



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS
TOPOGRÁFICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHÍCULO AÉREO NO
TRIPULADO (UAV) A 50 METROS DE ALTURA Y EL MÉTODO TRADICIONAL
EN LA CARRETERA ABRA CCORAO-CCORAO”**

Presentado por:

Bach. Sharon Adriana Leiva Marin

Bach. Joddai Javier Niño de Guzmán Arpasi

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Ing. Robert Milton Merino Yépez

CUSCO – PERÚ
2021



DEDICATORIA

A Dios, Por haberme permitido llegar hasta este punto y dado salud para lograr mis metas, además de su infinita bondad y amor.

A MIS PADRES

A mi mamita Judith y mi papito Miguel: Por haberme dado la vida, por celebrar, alegrarse conmigo y acompañarme en cada paso (triumfo) que he tenido, por hacerme ver que la vida está llena de oportunidades, alentarme continuamente y confiar plenamente en mí; los amo con todo mi corazón.

A MIS AMIGOS

José Luis, Luis Enrique y Emanuel, por su gran humor, y por cada anécdota que pasamos, por ayudarme en lo que necesite y organizar un montón de actividades para permanecer juntos.

A MIS HERMANOS

Miguel (Mikisito); por ser un gran ejemplo, preocuparte por mí y apoyarme siempre. Michael (Maco); por siempre enseñarme a ser una mejor persona, a extender mis alas y volar lejos en el logro de mis metas. Danielita (Kiuksita); por enseñarme la importancia de compartir momentos juntas, tu alegría en ellos, estoy tan orgullosa de ti pequeña.

A MIS AMIGAS

Ani Marcela, Claudia y Ximena, por siempre ser tan generosas en vuestro tiempo las veces que las he necesitado, acogerme, esperarme con sus brazos abiertos y una gran sonrisa; además de compartir momentos llenos de diversión y risas.

A JAVIER

Jav, eres una persona increíble, un maravilloso amigo y compañero, me enseñaste con cariño el significado de la tranquilidad, por estar cuando más te necesite, eres un gran oyente; tienes la chispa suprema, ocurrente y más graciosa que he conocido (siempre me sacas una sonrisa). Sé que llegarás a hacer un gran Ingeniero y alcanzaras cualquier cosa que te propongas; me alegra demasiado cumplir una meta juntos.

Y sin dejar atrás a mi abuelita Martha por ser uno de sus más grandes orgullosos.

SHARON ADRIANA LEIVA MARIN



DEDICATORIA

A DIOS

Por ponerme muchas pruebas y poder afrontarlas junto a él, su infinita misericordia, amor y permitir que lleguen personas a mi vida que jamás quiero alejarlas y por supuesto su bendición inigualable.

A MIS PADRES

A mi mamita Gilma Nancy

Mamita hermosa, no sabes cuánto yo te amo por estar siempre ahí para mí y apoyarme en todos mis propósitos por tu amor incondicional tu paciencia sobre todo por ser una gran madre, piensas más en nosotros que ti misma y te admiro como no tienes idea mamita.

A mi papá Javier

Papá, eres una persona que estuvo en momentos importantes te quiero mucho y gracias por todo.

A MIS HERMANOS YUBITZA Y PAOLO

Hermanos no saben cuánto los quiero por tener la confianza en mí, en mi toma de decisiones por su cariño, aunque siempre peleamos el cariño que tenemos nadie nos quitará.

A SHARON

Tazonita, agradezco a Dios por haberme permitido conocer a una mujer tan maravillosa que me enseñó el significado del amor, la perfección en hacer las cosas, por tu gran sentido del humor, tu personalidad perfecta, tu confianza en mí y sobre todo por estar ahí en los momentos bonitos y difíciles, sé que serás una gran Ingeniera vendrán para ti muchas cosas increíbles porque todo lo que te propones lo cumples.

A MIS AMIGOS

Michael, Miki y Diego ustedes son mis hermanos de otra madre, encontré en Uds. una amistad más allá de todo, personas tan maravillosas que jamás quiero perder los quiero gracias por apoyarme en todo lo que estaba en su poder y los momentos de diversión.

