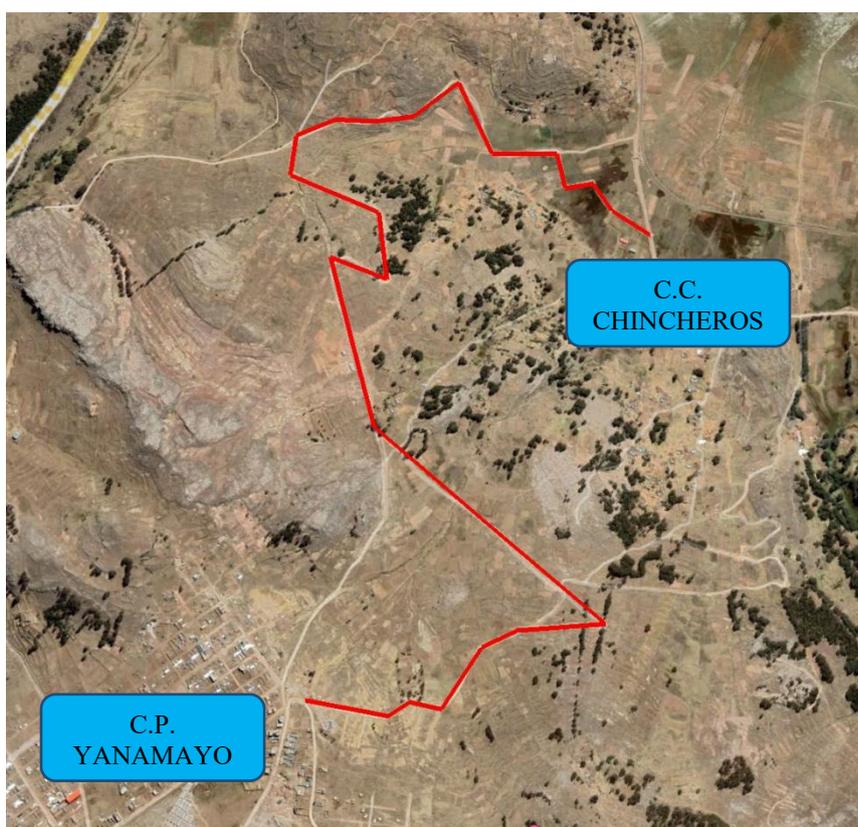


Figura 8. Carretera C.P. Yanamayo a C.C. Chinchero

#### Muestra:

La muestra “está definida como un subgrupo de la población que nos interesa, en el cual se procederá a la recolección de datos, la cual debe haber sido anteriormente identificado y delimitado con gran precisión y a la vez ser representativo de la población” (39). De acuerdo con lo señalado la muestra se

encuentra en la carretera Yanamayo – Chinchero con una longitud aproximada de 05 kilómetros, perteneciente a la Región, Provincia y Distrito de Puno

### **Muestreo:**

El tipo de muestreo en esta investigación es no aleatorio (no probabilístico) y no representativo. “En este sentido, señala que la muestra no aleatoria es una selección de unidades que integran la muestra, que se ejecuta de forma antojadiza o por conveniencia, anteponiendo en la gran mayoría de casos el juicio personal del investigador” (42). A este respecto, cabe señalar que, se seleccionó los tramos 00+000 al 01+000 debido a que la autonomía de vuelo del equipo VANT a altura de 40 metros solo cubre una longitud aproximadamente 01 kilómetro y a su vez el tramo seleccionado presenta mayores características y detalles topográficos y consideraciones para el diseño geométrico de carretera.

### **Unidad de análisis:**

“En la unidad de análisis se señala los que van a ser medidos, es decir, los casos o participantes a los que se le va a aplicar el instrumento de medición en última instancia” (43).

Los instrumentos de medición se aplicarán a los levantamientos topográficos con equipo GNSS y VATN.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

“Una de las fundamentales técnicas de recolección de información es definitivamente la observación” (44). Para nuestro trabajo de investigación se empleó la técnica de la observación, ya que fue realizada por los levantamientos topográficos en in-situ, de forma directa con un equipo GNSS y de forma indirecta con un equipo VANT, para recolección de datos se usará la memoria interna del equipo GNSS (colectora) y las fotografías obtenidas por el equipo VANT.

## **Instrumentos de recolección de datos**

“Modelos en la que es posible recoger datos de forma ordenada y garantizada y pueden ser anotadas de forma uniforme” (45).

Para la recolección de información del levantamiento topográfico, se utilizará la colector el equipo GNSS marca TOPCON modelo Tesla donde recolectará la información en su memoria interna, para la recolección de datos con el equipo VANT, se realizará en su memoria interna donde se grabarán las fotografías de vuelo.

## **Validez**

“Grado en que el método o técnica puede calcular realmente lo que se supone que debe medir” (46).

Los equipos GNSS tiene alta precisión en los levantamientos topográficos.

## **Confiabilidad de los instrumentos.**

“Cuando se miden los acontecimientos y fenómenos varias veces con el mismo instrumento de medición, ¿los resultados serian similares o iguales?, si se afirma la respuesta, se afirma que el instrumento es fiable” (47).

Para la confiabilidad de los equipos topográficos sus certificados de calibración o certificado de operatividad.

- 01 equipo GNSS (certificado de operatividad)
- 01 colector (certificado de operatividad)
- 01 equipos VANT (certificado de operatividad)

### 3.5. Procedimientos:

1. Determinar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en la precisión del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

Para realizar el proyecto de investigación, se realizó los levantamientos topográficos con equipo GNSS y levantamiento topográfico con equipo VANT a diferentes alturas, como primer paso se realizó la elaboración de las placas geodésicas respetando la Norma Técnica Geodésica del IGN, para los puntos geodésicos que tendrán un orden de precisión "C" con la siguiente numeración PUN001 y PUN002, las cuales se presenta en la figura 9, para su respectiva monumentación.



*Figura 9, Placas para monumentación de 02 puntos Geodésicos.*

Se realizó la monumentación de 02 puntos geodésicos de orden "C" denominados PUN001 y PUN002 a lo largo de la carretera Yanamayo Chinchero, el primero al inicio de la carretera y el segundo a la mitad de la carretera, ambos en el margen izquierdo como se muestra en las figuras 10, también se puede apreciar las fotos los puntos de control monumentados en la figura 11 y 12 respectivamente.



*Figura 10, Ubicación de los Puntos de control PUN001 y PUN002*



*Figura 11, Monumentación de Punto Geodésico PUN001*



*Figura 12, Monumentación de Punto Geodésico PUN002*

Se realizó la instalación de los equipos GNSS marca Topcon, GR-5, en los 02 puntos geodésicos de orden “C” denominados PUN001 (Rover 01) y PUN002 (Rover 02) ya monumentados, como se indica en la figura 13.

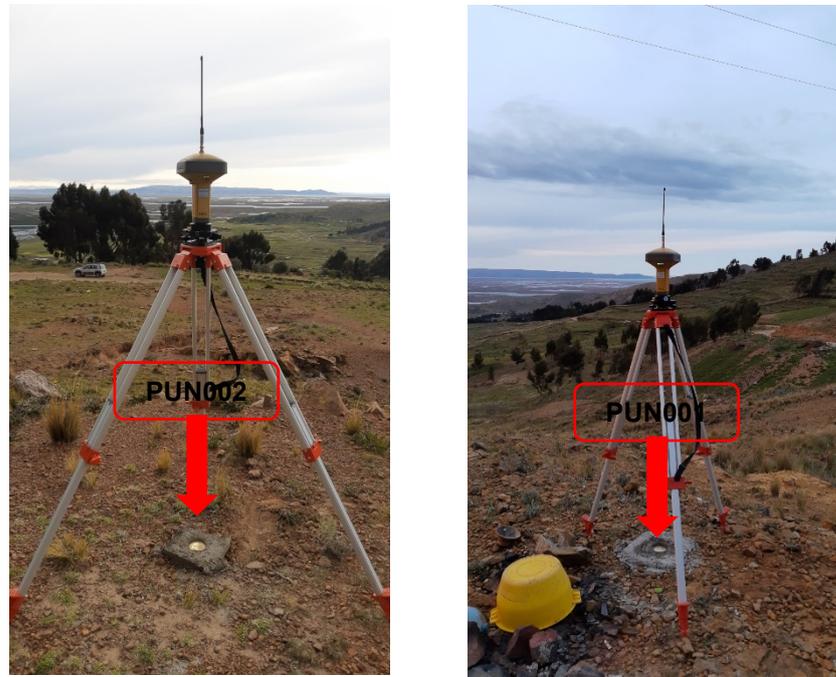


Figura 13, Instalación de equipos GNSS

La instalación se realizó con las características que la norma técnica geodésica la refiere, tal como se indica en la tabla 3.

Tabla 2. Datos de instalación de equipos GNSS Base y Rovers

Base		Rover 01		Rover 02	
<b>Fecha</b>	10/02/2022	<b>Fecha</b>	10/02/2022	<b>Fecha</b>	10/02/2022
<b>Código E.</b>	10296	<b>Código E.</b>	10298	<b>Código E.</b>	10271
<b>Hora de Inicio</b>	16:16:24	<b>Hora de Inicio</b>	16:49:03	<b>Hora de Inicio</b>	17:02:51
<b>Hora final</b>	19:38:06	<b>Hora final</b>	19:00:24	<b>Hora final</b>	19:07:24
<b>A. inst.</b>	Vertical 1.673	<b>A. inst.</b>	Inclinada 1.530	<b>A. inst.</b>	Inclinada 1.550
<b>Mask Elev.</b>	13°	<b>Angulo</b>	13°	<b>Angulo</b>	13°
<b>Periodo</b>	3 seg.	<b>Periodo</b>	3 seg.	<b>Periodo</b>	3 seg.

Donde la norma técnica geodésica menciona que [...] “se considerara el tiempo de observación continua de no menos de 900 registros o épocas (de coincidencia

con la base), a no menos de un (1) segundo ni más de cinco (5) segundos de sincronización (con la base), con una elevación de la máscara no superior a quince (15) grados sobre el horizonte y con el seguimiento permanente de no menos de 4 satélites” (48).

Se realizó el postproceso de los puntos de control Pun001 (Rover01) y Pun002 (Rover02) con el software Magnet Tools, como se observa en las figuras 14 y 15

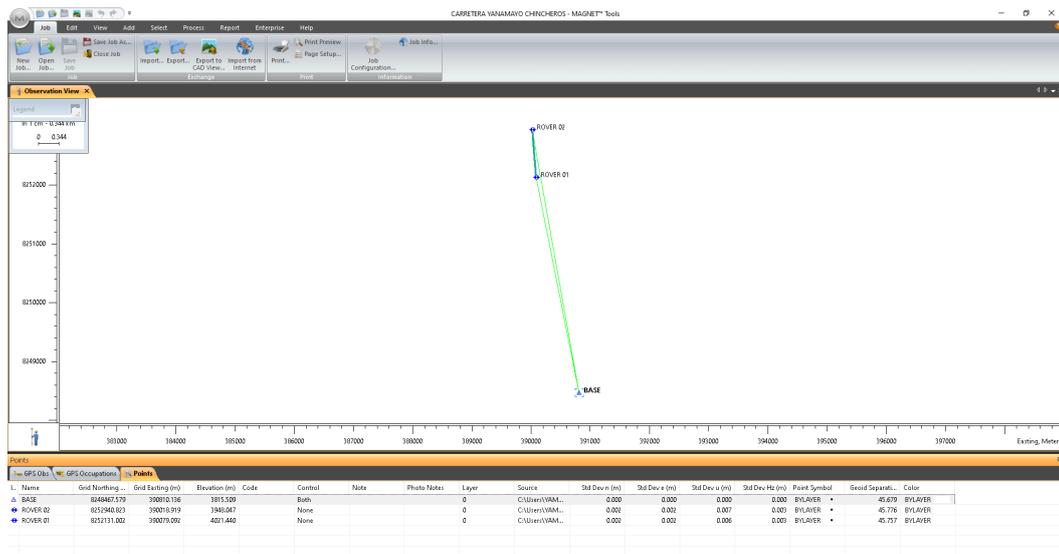


Figura 14. Post proceso en el software Magnet Tools.

I.	Point Name	Original Name	Antenna Type	Antenna Heig...	Ant Height Me...	Start Time	Stop Time	Duration	Method
1	BASE	102960210_Z9...		1.673	Vertical	10/02/2022 16:16:24	10/02/2022 19:38:06	03:21:42	Static
2	ROVER 02	10298_0210w...		1.550	Slant	10/02/2022 17:02:51	10/02/2022 19:07:24	02:04:33	Static
3	ROVER 01	102710210_000...		1.530	Slant	10/02/2022 16:49:03	10/02/2022 19:00:24	02:11:21	Static

Figura 15. Datos de equipo GNSS, Código de equipo, altura y tiempo de funcionamiento.

Se obtuvo como resultado final de la instalación de los puntos Geodésicos de orden “C” la tabla 4 de observaciones de GPS usados.

Tabla 3. *Reporte de precisión del software Magnet Tools.*

Used GPS Observations					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-ROVER 01	3663.422	-731.043	206.010	0.003	0.008
BASE-ROVER 02	4473.245	-791.218	132.633	0.004	0.010
ROVER 01-ROVER 02	809.820	-60.173	-73.374	0.001	0.002

Fuente. Magnet Tools

Los resultados de la tabla 4 se encuentran dentro de los márgenes de precisión que recomienda la Norma técnica Geodésica para puntos de control geodésico de orden "C" que son [...] Precisión: Horizontal hasta 10.00 mm y Vertical: hasta 15 mm, (48)

Tabla 4. *Reporte de coordenadas ajustadas de Rover1 y Rover2*

Puntos Ajustados			
Nombre	Norte	Este	Elevación
ROVER 01	8252131.002	390079.092	4021.440
ROVER 02	8252940.823	390018.919	3948.047

Fuente. Reporte Magnet Tools

Se acepta las coordenadas procedas y ajustadas del Rover 01 y Rover 02, como se observa en la tabla 5.

Obtenidos las coordenadas del Rover 01 y Rover 02, se procede a levantar un tercer punto de apoyo, puntos que nos servirá como parte de la poligonal abierta para futuros trabajos de replanteo ya que el equipo GNSS tiene alta precisión en su modo RTK. Ver figura 16

Precisión (RMS)* *	
RTK	H: 5 mm + 0,5 ppm V: 10 mm + 0,8 ppm
Estática †	H: 3,0 mm + 0,1 ppm V: 3,5 mm + 0,4 ppm

Figura 16. Precisión del equipo GNSS en su modo estático y RTK

Tabla 5. Cálculo de error para una distancia de 400 m.

Error Horizontal		Error Vertical	
Precisión (mm):	5.00	Precisión (mm):	10.00
ppm	0.50	ppm	0.80
Error calculado	0.20	Error calculado	0.32
Distancia	400.00	Distancia	400.00
Error Final H (mm)	5.20	Error Final V (mm)	10.32

En la tabla 5, se aprecia el error cometido para distancias de 400 metros ya que la distancia entre PUN001 y PC-A es de 352.43 metros, se observa que los errores son milimétricos.

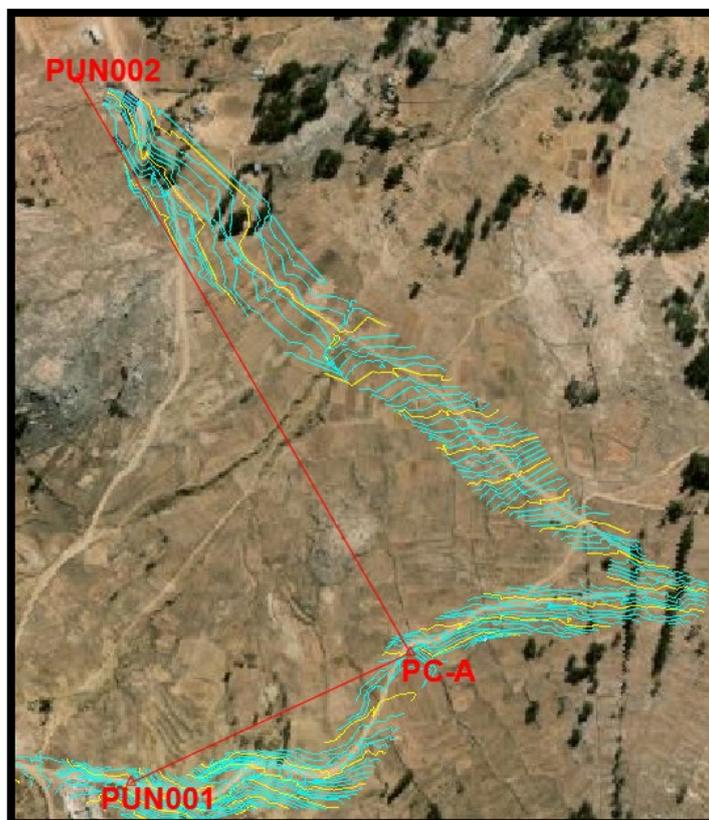


Figura 17. Poligonal abierta, control planimétrico y altimétrico.

Tabla 6. Cuadro de coordenadas de poligonal abierta

Coordenadas de Poligonal abierta			
Nombre	Norte	Este	Elevación
ROVER 01	8252131.002	390079.092	4021.440
ROVER 02	8252940.823	390018.919	3948.047
PC-A	8252280.385	390398.301	3993.321

Definida la poligonal de apoyo abierta se procede a realizar el levantamiento topográfico con equipos GNSS, utilizando el método de levantamiento RTK, como se presenta en las figuras 18 y 19.



Figura 19. muestra la inicialización de la Base (Rover 01)



Figura 18. Obtención de datos modo RTK



Figura 21. Obtención de datos modo RTK margen derecho



Figura 20. Obtención de datos modo RTK margen izquierdo.

En las figuras 20 y 21 se observa el levantamiento topográfico con equipos GNSS en los lados derecho e izquierdo de la carretera Yanamayo – Chinchero.

Como resultados del proceso de levantamiento topográfico, se obtuvo un total de 1364 puntos topográfico con sus respectivas coordenadas norte, este y elevación, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Cuadro de coordenadas obtenidas con equipos GNSS

N°	Norte	Este	Elevación	Descrip.	N°	Norte	Este	Elevación	Descrip.
1	8252131.002	390079.092	4021.440	PUN001	51	8252149.252	390012.047	4020.180	R
2	8252178.743	389931.771	4021.517	R	52	8252154.627	390014.661	4018.225	R
3	8252167.206	389931.813	4021.731	R	53	8252154.949	390022.493	4017.111	R
4	8252152.839	389931.705	4020.771	R	54	8252143.496	390020.859	4023.409	R
5	8252149.449	389932.378	4020.110	EJE	55	8252137.955	390020.362	4024.299	R
6	8252145.501	389933.300	4019.959	R	56	8252135.589	390019.909	4023.355	BORDE
7	8252137.427	389933.913	4020.141	R	57	8252128.785	390019.052	4022.848	BORDE
8	8252130.939	389933.381	4019.528	R	58	8252131.926	390020.139	4023.146	EJE
9	8252131.071	389946.732	4019.655	R	59	8252125.812	390019.615	4023.507	R

10	8252138.641	389948.472	4020.646	R	60	8252120.719	390017.988	4023.449	R
11	8252144.845	389950.516	4020.541	R	61	8252119.487	390028.461	4023.833	R
12	8252144.817	389950.491	4020.540	R	62	8252125.439	390030.131	4023.341	R
13	8252147.820	389951.245	4020.693	EJE	63	8252127.554	390030.190	4022.762	BORDE
14	8252150.418	389952.133	4020.985	R	64	8252132.364	390030.834	4023.035	BORDE
15	8252162.028	389953.157	4022.175	R	65	8252130.158	390030.572	4022.996	EJE
16	8252174.526	389954.168	4022.193	R	66	8252135.060	390031.019	4024.033	R
17	8252173.517	389964.922	4022.388	R	67	8252144.090	390034.375	4018.388	R
18	8252161.223	389965.400	4022.097	R	68	8252149.420	390036.665	4016.467	R
19	8252148.951	389965.812	4021.806	R	69	8252150.386	390045.950	4017.175	R
20	8252149.652	389965.315	4021.965	R	70	8252141.286	390047.233	4019.804	R
21	8252147.460	389966.213	4021.471	R	71	8252137.030	390047.988	4020.766	R
22	8252142.100	389970.392	4021.335	0	72	8252133.331	390046.166	4022.986	R
23	8252137.599	389972.718	4021.418	R	73	8252131.087	390046.017	4022.243	BORDE
24	8252126.958	389977.943	4021.888	R	74	8252126.265	390045.946	4022.254	BORDE
25	8252121.850	389983.809	4022.164	R	75	8252125.187	390045.718	4022.017	BORDE
26	8252129.060	389982.062	4021.694	R	76	8252128.390	390046.344	4022.244	EJE
27	8252134.763	389980.959	4021.891	BORDE	77	8252123.842	390047.964	4023.845	R
28	8252138.201	389981.265	4022.000	EJE	78	8252119.001	390047.211	4025.026	R
29	8252140.859	389982.844	4022.204	BORDE	79	8252113.675	390045.938	4025.292	R
30	8252142.576	389982.687	4022.876	R	80	8252104.325	390055.784	4025.939	R
31	8252147.469	389982.989	4022.420	R	81	8252114.357	390056.683	4025.128	R
32	8252157.992	389985.881	4022.120	R	82	8252119.032	390057.869	4023.064	R
33	8252162.294	389986.150	4021.663	R	83	8252122.870	390059.535	4022.013	R
34	8252159.231	389997.069	4021.697	R	84	8252123.725	390059.818	4021.273	BORDE
35	8252149.004	389994.864	4022.500	R	85	8252124.248	390059.804	4021.116	BORDE
36	8252142.728	389993.594	4022.587	R	86	8252128.793	390060.196	4021.311	BORDE
37	8252140.606	389994.616	4023.945	R	87	8252126.237	390060.012	4021.199	EJE
38	8252138.003	389994.269	4022.674	BORDE	88	8252131.326	390060.751	4021.677	R
39	8252133.641	389993.544	4022.412	BORDE	89	8252133.511	390061.396	4020.675	R
40	8252136.212	389994.323	4022.632	EJE	90	8252149.208	390063.821	4018.472	R
41	8252116.901	389994.994	4023.230	R	91	8252147.399	390073.850	4018.914	P
42	8252117.614	390004.534	4023.702	R	92	8252141.161	390074.789	4020.038	R
43	8252123.511	390005.223	4023.435	R	93	8252131.281	390075.361	4021.393	R
44	8252131.161	390005.106	4022.870	BORDE	94	8252129.035	390074.577	4021.191	R
45	8252136.810	390005.908	4023.135	BORDE	95	8252127.051	390074.252	4019.716	BORDE
46	8252133.744	390006.302	4022.954	EJE	96	8252122.086	390074.051	4019.789	BORDE
47	8252139.027	390007.172	4023.251	R	97	8252121.034	390073.811	4019.710	BORDE
48	8252141.337	390007.003	4024.316	R	98	8252117.480	390073.915	4022.126	R
49	8252143.505	390006.961	4024.026	R	99	8252116.293	390072.077	4022.367	R
50	8252145.099	390008.556	4022.711	R	100	8252106.462	390070.077	4025.119	R

Para nuestra investigación el procesamiento de la data generada por el equipo GNSS se realizará con el software Civil 3D versión estudiante, las coordenadas obtenidas se realizará la importación al software civil 3d como se observa en las figuras 22 y 23.

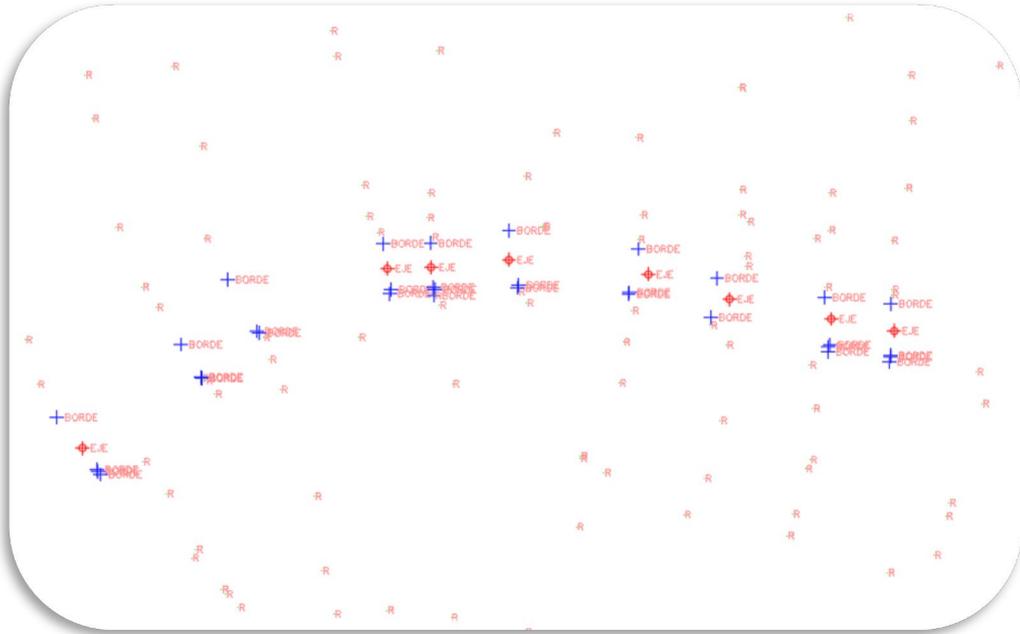


Figura 22. Importación de los puntos obtenidos con el equipo GNSS.