JODDAI JAVIER NIÑO DE GUZMAN ARPASI



AGRADECIMIENTOS

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial mi Mamá y mi Papá que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria, me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible. Asimismo, agradezco infinitamente a mis Hermanos que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que les puedo enseñar.

A los docentes de la facultad de Ingeniería Civil por brindarme sus conocimientos y experiencias; A mí asesor Mg. Ing. Robert Milton Merino Yépez por sus enseñanzas.

A todo amigo que me motivo a seguir durante este proceso de investigación y durante la realización.

SHARON ADRIANA LEIVA MARIN

A los docentes de mi facultad de Ingeniería Civil por brindarme y ayudado en mi formación profesional, a mi asesor Ing. Milton Merino Yépez por su apoyo en la elaboración de este trabajo de investigación, a mi mamita Gilma que sin su apoyo incondicional no hubiese sido posible realizar toda mi formación profesional y por ser una gran madre, a mis hermanos por toda su confianza en mí, a mis amigos Michael, Miki y Diego por su amistad inigualable y sobre todo a una mujer que tiene mi admiración Shariton gracias por todo y ayudarme en todo este trabajo por darme la motivación y apoyo en todo sabe que nunca la defraudare.

JODDAI JAVIER NIÑO DE GUZMAN A.



RESUMEN

En la actualidad dentro del Territorio Peruano los levantamientos topográficos son realizados de manera tradicional utilizando solo un método que es el uso único de la Estación Total descartando otros métodos como el uso de UAV Dron teniendo una idea equivocada que arrojen resultados con precisiones muy bajas, así como generar costos muy altos; por eso es necesario poner en funcionamiento el uso de técnicas y nuevos procesos tecnológicos para reducir los temas de imprecisión, costo ,tiempo de ejecución y mejorar el desempeño en este tipo de proyectos .

La presente investigación tiene como alcance una comparación de la precisión que se obtiene en un levantamiento topográfico con equipo Aéreo no Tripulado UAV Dron y la Estación Total el estudio fue realizado en la carretera Abra Ccorao - Ccorao iniciando en la Progresiva 15+000 y culminando en la progresiva 20+000 en el Centro Poblado de Ccorao, Distrito de San Sebastián, Provincia y Departamento de Cusco.

El desarrollo de la tesis inicio con los vuelos fotogramétricos de la zona de estudio con el Dron Modelo Mavic 2 Pro , posteriormente se procesó las fotografías con el software Pix4D Pro que nos dio como resultado la obtención de la ortofoto y nube de puntos que se pudo digitalizar en un plano topográfico con el programa AutoCAD Civil 3D que nos permitió conseguir los datos para comparación de la precisión entre ambos equipos ,de forma simultánea se evaluó variables que tiene como dimensión el costo y el tiempo de realización para llegar a las conclusiones respectivas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el capítulo IV indican que el uso de equipo aéreo no tripulado UAV es más preciso para proyecto de carreteras demostrando que los valores de errores absolutos y relativos son menores en comparación con un levantamiento realizado con Estación Total, reduciendo el tiempo de realización.

En conclusión, con la presente tesis se busca mostrar que ambos métodos son eficientes puesto que muestran resultados muy cercanos y que el uso del Dron en levantamientos topográficos es más óptimo para trabajos de gran magnitud de área, lugares inaccesibles por su facilidad de manipulación y tiempo de realización.

PALABRAS CLAVES: Fotogrametría – UAV – Precisión – Estación Total – Levantamientos Topográficos



ABSTRACT

At present, within the Peruvian Territory, topographic surveys are carried out in a traditional way using only one method that is the sole use of the Total Station, discarding other methods such as the use of UAV Drones having a wrong idea that yield results with very low precision, as well. how to generate very high costs; That is why it is necessary to put into operation the use of techniques and new technological processes to reduce the issues of imprecision, cost, execution time and improve performance in this type of projects.

The present research has as its scope a comparison of the precision obtained in a topographic survey with Unmanned Aerial UAV Dron equipment and the Total Station. The study was carried out on the Abra Ccorao - Ccorao highway, starting at the Progressive 15 + 000 and culminating in the progressive 20 + 000 in the Centro Poblado de Ccorao, District of San Sebastián, Province and Department of Cusco.