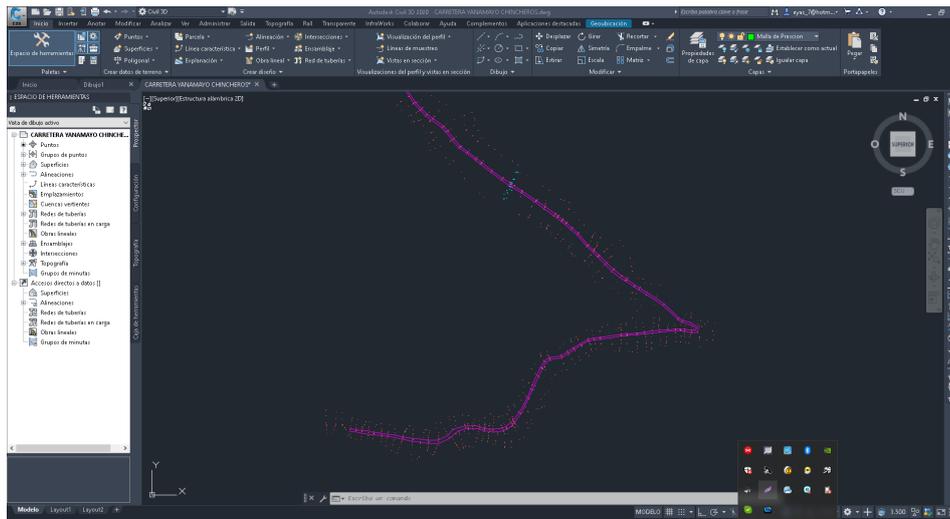


Figura 23. Importación de todos los puntos en el software

Realizada la importación de puntos se procede a generar la superficie digital de terreno realizado con equipo VANT, generando curvas de nivel maestras a 5 metros y secundarias a 1 metros respectivamente, como se presenta en la figura 24.

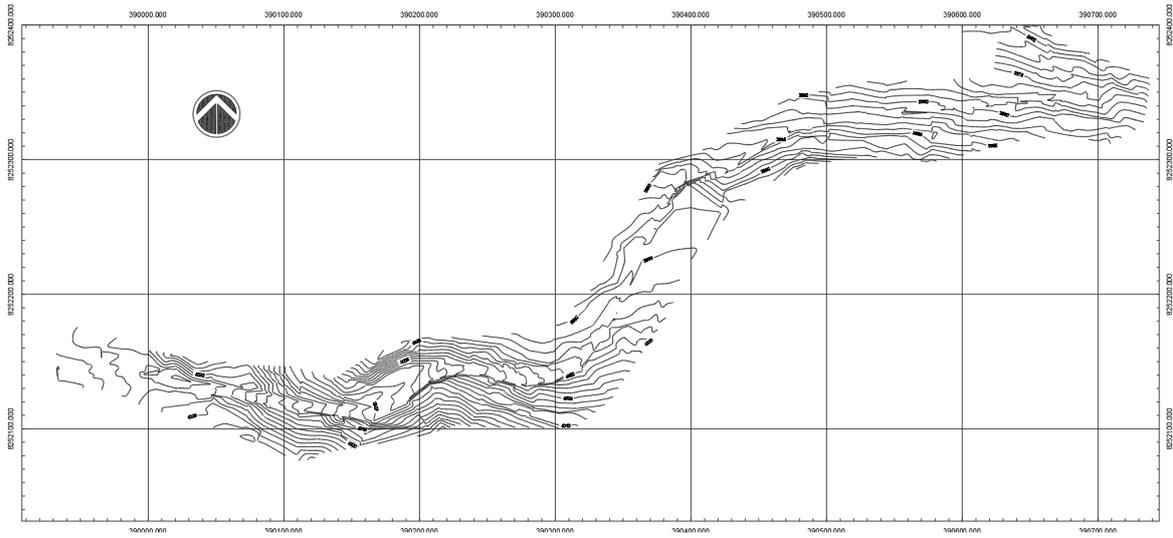


Figura 24. Modelo de superficie digital con equipos VANT

Se realizó los siguientes procedimientos para la obtención de modelos digitales de terreno a alturas de 40, 80 y 120 metros, de manera indirecta con equipos fotogramétricos (VANT DJI Phantom 4 Pro).

Para realizar los vuelos fotogramétricos, el primer paso es la identificación de la zona de trabajo, con ayuda del software Google Earth identificamos la zona de trabajo, carretera Yanamayo – Chinchero y generamos un archivo de extensión \*.KML de la carretera, como se presenta en las figuras 25 y 26.

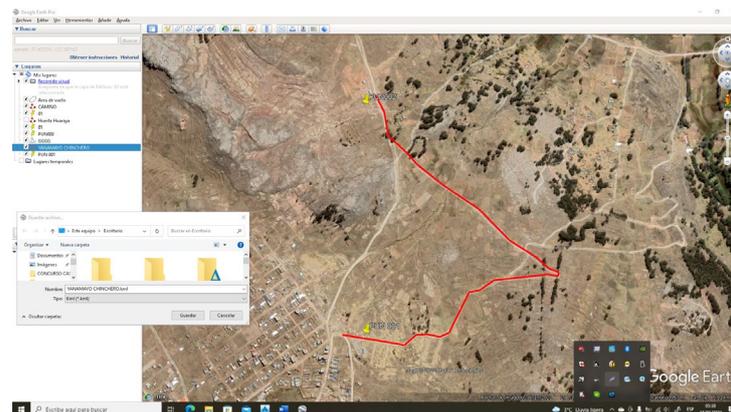


Figura 25, Identificación de la zona de trabajo con Google Earth

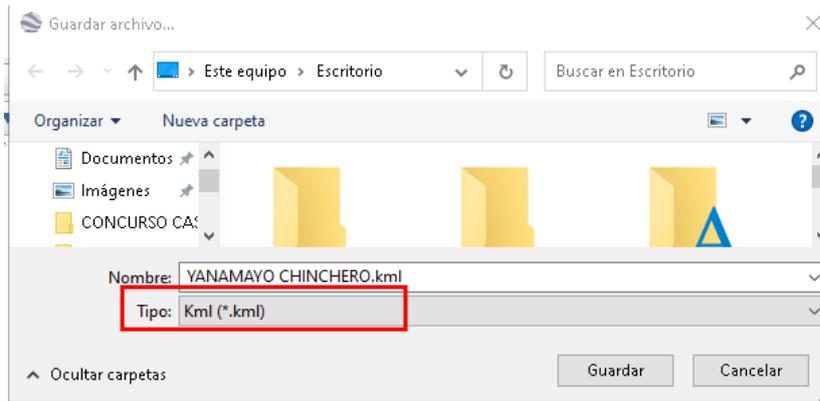


Figura 26, Generación de archivo \*.KML en Google Earth.

Se realizó la configuración de las líneas de vuelo fotogramétrico con el aplicativo DJI PILOT V. 2.5.1 para sistema Android, ejecutando el aplicativo y se muestra la pantalla inicial como se observa en la figura 27, seleccionamos la opción "Mission Flight".

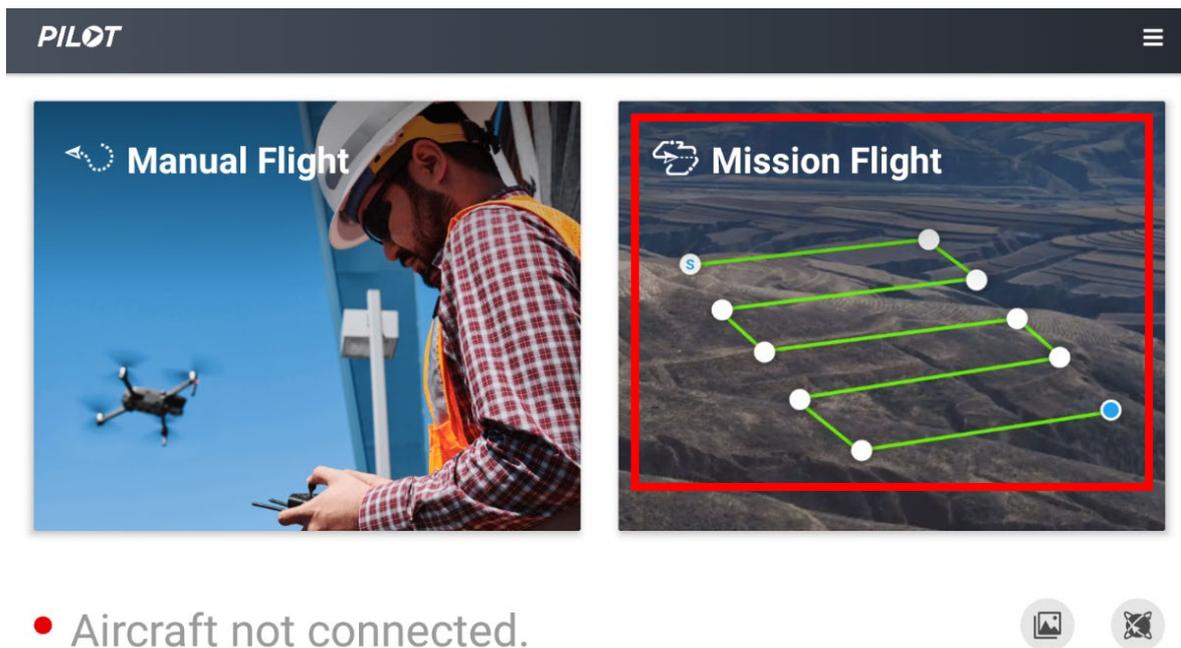


Figura 27. Pantalla de inicio del Aplicativo

Seleccionada la opción de "Mission Flight", se muestra la pantalla donde seleccionamos KML import como se presenta en la figura 28.

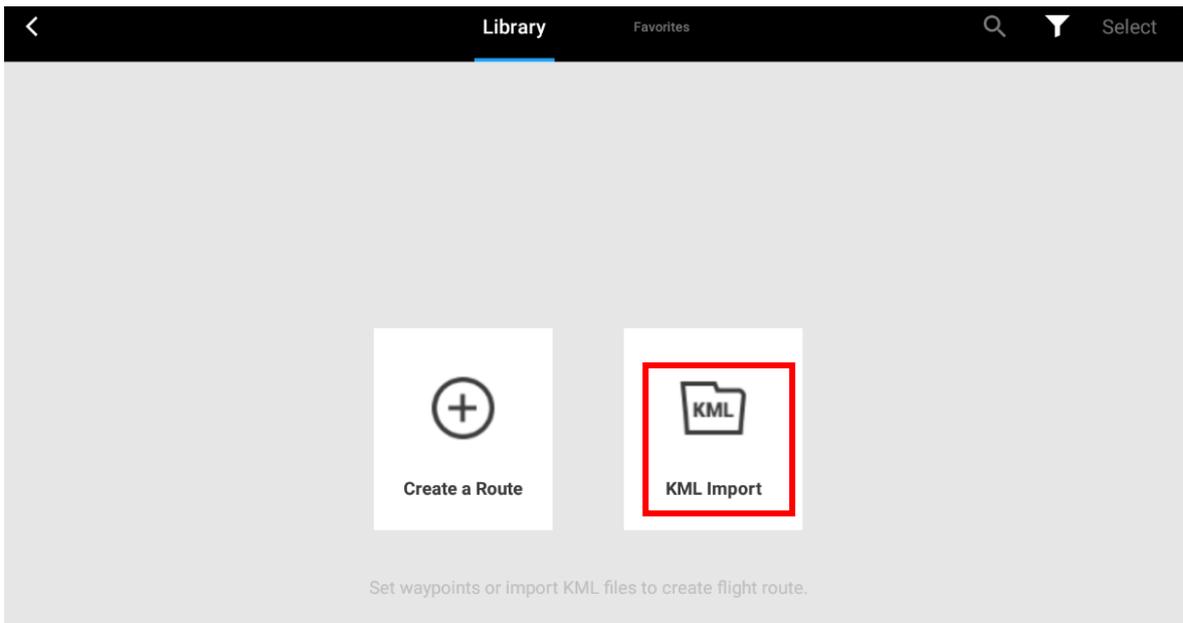


Figura 28. Selección para importar extensión \*.KML

Seleccionada la opción de “KML import”, se nos muestra 04 opciones para configurar el plan de vuelo fotogramétrico. Para nuestra investigación seleccionamos la opción de “Mis. vuelo lineal”, como se indica en la figura 29.

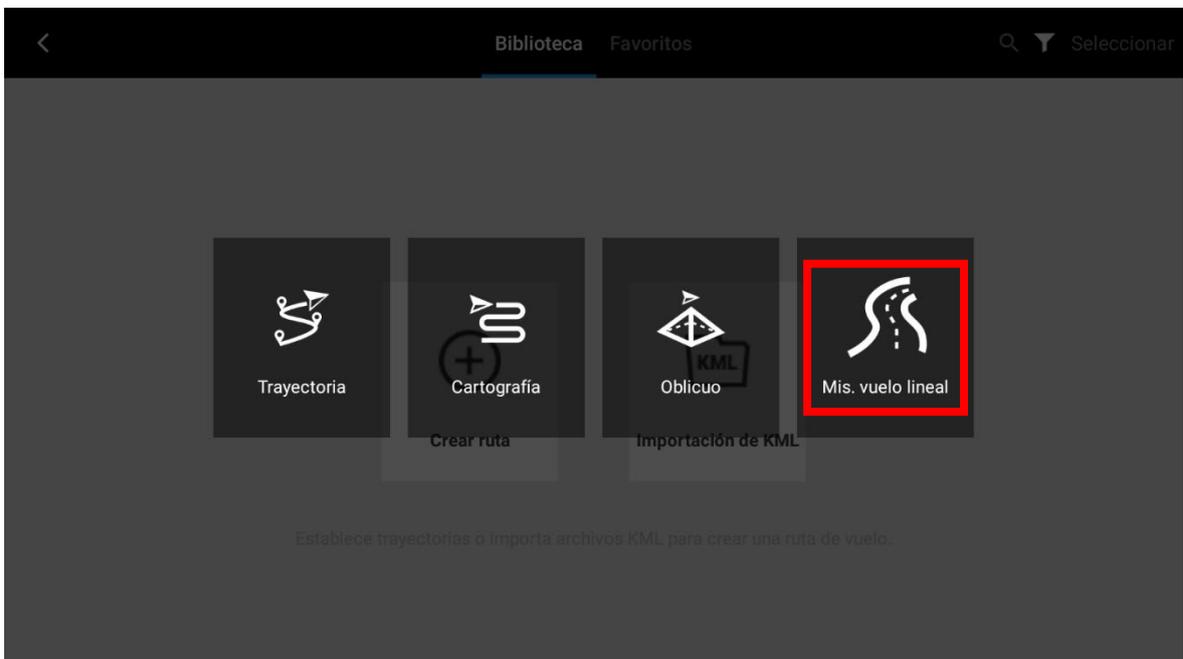


Figura 29. Opciones para realizar líneas de vuelo fotogramétrico

Se importó el archivo \*.KML generado con el software Google Earth, para tomar como referencia el área de vuelo y configurar los parámetros de vuelo como se presenta en la figura 30, vista principal de configuración de líneas de vuelo.

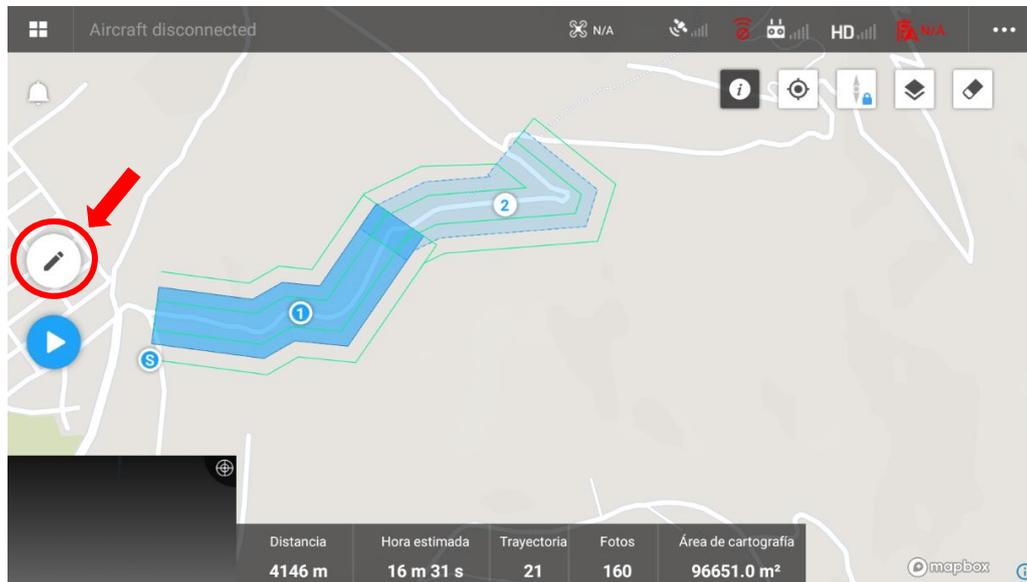


Figura 30. Vista principal de configuración de líneas de vuelo.

En la vista principal de configuración, seleccionamos el icono del lápiz como se observa en la figura 30. Donde realizamos las configuraciones básicas de la línea de vuelo; 1. colocamos el nombre de nuestra línea de vuelo, 2. tipo de cámara seleccionamos “Phantom 4 Pro”, 3. Longitud de extensión izquierda y derecha seleccionamos 20 metros, como se presenta en la figura 31.

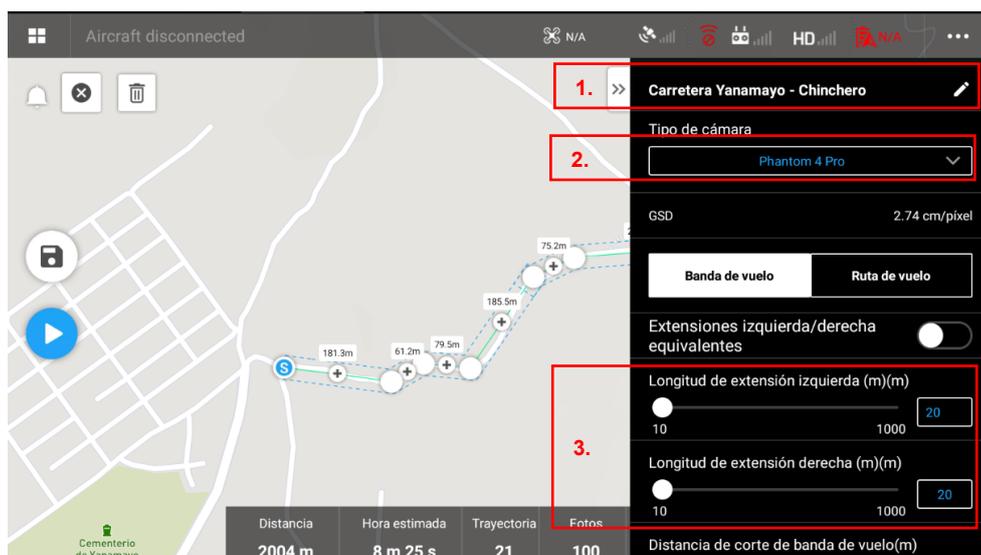


Figura 31. Configuración básica de líneas de vuelo

Cambiamos de banda de vuelo a ruta de vuelo, al realizar el cambio se muestra la opción de selección de altura de vuelo, es aquí que modificamos nuestras alturas de vuelo que serán 40, 80 y 120 metros, como se presenta en la figura 32.

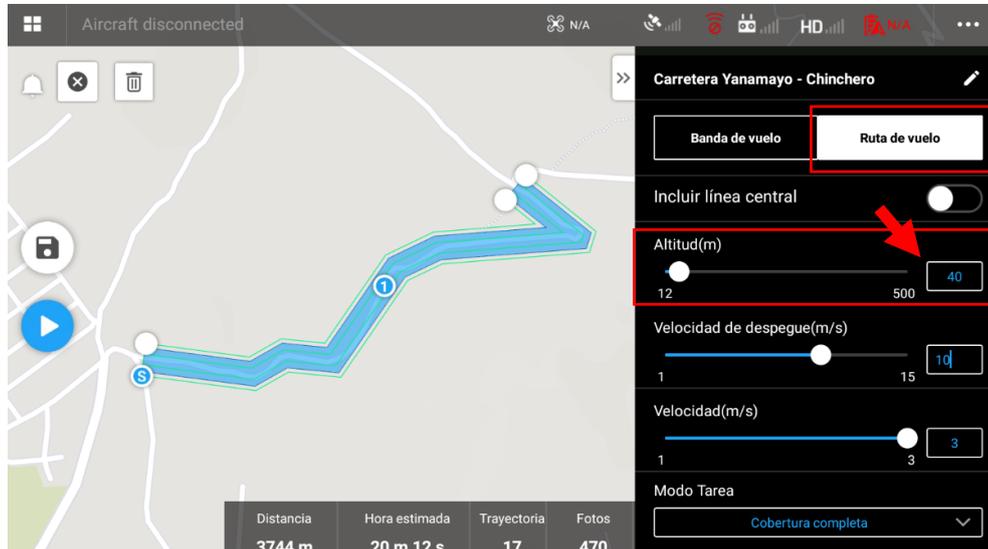


Figura 32. Selección de altura de vuelo

En opciones avanzada podemos configurar las superposiciones lateral como fronta, como se presenta en la figura 33.

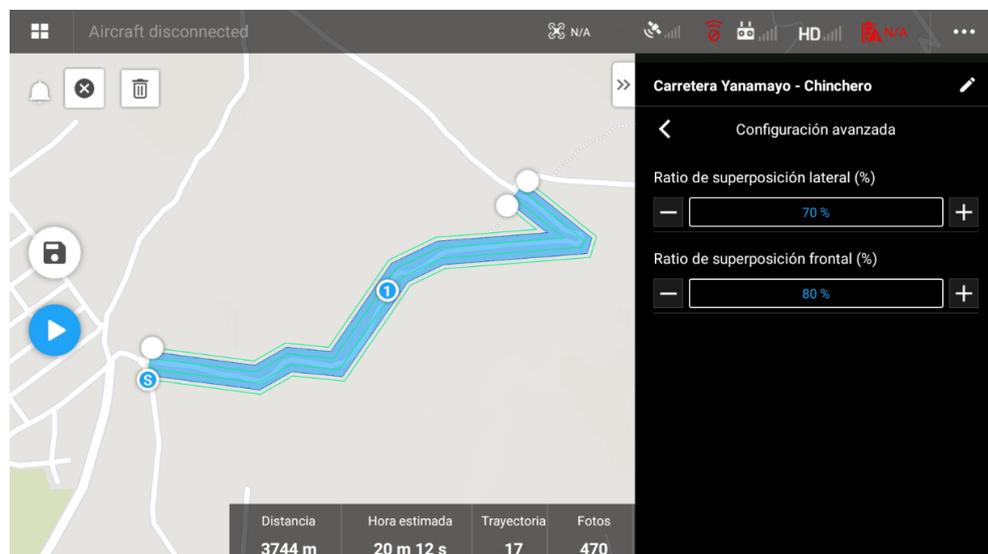


Figura 33. Configuración de superposición de vuelo.

Tabla 8. Resumen de parámetros de vuelo APP DJI PILOT

Parámetros de vuelo en APP DJI PILOT			
<b>EQUIPO</b>	Phantom 4 Pro	Phantom 4 Pro	Phantom 4 Pro
<b>GSD</b>	1.10 cm/pixel	2.19 cm/pixel	3.29 cm/pixel
<b>ALTURA DE VUELO (metros)</b>	40	80	120
<b>SUPERPOSICIÓN LATERAL</b>	70%	70%	70%
<b>SUPERPOSICIÓN FRONTAL</b>	80%	80%	80%
<b>TIEMPO ESTIMADO</b>	51 m 0 seg.	20 m 24 seg.	20 m 20 seg.

Se realiza configuración de vuelo para altura de 40 metros, como se observa en la figura 34.

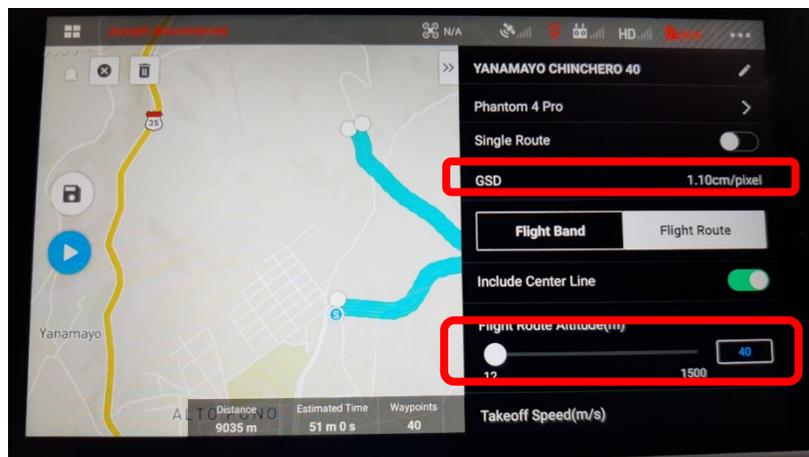


Figura 34, configuración de vuelo altura 40 metros

Se realiza configuración de vuelo para altura de 80 metros, como se observa en la figura 35.

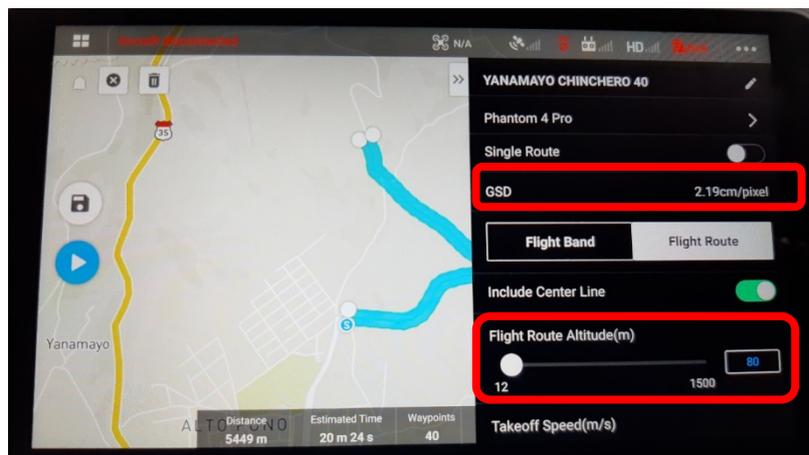


Figura 35, configuración de vuelo altura 80 metros

Se realiza configuración de vuelo para altura de 80 metros, como se observa en la figura 36.

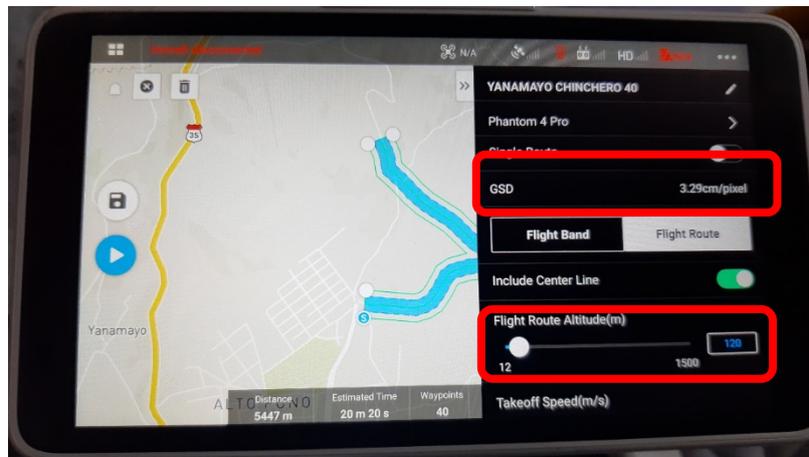


Figura 36, configuración de vuelo altura 120 metros.

De esta manera tenemos configurado el equipo VANT, para realizar los vuelos fotogrametricos a los largo de la carretera Yanamayo – Chinchero.

Para realizar el vuelo fotogrametrico es necesario colocar en terreno los puntos de apoyo o punto de foto control, distribuido en los margenes derecho e izquierdo en toda la carretera como se presenta en la figura 37, los mismos que fueron marcados con yeso con un punto central no cubierto de yeso para el reconocimiento de punto al momento de realiza el post proceso de la ver figura 38, se realizo la obtencion de los datos en in-situ de todos los puntos de foto control con equipos GNSS en su mode de operación de RTK; teniendo como resultado la tabla 9.

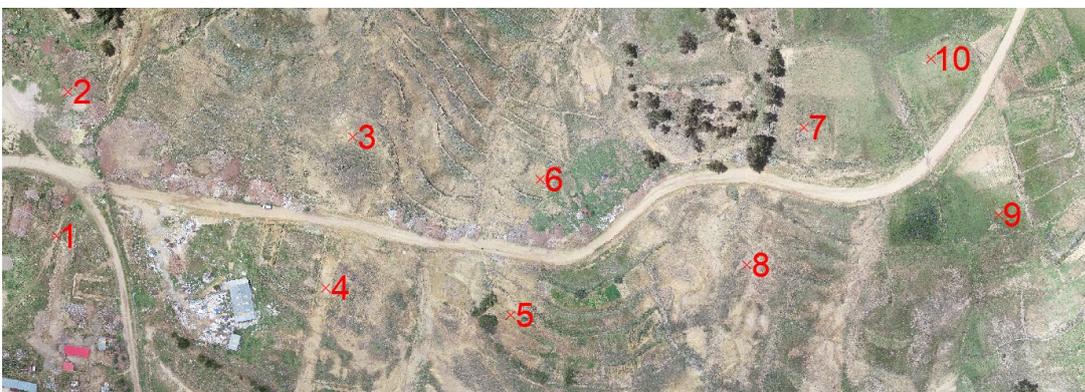


Figura 37. Distribución de puntos de foto control.



*Figura 38, se observa el marcado de puntos de foto control.*

Tabla 9. *Coordenadas de puntos de foto control.*

Puntos de Foto control			
N°	Norte	Este	Elevación
1	8252118.893	389955.755	4019.343
2	8252179.003	389960.575	4022.448
3	8252160.087	390078.506	4015.100
4	8252097.124	390067.307	4026.651
5	8252085.862	390143.927	4021.280
6	8252142.405	390156.119	4001.884
7	8252164.037	390265.351	3997.262
8	8252106.745	390241.765	4014.922
9	8252127.510	390346.084	4005.580
10	8252192.731	390318.040	3994.643
11	8252278.121	390351.883	3988.265
12	8252219.663	390399.382	3995.541
13	8252278.483	390475.192	3994.719
14	8252341.365	390446.363	3980.362
15	8252367.845	390543.773	3974.527
16	8252315.032	390557.835	3986.025
17	8252318.171	390631.552	3983.368
18	8252359.110	390635.477	3975.790
19	8252358.249	390665.963	3974.008
20	8252378.586	390675.177	3971.062
21	8252459.040	390596.123	3962.211
22	8252394.897	390578.641	3969.869



Figura 39. *Vuelos fotogramétricos a diferentes alturas.*



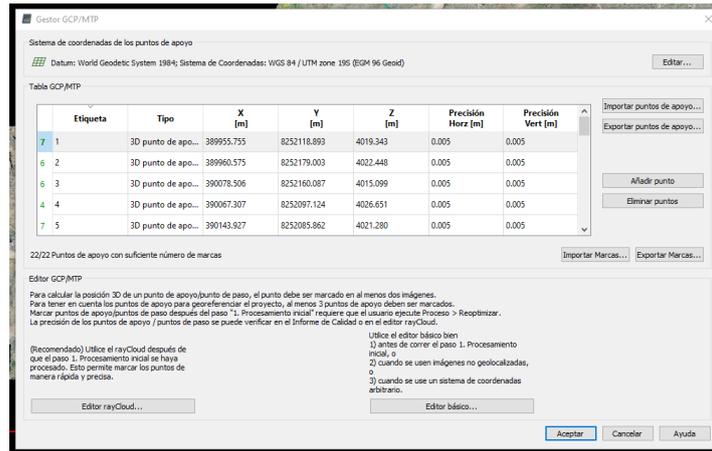


Figura 41. Importación de las coordenadas de foto control.

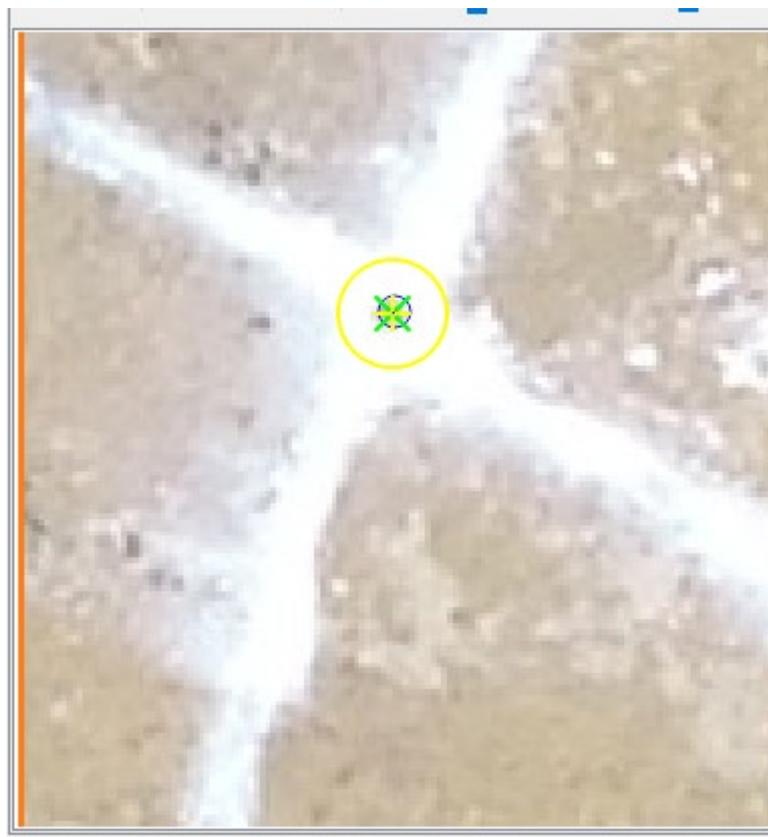


Figura 42. Ubicación y ajustes de coordenadas de puntos de foto control.

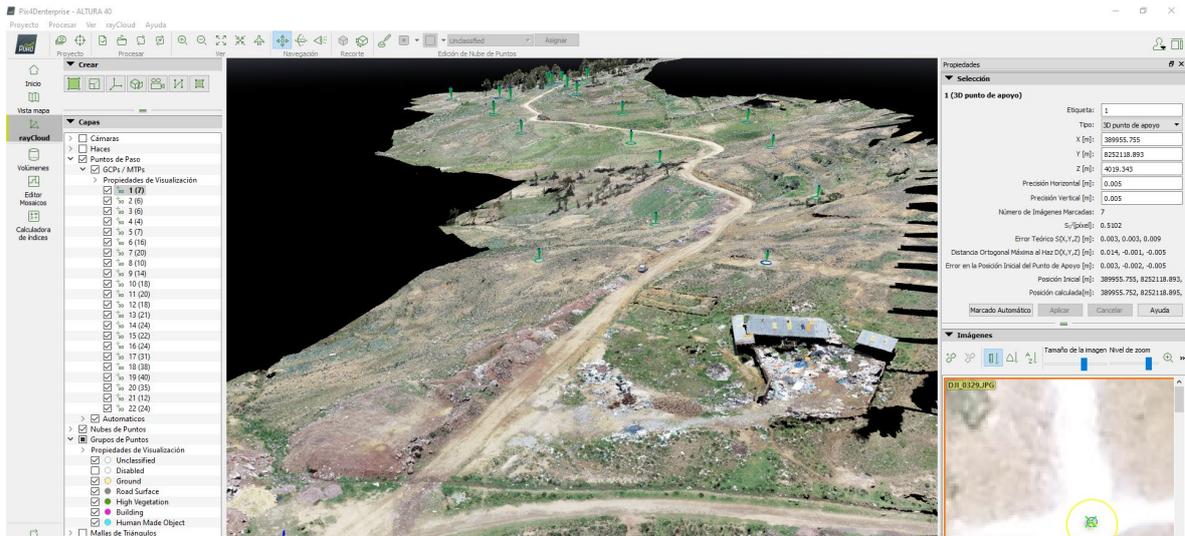


Figura 43. Resultado final de Postproceso

Como resultados del postproceso de los vuelos fotogramétricos figura 43, se han generado una nube de puntos densa de más de 20 millones de puntos y el orto mosaico figura 44, para cada altura de vuelos en formatos \*.LAS y \*.TIFF respectivamente.



Figura 44. Calidad de imágenes de Orto mosaico 40m.

La nube de puntos densa fue importa en el programa Civil 3D 2016 figura 45, con dicha nube de puntos se realizaron la triangulación y posteríos generación de curvas de nivel figura 46, generada la curvas de nivel se procedió a generar puntos por superficies con las mismas coordenadas norte y este para su posterior

comparación entre los datos con equipo GNSS e información extraída de las superficies generadas con las nubes de puntos de alturas 40, 80 y 120 metros de vuelo, ver cuadros 11,12 y 13

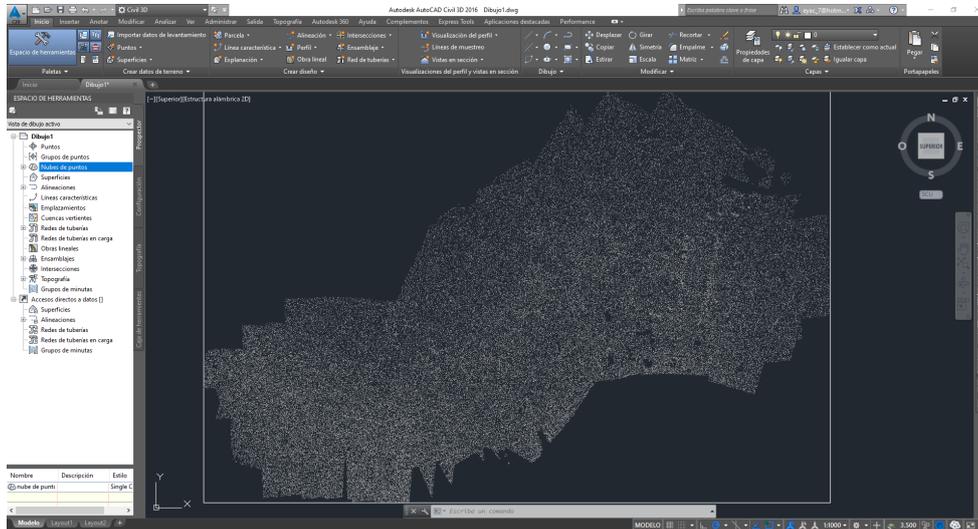


Figura 45. Nube de puntos en civil 3D 2016

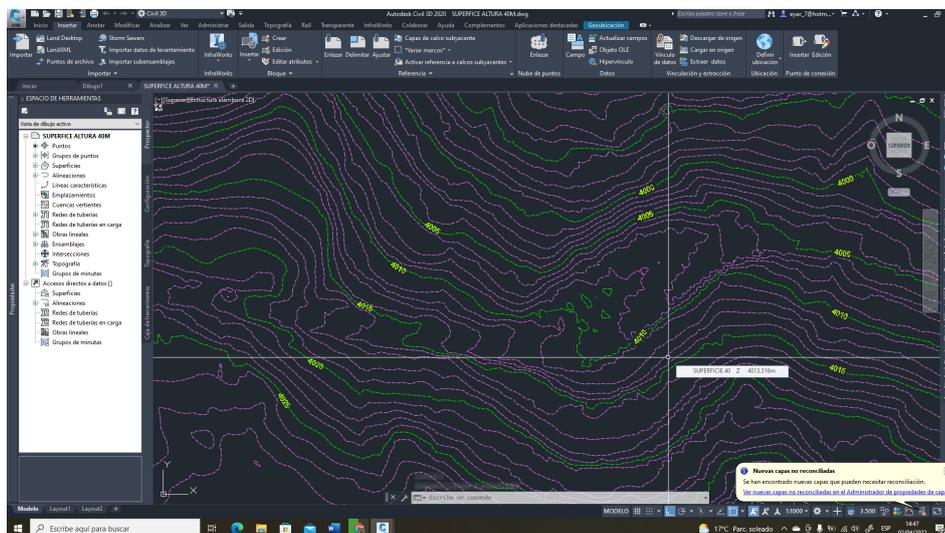


Figura 46. Curvas de nivel generada con nube de puntos altura 40 metros

Tabla 10, Cuadro de coordenadas obtenidas de forma directa con equipo GNSS

Cuadro de coordenadas de equipo GNSS				
N°	Coordenadas			
	Norte	Este	Elevación	
1	8252144.090	390034.375	4018.388	2
				3
				4
				5

6	8252098.953	390160.478	4015.589	19	8252291.806	390393.216	3989.270
7	8252157.633	390249.514	4000.827	20	8252286.680	390395.158	3989.099
8	8252142.178	390250.878	4003.932	21	8252280.385	390398.302	3993.321
9	8252129.866	390247.557	4007.500	22	8252325.715	390454.566	3983.721
10	8252146.446	390295.797	3999.872	23	8252315.961	390460.007	3984.762
11	8252138.797	390299.045	4000.457	24	8252311.452	390463.399	3986.005
12	8252130.269	390310.320	4003.026	25	8252343.335	390499.099	3981.038
13	8252175.882	390329.849	3996.195	26	8252329.160	390500.279	3982.906
14	8252172.341	390334.574	3997.259	27	8252317.823	390502.424	3985.701
15	8252176.978	390350.240	3997.741	28	8252345.874	390544.209	3979.154
16	8252255.606	390365.601	3992.398	29	8252335.000	390543.895	3981.398
17	8252250.941	390371.321	3993.414	30	8252325.852	390543.923	3983.010
18	8252247.371	390375.337	3994.377				

*Tabla 11, Cuadro de coordenadas obtenidas de forma indirecta A: 40 m.*

<b>Cuadro de coordenadas VANT altura 40 m.</b>			
<b>N°</b>	<b>Coordenadas</b>		
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Elevación</b>
1	390034.375	8252144.090	4018.3809
2	390030.572	8252130.158	4023.0002
3	390028.461	8252119.487	4023.8231
4	390165.278	8252125.052	4010.2281
5	390164.868	8252112.893	4010.2313
6	390160.478	8252098.953	4015.5949
7	390249.514	8252157.633	4000.8564
8	390250.878	8252142.178	4003.9006
9	390247.557	8252129.866	4007.4618
10	390295.797	8252146.446	3999.8343
11	390299.045	8252138.797	4000.4272
12	390310.320	8252130.269	4002.9967
13	390329.849	8252175.882	3996.2244
14	390334.574	8252172.341	3997.2115
15	390350.240	8252176.978	3997.7834
16	390365.601	8252255.606	3992.3418
17	390371.321	8252250.941	3993.3624
18	390375.337	8252247.371	3994.3242
19	390393.216	8252291.806	3989.2178
20	390395.158	8252286.680	3989.0274
21	390398.302	8252280.385	3993.2649
22	390454.566	8252325.715	3983.6285
23	390460.007	8252315.961	3984.6859
24	390463.399	8252311.452	3985.9888
25	390499.099	8252343.335	3980.5876
26	390500.279	8252329.160	3982.8242
27	390502.424	8252317.823	3985.7971
28	390544.209	8252345.874	3979.1185
29	390543.895	8252335.000	3981.3242
30	390543.923	8252325.852	3983.0595

Tabla 12, Cuadro de coordenadas obtenidas de forma indirecta A:80 m.

<b>Cuadro de coordenadas VANT altura 80 m.</b>			
<b>N°</b>	<b>Coordenadas</b>		
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Elevación</b>
1	390034.375	8252144.090	4018.352
2	390030.572	8252130.158	4022.982
3	390028.461	8252119.487	4023.805
4	390165.278	8252125.052	4010.241
5	390164.868	8252112.893	4010.253
6	390160.478	8252098.953	4015.624
7	390249.514	8252157.633	4000.790
8	390250.878	8252142.178	4003.891
9	390247.557	8252129.866	4007.501
10	390295.797	8252146.446	3999.842
11	390299.045	8252138.797	4000.406
12	390310.320	8252130.269	4003.004
13	390329.849	8252175.882	3996.235
14	390334.574	8252172.341	3997.197
15	390350.240	8252176.978	3997.684
16	390365.601	8252255.606	3992.377
17	390371.321	8252250.941	3993.350
18	390375.337	8252247.371	3994.342
19	390393.216	8252291.806	3989.294
20	390395.158	8252286.680	3989.052
21	390398.302	8252280.385	3993.312
22	390454.566	8252325.715	3983.782
23	390460.007	8252315.961	3984.747
24	390463.399	8252311.452	3986.043
25	390499.099	8252343.335	3980.807
26	390500.279	8252329.160	3982.920
27	390502.424	8252317.823	3986.229
28	390544.209	8252345.874	3979.015
29	390543.895	8252335.000	3981.396
30	390543.923	8252325.852	3983.065

Tabla 13, cuadro de coordenadas obtenidas de forma indirecta A:120

<b>Cuadro de coordenadas VANT altura 120 m.</b>			
<b>N°</b>	<b>Coordenadas</b>		
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Elevación</b>
1	390034.375	8252144.090	4018.372
2	390030.572	8252130.158	4022.997
3	390028.461	8252119.487	4023.794
4	390165.278	8252125.052	4010.149
5	390164.868	8252112.893	4010.185
6	390160.478	8252098.953	4015.688
7	390249.514	8252157.633	4001.321
8	390250.878	8252142.178	4003.836
9	390247.557	8252129.866	4007.421
10	390295.797	8252146.446	3999.590
11	390299.045	8252138.797	4000.402
12	390310.320	8252130.269	4003.047
13	390329.849	8252175.882	3996.304
14	390334.574	8252172.341	3997.155
15	390350.240	8252176.978	3997.889
16	390365.601	8252255.606	3992.259
17	390371.321	8252250.941	3993.291
18	390375.337	8252247.371	3994.271
19	390393.216	8252291.806	3988.795
20	390395.158	8252286.680	3988.994
21	390398.302	8252280.385	3993.087
22	390454.566	8252325.715	3983.689
23	390460.007	8252315.961	3984.662
24	390463.399	8252311.452	3985.892
25	390499.099	8252343.335	3980.434
26	390500.279	8252329.160	3982.795
27	390502.424	8252317.823	3985.870
28	390544.209	8252345.874	3978.906
29	390543.895	8252335.000	3981.321
30	390543.923	8252325.852	3983.190

Tabla 14, Cuadro de diferencia de Elevación entre GNSS y VANT

Cuadro de diferencia de elevaciones				17	-0.051	-0.063	-0.123
N°	Cálculo de error en metros			18	-0.053	-0.035	-0.106
	Altura 40	Altura 80	Altura 120	19	-0.052	0.024	-0.476
1	-0.007	-0.035	-0.015	20	-0.072	-0.048	-0.105
2	0.004	-0.015	0.001	21	-0.056	-0.009	-0.234
3	-0.010	-0.028	-0.039	22	-0.092	0.061	-0.032
4	-0.015	-0.002	-0.094	23	-0.076	-0.014	-0.100
5	-0.016	0.006	-0.062	24	-0.016	0.039	-0.113
6	0.006	0.035	0.099	25	-0.451	-0.231	-0.604
7	0.030	-0.036	0.494	26	-0.081	0.015	-0.111
8	-0.031	-0.041	-0.096	27	0.096	0.528	0.169
9	-0.039	0.001	-0.080	28	-0.035	-0.139	-0.248
10	-0.038	-0.030	-0.282	29	-0.074	-0.003	-0.077
11	-0.030	-0.052	-0.055	30	0.049	0.055	0.180
12	-0.029	-0.022	0.021				
13	0.030	0.040	0.109	Error máximo =	0.451	0.528	0.604
14	-0.047	-0.062	-0.104	Error Mínimo =	0.004	0.001	0.001
15	0.043	-0.057	0.149				
16	-0.056	-0.020	-0.139				

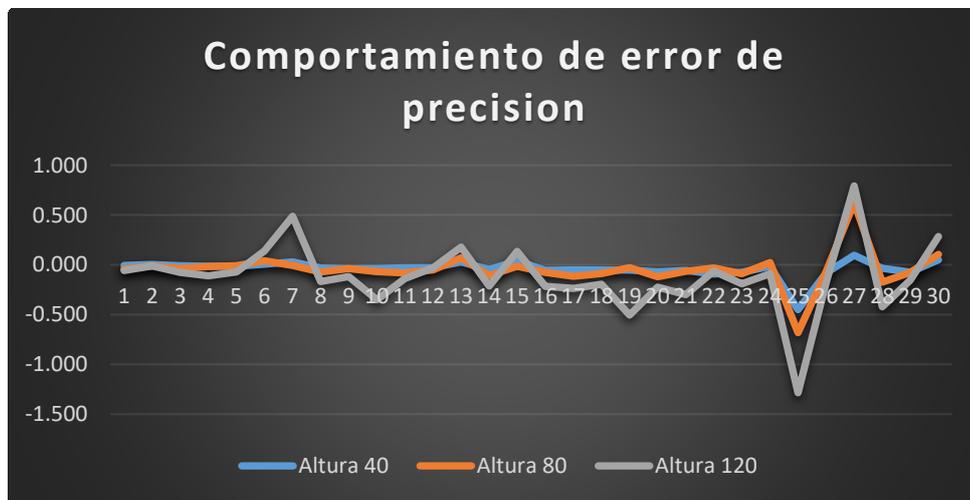


Figura 47. Comportamiento de error en la precisión de acuerdo con la altura de vuelo.

Para realizar el Diseño Geométrico de carreteras Yanamayo - Chinchero, se procedió a realizar el aforo vehicular durante una semana.

Llegando a calcular un IMDA de 208 vehículos/día, ver tabla 15

Tabla 15. Cálculo de intensidad media anual.

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Tráfico Normal</b>	<b>156.00</b>	<b>156.00</b>	<b>158.00</b>	<b>162.00</b>	<b>163.00</b>	<b>165.00</b>	<b>170.00</b>	<b>172.00</b>	<b>175.00</b>	<b>178.00</b>	<b>180.00</b>
Automovil	79.00	79.00	80.00	82.00	83.00	84.00	86.00	87.00	88.00	90.00	91.00
Camioneta	51.00	51.00	52.00	53.00	53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00
C.R.	22.00	22.00	22.00	23.00	23.00	23.00	24.00	24.00	25.00	25.00	25.00
Micro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus Grande	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Camión 2E	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Camión 3E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Tráfico Generado</b>	<b>0.00</b>	<b>23.00</b>	<b>23.00</b>	<b>23.00</b>	<b>23.00</b>	<b>24.00</b>	<b>26.00</b>	<b>26.00</b>	<b>27.00</b>	<b>28.00</b>	<b>28.00</b>
Automovil	0.00	12.00	12.00	12.00	12.00	13.00	13.00	13.00	13.00	14.00	14.00
Camioneta	0.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	9.00	9.00	9.00
C.R.	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Micro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus Grande	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camión 2E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Camión 3E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>IMD TOTAL</b>	<b>156.00</b>	<b>179.00</b>	<b>181.00</b>	<b>185.00</b>	<b>186.00</b>	<b>189.00</b>	<b>196.00</b>	<b>198.00</b>	<b>202.00</b>	<b>206.00</b>	<b>208.00</b>

Se aprecia que el IMDA es 208 vehículos/día, y de acuerdo con la tabla 16 su clasificación es carretera de tercera clase, para poder tener características mínimas de diseño se optara por asumir un IMDA de 201 vehículos/día, que se ubica entre los parámetros de 400 – 201 vehículos /día que pertenece a una carretera de tercera clase, no cuenta con separador, con 02 carriles de un ancho mínimo de 3.00 metros y una superficie de rodadura afirmada, ver tabla 16

Tabla 16. Clasificación por demanda

	IMDA Veh/Dia (Desde-Hasta)	Calzada	Separador (Long. Min)	# Carriles	Ancho (Min)	Superficie de rodadura
Autopista de primera clase	6000	Dividida	Min 6.00 m.	2	3.6	Pavimentada
Autopista de segunda clase	6000 4001	Dividida	1.00 m-6.00 m	2	3.6	Pavimentada
Carretera de primera clase	4000 2001	Individual	No	2	3.6	Pavimentada
Carretera de segunda clase	2000 401	Individual	No	2	3.3	Pavimentada
<b>Carretera de tercera clase</b>	<b>400 201</b>	<b>Individual</b>	<b>No</b>	<b>2</b>	<b>3.0</b>	<b>Afirmado</b>
Trocha carrozable	200	Individual	No	1	4	Afirmado

Fuente: DG 2018

Se realizó la clasificación de la carretera por su orografía, para dicha clasificación se obtuvo información de la topografía de carretera levantada donde se tienen una pendiente longitudinal de 8% y una pendiente transversal de 29 %, de la tabla 17 podemos clasificar que por su orografía que es un terreno accidentado (Tipo 3) de orografía accidentado.

Tabla 17. Clasificación por orografía.