The development of the thesis began with the photogrammetric flights of the study area with the Mavic 2 Pro Model Drone, later the photographs were processed with the Pix4D Pro software that resulted in obtaining the orthophoto and cloud of points that could be digitize in a topographic plane with the AutoCAD Civil 3D program that allowed us to obtain the data for comparison of the precision between both teams, simultaneously variables that have as dimension the cost and the time of realization were evaluated to reach the respective conclusions.

According to the results obtained, in chapter IV they indicate that the use of UAV unmanned aerial equipment is more accurate for highway projects, showing that the absolute and relative error values are lower compared to a survey carried out with a Total Station, reducing the time of completion.

In conclusion, this thesis seeks to show that both methods are efficient since they show very close results and that the use of the drone in topographic surveys is more optimal for large-area work, inaccessible places due to their ease of handling and time. of realization.

KEY WORDS: Photogrammetry - UAV - Precision - Total Station - Topographic Surveys



INTRODUCCIÓN

Actualmente dentro de la región Cusco se encuentran muy pocas investigaciones acerca de nuevas formas de levantamientos topográficos, cabe recalcar que nos encontramos en una época donde el avance constante y acelerado de la tecnología permite recolectar datos de mejor manera y en tiempo real, muchas veces el desconocimiento nos limita solo a la aplicación de levantamientos tradicionales (Estación total) por lo tanto; se pretende innovar e indagar acerca de mejoras para la realización de los levantamientos topográficos con el equipo aéreo no tripulado UAV (Dron), destacando la disminución en cuanto al costo y el tiempo de realización.

Considerando el entorno donde nos encontramos, hace varios años se viene dando el uso de equipos aéreos no tripulados (UAV), con los cuales se viene desarrollando trabajos de fotogrametría.

Frente la necesidad de obtener nuevas alternativas para la realización de levantamientos topográficos destinados para obras de carreteras, parte esta nueva idea de realizar este trabajo de investigación que tiene por título “EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A 50 METROS DE ALTURAS Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA CARRETERA ABRA CCORAO – CCORAO”

Se empezó la investigación con la identificación del problema para lo cual se propuso el objetivo general que consiste en la determinación de la precisión en cuanto a las coordenadas de los datos en evaluación y comparación (BMs) de los levantamientos topográficos y con ello llegar a la hipótesis haciendo uso del vehículo aéreo no tripulado UAV respecto al método tradicional (Estación total) evaluando la precisión resultara mayor; los datos se obtendrán de la recolección y toma de puntos de la zona en estudio que al ser procesados nos brindaran resultados mediante comparaciones y métodos estadísticos para posteriormente interpretarlos en las conclusiones.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Identificación del Problema.....	1
1.1.2. Ámbito de Influencia Teórica.....	2
1.1.3. Descripción del problema.....	2
1.1.4. Formulación interrogativa del problema	4
1.1.4.1. Formulación interrogativa del problema general.....	4
1.1.4.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos	4
1.2. Justificación e Importancia de la investigación.....	5
1.2.1. Justificación Técnica	5
1.2.2. Justificación social.....	5
1.2.3. Justificación por viabilidad.....	5
1.2.4. Justificación por relevancia	5
1.3. Limitaciones de la Investigación	6
1.4. Objetivos de la investigación.....	7
1.4.1. Objetivo General.....	7
1.4.2. Objetivos Específicos	7
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes de la Tesis.....	8
2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional.....	8
2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional	13
2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES	14
2.2.1. Definición de Precisión	14
2.2.2. Desempeño	15
2.2.2.1. ¿Qué es KPI?	15
2.2.3. Definición de Error.....	16
2.2.3.1. Tipos de Error	17
2.2.4. Poligonales.....	17