CLASIFICACION POR OROGRAFIA			
	OROGRAFIA	Pendiente Transversal	Pendiente Longitudinal
Terreno plano (tipo 1)	Plano	Menor 10%	Menor 3%
Terreno ondulado (tipo 2)	Ondulado	11% - 50%	03% - 06%
Terreno accidentado (tipo 3)	Accidentado	51% - 100%	06% - 08%
Terreno escarpado (tipo 4)	Escarpado	Mayor 100%	Mayor 8%

Fuente: DG 2018

Tabla 18. Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

RANGOS DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO EN FUNCIÓN A LA CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERA POR DEMANDA Y OROGRAFÍA.												
CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
AUTOPISTA DE PRIMERA CLASE	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
AUTOPISTA DE SEGUNDA CLASE	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
CARRETERA DE PRIMERA CLASE	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
CARRETERA DE SEGUNDA CLASE	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
CARRETERA DE TERCERA CLASE	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: DG 2018 - Tabla 204.01

De la tabla 18, La velocidad de diseño se define en función de la clasificación de la demanda o de la orografía de la carretera a diseñar (25). Para nuestra investigación seleccionamos una velocidad de diseño de 30 Km/h.

*Tabla 19. Longitudes de tramos en tangente.*

<b>Longitudes de tramos en tangentes</b>			
<b>V(km/h)</b>	<b>L mín.s (m)</b>	<b>L mín.o (m)</b>	<b>L max (m)</b>
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Fuente: DG 2018 tabla 302.1

Para la velocidad de diseño seleccionada se asumes longitudes mínimas de tramas en tangente para trazados en “S” 42.00 metros, para el resto de casos 84 metros, ver tabla 19.

*Tabla 20. Radio mínimo y peralte máximo para diseño de carreteras*

<b>Ubicación de la vía</b>	<b>Velocidad de diseño</b>	<b>máx. (%)</b>	<b>f máx.</b>	<b>Radio calculado (m)</b>	<b>Radio redondeado (m)</b>
Área urbana	30	4	0.17	33.7	35
	40	4	0.17	60	60
	50	4	0.16	98.4	100
	60	4	0.15	149.2	150
	70	4	0.14	214.3	215
	80	4	0.14	280	280
	90	4	0.13	375.2	375
	100	4	0.12	835.2	495
	110	4	0.11	1108.9	635
	120	4	0.19	872.2	875
	130	4	0.08	1108.9	1110
Área rural (con peligro de hielo)	30	6	0.17	30.8	30
	40	6	0.17	54.8	55
	50	6	0.16	89.5	90

	60	6	0.15	135	135
	70	6	0.14	192.9	195
	80	6	0.14	252.9	255
	90	6	0.13	437.4	335
	100	6	0.12	560.4	440
	110	6	0.11	755.9	560
	120	6	0.09	950.5	755
	130	6	0.08	1187.2	950
	30	8	0.17	28.3	30
	40	8	0.17	50.4	55
	50	8	0.16	82	90
	60	8	0.15	123.2	135
Área rural (plano u ondulada)	70	8	0.14	175.4	195
	80	8	0.14	229.1	255
	90	8	0.13	303.7	335
	100	8	0.12	393.7	440
	110	8	0.11	501.5	560
	120	8	0.09	667	755
	130	8	0.08	831.7	950
	30	12	0.17	24.4	25
	40	12	0.17	43.4	45
	50	12	0.16	70.3	70
	60	12	0.15	105	105
Área rural (accidentada o escarpada)	70	12	0.14	148.4	150
	80	12	0.14	193.8	195
	90	12	0.13	255.1	255
	100	12	0.12	328.1	330
	110	12	0.11	414.2	415
	120	12	0.09	539.9	540
	130	12	0.08	665.4	665

Fuente: DG 2018 – Tabla 302.02

Para recorrer en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, los radios mínimos de curvatura horizontal son los que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte (25), de la tabla 20 de acuerdo con el área de trabajo, orografía y velocidad de diseño seleccionamos nuestro radio mínimo de 25 metros y peraltes máximo de 12%, en la figura 48 se observa los radios asumidos para nuestro diseño geométrico, en la figura 49 se observa los peraltes calculado para las dos primeras curvas.

Nº	Método de definición de peraltes	Radio	Grado de curvatura por arco	Ángulo de incremento
1				
2	Metodo DG 2018	200.000m	8.5944 (g)	3.4081 (g)
3				
4	Metodo DG 2018	40.000m	42.9718 (g)	50.6113 (g)
5				
6	Metodo DG 2018	40.000m	42.9718 (g)	51.1991 (g)
7				
8	Metodo DG 2018	60.000m	28.6479 (g)	76.3778 (g)
9				
10	Metodo DG 2018	60.000m	28.6479 (g)	33.1860 (g)
11				
12	Metodo DG 2018	60.000m	28.6479 (g)	24.9348 (g)
13				
14	Metodo DG 2018	60.000m	28.6479 (g)	20.6104 (g)
15				
16	<b>Metodo DG 2018</b>	<b>12.000m</b>	<b>143.2394 (g)</b>	<b>86.8952 (g)</b>
17				
18	<b>Metodo DG 2018</b>	<b>11.003m</b>	<b>156.2157 (g)</b>	<b>99.9824 (g)</b>
19				
20	Metodo DG 2018	40.000m	42.9718 (g)	33.4559 (g)
21				

Figura 48. Radios asumidos del DG de la carretera

Curva de peralte	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Solapa...	Carril exterior izqui...	Carril exterior derec...
<b>Curva.1</b>						
Región de entrada de tran...	0+070.14m	0+070.14...	0.000m			
Iniciar sección peraltad...	0+070.14m					
Finalizar bombeo nor...	0+070.14m			3.20%	-3.20%	
Bombeo desvanecido	0+070.14m			-3.00%	-3.00%	
Bombeo invertido	0+070.14m			0.00%	-3.00%	
Inicio de curva	0+070.14m			3.00%	-3.00%	
Región de salida de transi...	0+082.04m	0+082.04...	0.000m			
Iniciar bombeo normal	0+082.04m			-3.00%	-3.00%	
Finalizar sección peralt...	0+082.04m			3.20%	-3.20%	
Bombeo desvanecido	0+082.04m			0.00%	-3.00%	
Bombeo invertido	0+082.04m			3.00%	-3.00%	
Fin de curva	0+082.04m					
<b>Curva.2</b>						
Región de entrada de tran...	0+167.79m	0+184.79...	17.000m			
Desvanecimiento del b...	0+167.79m	0+172.74...	4.951m			
Finalizar bombeo n...	0+167.79m			-3.00%	-3.00%	
Bombeo desvaneci...	0+172.74m			-3.00%	0.00%	
Escorrentía	0+172.74m	0+184.79...	12.049m			
Bombeo desvaneci...	0+172.74m			-3.00%	0.00%	
Bombeo invertido	0+177.69m			-3.00%	3.00%	
Inicio de curva	0+180.77m					
Iniciar sección pera...	0+184.79m			-7.30%	7.30%	
Región de salida de transi...	0+212.09m	0+229.09...	17.000m			
Escorrentía	0+212.09m	0+224.14...	12.049m			
Finalizar sección pe...	0+212.09m			-7.30%	7.30%	
Fin de curva	0+216.10m					
Bombeo invertido	0+219.18m			-3.00%	3.00%	
Bombeo desvaneci...	0+224.14m			-3.00%	0.00%	
Desvanecimiento del b...	0+224.14m	0+229.09...	4.951m			
Bombeo desvaneci...	0+224.14m			-3.00%	0.00%	
Iniciar bombeo nor...	0+229.09m			-3.00%	-3.00%	

Figura 49. Peralte calculado por número de curva

En la tabla 21, seleccionamos nuestra pendiente máxima para una velocidad de diseño de 30 km/h, carretera de tercera clase, orografía accidentada, nuestro

pendiente máximo es de 10 %, por recomendación de la norma que, en zonas de altitud superior a los 3000 m.s.n.m; los valores máximos de la Tabla 303.01. se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados (25). Por lo tanto, muestra pendiente máxima será de 9%, en la figura 50 se observa el reporte de pendientes del diseño geométrico.

Tabla 21. Pendientes máximas (%)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6000				6000 - 4001				4000-2001				2000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
30																			10.00	10.00
40																9.00	8.00	9.00	10.00	
50											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	
60					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
70			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00		
80	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00		
90	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00		
100	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00							
110	4.00	4.00			4.00															
120	4.00	4.00			4.00															
130	3.50																			

Fuente: DG 2018 – Tabla 303.01

Nº	Bloquear	P.K. de VAV	Elevación de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Inclinación de rasante T.S.	A (Cambio de pendiente)	Tipo
1		0+000.00m	4021.335m		2.75%		
2		0+058.82m	4022.953m	2.75%	-8.84%	11.59%	
3		0+253.54m	4005.745m	-8.84%	-5.69%	3.15%	
4		0+460.00m	3994.000m	-5.69%	-8.21%	2.52%	
5		0+553.79m	3986.301m	-8.21%	-3.73%	4.48%	
6		0+834.51m	3975.827m	-3.73%	-5.59%	1.86%	
7		0+892.69m	3972.576m	-5.59%			

Figura 50. Cuadro de pendientes del diseño de la carretera.

Tabla 22. Valores del índice K del cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de tercera clase

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	índice de curvatura K
20	20	0.6		
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

Fuente: DG 2018 – Tabla 303.02

Tabla 23. Valores del índice K del cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de tercera clase.

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

Fuente: DG 2018 – Tabla 303.03

N°	Cambio de pendiente)	Tipo de curva de perfil	Valor de K	Tipo de subentidad	Longitud de curva de perfil	Radio de curva	Long
1							
2	11.59%	Convexo	8.630	Parábola simétrica	100.000m	863.007m	
3	3.15%	Cóncavo	25.409	Parábola simétrica	80.000m	2540.851m	
4	2.52%	Convexo	31.750	Parábola simétrica	80.000m	3174.998m	
5	4.48%	Cóncavo	17.868	Parábola simétrica	80.000m	1786.783m	
6	1.86%	Convexo	43.073	Parábola simétrica	80.000m	4307.349m	
7							

Figura 51. Valores de K para curvas convexa y cóncavas del diseño geométrico

En la tabla 22 y 23 se muestra los valores K mínimos que se requieren de acuerdo con el tipo de curva vertical cóncava y convexa, en la figura 51 se observa los valores K para nuestro diseño geométrico.

De la tabla 24, la clasificación de carretera de tercera clase, orografía accidentada y velocidad de diseño de 30 km/h, seleccionamos un ancho mínimo de calzada en tangente de 5.00 metros, 2.50 metros por calzada, de la tabla 26, observamos que la Berman mínima será de 0.50 metros, teniendo un total de 3.00 metros por calzada, de la tabla 24 se selecciona un bombeo de 3%, en la figura 52 se observa la longitud y el bombeo de la sección transversal típica del diseño geométrico.

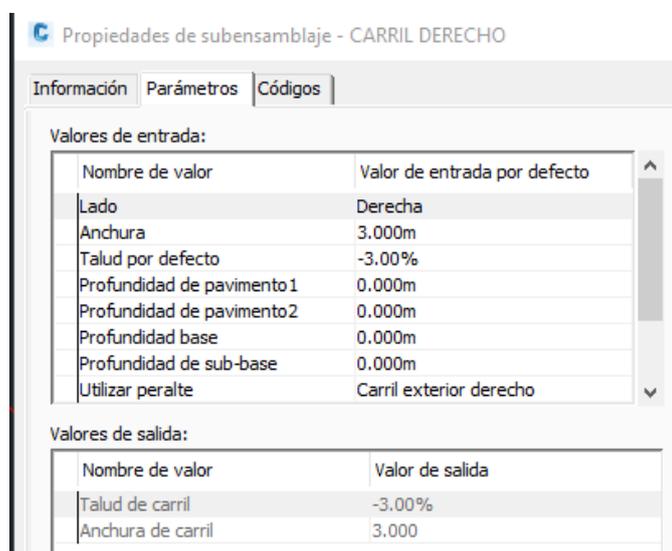


Figura 52. Ancho de carril del diseño de carretera

Tabla 24. Valores de bombeo de la calzada.

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.00	2.50
Tratamiento superficial	2.50	2.50-3.00
Afirmado	3.00-3.50	3.00-4.00

Fuente: DG 2018 – Tabla 304.03

En el departamento de Puno la precipitación oscila de 500 mm a 6000 mm, fuente: Plan de contingencia por lluvias en la región de Puno 2021 -2022

Tabla 25. Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6,000				6,000 - 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño:																				
30km/h																			5.00	6.00
40 km/h															6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	
50 km/h										7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	5.00		
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Fuente: DG 2018 – Tabla 304.01

Tabla 26. Ancho de berma.

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6,000				6,000 - 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño:																				
30km/h																			0.50	0.50
40 km/h																	1.20	1.20	0.90	0.50
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

Fuente: DG-2018 – Tabla 304.02

De las tablas 27 seleccionamos la proporción de nuestro talud de corte 1:2, de la tabla 28 seleccionamos un talud de relleno 1:1.5, en la figura 53 observamos el uso de lo seleccionado.

Tabla 27. Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V)

Clasificación de materiales de corte	Roca fija	Roca suelta	Material		
			Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
<5 m	1:10	1:6- 1:4	1:1 -1:3	1:1	2:1
5-10 m	1:10	1:4- 1:2	1:1	1:1	*
>10 m	1:8	1:2	*	*	*

(\*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.

Fuente: DG 2018 – Tabla 304.10

Tabla 28. Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

Materiales	Talud (V:H) Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1.5	1:1.75	1:2
Arena	1:2	1:2.25	1:2.5
Enrocado	1:1	1:1.25	1:1.5

Fuente: DG 2018 – Tabla 304.11

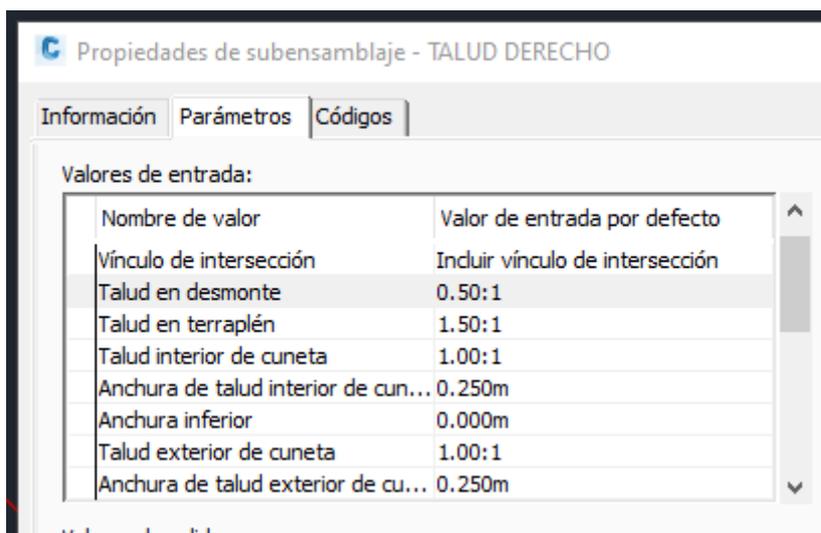


Figura 53. Parámetros de talud de desmonte y terraplén.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

Para la investigación se utilizaron plantillas en Excel, para realizar la comparación de los resultados obtenidos respecto a las distintas alturas de vuelo y evaluar la precisión obtenida.

### **3.7. Aspectos éticos:**

En la investigación se consideró normas técnicas y guías para de desarrollo de elaboración de tesis, los que nos orientaron y permitiendo realizar citas de manera adecuada, respetando y valorando los textos obtenidos.

## IV. RESULTADOS

### Descripción de la zona de estudio

#### Ubicación política

La presente investigación se realizó en la carretera del Centro poblado Yanamayo a la comunidad campesina Chincheros del Distrito de Puno, Provincia de Puno, en el Departamento de Puno.



Figura 54, Mapa político del Perú de Puno



Figura 55. Mapa político del Departamento de Puno

#### Ubicación del proyecto



Figura 57. Mapa provincial de Puno

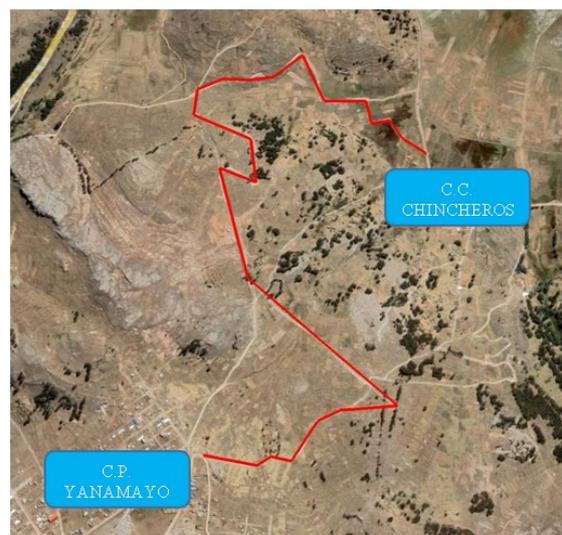


Figura 56. Carretera de C.P. Yanamayo- C.C. Chincheros

## **Limites**

- Norte : Con el Distrito de Paucarcolla.  
Sur : Con los Distritos Acora.  
Este : Con el Lago Titicaca.  
Oeste : Con el Departamento de Moquegua.

## **Ubicación geográfica**

El distrito de Puno presenta las siguientes coordenadas geográficas: Latitud Sur 15°48'12.55" y Longitud Oeste 70° 1'28.07" contando con una longitud lineal de 2.5 kilómetros aproximadamente con una altitud los 3949 m.s.n.m aproximadamente.

## **Clima**

De manera general, el clima del Distrito de Puno es frío, subhúmedo y con sequedad ambiental alta, el clima de Puno se ve mitigando por la influencia del lago. Las lluvias son anuales y por lo general son los meses de diciembre a abril, aunque varían en ciclos anuales, provocando inundaciones y sequías, se pueden apreciar también esporádicas nevadas y aguanieve, generalmente las lluvias son menores a 700 mm.

“La temperatura es muy decente, en los meses de junio y noviembre se observa marcadas diferencias con oscilaciones entre una temperatura media máxima de 21 °C y una mínima de -22 °C” (49).

**Desarrollo del objetivo específico 1:** Respecto a determinar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en la precisión del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.



*Figura 58.* Vista de punto de foto control al inicio de vuelo altura 40 m.



*Figura 59.* Vista de punto de foto control al inicio de vuelo. Altura 120 m.

La presión del vuelo fotogramétrico depende de los puntos de control o punto de foto control, en las figuras 58 y 59 podemos observar un mismo puntos de foto control a diferentes alturas, véase que el detalle de la ubicación para realizar la corrección con la imagen se perdió por el nivel de pixel muy bajo, esto ocasiona

que al momento de realizar el post proceso no se puede ubicar con exactitud el punto de foto control, probando así mayor error de corrección en el post proceso.

Tabla 29. Cuadro comparativo de diferencia de elevaciones respecto al nivel de altura de vuelo

<b>Cuadro de diferencia de elevaciones</b>			
<b>N°</b>	<b>Cálculo de error en metros</b>		
	<b>Altura 40</b>	<b>Altura 80</b>	<b>Altura 120</b>
1	-0.007	-0.035	-0.015
2	0.004	-0.015	0.001
3	-0.010	-0.028	-0.039
4	-0.015	-0.002	-0.094
5	-0.016	0.006	-0.062
6	0.006	0.035	0.099
7	0.030	-0.036	0.494
8	-0.031	-0.041	-0.096
9	-0.039	0.001	-0.080
10	-0.038	-0.030	-0.282
11	-0.030	-0.052	-0.055
12	-0.029	-0.022	0.021
13	0.030	0.040	0.109
14	-0.047	-0.062	-0.104
15	0.043	-0.057	0.149
16	-0.056	-0.020	-0.139
17	-0.051	-0.063	-0.123
18	-0.053	-0.035	-0.106
19	-0.052	0.024	-0.476
20	-0.072	-0.048	-0.105
21	-0.056	-0.009	-0.234
22	-0.092	0.061	-0.032
23	-0.076	-0.014	-0.100
24	-0.016	0.039	-0.113
26	-0.081	0.015	-0.111
27	0.096	0.528	0.169
28	-0.035	-0.139	-0.248
29	-0.074	-0.003	-0.077
30	0.049	0.055	0.180
Error máximo=	0.096	0.528	0.494
Error Mínimo =	0.004	0.001	0.001

En la tabla 29 podemos observar que la diferencia de elevaciones respecto al nivel de vuelo oscila para una altitud de vuelo de 40 metros de 0.004 m a 0.096 metros, para una altura de 80 metros de 0.001 a 0.528 y para una altura de 120 metros de 0.001 a 0.494 metros.

Estadística inferencial, aplicación inferencial a las variables, la hipótesis general se contrasta a través de tablas estadísticas y las hipótesis específicas a través de pruebas cuantitativas de contraste de medias, donde se realizará con la prueba ANOVA de un factor, debido a que deseamos compara más dos muestras independientes, para determinar si la altura de vuelo influye en la precisión.

Para ello, primero realizamos la prueba de normalidad de los resultados para cada altura de vuelo, y luego realizamos una prueba ANOVA de un factor.

Tabla 30. Prueba de la normalidad para datos de precisión.

		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	EQUIPO	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRECISION	GNSS	,093	29	,200 <sup>*</sup>	,946	29	,146
	A_40	,093	29	,200 <sup>*</sup>	,946	29	,147
	A_80	,089	29	,200 <sup>*</sup>	,947	29	,154
	A_120	,094	29	,200 <sup>*</sup>	,947	29	,152

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad la evaluaremos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov ya que nuestras muestras son grandes (>30 individuos), en tabla 30 se observa que los datos siguen una distribución normal.

Criterio para determinar Normalidad:

P-valor  $\Rightarrow$   $\alpha$  Aceptar      Ho = Los datos provienen de una distribución normal.

P-valor  $<$   $\alpha$  Aceptar      H1 = Los datos NO provienen de una distribución normal

Normalidad calificaciones

P-Valor (GNSS) = 0.200	>	$\alpha$ = 0.05
P-Valor (VANT 40) = 0.200	>	$\alpha$ = 0.05
P-Valor (VANT 80) = 0.200	>	$\alpha$ = 0.05
P-Valor (VANT 120) = 0.200	>	$\alpha$ = 0.05

Conclusión:

La variable de precisión en los cuatro grupos viene de una distribución normal.

Tabla 31. Prueba ANOVA de un factor.

<b>ANOVA</b>					
PRECISION					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,055	3	,018	,000	1,000
Dentro de grupos	17943,531	112	160,210		
Total	17943,586	115			

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: PRECISION

HSD Tukey

(I) EQUIPO	(J) EQUIPO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
GNSS	A_40	,024862	3,323999	1,000	-8,64421	8,69393
	A_80	-,003103	3,323999	1,000	-8,67217	8,66597
	A_120	,050655	3,323999	1,000	-8,61841	8,71973
A_40	GNSS	-,024862	3,323999	1,000	-8,69393	8,64421
	A_80	-,027966	3,323999	1,000	-8,69704	8,64110
	A_120	,025793	3,323999	1,000	-8,64328	8,69486
A_80	GNSS	,003103	3,323999	1,000	-8,66597	8,67217
	A_40	,027966	3,323999	1,000	-8,64110	8,69704
	A_120	,053759	3,323999	1,000	-8,61531	8,72283
A_120	GNSS	-,050655	3,323999	1,000	-8,71973	8,61841
	A_40	-,025793	3,323999	1,000	-8,69486	8,64328
	A_80	-,053759	3,323999	1,000	-8,72283	8,61531

La comprobación de la prueba de hipótesis. En la tabla de normalidad de la columna sig. de la prueba ANOVA, todas son superiores a 0,05, por lo que se ACEPTA la hipótesis nula.

Igualdad de varianza, Prueba de Levene

P-valor=>  $\alpha$  Aceptar  $H_0$  = Las varianzas son iguales

P-valor<=  $\alpha$  Aceptar  $H_1$  = Existe diferencia significativa entre las varianzas.

P-Valor = 1.00	>	$\alpha$ = 0.05
----------------	---	-----------------

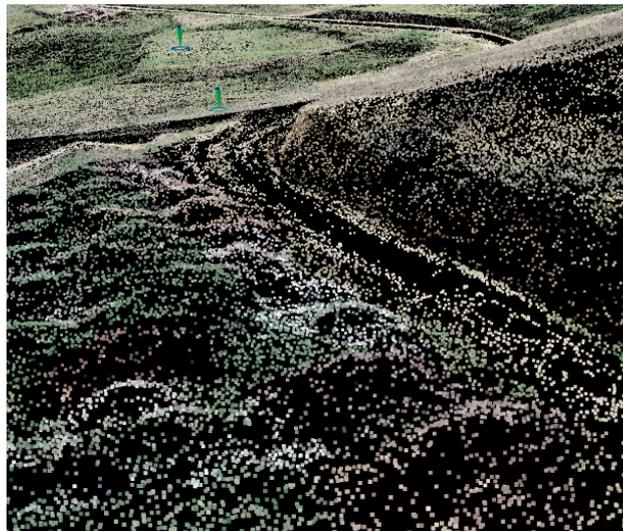
Ha. La altura de vuelo con tecnologías VANT si influye en la precisión del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021

Ho: La altura de vuelo con tecnologías VANT no influye en la precisión del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021

### Conclusión

Como P-valor es mayor 0.05 entonces se acepta la hipótesis nula. La altura de vuelo con tecnologías VANT no influye en la precisión del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021

**Desarrollo del objetivo específico 2:** Analizar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en las características y detalles topográficos para el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.



*Figura 60. Nube de puntos densa altura de vuelo 40 metros*



*Figura 61. Modelo digital del terreno tridimensional altura 40 metros.*

Las características y el nivel de detalles topográfico dependen de la cantidad de puntos tomados en la superficie terrestre, a mayor cantidad de puntos, el nivel de detalle del modelo de terreno digital aumenta significativamente. En nuestra investigación se realizaron dos métodos de levantamiento topográfico de forma directa y de forma indirecta, se realiza el levantamiento topográfico con equipos GNSS en su método de levantamiento RTK seccionando la carretera a cada 20 metros aproximadamente llegando a obtener 1364 puntos de superficie, puntos con los cuales modelamos la superficie digital.

También realizamos el levantamiento topográfico de manera indirecta, mediante método fotogramétrico con equipos VANT a diferentes alturas de vuelo de 40, 80 y 120 metros de altura, y con ayuda de software especializados realizamos el modelo tridimensional de la superficie, modelo que tiene una aproximación de 20 millones de puntos obtenidos de superficie, información que detalla considerablemente el modelo digital de terreno, donde no existe pérdidas de detalles intermedios, para observar la variación entre el modelo digital realizado con equipo GNSS versus el equipo VANT, se realiza una superposición entre los modelos digitales tal como se indica en las siguientes figuras.

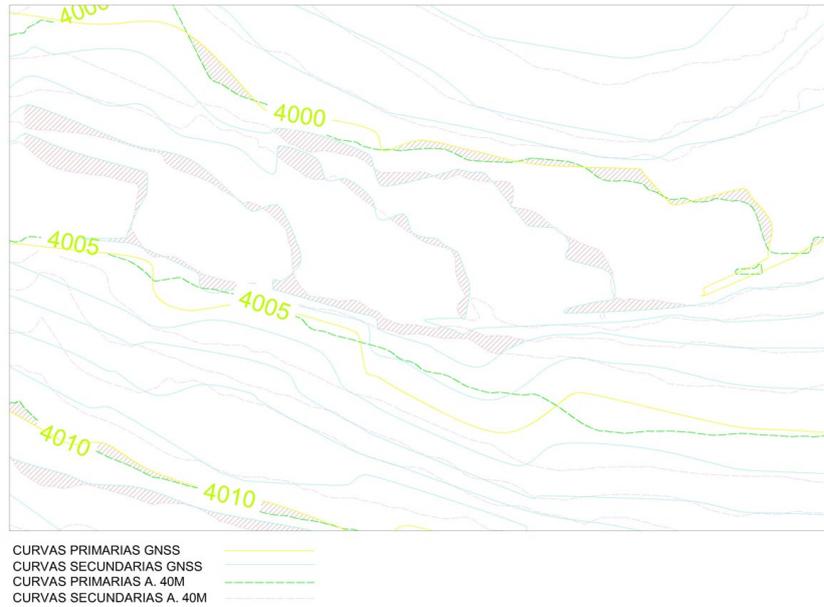


Figura 62. Comparación de curvas de nivel entre GNSS – altura 40 m.

En la figura 62, se aprecia la variación que existe entre un modelo de terreno digital con equipo GNSS y uno realizado con equipo VANT a altura de 40 metros, las curvas de nivel en su mayoría coinciden, pero siempre existen variaciones.

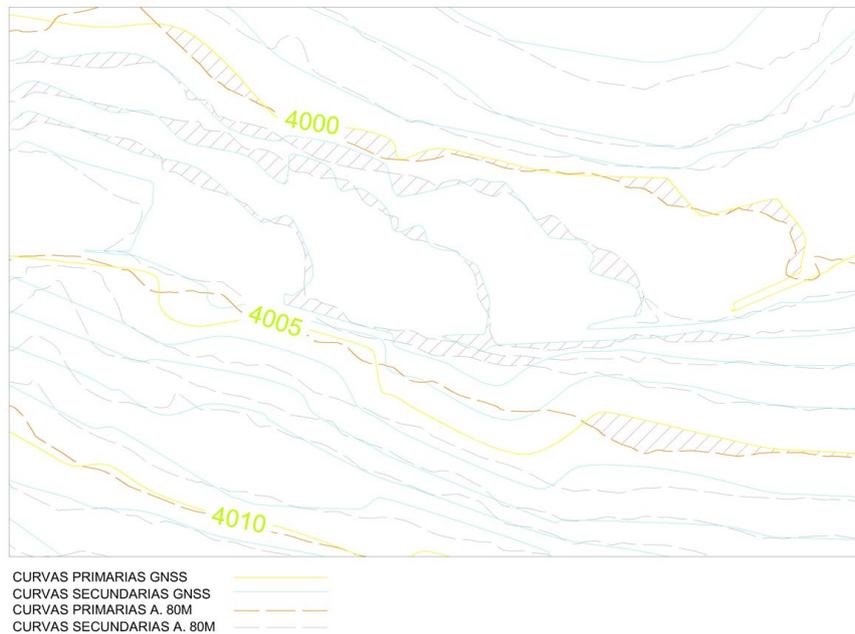
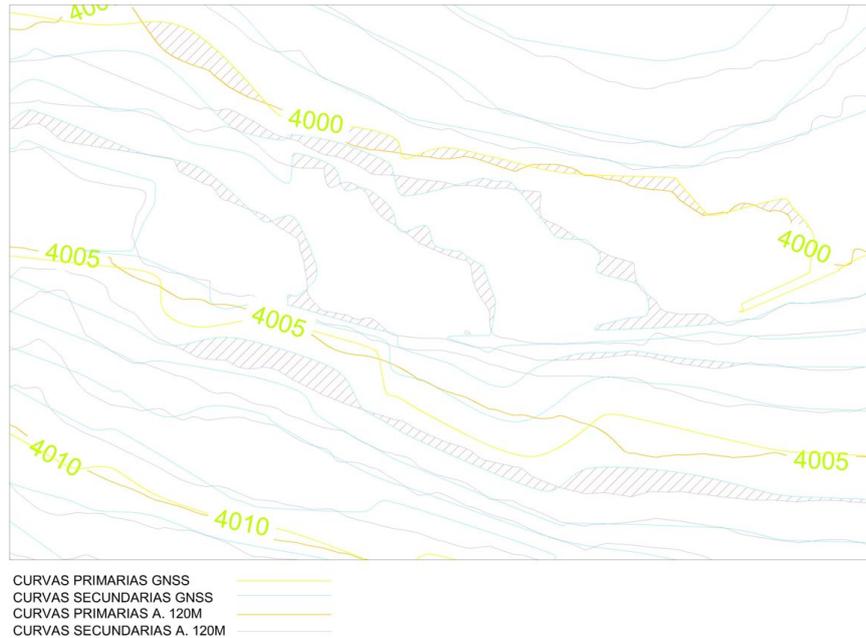


Figura 63. Comparación de curvas de nivel entre GNSS – altura 80 m



*Figura 64. Comparación de curvas de nivel entre GNSS – altura 120 m.*

## Conclusiones

Si existe influencia en la características y detalles topográficos, ya que los modelos digitales generados con equipos VANT, muestran más detalle topográfico por lo que utiliza una cantidad significativa de puntos para realizar el modelo de terreno digital.

**Desarrollo del objetivo específico 3:** Determinar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en las características del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero.

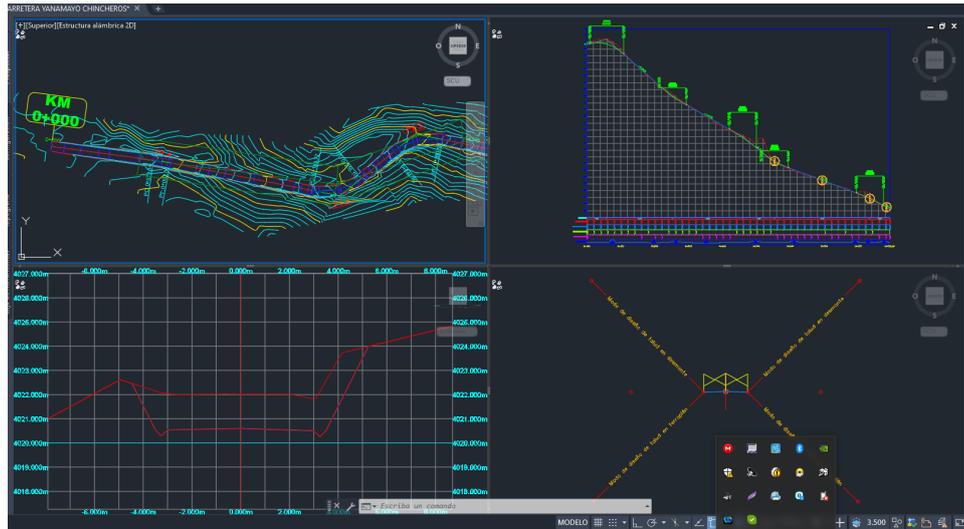


Figura 65. Diseño geométrico de la carretera Yanamayo - Chinchero

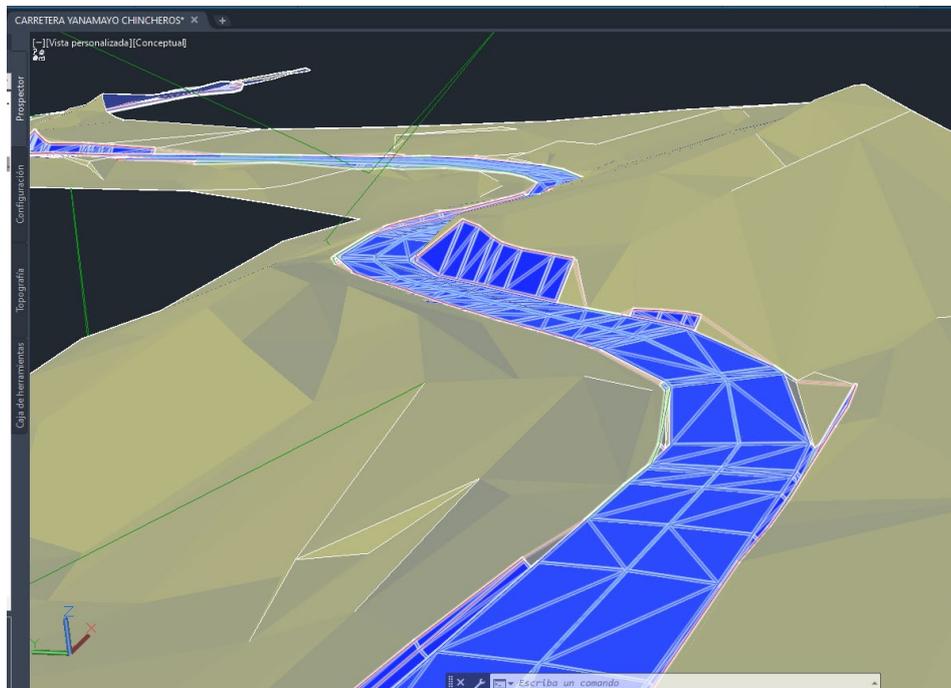


Figura 66. Vista tridimensional del diseño geométrico de la carretera Yanamayo - Chinchero

El diseño de geométrico de una carretera depende del nivel de detalle topográfico que exista, cuanto mejor es el detalle topográfico se podrá considerar y tomar mejores decisiones en cuanto a la optimización del movimiento de tierras que es un componente fundamental a la hora de diseñar carreteras, es pero eso que determinaremos la influencia de la altura de vuelo en las características de diseño, realizando la comparación del movimiento de tierras en sus dos

volúmenes, de desmonte y terraplén; en la tabla 32 podemos apreciar el cuadro comparativo de los volumen de las superficies realizados con equipo GNSS y VANT a diferentes alturas de vuelo de 40,80 y 120 metros.

Tabla 32. Cuadro comparativo de volúmenes realizado con equipo GNSS y VANT

Progresiva	Equipo GNSS		VANT Altura 40 m		VANT Altura 80 m		VANT Altura 120 m	
	Volumen de Desmonte (m3)	Volumen de Terraplén (m3)	Volumen de Desmonte (m3)	Volumen de Terraplén (m3)	Volumen de Desmonte (m3)	Volumen de Terraplén (m3)	Volumen de Desmonte (m3)	Volumen de Terraplén (m3)
	0+000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020	47.11	0.47	57.24	6.94	53.59	8.72	58.05	6.29
0+040	134.81	0.00	150.18	0.00	143.76	0.00	150.47	0.00
0+060	225.46	0.00	226.88	0.00	226.95	0.00	230.46	0.00
0+080	269.25	0.00	266.01	0.00	278.13	0.00	279.90	0.00
0+100	227.53	0.00	251.49	0.00	246.09	0.00	249.83	0.00
0+120	108.48	0.22	136.79	0.00	123.67	0.00	129.72	0.00
0+140	39.40	0.22	27.45	1.37	27.10	3.49	35.26	0.67
0+160	111.29	0.94	88.23	1.37	92.21	3.49	100.29	0.67
0+180	166.57	4.68	150.86	9.69	164.29	4.25	165.46	6.84
0+190	56.13	4.04	45.22	12.39	48.22	9.36	50.99	10.73
0+200	14.09	18.38	7.44	19.48	6.15	17.61	9.97	17.08
0+210	2.12	24.11	1.92	18.11	2.62	15.04	2.01	15.29
0+220	4.76	11.73	8.33	6.24	13.38	4.89	7.76	5.58
0+240	76.71	7.40	93.99	0.00	99.90	0.34	82.82	0.00
0+250	64.72	0.00	83.96	0.00	86.43	0.00	81.38	0.01
0+260	47.17	0.92	65.56	0.00	73.47	0.00	70.75	0.01
0+270	30.67	0.93	34.04	3.18	35.17	6.81	38.67	0.56
0+280	28.56	0.00	28.76	3.18	23.06	6.81	28.23	0.56
0+300	64.88	0.00	82.56	0.00	89.49	0.00	76.08	0.00
0+320	48.16	0.25	63.62	0.00	81.78	0.00	61.29	0.04
0+330	7.72	2.25	9.39	0.79	12.24	0.77	10.16	1.53
0+340	0.55	10.35	1.47	7.97	1.37	5.51	2.24	6.65
0+350	0.00	17.51	0.06	16.42	0.00	15.54	0.01	13.66
0+360	0.00	19.52	0.06	17.21	0.00	19.68	0.01	14.88
0+370	0.35	20.75	0.10	17.88	1.08	18.12	0.01	17.66
0+380	2.64	21.02	7.49	17.70	12.13	14.61	7.31	17.68
0+390	2.29	26.88	9.90	20.96	12.50	16.44	12.26	19.55
0+400	1.66	28.92	2.41	29.13	1.40	29.26	4.76	30.68
0+420	3.27	36.61	0.00	58.88	0.00	63.04	0.00	60.19
0+440	2.49	18.52	3.73	41.71	6.11	45.53	3.15	42.18
0+460	71.51	7.17	60.78	14.66	67.93	18.72	60.27	16.82
0+480	168.57	0.00	149.39	0.00	150.01	0.00	144.76	0.00

0+490	97.25	0.00	95.45	0.00	90.87	0.00	90.87	0.00
0+500	103.13	0.00	98.53	0.00	98.73	0.00	96.23	0.00
0+510	193.27	0.08	190.67	0.00	193.07	0.12	188.60	0.00
0+520	335.88	0.08	332.19	0.00	332.98	0.12	329.31	0.00
0+540	452.76	0.00	397.16	0.00	396.51	0.00	392.35	0.00
0+560	60.25	7.60	20.23	2.96	25.11	0.00	19.16	3.62
0+580	9.41	14.31	19.95	6.58	24.65	2.67	26.18	6.14
0+600	12.57	25.55	26.40	27.10	26.58	21.70	31.00	28.03
0+610	5.58	30.60	8.50	28.78	11.53	22.00	9.74	27.86
0+620	3.58	39.93	5.56	35.41	6.65	29.13	6.20	35.93
0+640	12.31	58.01	11.48	52.25	14.52	46.12	9.47	60.04
0+660	20.50	24.18	15.74	22.04	21.72	17.58	15.53	27.22
0+680	24.82	14.86	27.85	13.56	33.49	11.95	27.65	16.62
0+700	37.97	11.97	36.65	12.00	40.06	8.98	35.03	11.29
0+720	35.44	3.25	32.49	7.58	34.98	2.39	32.38	4.67
0+740	17.24	4.13	25.99	9.41	31.42	0.51	24.60	4.94
0+760	23.59	2.04	21.33	20.08	25.76	7.45	19.61	15.84
0+780	24.40	10.94	19.59	19.92	42.30	10.52	30.54	16.64
0+790	10.49	9.68	10.70	9.49	23.13	5.98	14.56	8.11
0+800	15.91	5.28	23.71	6.09	26.82	4.49	22.25	6.85
0+820	120.22	2.37	148.86	0.27	149.46	0.22	168.85	2.28
0+830	94.12	0.00	95.93	0.00	91.63	0.11	106.50	0.00
0+840	39.80	0.00	61.26	0.00	34.03	0.11	37.61	0.13
0+850	6.66	28.29	32.20	5.52	7.58	10.48	5.33	6.47
0+860	4.73	51.94	2.82	38.46	1.64	45.53	1.19	37.56
0+870	2.77	32.27	0.00	44.63	0.00	46.54	0.00	42.97
0+880	0.13	20.52	0.00	29.50	0.00	27.63	0.00	25.10
0+893	0.00	33.15	3.89	20.25	0.95	16.85	0.00	24.23
<b>Sumatoria</b>	<b>3793.70</b>	<b>714.82</b>	<b>3880.44</b>	<b>737.14</b>	<b>3966.40</b>	<b>667.21</b>	<b>3895.07</b>	<b>718.35</b>

Estadística inferencial, aplicación inferencial a las variables, la hipótesis específicas se evaluará mediante pruebas cuantitativa de comparación de medias, donde se realizará con la prueba H de kruskal- Wallis, debido a que deseamos compara más dos muestras independientes, para determinar si la altura de vuelo influye en las características del diseño geométrico.

Para ello, inicialmente se realizó la prueba de normalidad de los resultados del cálculo del volumen de desmonte, seguida de la prueba H de kruskal-Wallis.

Tabla 33. Prueba de la normalidad para volumen de desmonte.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Volumen	,228	240	,000	,733	240	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad la evaluaremos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov ya que nuestras muestras son grandes (>30 individuos), en tabla 33 se observa que los datos no obedecen a una distribución normal.

P-valor  $\Rightarrow \alpha$  Aceptar      Ho = Los datos provienen de una distribución normal.

P-valor  $< \alpha$  Aceptar      H1 = Los datos NO provienen de una distribución normal

Normalidad calificaciones

P-Valor (GNSS) = 0.000	<	$\alpha = 0.05$
------------------------	---	-----------------

### Conclusión:

La variable de volumen de desmonte no proviene de una distribución normal.

Tabla 34. Promedio de medias para volumen de desmonte

Rangos			
	Equipos	N	Rango promedio
Volumen_Desmonte	GNSS	60	117,99
	ALTURA 40	60	120,82
	ALTURA 80	60	122,89
	ALTURA 120	60	120,30
	Total	240	

### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	Volumen_De smonte
H de Kruskal-Wallis	,151
gl	3
Sig. asintótica	,985

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación:  
Equipos

### Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Volumen_Desmonte es la misma entre categorías de Equipos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,985	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

La comprobación de la prueba de hipótesis. En la tabla de los estadísticos de la prueba H de kruskal-Wallis, la significación asintótica es superior a 0,05, por lo que se ACEPTA la hipótesis nula.

Igualdad de varianza, Prueba de H de kruskal- Wallis

P-valor=>  $\alpha$  Aceptar  $H_0$  = Las varianzas son iguales

P-valor<=  $\alpha$  Aceptar  $H_1$  = Existe diferencia significativa entre las varianzas.

P-Valor = 0.985	>	$\alpha$ = 0.05
-----------------	---	-----------------

Para ello, inicialmente se realizó la prueba de normalidad de los resultados del cálculo del volumen de desmonte, seguida de la prueba H de kruskal-Wallis.

### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Volumen_Terraplen	,205	240	,000	,807	240	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad la evaluaremos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov ya que nuestras muestras son grandes (>30 individuos), en tabla 33 se observa que los datos no obedecen a una distribución normal.

P-valor =>  $\alpha$  Aceptar  $H_0$  = Los datos provienen de una distribución normal.

P-valor <  $\alpha$  Aceptar H1 = Los datos NO provienen de una distribución normal

Normalidad calificaciones

P-Valor (GNSS) = 0.000	<	$\alpha = 0.05$
------------------------	---	-----------------

### Conclusión:

La variable de volumen de desmonte no proviene de una distribución normal.

### Rangos

	Equipos	N	Rango promedio
Volumen_Terraplen	GNSS	60	122,98
	ALTURA 40	60	121,26
	ALTURA 80	60	117,46
	ALTURA 120	60	120,30
	Total	240	

### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	Volumen_Terraplen
H de Kruskal-Wallis	,203
gl	3
Sig. asintótica	,977

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación:  
Equipos

### Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Volumen_Terraplen es la misma entre categorías de Equipos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,977	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

La contrastación de la prueba de hipótesis. En la tabla de los estadísticos de la prueba H de kruskal-Wallis, la sig. asintótica es superior a 0,05, por lo que se ACEPTA la hipótesis nula.

Igualdad de varianza, Prueba de H de kruskal- Wallis

P-valor=>  $\alpha$  Aceptar  $H_0$  = Las varianzas son iguales

P-valor<=  $\alpha$  Aceptar  $H_1$  = Existe diferencia significativa entre las varianzas.

P-Valor = 0.985	>	$\alpha$ = 0.05
-----------------	---	-----------------

$H_a$ . La altura de vuelo con tecnologías VANT si influye en las características del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021

$H_0$ : La altura de vuelo con tecnologías VANT no influye en las características del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021

#### Conclusión

Como P-valor es mayor 0.05 entonces se acepta la hipótesis nula. La altura de vuelo con tecnologías VANT no influye en las características del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021

## V. DISCUSIÓN

Discusión 1: A partir de los hallazgos encontrados, rechazamos nuestra primera hipótesis específica alterna que establece la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en la precisión para el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero. Con respecto a la influencia de la altura de vuelo en la precisión se tuvo como resultados de los vuelos realizados a alturas de 40, 80 y 120 metros, errores promedios en elevación de 0.049, 0.055 y 0.180 metros respectivamente. Así también concuerdo con los resultados de la investigación que sostiene Jimenez, Magaña & Soriano (2019), quienes realizaron pruebas comparativas entre equipos VANT y equipo convencional estación Total, quienes señalan que, los principales resultados obtenidos de un vuelo realizado a 110 metros de altura tuvieron una mayor desviación en  $X = 0.038$  m, mayor desviación en  $Y = 0.041$  m y mayor desviación en Elev = 0.287 m, en ambas investigaciones concordamos con el error encontrado respecto la elevación de la altura de 120 metros, si embargo se aprecia que la precisión es mayor a las alturas de 40 y 80 metros, es necesario resaltar que la topografía de nuestra investigación es accidentada. Del mismo modo Pari & Sedano (2019), realizó su investigación a una altitud entre los 3700 y 4500 m.s.n.m., la cual es similar a la altitud de la región de Puno, utilizó un equipo VANT profesional, equipo diseñado para realizar levantamientos topográficos por métodos fotogramétricos de marca Wingtra modelo WingtraOne, el cual lleva a bordo cámara de 42 Megapíxeles, tiene una conexión con equipos GNSS en su modo RTK, y reduce significativamente los errores, obtuvo como resultado de un vuelo realizado a una altura de 80 metros, con un nivel de significancia del 5% que existe evidencia suficiente para afirmar que las medias de los errores absolutos de X, Y y Z se encuentran por debajo del parámetro permitido de 0.170 metros, es decir, no existe diferencia significativa en la precisión de los levantamientos fotogramétricos. De la misma manera no concuerda con los estudios de los autores Garcia & Polo (2019), donde sostienen que el levantamiento con equipo Dron tiene un error superior al 1 %, siendo mucho más preciso realizar levantamientos con equipo convencional estación total, ya que los levantamientos

con equipos Dron no cumple con los estándares de precisión, es necesario mencionar que la altura de vuelo fue de 150 metros.

Discusión 2: Con respecto a la influencia de la altura de vuelo en las características y detalles topográficos observamos diferencias en cuanto a la generación de curvas de nivel, esto debido a que existe variación en las elevaciones (cuadro 29), la elevación es un dato fundamental que sirve para realizar la triangulación y la interpolación que dará como resultado las curvas de nivel, que representa los detalles topográficos. Por otro lado, la obtención de puntos topográficos de un levantamiento convencional realizado en esta investigación con equipo GNSS en su modo de levantamiento topográfico RTK, donde para obtener las coordenadas topográfica se realiza el seccionamiento de la carretera a cada 20 metros aproximadamente, entre esas secciones que se realiza se pierde el detalle topográfico ocasionando así que el modelo digital no sea 100 % representativo. En cambio, la generación de modelos digitales con la nube de puntos densa obtenida de los postprocesos de los vuelos fotogramétricos garantiza un detalle topográfico ya que utiliza una mayor cantidad de puntos para poder realizar las triangulaciones y generar en su defecto las curvas de nivel. A si también no concuerdo con los hallazgos de Alca & Gutierrez (2021), que con un nivel de confianza del 95% se puede afirmar que existe la prueba estadística que nos muestra que la diferencia de cotas entre los dos métodos de levantamientos topográfico es igual a 0, de esta manera se demuestra que las superficies generadas con el método fotogramétrico son igual a la superficie del terreno real ya que la diferencia de superficies es nula. En ambas investigaciones no concordamos en que las características y detalles topográficos sean iguales ya que Alca & Gutiérrez realiza una prueba estadística para comparar la superficie, en cambio en nuestra investigación realizamos un comparativo grafico entre las características y detalles topográficos generados con el equipo GNSS vs los generados con equipo VANT.

Discusión 3: A partir de los hallazgos encontrados, rechazamos nuestra tercera hipótesis específica alterna que establece la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en las características del diseño geométrico de la carretera

Yanamayo Chinchero, ya que al respecto se realizó un solo diseño geométrico de la carretera para las superficies digitales obtenidas con equipo GNSS y VANT a alturas de 40,80 120 metros y se consiguió los siguientes resultados, para la superficie digital realizada con equipos GNSS, se obtuvo resultados en volumen de desmonte y terraplén de 3,793.70 y 714.82 metros cúbicos respectivamente, para la superficie digital realizada con equipo VANT a altura de vuelo de 40 metros, se obtuvo resultados en volumen de desmonte y terraplén de 3,880.44 y 737.14 metros cúbicos respectivamente, para la altura de vuelo de 80 metros, se obtuvo resultados en volumen de desmonte y terraplén de 3,966.40 y 667.21 metros cúbicos respectivamente y para la altura de vuelo de 120 metros, se obtuvo resultados en volumen de desmonte y terraplén de 3,895.07 y 718.35 metros cúbicos respectivamente, las cuales estadísticamente con un nivel de confianza del 95% no son significativos. A si también concuerdo con la investigación de Alca & Gutierrez (2021), que realizaron un análisis comparativo de movimiento de tierras en carreteras realizado por el método de diferencia de superficies con drone en comparación al método de prisma de carretera, Los instrumentos empleados fueron una estación total y un drone Phantom 4 pro v2.0, obtuvieron como resultado que el método de diferencia de superficies aplicando la fotogrametría con drones tiene un volumen de movimientos de tierras real con lo que se garantiza una mejor precisión en los cálculos. En ambas investigaciones se realizó la comparación de dos métodos para cuantificar los volúmenes en la cual podemos apreciar que la altura de vuelo no influencia en el cálculo volumétrico del diseño geométrico de la carretera. De la misma manera concuerdo con la investigación de Jea, Wei, & Ming (2020), que tuvieron como objetivo evaluar la aplicación de topografía adquirida por vehículos aéreos no tripulados (UAV) para cuantificar el volumen de deslizamientos de tierra provocados por tifones y su posible impacto topográfico en ríos en cuencas montañosas que tubieron como resultado imágenes de fotogrametría aérea de alta resolución de varios períodos y datos de fotogrametría de UAV autofotografiados para cuantificar el deslizamiento de tierra y canalizar los volúmenes de sedimentos con una precisión de escala de un metro en la cuenca de captación del río Laishe de 2009 a 2015, lo que proporcionó datos confiables, para discutir el transporte de sedimentos y los cambios morfológicos.

## **VI. CONCLUSIONES**

Se concluye que no existe influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, se realizaron los análisis estadísticos con un nivel de confianza del 95 %, para evaluar la influencia de la precisión, influencia de las características y detalles topográficos, la influencia en las características de diseño geométrico y como resultado tuvimos que rechazar nuestras hipótesis alternas ya que en la pruebas de hipótesis no existe influencia significativa.

La influencia de la altura de vuelo con tecnología VANT en la precisión para el diseño geométrico de la carretera, se observa que con la prueba estadística de comparación de medias (ANOVA) con un nivel de confianza de 95 %, no existe influencia significativa ya que al realizar la comparación de medias rechazamos nuestra hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula, estos resultados se dan ya que analizamos la información de forma global, pero si observamos los resultados de forma independiente llegamos a la conclusión que en nivel de precisión es menor al final del tramo programando, esto es a consecuencia de que la altura de vuelo incrementa de acuerdo a la topografía de la zona, ya que el aplicativo usado para realizar la programación de vuelo, solo conserva la altura programada al inicio de vuelo.

Se concluye que si existe influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en las características y detalles topográficos para el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, ya que en un levantamiento con equipos GNSS la obtención de datos se realiza mediante secciones de aproximadamente 20 metros obviando la información entre secciones, lo cual no ocurre con un levantamiento topográfico con equipo VANT, ya que al realizar los postprocesos se considera una gran cantidad de puntos para realizar la superficie digital.

Los volúmenes de movimiento de tierras en carreteras generado con equipo GNSS y equipo VANT a diferentes alturas no son significativamente diferentes, se realiza la prueba estadística con un nivel de confianza del 95%, la cual nos

demostró que no existe influencia entre las características de los diseños geométricos realizados en los diferentes modelos digitales, aceptando así la hipótesis nula.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Para obtener mejor precisión en los levantamientos topográficos con equipo VANT, se recomienda realizar los vuelos fotogramétricos entre las alturas de 40 a 80 metros. A la vez realizar programaciones de vuelo con aplicativos diferentes al usado en nuestra investigación, aplicativos que realicen vuelos conservando una misma altura de vuelo a lo largo del trayecto programado, ya que el aplicativo utilizado en nuestra investigación respeta solo la altura inicial de vuelo e incrementa las alturas de acuerdo con el desnivel que existe en la topografía de la zona.

Se recomienda que, para una mejor obtención de características y detalles topográficos, los vuelos se realicen entre las alturas de 40 y 80 metros.

Se recomienda en cuanto al diseño geométrico de carreteras utilizar modelos digitales con equipo VANT, realizados a 40 o 80 metros para realizan cálculos mucho más reales.

## REFERENCIAS

1. *Evaluation of a prototype RPAS for surveying with RGB images.* **Perez Paredes, Juan.** 2021, Revista Ingeniería Agrícola.
2. *Mapping hazardous mining-induced sinkhole subsidence using unmanned aerial vehicle (drone) photogrammetry.* **Suh, Jangwon and Yosoon, Choi.** 2017, Environ Earth Sci.
3. *Quantification of the error of digital terrain models.* **Jimenez Jimenez, Sergio Ivan.** 2017, Ingenieria Agricola y Biosistemas.
4. *Manual de Carreteras especificaciones tecnicas generales para la construccion.* **MTC.** 2015.
5. **TACCA QQUELCA, HILARIO.** *Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional.* Universidad Nacional del Altiplano. Puno : s.n., 2015.
6. **Alca Arpasi, Gustavo Antonio and Gutierrez Yana, Diego Alfonso.** *ANÁLISIS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EN CARRETERAS GENERADO POR EL MÉTODO DE DIFERENCIA DE SUPERFICIES CON DRONE EN CONTRASTE AL MÉTODO DE PRISMA DE CARRETERA.* Universidad Nacional del Altiplano, Puno : 2021.
7. *Application of Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-Acquired Topography for Quantifying Typhoon-Driven Landslide Volume and Its Potential Topographic Impact on Rivers in Mountainous Catchments.* **Kuo Jen, Chang.** 2020, Applied Sciences MSPI.
8. *Evaluación de la confiabilidad de tres métodos topográficos.* **Roblero Hidalgo, Rodrigo and Flores Vazquez, Jorge.** 2020, Ingenieria Agricola y Biosistemas.
9. **Jimenez Calero, Nely Margarita, Magaña Monge, Alexis Oswaldo and Soriano Melgar, Eduardo.** *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL COMO MÉTODO DIRECTO Y EL USO DE DRONES Y GPS COMO MÉTODOS INDIRECTOS.* UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, s.l. : 2019.
10. **Corredor Daza, Juan Guillermo.** *IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE ELEVACIÓN OBTENIDOS MEDIANTE TOPOGRAFIA CONVENCIONAL Y TOPOGRAFIA CON DRONES PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE UNA VIA EN REHABILITACION SECTOR TULUA – RIO FRIO.* Universidad Militar Nueva Granada, Bogota : 2018.
11. **Garcia Segovia, Ulices and Polo Ruiz, Oscar Ruben.** *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS UTILIZANDO DRONE PHANTOM 4 Y ESTACIÓN TOTAL TOPCON ES-105 EN EL RÍO MOCHE, TRUJILLO 2019.* Universidad Nacional de Trujillo, Tujillo : 2020.

12. **Pari Rendon, Rufo Wiston and Sedano Mateo, Fredy Diogenes.** *ANALISIS, DESARROLLO Y COMPARACION DE UN LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO REALIZADO CON UN RPA FRENTE A UN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL RALIZADO CON GNSS - MINA BARRICK, 2018.* Universidad Privada del Norte, Lima : 2019.
13. **Pedrasa Santos, Aurelio.** *Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.* Universidad Cesar Vallejo, Lima : 2019.
14. **Jea Chang, kuo, Wei Tseng, Chun and Ming Tseng, Chih.** *Application of Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-Acquired Topography for Quantifying Typhoon-Driven Landslide Volume and Its Potential Topographic Impact on Rivers in Mountainous Catchments.* Taiwán : s.n., 2020.
15. *Aplicación de la fotogrametría con drones al control deformacional de estructuras y terreno.* **Gómez Zurdo, Rubén Sancho , Galán Martín, David and González Rodrigo, Beatriz .** Madrid : Informes de la Construcción, 2020, Informe de la Construcción.
16. *Statistical process control and mapping accuracy standards applied to aerial surveys.* **Campos Calou, Vinícius Bitencourt , Dos Santos Teixeira, Adunias and Da Silva, José Adriano .** Fortaleza : Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2020.
17. **Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid.** *Los Drones y sus aplicaciones en la ingeniería civil.* Madrid : Graficas Arfias Montano, 2015.
18. **Ojeda Bustamante, Waldo, Flores Velazquez, Jorge and Ontiveros Capurata, Ronald Ernesto.** *Uso y Manejo de drones con aplicaciones al sector hidrico.* Mexico : s.n., 2016. ISBN 978 -607-9368-79-1.
19. **Instituto Geografico Nacional.** *Especificaciones tecnicas para la produccion de cartografia basica escala 1:1000.* Lima : s.n., 2011.
20. **PIX4D.** <https://support.pix4d.com/>. [Online] PIX4D. [Cited: 29 03 2022.] <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202559809-Ground-sampling-distance-GSD-in-photogrammetry>.
21. **Cárdenas Grisales, James.** *Diseño geometrico de carreteras.* Bogota : Ecoe Ediciones, 2013. ISBN: 978-958-648-859-4.
22. **Navarro Hudiel, Sergio.** *Diseño y calculo geometrico de viales.* Esteli : Universidad Nacional de Ingenieria, 2017.
23. **Agudelo Ospina, John Jairo.** *Diseño geometrico de vias.* Medellin : s.n., 2002.
24. **López Álvarez, José Luis.** *Auciliar de carretera.* Sevilla : Mad, S.L., 2006. ISBN-10:84-665-6682-1.

25. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** *Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-218.* Lima : s.n., 2018.
26. **Bañon Blazquez, Luis and Bevia García, José F.** *Manual de Carreteras.* s.l. : Ortiz e hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000. ISBN: 84-607-0123-9.
27. **KRAUS, KARL.** *Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans.* Viena : Hubert & Co. GmbH & Co. KG, Gottingcn., 2007. ISBN 978-3-11-019007-6.
28. **LINDER, WILFRIED.** *Digital Photogrammetry: A Practical Course.* Alemania : s.n., 2009. ISBN: 978-3-540-92724-2.
29. **OTERO, I, EZQUERRA, A and RODRIGUEZ SOLANO, R.** *Fotogrametría.* 2005.
30. **HOFMANN WELLENHOF, BERNHARD, LICHTENEGGER, HERBERT and WASLE, ELMAR.** *GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more.* Australia : s.n., 2008. ISBN 978-3-211-73012-6.
31. **PETROPOULOS, GEORGE and K SRIVASTAVA, PRASHANT.** *GPS and GNSS Technology in Geosciences.* Cambridge : s.n., 2021. ISBN: 978-0-12-818617-6.
32. **GBRE EGZIABHER, DEMOZ and GLEASON, SCOTT.** *Aplicaciones y métodos GNSS.* s.l. : Artech House, 2009. ISBN-13: 978-1-59693-329-3.
33. **LEICK, ALFRED, RAPOPORT, LEV and TATARNIKOV, DMITRY.** *GPS Satellite Surveying.* New Jersey : s.n., 2015. ISBN 978-1-118-67557-1.
34. **B.C., PUNMIA.** *SURVEYING.* 2005. ISBN : 81-7008-054-1.
35. **VENKATRAMAIAH, C.** *Textbook of Surveying.* s.l. : Sree Kalanjali Graphics. Hyderabad 500 029, 1996. ISBN 81 7371 021 X.
36. **CONCYTEC.** Plataforma vinculante. [Online] CONCYTEC. [Cited: 25 marzo 2022.] [https://vinculate.concytec.gob.pe/encyclopedia/investigacion-aplicada-2/#\\_ftn1](https://vinculate.concytec.gob.pe/encyclopedia/investigacion-aplicada-2/#_ftn1).
37. **Colomé, Delia Graciela.** *Metodología de investigación para cursos de posgrado en ingeniería.* Buenos Aires : San Juan, Ediciones Plaza, 2018. ISBN 978-987-770-605-5.
38. **Borja Suarez, Manuel.** *Metodología de la Investigación para Ingenieros.* Chiclayo : s.n., 2012.
39. **Hernández S; et.al.** *Metodología de la investigación.* México : McGraw-Hill Interamericana, 2010.
40. **CANTA HONORES, JORGE LUIS.** *Gestión de proyectos bajo el enfoque PMI-PMBOK y los plazos de liquidación de los proyectos Cash Qali Warma promovidos por FONCODES, PERU, 2017.* Lima : Escuela de Posgrado de la Universidad Ricardo Palma, 2018. Tesis de maestría.
41. *¿Como plantear las variables de una investigación?:Operacionalizacion de las variables.* **Torracchi C, Caparó E and Pariona M.** 1, s.l. : Odontología Activa Científica, 2019, Odontología Activa Revista Científica, Vol. 4, pp. 15-20.

42. **Bencardino, C.** *Estadística y muestreo*. 13. Bogotá : Ecoe, 2012.
43. **HERNANDES SAMPIERI, ROBERTO.** *Metodología de la investigación*. s.l. : McGRAW-HILL / INTER AMERICAN A EDITORES, S.A., 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
44. **Manuel, Borja S.** *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. 6 edición. Chiclayo : s.n., 2012.
45. **TAMAYO TAMAYO, MARIO.** *El proceso de la investigación científica*. Distrito Federal : Editorial LIMUSA, S.A., 2003. ISBN 968-18-5872-7.
46. **Universidad de San Martín de Porres.** *Metodología de la Investigación*. Lima : s.n., 2019.
47. **BERNAL TORRES, CESAR AUGUSTO.** *Metodología de la Investigación*. Bogotá : PEARSON, 2010. ISBN 978-958-699-128-5.
48. **Instituto Geográfico Nacional.** *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA POSICIONAMIENTO GEODÉSICO ESTÁTICO RELATIVO CON RECEPTORES DEL SISTEMA SATELITAL DE NAVEGACIÓN GLOBAL*. Lima : s.n., 2015.
49. **wikipedia.** <https://es.wikipedia.org/wiki/Puno>. [Online] [Cited: 19 marzo 2022.] <https://es.wikipedia.org/wiki/Puno>.
50. **Alvarez, María Laura Coenish.** *El plástico y sus usos. El ABC de los plásticos*. s.l. : Universidad Iberoamericana, 1997.
51. **Hinostroza Quijada, Pablo Sabino.** *EVALUACIÓN DE ERRORES MÁXIMOS PERMISIBLES ENTRE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EMPLEANDO DRON Y SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL DIFERENCIAL*. Universidad Peruana los Andes, Huanuco : 2021.
52. **Lepkowski.** *Telephone survey methods: adapting to change*. sexta. s.l. : McGRAWHill, 2008.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Matriz de operación de variables

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
VI Altura de vuelo	La distancia de la cámara al objeto y estará condicionado por el nivel de detalle que queramos captar, y este a su vez por la resolución del sensor y la focal del objetivo (Fundación de la energía de la comunidad de Madrid)	La distancia de la cámara al objeto se realizará la medición de acuerdo con el GSD, que es el tamaño de pixel en terreno de unidad cm/pixel	Altitud	GSD	Razón
VD Diseño geométrico de la carretera	El diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con el fin de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente. (Cárdenas G. James)	El diseño geométrico de una carretera se concretiza con el cálculo de volumen de desmonte y terraplén	Precisión	Coordenadas	Razón
			Características del diseño geométrico de carreteras	Volumen	Razón

**ANEXO 2: Matriz de consistencia**

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Metodología</b>
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivo general:</b>	<b>Hipótesis general:</b>	Altura de vuelo	Altitud	GSD	Tipo de investigación aplicada
¿Cuál es la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021?,	Determinar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021					Enfoque de investigación cuantitativo
<b>Problemas Específicos:</b>	<b>Objetivos específicos:</b>	<b>Hipótesis específicas:</b>	Diseño geométrico de carreteras	Precisión para diseño geométrico	Coordenadas	El diseño de la investigación no experimental
1. ¿Cuál es la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en la precisión para el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021?,	1. Determinar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en la precisión del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021	Ha: La altura de vuelo con tecnología VANT si influye en las características y detalles topográficos del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021				
		Ho: La altura de vuelo con tecnología VANT no influye en las características y detalles topográficos del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021		Características del diseño geométrico de carreteras	Volumen	El nivel de investigación transversal

<p>2. ¿Cuál es la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en las características y detalles topográficos para el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021?</p>	<p>2. Analizar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en las características y detalles topográficos para el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021</p>					<p>Población: carretera Yanamayo – Chinchero de 05 KM.</p>
<p>3. ¿Cuál es la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en las características del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021?.</p>	<p>3. Determinar la influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en las características del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021</p>	<p>Ha: La altura de vuelo con tecnologías VANT si influye en las características del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021</p>				<p>Muestra: carretera Yanamayo – Chinchero de 05 KM.</p>
		<p>Ho: La altura de vuelo con tecnologías VANT no influye en las características del diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021</p>				<p>Muestreo: tramos 00+000 al 01+000 km</p>

### Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos

INFLUENCIA DE LA ALTURA DE VUELO CON TECNOLOGÍAS VANT EN EL DISEÑO  
GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA YANAMAYO CHINCHERO, PUNO 2021

---

#### ANEXO N°01. VALIDACIÓN DE DATOS

##### CARTA DE PRESENTACION

Ing. Alejo Sairitupac, Policarpio Paulino

**Presente:**

**Asunto:** Validación de Instrumentos.

Nos es muy grato comunicamos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con lo cual optaremos el Título de Ingeniería Civil.

F.1 título de nuestro proyecto de investigación es: "Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021." y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de la variable.
- Certificado de validez de contenido de instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos do usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

  
Policarpio Alejo Sairitupac  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 06698  
Recibido  
10/01/2022

FORMATO PARA RECOLECCION DE COORDENADAS DE CAMPO

Título: Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

Autor: Apaza Calisaya, Edy Yames

N°	Coordendas			Descripcion
	Norte	Este	Elevacion	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

  
Polinario Alejo Sañitupac  
INGENIERO CIVIL  
CIR N° 82596



## Anexo 4. Validez

### INFORME DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Policarpio Pauliono Alejo Sayritupac  
 Institución donde labora : Instituto de Educación Superior Tecnológico Público José Antonio Encinas de Puno  
 Especialidad : Mgr. Geotecnia y Vías Terrestres  
 Instrumento de validación : Recolección de información con equipo VANT Y EQUIPO GNSS y formato de estudio de tráfico  
 Autor del instrumento : \_\_\_\_\_

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguajes apropiados y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>Altura de vuelo</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento refleja vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológica innovación y legal inherente a la variable: <b>Altura de vuelo</b> .					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>Altura de vuelo</b>					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						50

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

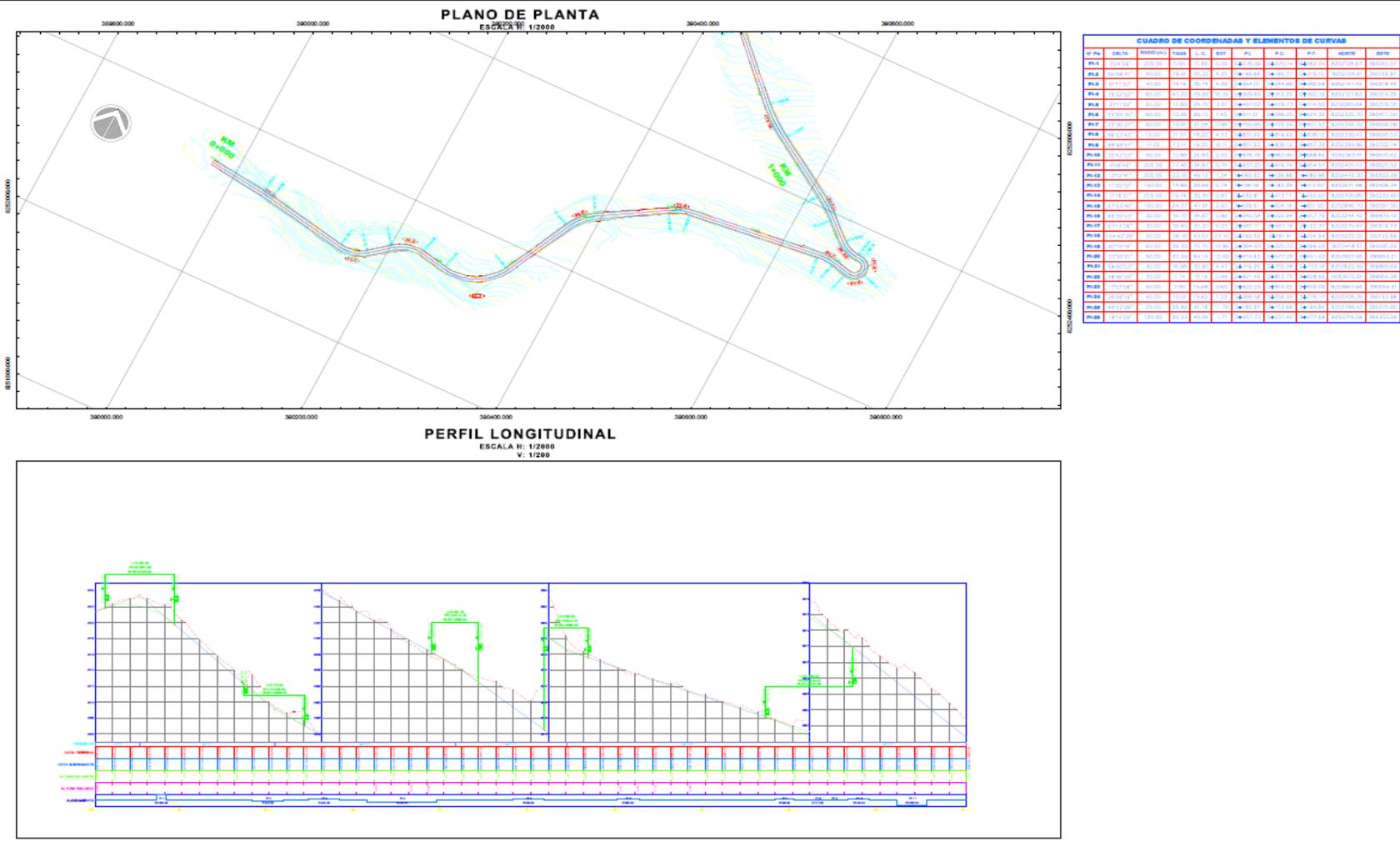
#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

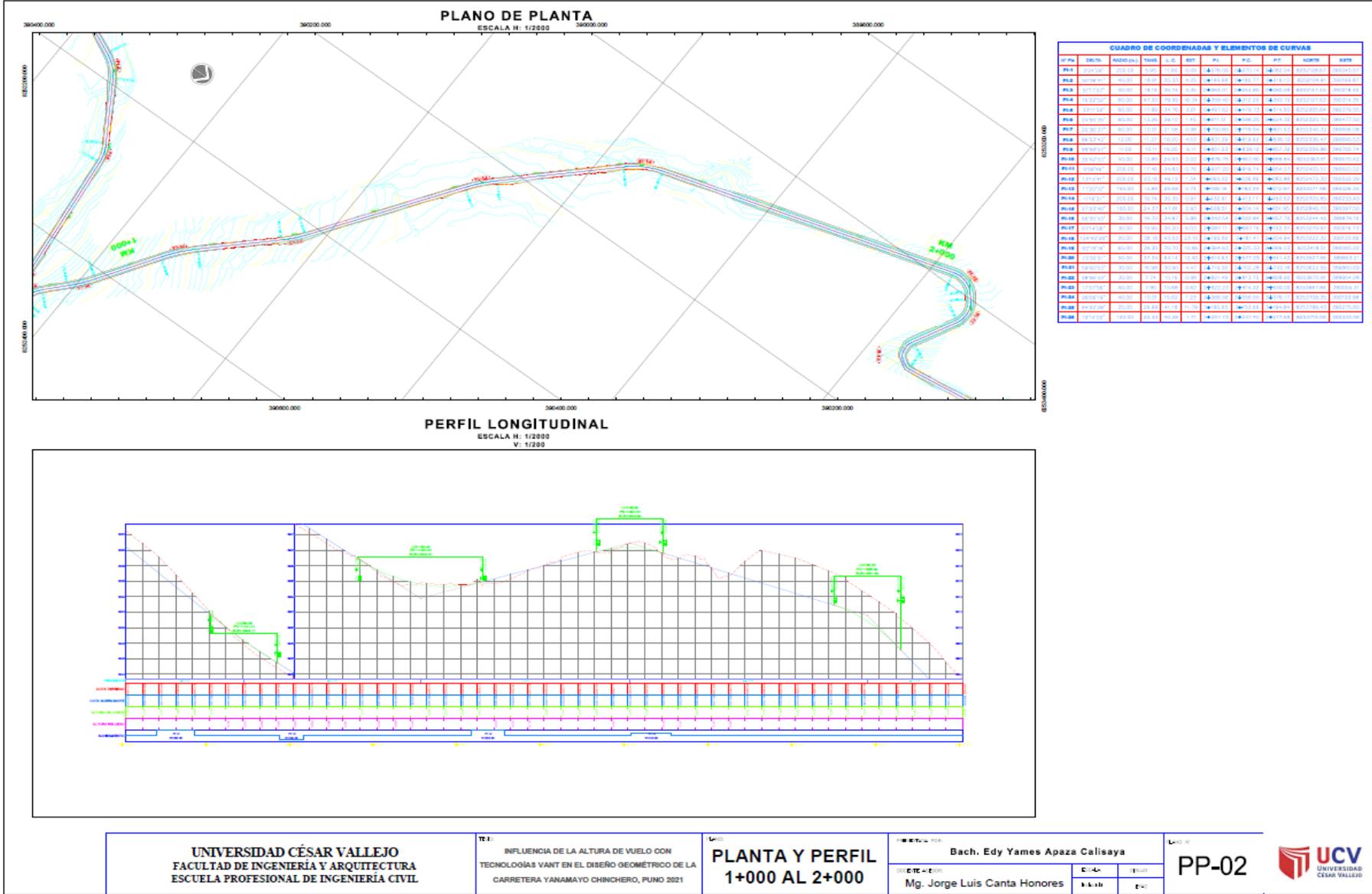
\_\_\_\_\_

Puno, 21 de Marzo del 2022

  
 Policarpio Alejo Sayritupac  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 68698

# Anexo 5. Planos

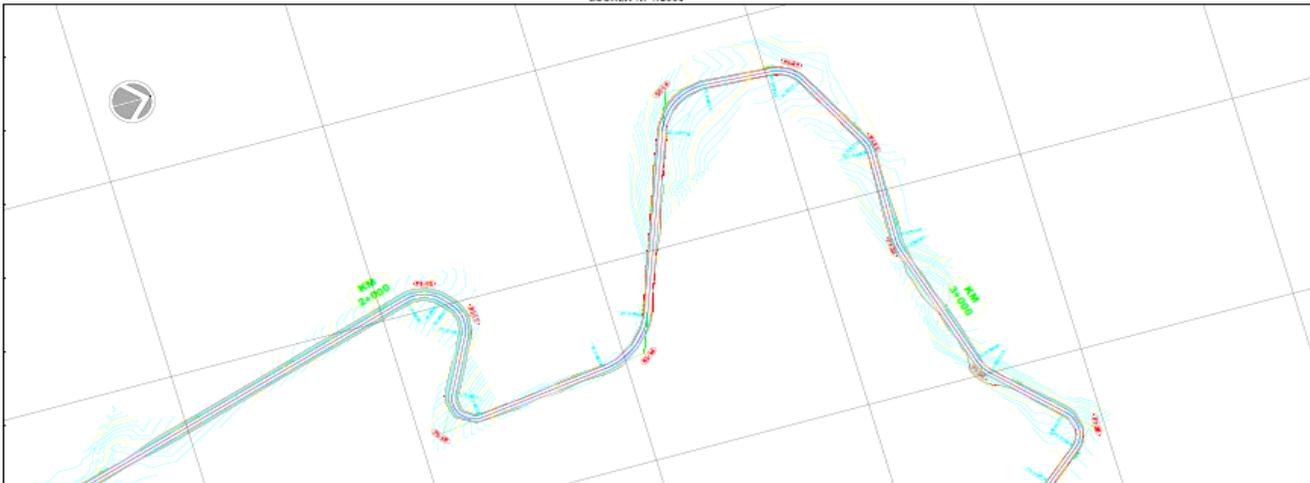




**PLANO DE PLANTA**

ESCALA H: 1/2000

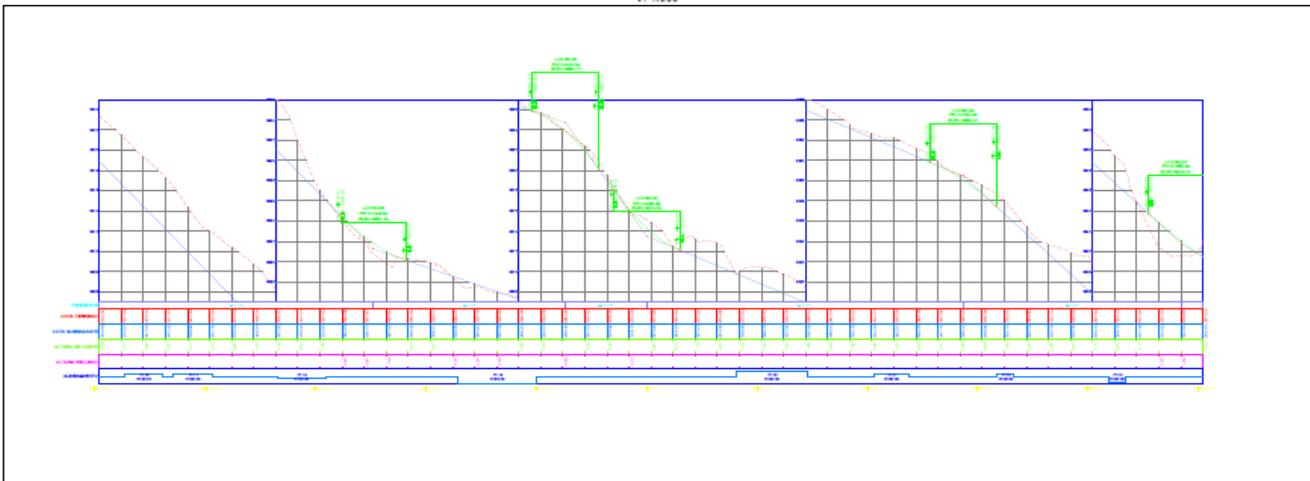
364800.000



**PERFIL LONGITUDINAL**

ESCALA H: 1/2000

V: 1/2000



CUADRO DE COORDENADAS Y ELEMENTOS DE CURVAS										
STATION	COORDENADA X	COORDENADA Y	ALCANTARILLA							
P.M. 2+000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000
P.M. 2+100	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000
P.M. 2+200	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000
P.M. 2+300	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000
P.M. 2+400	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000
P.M. 2+500	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000
P.M. 2+600	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000
P.M. 2+700	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000
P.M. 2+800	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000
P.M. 2+900	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000
P.M. 3+000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000	364800.000



## Anexo 6. Panel fotográfico



## Anexo 7. Hoja de cálculos

### REPORTE DE PUNTOS GEOREFERENCIADOS

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

**Project name:** CARRETERA YANAMAYO CHINCHEROS

**Surveyor:**

**Comment:**

**Linear unit:** Meters

**Projection:** UTMSouth-Zone\_19 : 72W to 66W

**Geoid:** EGM2008\_Peru

#### Adjustment Summary

**Adjustment type:** Plane + Height, Minimal constraint

**Confidence level:** 95 %

**Number of adjusted points:** 3

**Number of plane control points:** 1

**Number of used GPS vectors:** 3

**A posteriori plane UWE:** 0.7165758 , **Bounds:** ( 0.1590597 , 1.920937 )

**Number of height control points:** 1

**A posteriori height UWE:** 0.1874639 , **Bounds:** ( 3.130495E-02 , 2.240536 )

#### Used GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-ROVER 01	3663.422	-731.043	206.010	0.003	0.008
BASE-ROVER 02	4473.245	-791.218	132.633	0.004	0.010
ROVER 01-ROVER 02	809.820	-60.173	-73.374	0.001	0.002

#### Adjusted Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)
ROVER 01	8252131.002	390079.092	4021.440
ROVER 02	8252940.823	390018.919	3948.047

  
Polcarpio Alejo Sairitupac  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 56698

**Cuadro de coordendas VANT altura 40 m.**

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

**Cuadro de coordendas VANT altura 40 m.**

N°	Coordendas		
	Este	Norte	Elevacion
1	390034.375	8252144.090	4018.3809
2	390030.572	8252130.158	4023.0002
3	390028.461	8252119.487	4023.8231
4	390165.278	8252125.052	4010.2281
5	390164.868	8252112.893	4010.2313
6	390160.478	8252098.953	4015.5949
7	390249.514	8252157.633	4000.8564
8	390250.878	8252142.178	4003.9006
9	390247.557	8252129.866	4007.4618
10	390295.797	8252146.446	3999.8343
11	390299.045	8252138.797	4000.4272
12	390310.320	8252130.269	4002.9967
13	390329.849	8252175.882	3996.2244
14	390334.574	8252172.341	3997.2115
15	390350.240	8252176.978	3997.7834
16	390365.601	8252255.606	3992.3418
17	390371.321	8252250.941	3993.3624
18	390375.337	8252247.371	3994.3242
19	390393.216	8252291.806	3989.2178
20	390395.158	8252286.680	3989.0274
21	390398.302	8252280.385	3993.2649
22	390454.566	8252325.715	3983.6285
23	390460.007	8252315.961	3984.6859
24	390463.399	8252311.452	3985.9888
25	390499.099	8252343.335	3980.5876
26	390500.279	8252329.160	3982.8242
27	390502.424	8252317.823	3985.7971
28	390544.209	8252345.874	3979.1185
29	390543.895	8252335.000	3981.3242
30	390543.923	8252325.852	3983.0595

  
Policarpo Alejo Sairitupac  
INGENIERO CIVIL  
C.I.A. N° 60596

### Cuadro de coordenas de equipo GNSS

Título: Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT  
en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo  
Chincheru, Puno 2021.

Autor: Apaza Calisaya, Edy Yames

N°	Coordenas		
	Norte	Este	Elevacion
1	8252144.090	390034.375	4018.388
2	8252130.158	390030.572	4022.996
3	8252119.487	390028.461	4023.833
4	8252125.052	390165.278	4010.243
5	8252112.893	390164.868	4010.247
6	8252098.953	390160.478	4015.589
7	8252157.633	390249.514	4000.827
8	8252142.178	390250.878	4003.932
9	8252129.866	390247.557	4007.500
10	8252146.446	390295.797	3999.872
11	8252138.797	390299.045	4000.457
12	8252130.269	390310.320	4003.026
13	8252175.882	390329.849	3996.195
14	8252172.341	390334.574	3997.259
15	8252176.978	390350.240	3997.741
16	8252255.606	390365.601	3992.398
17	8252250.941	390371.321	3993.414
18	8252247.371	390375.337	3994.377
19	8252291.806	390393.216	3989.270
20	8252286.680	390395.158	3989.099
21	8252280.385	390398.302	3993.321
22	8252325.715	390454.566	3983.721
23	8252315.961	390460.007	3984.762
24	8252311.452	390463.399	3986.005
25	8252343.335	390499.099	3981.038
26	8252329.160	390500.279	3982.906
27	8252317.823	390502.424	3985.701
28	8252345.874	390544.209	3979.154
29	8252335.000	390543.895	3981.398
30	8252325.852	390543.923	3983.010

  
Polkarpio Alejo Sairitupac  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 68698

**Cuadro de coordenas VANT altura 80 m.**

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

**Cuadro de coordenas VANT altura 80 m.**

N°	Coordenas		Elevacion
	Este	Norte	
1	390034.375	8252144.090	4018.352
2	390030.572	8252130.158	4022.982
3	390028.461	8252119.487	4023.805
4	390165.278	8252125.052	4010.241
5	390164.868	8252112.893	4010.253
6	390160.478	8252098.953	4015.624
7	390249.514	8252157.633	4000.790
8	390250.878	8252142.178	4003.891
9	390247.557	8252129.866	4007.501
10	390295.797	8252146.446	3999.842
11	390299.045	8252138.797	4000.406
12	390310.320	8252130.269	4003.004
13	390329.849	8252175.882	3996.235
14	390334.574	8252172.341	3997.197
15	390350.240	8252176.978	3997.684
16	390365.601	8252255.606	3992.377
17	390371.321	8252250.941	3993.350
18	390375.337	8252247.371	3994.342
19	390393.216	8252291.806	3989.294
20	390395.158	8252286.680	3989.052
21	390398.302	8252280.385	3993.312
22	390454.566	8252325.715	3983.782
23	390460.007	8252315.961	3984.747
24	390463.399	8252311.452	3986.043
25	390499.099	8252343.335	3980.807
26	390500.279	8252329.160	3982.920
27	390502.424	8252317.823	3986.229
28	390544.209	8252345.874	3979.015
29	390543.895	8252335.000	3981.396
30	390543.923	8252325.852	3983.065

  
Polycarpio Alejo Sairitupac  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 68098

**Cuadro de coordendas VANT altura 120 m.**

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

**Cuadro de coordendas VANT altura 120 m.**

N°	Coordendas		
	Este	Norte	Elevacion
1	390034.375	8252144.090	4018.372
2	390030.572	8252130.158	4022.997
3	390028.461	8252119.487	4023.794
4	390165.278	8252125.052	4010.149
5	390164.868	8252112.893	4010.185
6	390160.478	8252098.953	4015.688
7	390249.514	8252157.633	4001.321
8	390250.878	8252142.178	4003.836
9	390247.557	8252129.866	4007.421
10	390295.797	8252146.446	3999.590
11	390299.045	8252138.797	4000.402
12	390310.320	8252130.269	4003.047
13	390329.849	8252175.882	3996.304
14	390334.574	8252172.341	3997.155
15	390350.240	8252176.978	3997.889
16	390365.601	8252255.606	3992.259
17	390371.321	8252250.941	3993.291
18	390375.337	8252247.371	3994.271
19	390393.216	8252291.806	3988.795
20	390395.158	8252286.680	3988.994
21	390398.302	8252280.385	3993.087
22	390454.566	8252325.715	3983.689
23	390460.007	8252315.961	3984.662
24	390463.399	8252311.452	3985.892
25	390499.099	8252343.335	3980.434
26	390500.279	8252329.160	3982.795
27	390502.424	8252317.823	3985.870
28	390544.209	8252345.874	3978.906
29	390543.895	8252335.000	3981.321
30	390543.923	8252325.852	3983.190

  
Polcarpio Alejo Santitupa  
INGENIERO CIVIL  
C.R. N° 6866

Cuadro comparativo de elevaciones

Título: Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

Autor: Apaza Calisaya, Edy Yames

Cuadro de elevaciones					Cuadro de diferencia de elevaciones			
N°	Coordenadas Elevacion				N°	Calculo de error en metros		
	GNSS	Altura 40	Altura 80	Altura 120		Altura 40	Altura 80	Altura 120
1	4018.388	4018.381	4018.352	4018.372	1	-0.007	-0.035	-0.015
2	4022.996	4023.000	4022.982	4022.997	2	0.004	-0.015	0.001
3	4023.833	4023.823	4023.805	4023.794	3	-0.010	-0.028	-0.039
4	4010.243	4010.228	4010.241	4010.149	4	-0.015	-0.002	-0.094
5	4010.247	4010.231	4010.253	4010.185	5	-0.016	0.006	-0.062
6	4015.589	4015.595	4015.624	4015.688	6	0.006	0.035	0.099
7	4000.827	4000.856	4000.790	4001.321	7	0.030	-0.036	0.494
8	4003.932	4003.901	4003.891	4003.836	8	-0.031	-0.041	-0.096
9	4007.500	4007.462	4007.501	4007.421	9	-0.039	0.001	-0.080
10	3999.872	3999.834	3999.842	3999.590	10	-0.038	-0.030	-0.282
11	4000.457	4000.427	4000.406	4000.402	11	-0.030	-0.052	-0.055
12	4003.026	4002.997	4003.004	4003.047	12	-0.029	-0.022	0.021
13	3996.195	3996.224	3996.235	3996.304	13	0.030	0.040	0.109
14	3997.259	3997.212	3997.197	3997.155	14	-0.047	-0.062	-0.104
15	3997.741	3997.783	3997.684	3997.889	15	0.043	-0.057	0.149
16	3992.398	3992.342	3992.377	3992.259	16	-0.056	-0.020	-0.139
17	3993.414	3993.362	3993.350	3993.291	17	-0.051	-0.063	-0.123
18	3994.377	3994.324	3994.342	3994.271	18	-0.053	-0.035	-0.106
19	3989.270	3989.218	3989.294	3988.795	19	-0.052	0.024	-0.476
20	3989.099	3989.027	3989.052	3988.994	20	-0.072	-0.048	-0.105
21	3993.321	3993.265	3993.312	3993.087	21	-0.056	-0.009	-0.234
22	3983.721	3983.629	3983.782	3983.689	22	-0.092	0.061	-0.032
23	3984.762	3984.686	3984.747	3984.662	23	-0.076	-0.014	-0.100
24	3986.005	3985.989	3986.043	3985.892	24	-0.016	0.039	-0.113
26	3982.906	3982.824	3982.920	3982.795	26	-0.081	0.015	-0.111
27	3985.701	3985.797	3986.229	3985.870	27	0.096	0.528	0.169
28	3979.154	3979.119	3979.015	3978.906	28	-0.035	-0.139	-0.248
29	3981.398	3981.324	3981.396	3981.321	29	-0.074	-0.003	-0.077
30	3983.010	3983.060	3983.065	3983.190	30	0.049	0.055	0.180



N°	Calculo de error en metros		
	Altura 40	Altura 80	Altura 120
Error maximo =	0.096	0.528	0.494
Error Minimo =	0.004	0.001	0.001
Error Promedio =	0.049	0.055	0.180

*Paul*  
 Policiano Alejo Sairitupac  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 68598

**CUADRO COMPARATIVO DE VOLUMENES REALIZACION CON EQUIPO GNSS**

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

<b>P.K.</b>	<b>Área de desmonte (metros cuadrados)</b>	<b>Área de terraplén (metros cuadrados)</b>	<b>Volumen de desmonte (metros cúbicos)</b>	<b>Volumen de terraplén (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. desmonte acumul. (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos)</b>
0+000	0.29	0.05	0	0	0	0
0+020	4.42	0	47.11	0.47	47.11	0.47
0+040	9.06	0	134.81	0	181.92	0.47
0+060	13.49	0	225.46	0	407.39	0.47
0+080	13.44	0	269.25	0	676.64	0.47
0+100	9.31	0	227.53	0	904.17	0.47
0+120	1.53	0.02	108.48	0.22	1012.64	0.69
0+140	2.41	0	39.4	0.22	1052.04	0.91
0+160	8.72	0.09	111.29	0.94	1163.33	1.85
0+180	7.93	0.37	166.57	4.68	1329.9	6.53
0+190	2.65	0.46	56.13	4.04	1386.03	10.57
0+200	0	3.18	14.09	18.38	1400.12	28.95
0+210	0.41	1.58	2.12	24.11	1402.24	53.06
0+220	0.55	0.74	4.76	11.73	1407	64.79
0+240	7.12	0	76.71	7.4	1483.72	72.19
0+250	6.03	0	64.72	0	1548.44	72.19
0+260	3.65	0.17	47.17	0.92	1595.61	73.11
0+270	2.62	0	30.67	0.93	1626.27	74.03
0+280	3.13	0	28.56	0	1654.83	74.04
0+300	3.36	0	64.88	0	1719.72	74.04
0+320	1.46	0.02	48.16	0.25	1767.88	74.29
0+330	0.11	0.43	7.72	2.25	1775.59	76.54
0+340	0	1.61	0.55	10.35	1776.15	86.88
0+350	0	1.82	0	17.51	1776.15	104.39
0+360	0	2.02	0	19.52	1776.15	123.91
0+370	0.07	2.1	0.35	20.75	1776.5	144.66
0+380	0.44	2.12	2.64	21.02	1779.14	165.68
0+390	0	3.26	2.29	26.88	1781.43	192.56
0+400	0.33	2.53	1.66	28.92	1783.09	221.48
0+420	0	1.13	3.27	36.61	1786.36	258.09
0+440	0.25	0.72	2.49	18.52	1788.85	276.61
0+460	6.9	0	71.51	7.17	1860.36	283.78
0+480	9.95	0	168.57	0	2028.93	283.78
0+490	9.78	0	97.25	0	2126.19	283.78
0+500	11.3	0	103.13	0	2229.31	283.78
0+510	28.14	0.02	193.27	0.08	2422.58	283.86
0+520	39.35	0	335.88	0.08	2758.46	283.94
0+540	5.93	0	452.76	0	3211.22	283.94
0+560	0.1	0.76	60.25	7.6	3271.47	291.55

  
**Policarpo Alejo Sairitupac**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. N.º 58698**

**CUADRO COMPARATIVO DE VOLUMENES REALIZACION CON EQUIPO GNSS**

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

0+580	0.84	0.67	9.41	14.31	3280.87	305.86
0+600	0.42	1.88	12.57	25.55	3293.44	331.41
0+610	0.75	4.12	5.58	30.6	3299.02	362.01
0+620	0	3.75	3.58	39.93	3302.6	401.94
0+640	1.24	2.03	12.31	58.01	3314.91	459.95
0+660	0.8	0.38	20.5	24.18	3335.41	484.13
0+680	1.68	1.1	24.82	14.86	3360.24	498.99
0+700	2.12	0.09	37.97	11.97	3398.21	510.96
0+720	1.42	0.23	35.44	3.25	3433.65	514.21
0+740	0.3	0.18	17.24	4.13	3450.89	518.34
0+760	2.06	0.02	23.59	2.04	3474.47	520.38
0+780	0.38	1.07	24.4	10.94	3498.87	531.33
0+790	1.81	0.79	10.49	9.68	3509.36	541.01
0+800	1.5	0.24	15.91	5.28	3525.27	546.28
0+820	10.53	0	120.22	2.37	3645.5	548.65
0+830	6.76	0	94.12	0	3739.62	548.65
0+840	0.96	0	39.8	0	3779.42	548.65
0+850	0.66	4.63	6.66	28.29	3786.08	576.94
0+860	0.51	4.32	4.73	51.94	3790.81	628.88
0+870	0.03	2.3	2.77	32.27	3793.58	661.15
0+880	0	1.89	0.13	20.52	3793.71	681.67
0+893	0	3.35	0	33.15	3793.71	714.82

  
 Polcarpio Alejo Sairitupac  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 68608

**CUADRO COMPARATIVO DE VOLUMENES REALIZACION CON EQUIPO VANT 40 M**

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

<b>P.K.</b>	<b>Área de desmote (metros cuadrados )</b>	<b>Área de terraplén (metros cuadrados )</b>	<b>Volumen de desmote (metros cúbicos)</b>	<b>Volumen de terraplén (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. desmote acumul. (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos)</b>
0+000.000	0.17	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.000	5.55	0.00	57.24	6.94	57.24	6.94
0+040.000	9.47	0.00	150.18	0.00	207.42	6.94
0+060.000	13.22	0.00	226.88	0.00	434.30	6.94
0+080.000	13.38	0.00	266.01	0.00	700.31	6.94
0+100.000	11.77	0.00	251.49	0.00	951.80	6.94
0+120.000	1.91	0.00	136.79	0.00	1088.59	6.94
0+140.000	0.83	0.14	27.45	1.37	1116.04	8.31
0+160.000	7.99	0.00	88.23	1.37	1204.27	9.68
0+180.000	7.10	0.97	150.86	9.69	1355.13	19.37
0+190.000	1.39	1.57	45.22	12.39	1400.35	31.76
0+200.000	0.00	2.34	7.44	19.48	1407.79	51.24
0+210.000	0.41	1.23	1.92	18.11	1409.71	69.35
0+220.000	1.25	0.00	8.33	6.24	1418.04	75.59
0+240.000	8.15	0.00	93.99	0.00	1512.03	75.59
0+250.000	8.96	0.00	83.96	0.00	1595.99	75.59
0+260.000	4.54	0.00	65.56	0.00	1661.55	75.59
0+270.000	2.44	0.60	34.04	3.18	1695.59	78.77
0+280.000	3.52	0.00	28.76	3.18	1724.35	81.94
0+300.000	4.73	0.00	82.56	0.00	1806.91	81.94
0+320.000	1.59	0.00	63.62	0.00	1870.54	81.94
0+330.000	0.31	0.15	9.39	0.79	1879.92	82.73
0+340.000	0.00	1.41	1.47	7.97	1881.40	90.70
0+350.000	0.01	1.83	0.06	16.42	1881.46	107.12
0+360.000	0.00	1.58	0.06	17.21	1881.53	124.32
0+370.000	0.02	1.99	0.10	17.88	1881.62	142.21
0+380.000	1.41	1.58	7.49	17.70	1889.11	159.91
0+390.000	0.48	2.65	9.90	20.96	1899.01	180.88
0+400.000	0.00	3.18	2.41	29.13	1901.42	210.01
0+420.000	0.00	2.70	0.00	58.88	1901.42	268.89
0+440.000	0.37	1.47	3.73	41.71	1905.14	310.60
0+460.000	5.70	0.00	60.78	14.66	1965.92	325.26
0+480.000	9.23	0.00	149.39	0.00	2115.31	325.26

  
**Polycarpio Ajejo Sairitupac**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 68658

**CUADRO COMPARATIVO DE VOLUMENES REALIZACION CON EQUIPO VANT 40 M**

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

<b>P.K.</b>	<b>Área de desmonte (metros cuadrados)</b>	<b>Área de terraplén (metros cuadrados)</b>	<b>Volumen de desmonte (metros cúbicos)</b>	<b>Volumen de terraplén (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. desmonte acumul. (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos)</b>
0+490.000	10.20	0.00	95.45	0.00	2210.75	325.26
0+500.000	10.03	0.00	98.53	0.00	2309.29	325.26
0+510.000	28.79	0.00	190.67	0.00	2499.95	325.26
0+520.000	37.94	0.00	332.19	0.00	2832.15	325.26
0+540.000	1.78	0.00	397.16	0.00	3229.31	325.26
0+560.000	0.24	0.30	20.23	2.96	3249.53	328.22
0+580.000	1.75	0.36	19.95	6.58	3269.48	334.80
0+600.000	0.90	2.34	26.40	27.10	3295.88	361.90
0+610.000	0.89	3.29	8.50	28.78	3304.38	390.68
0+620.000	0.28	3.67	5.56	35.41	3309.95	426.10
0+640.000	0.88	1.53	11.48	52.25	3321.43	478.34
0+660.000	0.69	0.67	15.74	22.04	3337.17	500.38
0+680.000	2.09	0.69	27.85	13.56	3365.02	513.94
0+700.000	1.57	0.51	36.65	12.00	3401.68	525.94
0+720.000	1.67	0.24	32.49	7.58	3434.17	533.51
0+740.000	0.93	0.70	25.99	9.41	3460.16	542.93
0+760.000	1.21	1.31	21.33	20.08	3481.49	563.01
0+780.000	0.75	0.68	19.59	19.92	3501.07	582.93
0+790.000	1.49	1.15	10.70	9.49	3511.77	592.42
0+800.000	3.42	0.03	23.71	6.09	3535.48	598.51
0+820.000	11.48	0.00	148.86	0.27	3684.34	598.79
0+830.000	6.08	0.00	95.93	0.00	3780.27	598.79
0+840.000	5.26	0.00	61.26	0.00	3841.54	598.79
0+850.000	0.56	0.86	32.20	5.52	3873.73	604.31
0+860.000	0.00	5.65	2.82	38.46	3876.55	642.78
0+870.000	0.00	3.53	0.00	44.63	3876.55	687.41
0+880.000	0.00	2.50	0.00	29.50	3876.55	716.90
0+892.687	0.59	0.72	3.89	20.25	3880.44	737.15

  
**Polcarpio Alejo Sairitupac**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. N° 68598**

**CUADRO COMPARATIVO DE VOLUMENES REALIZACION CON EQUIPO VANT 80 M**

Título: Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

Autor: Apaza Calisaya, Edy Yames

<b>P.K.</b>	<b>Área de desmonte (metros cuadrados)</b>	<b>Área de terraplén (metros cuadrados)</b>	<b>Volumen de desmonte (metros cúbicos)</b>	<b>Volumen de terraplén (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. desmonte acumul. (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos)</b>
0+000.000	0.11	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.000	5.25	0.00	53.59	8.72	53.59	8.72
0+040.000	9.13	0.00	143.76	0.00	197.35	8.72
0+060.000	13.57	0.00	226.95	0.00	424.30	8.72
0+080.000	14.26	0.00	278.13	0.00	702.43	8.72
0+100.000	10.35	0.00	246.09	0.00	948.52	8.72
0+120.000	2.01	0.00	123.67	0.00	1072.19	8.72
0+140.000	0.70	0.35	27.10	3.49	1099.29	12.21
0+160.000	8.53	0.00	92.21	3.49	1191.51	15.69
0+180.000	7.90	0.43	164.29	4.25	1355.80	19.94
0+190.000	1.15	1.49	48.22	9.36	1404.02	29.31
0+200.000	0.00	2.03	6.15	17.61	1410.17	46.92
0+210.000	0.56	0.93	2.62	15.04	1412.79	61.95
0+220.000	2.10	0.03	13.38	4.89	1426.17	66.84
0+240.000	7.89	0.00	99.90	0.34	1526.07	67.18
0+250.000	9.75	0.00	86.43	0.00	1612.50	67.19
0+260.000	5.49	0.00	73.47	0.00	1685.97	67.19
0+270.000	1.76	1.29	35.17	6.81	1721.14	73.99
0+280.000	3.00	0.00	23.06	6.81	1744.20	80.80
0+300.000	5.95	0.00	89.49	0.00	1833.69	80.80
0+320.000	2.16	0.00	81.78	0.00	1915.47	80.80
0+330.000	0.28	0.15	12.24	0.77	1927.71	81.57
0+340.000	0.00	0.94	1.37	5.51	1929.08	87.08
0+350.000	0.00	2.13	0.00	15.54	1929.08	102.62
0+360.000	0.00	1.75	0.00	19.68	1929.08	122.30
0+370.000	0.21	1.87	1.08	18.12	1930.16	140.42
0+380.000	2.12	1.10	12.13	14.61	1942.29	155.03
0+390.000	0.28	2.24	12.50	16.44	1954.79	171.47
0+400.000	0.00	3.62	1.40	29.26	1956.19	200.72
0+420.000	0.00	2.68	0.00	63.04	1956.19	263.76
0+440.000	0.61	1.87	6.11	45.53	1962.30	309.29
0+460.000	6.18	0.00	67.93	18.72	2030.23	328.01
0+480.000	8.82	0.00	150.01	0.00	2180.24	328.01
0+490.000	9.69	0.00	90.87	0.00	2271.11	328.01

  
**Polidario Alejo Saizurup**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 68658

**CUADRO COMPARATIVO DE VOLUMENES REALIZACION CON EQUIPO VANT 80 M**

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

<b>P.K.</b>	<b>Área de desmonte (metros cuadrados)</b>	<b>Área de terraplén (metros cuadrados)</b>	<b>Volumen de desmonte (metros cúbicos)</b>	<b>Volumen de terraplén (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. desmonte acumul. (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos)</b>
0+500.000	10.56	0.00	98.73	0.00	2369.84	328.01
0+510.000	28.75	0.02	193.07	0.12	2562.91	328.13
0+520.000	38.15	0.00	332.98	0.12	2895.89	328.25
0+540.000	1.50	0.00	396.51	0.00	3292.40	328.25
0+560.000	1.01	0.00	25.11	0.00	3317.51	328.25
0+580.000	1.45	0.27	24.65	2.67	3342.16	330.92
0+600.000	1.22	1.90	26.58	21.70	3368.73	352.62
0+610.000	1.22	2.39	11.53	22.00	3380.26	374.62
0+620.000	0.19	3.32	6.65	29.13	3386.91	403.75
0+640.000	1.28	1.27	14.52	46.12	3401.43	449.87
0+660.000	0.89	0.49	21.72	17.58	3423.15	467.45
0+680.000	2.46	0.71	33.49	11.95	3456.64	479.40
0+700.000	1.55	0.19	40.06	8.98	3496.70	488.38
0+720.000	1.95	0.05	34.98	2.39	3531.68	490.77
0+740.000	1.19	0.00	31.42	0.51	3563.10	491.28
0+760.000	1.38	0.75	25.76	7.45	3588.86	498.73
0+780.000	2.85	0.31	42.30	10.52	3631.17	509.25
0+790.000	1.97	0.85	23.13	5.98	3654.29	515.23
0+800.000	3.58	0.02	26.82	4.49	3681.12	519.73
0+820.000	11.38	0.00	149.46	0.22	3830.58	519.94
0+830.000	5.43	0.02	91.63	0.11	3922.21	520.06
0+840.000	1.44	0.00	34.03	0.11	3956.24	520.17
0+850.000	0.38	1.62	7.58	10.48	3963.82	530.65
0+860.000	0.00	6.14	1.64	45.53	3965.46	576.18
0+870.000	0.00	3.42	0.00	46.54	3965.46	622.72
0+880.000	0.00	2.23	0.00	27.63	3965.46	650.36
0+892.687	0.14	0.44	0.95	16.85	3966.41	667.21

  
**Policarpio Alejo Sairitupac**  
**INGENIERO CIVIL**  
**C.R. N° 68698**

**CUADRO COMPARATIVO DE VOLUMENES REALIZACION CON EQUIPO VANT 120 M**

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

<b>P.K.</b>	<b>Área de desmonte (metros cuadrados)</b>	<b>Área de terraplén (metros cuadrados)</b>	<b>Volumen de desmonte (metros cúbicos)</b>	<b>Volumen de terraplén (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. desmonte acumul. (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos)</b>
0+000.000	0.14	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.000	5.66	0.00	58.05	6.29	58.05	6.29
0+040.000	9.38	0.00	150.47	0.00	208.52	6.29
0+060.000	13.66	0.00	230.46	0.00	438.98	6.29
0+080.000	14.34	0.00	279.90	0.00	718.88	6.29
0+100.000	10.64	0.00	249.83	0.00	968.71	6.29
0+120.000	2.33	0.00	129.72	0.00	1098.43	6.29
0+140.000	1.19	0.07	35.26	0.67	1133.69	6.96
0+160.000	8.84	0.00	100.29	0.67	1233.98	7.63
0+180.000	7.71	0.68	165.46	6.84	1399.44	14.47
0+190.000	1.87	1.52	50.99	10.73	1450.43	25.20
0+200.000	0.00	1.92	9.97	17.08	1460.40	42.28
0+210.000	0.43	1.10	2.01	15.29	1462.41	57.57
0+220.000	1.13	0.00	7.76	5.58	1470.17	63.14
0+240.000	7.15	0.00	82.82	0.00	1552.99	63.14
0+250.000	9.43	0.00	81.38	0.01	1634.37	63.16
0+260.000	5.20	0.00	70.75	0.01	1705.13	63.17
0+270.000	2.77	0.11	38.67	0.56	1743.79	63.73
0+280.000	3.10	0.00	28.23	0.56	1772.03	64.29
0+300.000	4.51	0.00	76.08	0.00	1848.11	64.29
0+320.000	1.58	0.00	61.29	0.04	1909.40	64.33
0+330.000	0.46	0.29	10.16	1.53	1919.56	65.86
0+340.000	0.00	1.02	2.24	6.65	1921.79	72.51
0+350.000	0.00	1.70	0.01	13.66	1921.80	86.17
0+360.000	0.00	1.26	0.01	14.88	1921.81	101.05
0+370.000	0.00	2.28	0.01	17.66	1921.82	118.71
0+380.000	1.39	1.30	7.31	17.68	1929.14	136.39
0+390.000	0.94	2.67	12.26	19.55	1941.40	155.95
0+400.000	0.00	3.48	4.76	30.68	1946.16	186.63
0+420.000	0.00	2.54	0.00	60.19	1946.16	246.82
0+440.000	0.32	1.68	3.15	42.18	1949.31	289.00
0+460.000	5.71	0.00	60.27	16.82	2009.58	305.81
0+480.000	8.76	0.00	144.76	0.00	2154.34	305.81
0+490.000	9.76	0.00	90.87	0.00	2245.22	305.81

  
**Polidarpio Alejo Santitupac**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.R. N.º 123456

**CUADRO COMPARATIVO DE VOLUMENES REALIZACION CON EQUIPO VANT 120 M**

**Título:** Influencia de la altura de vuelo con tecnologías VANT en el diseño geométrico de la carretera Yanamayo Chinchero, Puno 2021.

**Autor:** Apaza Calisaya, Edy Yames

<b>P.K.</b>	<b>Área de desmonte (metros cuadrados )</b>	<b>Área de terraplén (metros cuadrados )</b>	<b>Volumen de desmonte (metros cúbicos)</b>	<b>Volumen de terraplén (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. desmonte acumul. (metros cúbicos)</b>	<b>Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos)</b>
0+500.000	10.01	0.00	96.23	0.00	2341.45	305.81
0+510.000	28.38	0.00	188.60	0.00	2530.05	305.81
0+520.000	37.77	0.00	329.31	0.00	2859.36	305.81
0+540.000	1.46	0.00	392.35	0.00	3251.71	305.81
0+560.000	0.45	0.36	19.16	3.62	3270.87	309.43
0+580.000	2.16	0.25	26.18	6.14	3297.04	315.57
0+600.000	0.95	2.54	31.00	28.03	3328.04	343.59
0+610.000	1.10	2.90	9.74	27.86	3337.78	371.46
0+620.000	0.20	4.15	6.20	35.93	3343.98	407.38
0+640.000	0.75	1.83	9.47	60.04	3353.45	467.43
0+660.000	0.80	0.89	15.53	27.22	3368.98	494.64
0+680.000	1.97	0.77	27.65	16.62	3396.63	511.26
0+700.000	1.54	0.36	35.03	11.29	3431.66	522.55
0+720.000	1.70	0.11	32.38	4.67	3464.04	527.22
0+740.000	0.76	0.39	24.60	4.94	3488.64	532.16
0+760.000	1.20	1.20	19.61	15.84	3508.25	548.00
0+780.000	1.85	0.47	30.54	16.64	3538.79	564.65
0+790.000	1.20	1.10	14.56	8.11	3553.36	572.76
0+800.000	3.42	0.23	22.25	6.85	3575.60	579.61
0+820.000	13.48	0.00	168.85	2.28	3744.46	581.89
0+830.000	6.41	0.00	106.50	0.00	3850.96	581.89
0+840.000	1.02	0.02	37.61	0.13	3888.58	582.02
0+850.000	0.28	1.02	5.33	6.47	3893.91	588.49
0+860.000	0.00	5.38	1.19	37.56	3895.10	626.05
0+870.000	0.00	3.46	0.00	42.97	3895.11	669.03
0+880.000	0.00	1.68	0.00	25.10	3895.11	694.13
0+892.687	0.00	2.17	0.00	24.23	3895.11	718.36

  
**Policarpio Alejo Sairitupac**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 68696

## Aplicativo de la Guía Simplificada Caminos Vecinales

### 1. GENERALIDADES

#### LEYENDA:

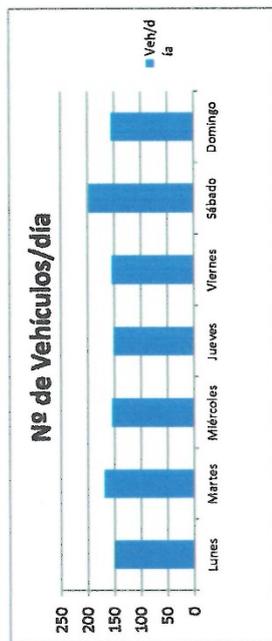


**Nombre del Proyecto:** CARRETERA C.P. YANAMAYO A C.C. CHINCHERO  
**Departamento:** Puno  
**Provincia:** Puno  
**Distrito:** Sierra  
**Zona Geográfica:** Sierra  
**Horizonte del Proyecto:** 10 años

### 1. DETERMINACIÓN DEL TRANSITO ACTUAL

i) Resumir los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Mes: Febrero						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Automovil	50	56	75	92	89	120	85
Camioneta	74	62	45	42	45	45	54
C.R.	20	45	30	12	15	25	10
Micro	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	1	1	1	0	1	2	1
Camión 2E	3	3	2	4	3	4	4
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>148</b>	<b>167</b>	<b>153</b>	<b>150</b>	<b>153</b>	<b>196</b>	<b>154</b>



Nota: Conteo de 7 días de 24 horas para proyectos de inversión a nivel de perfil.

ii) Determinar los factores de corrección promedio de una estación de peaje cercano al camino

**F.C.E. Vehículos ligeros:** 0.97990785  
**F.C.E. Vehículos pesados:** 0.97489690

  
**Polcarpio Alejo Sarrutupa**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. N° 58698**

Nota: Utilizar los datos del Ministerio de Transportes, ver ANEXO 3

ii) Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días

$$IMD_a = IMD_s * FC$$

$$IMD_s = \sum_{i=1}^7 VI$$

Donde:  
 IMD<sub>s</sub> = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada  
 IMD<sub>a</sub> = Índice Medio Anual  
 VI = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo  
 FC = Factores de Corrección Estacional

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en los Días de la Semana							TOTAL SEMANA	IMD <sub>s</sub>	FC	IMD <sub>a</sub>
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
Automóvil	50	56	75	92	89	120	85	567	0.97990785	79	
Camioneta	74	62	45	42	45	45	54	367	0.97990785	51	
C.R.	20	45	30	12	15	25	10	157	0.97990785	22	
Micró	0	0	0	0	0	0	0	0	0.97990785	0	
Bus Grande	1	1	1	0	1	2	1	7	0.97990785	1	
Camión 2E	3	3	2	4	3	4	4	23	0.9748969	3	
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9748969	0	
<b>TOTAL</b>	<b>148</b>	<b>167</b>	<b>153</b>	<b>150</b>	<b>153</b>	<b>196</b>	<b>154</b>	<b>1121</b>		<b>160</b>	

## 2. ANALISIS DE LA DEMANDA

### 2.1 Demanda Actual

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	79	50.64
Camioneta	51	32.69
C.R.	22	14.10
Micró	0	0.00
Bus Grande	1	0.64
Camión 2E	3	1.92
Camión 3E	0	0.00
<b>IMD</b>	<b>156</b>	<b>100.00</b>

### 2.2 Demanda Proyectada

Para la proyección de la demanda utilizar la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0(1+r)^{(n-1)}$$

Donde:  
 T<sub>n</sub> = Tránsito proyectado al año en vehículo por día  
 T<sub>0</sub> = Tránsito actual (año base) en vehículo por día  
 n = año futuro de proyección  
 r = tasa anual de crecimiento de tránsito

Tasa de Crecimiento x Región en %

r<sub>vp</sub> = 1.60 Tasa de Crecimiento Anual de la Población

(para vehículos de pasajeros)

  
 Policarpio Alejo Sairitupac  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 68698

(para vehículos de carga)

Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional

3.40

r<sub>vc</sub> =

Proyección de Tráfico - Situación Sin Proyecto

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Tráfico Normal	156	156	158	162	163	165	170	172	175	178	180
Automovil	79.00	79.00	80.00	82.00	83.00	84.00	86.00	87.00	88.00	90.00	91.00
Camioneta	51.00	51.00	52.00	53.00	53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00
C.R.	22.00	22.00	22.00	23.00	23.00	24.00	24.00	24.00	25.00	25.00	25.00
Micro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus Grande	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Camión 2E	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Camión 3E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.3 Demanda Proyectada "Con Proyecto"

Tráfico Generado por Tipo de Proyecto

Tipo de Intervención	% de Tráfico Normal
Mejoramiento	15

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC

Proyección de Tráfico - Con Proyecto

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Tráfico Normal	156.00	156.00	158.00	163.00	163.00	165.00	170.00	172.00	175.00	178.00	180.00
Automovil	79.00	79.00	80.00	82.00	83.00	84.00	86.00	87.00	88.00	90.00	91.00
Camioneta	51.00	51.00	52.00	53.00	53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00
C.R.	22.00	22.00	22.00	23.00	23.00	24.00	24.00	24.00	25.00	25.00	25.00
Micro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus Grande	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Camión 2E	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Camión 3E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tráfico Generado	0.00	23.00	23.00	23.00	24.00	24.00	26.00	26.00	27.00	28.00	28.00
Automovil	0.00	12.00	12.00	12.00	12.00	13.00	13.00	13.00	13.00	14.00	14.00
Camioneta	0.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	9.00	9.00	9.00
C.R.	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Micro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus Grande	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camión 2E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Camión 3E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IMD TOTAL	156.00	179.00	181.00	185.00	186.00	189.00	196.00	198.00	202.00	206.00	208.00

Polaco  
Alejo Samitupat  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 68598

## Anexo 8. Certificado de calibración del equipo

Equipos para Geomatica, Estaciones totales  
GNSS, Software de Aplicaciones 3D  
Escaner 3D, Machine Control



### CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

N° 15281T/21

OTORGADO A:

**SENCICO**

Equipos	Marca	Modelo	Serie
RECEPTOR GPS	TOPCON	GR 5	947-10296

CUADRO DE PRECISIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE: (1 sigma)

Equipos	POST PROCESO		RTK	
	* Horizontal	* Vertical	* Horizontal	* Vertical
RECEPTOR GNSS L1/L2,CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1ppm	15mm+1ppm

\* Por línea base

GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC "GEINCOR SAC" en su calidad de Único Distribuidor Autorizado de la Marca TOPCON, mediante su Laboratorio de Servicio Técnico certificado y autorizado por su proveedor Topcon Positioning Systems, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones técnicas de fábrica en lo referente a la precisión obtenida en postproceso y tiempo real.

**PATRON UTILIZADO:**

Estacion de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinnacle Post Proceso, patronados por el Fabricante Topcon.

**NOTA:**

Los Receptores GNSS antes mencionados son de fabricación Año 2013 y cuentan con las últimas tecnologías aplicadas a los Sistemas GNSS, los cuales son reconocidos en el Perú por su alta precisión y eficiencia en los trabajos efectuados.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Se sugiere efectuar una revisión en el periodo máximo de 06 meses antes del 27 de Julio del 2021.

Santiago de Surco, 28 de Enero del 2021.

CRISTHIAN MENESES P.  
GERENTE SERV. TECNICO



Nota: Tener en cuenta que los accesorios (Bases nivelantes y Bastones) son muy importantes para mantener la precisión del Receptor GNSS. Revisar periódicamente dichos accesorios ya que esto puede ocasionar imprecisiones en su resultado.

SOKKIA FARO Geomagic BDSYSTEMS Artec 3D TOPCON

Av. Paseo De La Castellana N° 567 - Surco  
 (01) 448 1889 / (01) 448 1891 / (01) 273 8230  
 946 206 342 981 044 863 981 044 865

ventas@geincor.com / geincor@geincor.com  
 www.geincor.com  
 Siguenos en:

Equipos para Geomatica, Estaciones totales  
GNSS, Software de Aplicaciones 3D  
Escaner 3D, Machine Control



SOKKIA FARO Geomagic BDSYSTEMS Artrec 3D TOPCON

## CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

N° 15282T/21

OTORGADO A:

**SENCICO**

Equipos	Marca	Modelo	Serie
RECEPTOR GPS	TOPCON	GR 5	947-10298

CUADRO DE PRECISIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE: (1 sigma)

Equipos	POST PROCESO		RTK	
	* Horizontal	* Vertical	* Horizontal	* Vertical
RECEPTOR GNSS L1/L2,CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1ppm	15mm+1ppm

\* Por línea base

GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC "GEINCOR SAC" en su calidad de Único Distribuidor Autorizado de la Marca TOPCON, mediante su Laboratorio de Servicio Técnico certificado y autorizado por su proveedor Topcon Positioning Systems, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones técnicas de fábrica en lo referente a la precisión obtenida en postproceso y tiempo real.

**PATRON UTILIZADO:**

Estacion de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinnacle Post Proceso, patronados por el Fabricante Topcon.

**NOTA:**

Los Receptores GNSS antes mencionados son de fabricación Año 2013 y cuentan con las últimas tecnologías aplicadas a los Sistemas GNSS, los cuales son reconocidos en el Perú por su alta precisión y eficiencia en los trabajos efectuados.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Se sugiere efectuar una revisión en el periodo máximo de 06 meses antes del 27 de Julio del 2021.

Santiago de Surco, 28 de Enero del 2021.



**CHRISTIAN MENESES P.**  
GERENTE SERV. TECNICO



Nota: Tener en cuenta que los accesorios (Bases nivelantes y Bastones) son muy importantes para mantener la precisión del Receptor GNSS. Revisar periódicamente dichos accesorios ya que esto puede ocasionar imprecisiones en su resultado.

Av. Paseo De La Castellana N° 567 - Surco  
 (01) 448 1889 / (01) 448 1891 / (01) 273 8230  
 946 206 342 981 044 863 981 044 865

ventas@geincor.com / geincor@geincor.com  
 www.geincor.com  
 Siguenos en:

Equipos para Geomatica, Estaciones totales  
GNSS, Software de Aplicaciones 3D  
Escaner 3D, Machine Control



## CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

N° 15283T/21

OTORGADO A:

**SENCICO**

Equipos	Marca	Modelo	Serie
RECEPTOR GPS	TOPCON	GR 5	947-10271

CUADRO DE PRECISIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE: (1 sigma)

Equipos	POST PROCESO		RTK	
	* Horizontal	* Vertical	* Horizontal	* Vertical
RECEPTOR GNSS L1/L2,CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1ppm	15mm+1ppm

\* Por linea base

GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC "GEINCOR SAC" en su calidad de Único Distribuidor Autorizado de la Marca TOPCON, mediante su Laboratorio de Servicio Técnico certificado y autorizado por su proveedor Topcon Positioning Systems, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones técnicas de fabrica en lo referente a la precision obtenida en postproceso y tiempo real.

### PATRON UTILIZADO:

Estacion de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinnacle Post Proceso, patronados por el Fabricante Topcon.

### NOTA:

Los Receptores GNSS antes mencionados son de fabricacion Año 2013 y cuentan con las ultimas tecnologias aplicadas a los Sistemas GNSS, los cuales son reconocidos en el Peru por su alta precision y eficiencia en los trabajos efectuados.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Se sugiere efectuar una revision en el periodo máximo de 06 meses antes del 27 de Julio del 2021.

Santiago de Surco, 28 de Enero del 2021.

CHRISTIAN MENESES P.  
GERENTE SERV. TECNICO



Nota: Tener en cuenta que los accesorios (Bases nivelantes y Bastones) son muy importantes para mantener la precision del Receptor GNSS. Revisar periodicamente dichos accesorios ya que esto puede ocasionar imprecisiones en su resultado.

TOPCON

Artex 3D



SDSYSTEMS



Geomagic

SOKKIA FARO

Av. Paseo De La Castellana N° 567 - Surco  
(01) 448 1889 / (01) 448 1891 / (01) 273 8230  
946 206 342 981 044 863 981 044 865



ventas@geincor.com / geincor@geincor.com

www.geincor.com

Siguenos en:

Equipos para Geomatica, Estaciones totales  
GNSS, Software de Aplicaciones 3D  
Escaner 3D, Machine Control



## CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

N° 15283T/21

OTORGADO A:

**SENCICO**

Equipos	Marca	Modelo	Serie
RECEPTOR GPS	TOPCON	GR 5	947-10276

CUADRO DE PRECISIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE: (1 sigma)

Equipos	POST PROCESO		RTK	
	* Horizontal	* Vertical	* Horizontal	* Vertical
RECEPTOR GNSS L1/L2,CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1ppm	15mm+1ppm

\* Por linea base

GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC "GEINCOR SAC" en su calidad de Único Distribuidor Autorizado de la Marca TOPCON, mediante su Laboratorio de Servicio Técnico certificado y autorizado por su proveedor Topcon Positioning Systems, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones técnicas de fabrica en lo referente a la precision obtenida en postproceso y tiempo real.

**PATRON UTILIZADO:**

Estacion de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinnacle Post Proceso, patronados por el Fabricante Topcon.

**NOTA:**

Los Receptores GNSS antes mencionados son de fabricacion Año 2013 y cuentan con las ultimas tecnologias aplicadas a los Sistemas GNSS, los cuales son reconocidos en el Peru por su alta precision y eficiencia en los trabajos efectuados.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Se sugiere efectuar una revision en el periodo máximo de 06 meses antes del 27 de Julio del 2021.

Santiago de Surco, 28 de Enero del 2021.

GEINCOR  
 GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC  
 CRISTHIAN MENESES P.  
 GERENTE SERV. TECNICO



Nota: Tener en cuenta que los accesorios (Bases nivelantes y Bastones) son muy importantes para mantener la precision del Receptor GNSS. Revisar periodicamente dichas accesorios ya que esto puede ocasionar imprecisiones en su resultado.

SOKKIA FARO Geomagic BDSYSTEMS Artrec 3D TOPCON

Av. Paseo De La Castellana N° 567 - Surco  
 (01) 448 1889 / (01) 448 1891 / (01) 273 8230  
 946 206 342 981 044 863 981 044 865

ventas@geincor.com / geincor@geincor.com  
 www.geincor.com  
 Siguenos en:



## CERTIFICADO OPERATIVIDAD N° 2021-18992

RUC: 20131377810  
Cliente: SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN  
Equipo: DRONE  
Marca: DJI  
Modelo: PHANTOM V2.0  
Series: a) 11USJ39R710181 b) 11USHACR710018

Fecha de revisión: 2021-09-29

GEODESIA Y TOPOGRAFIA S.A.C, certifica que el equipo cumple con las especificaciones técnicas detalladas por el fabricante y con los estándares internacionales establecidos.

De acuerdo a las actualizaciones de firmware y pruebas realizadas, el equipo se encuentra dentro de los parámetros de funcionamiento establecido por el fabricante.

Nota: Garantía de 25 meses que cubre cualquier desperfecto de fabrica.

Lima, 29 de Setiembre, 2021

Atentamente,

  
  
**JORGE CAMACHO DELGADO**  
Administración - DNI: 4018220

f/geotopsac.official  
@geotopsac  
geotop  
www.geotop.com.pe

Oficina Principal Lima: Av. Tomás Marsano 2388, Miraflores / Telf: (01) 268 4011 / Cel: 945 079 599 RPM: \*563421  
Oficina Húancayo: Prolong. Abtao Cdra. 4 Pj. Francisco Bezaña N° 107 / Telf: (042) 510093 / Cel: 962 089 908 - RPM: \*563423  
Oficina Huancaayo: Jr. Lima N° 222 Of. 302 (cruce con Jr. Ancash) / Telf: (064) 215633 / Cel: 954 024 374 - RPM: \*563420

Puno



## LICENSE CERTIFICATE

<b>License key:</b>	a0f88739
<b>Product:</b>	Pix4Dmapper, Educational Classroom, Perpetual license
<b>Terms of service:</b>	Educational
<b>Device(s):</b>	(25) desktop or laptop in one class or lab
<b>Generated on:</b>	17.09.2021

**Device(s):** indicates the number of devices in which the software can be activated and run simultaneously. There is no limit to the number of devices the software can be installed on.

### Activation instructions

Please go to [https://account.pix4d.com/redeem?license\\_key=a0f88739](https://account.pix4d.com/redeem?license_key=a0f88739) and log in or create a new user account. Enter the License key that comes with this certificate to activate the license.

### Download

Download the latest PIX4Dmapper at <https://cloud.pix4d.com/download/> and use your Pix4D account to log in.

We also recommend you to have a look at the **Getting started** guide on our technical documentation at <https://support.pix4d.com/entries/26825498>. You will find all the necessary information for your first project, as well as special articles that we recommend to new users in order to get the best out of their projects.

Pix4D is your software solution for digitizing reality and getting critical information from images by converting them into accurate, geo-referenced 2D and 3D outputs.

## Anexo 9. Pantallazo del turnitin