2.2.4.1. Tipos de poligonales	18
2.2.5. Triangulación	18
2.2.5.1. Tipos de triangulaciones según su orden	19
2.2.6. Topografía	20
2.2.7. Definición de Levantamiento Topográfico.....	20
2.2.7.1. Objetivos del levantamiento topográfico	20
2.2.8. Definición de Estación Total	22
2.2.5.1 Tipos de Estaciones totales	22
2.2.9. Definición de Dron	25
2.2.9.1. Tipos de Drones	26
2.2.9.1.1. Función del tipo de alas:	26
2.2.9.1.2. Según el método de control:	26
2.2.9.2. Uso y aplicaciones de Drones	26
2.2.10. Definición de Fotogrametría.....	31
2.2.10.1.Fundamento de la fotogrametría	32
2.2.10.2.Ventajas de la fotogrametría	32
2.2.10.3.Desventajas de la fotogrametría	33
2.2.10.4.Tipos de Fotogrametría.	34
2.2.10.5.Especificaciones de los vuelos	36
2.2.10.6.Captura de datos	36
2.2.10.7.Procesado de imágenes	36
2.2.10.8.Apoyo terrestre.....	37
2.2.10.9.Ortofoto continua	37
2.2.10.10.Software de Fotogrametría	37
2.2.11. Plan de vuelo	40
2.2.11.1.Tipos de plan de vuelos.....	40
2.2.11.2.Consideraciones técnicas para un plan de vuelo	42
2.2.12. Tolerancia	44
2.2.13. Curvas de nivel	45
2.2.14. El concepto de escala.....	46
2.2.15. Altimetría.....	47
2.2.16. Georreferenciación	48
2.2.17. Red de amarre	48
NORMATIVIDAD QUE REGULA EL USO DE LAS UAV: LEY N° 30740	49
2.3. Hipótesis	52



2.3.1.	Hipótesis general	52
2.3.2.	Sub hipótesis.....	52
2.4.	Definición de Variables	53
2.4.1.	Variables Independientes.....	53
2.4.2.	Variables Dependientes	53
2.4.3.	Cuadro de operacionalización de variables	54
3.	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	55
3.1.	Metodología de la Investigación.....	55
3.1.1.	Tipo de Investigación	55
3.1.2.	Nivel o alcance de la investigación	55
3.1.3.	Método de investigación.....	55
3.2.	Diseño de la Investigación.....	55
3.2.1.	Diseño metodológico.....	55
3.2.2.	Diseño de Ingeniería.....	55
3.3.	Población y Muestra	56
3.3.1.	Población	56
3.3.1.1.	Descripción de la población	56
3.3.1.2.	Cuantificación de la población	56
3.3.2.	Muestra	56
3.3.2.1.	Descripción de la muestra.....	56
3.3.2.2.	Cuantificación de la muestra	56
3.3.2.3.	Método de muestreo	56
3.3.2.4.	Criterios de Evaluación de muestra	56
3.3.3.	Criterios de Inclusión.....	57
3.4.	Instrumentos	57
3.4.1.	Instrumentos Metodológicos	57
3.4.1.1.	Fichas de Observación.....	57
3.4.1.1.1.	Fichas de Observación para Reconocimiento de Campo.....	58
3.4.1.1.2.	Fichas de Observación para Levantamiento Topográfico con Est. Total	59
3.4.1.1.3.	Fichas de Observación para Levantamiento Topográfico con Dron.....	60
3.4.1.1.4.	Fichas de Observación para Levantamiento Topográfico con GPS Diferencial.....	61
3.4.1.1.5.	Fichas de Observación de indicadores de Desempeño de los procedimientos de un levantamiento topográfico.....	62
3.4.2.	Instrumentos de Ingeniería	63
3.5.	Procedimientos y Recolección de Datos	65



3.5.1.	Primera Etapa: Reconocimiento e inspección de la zona en Estudio	65
3.5.1.1.	Equipos.....	65
3.5.1.2.	Procedimiento	65
3.5.1.3.	Toma de datos	68
3.5.2.	Monumentación de Puntos de Control (BMs).....	69
3.5.2.1.	Equipos.....	69
3.5.2.2.	Procedimiento	69
3.5.3.	Segunda Etapa: Levantamiento con GPS Diferencial	72
3.5.3.1.	Equipos.....	72
3.5.3.2.	Procedimiento	72
3.5.3.3.	Toma de datos	78
3.5.4.	Levantamiento con Estación Total.....	79
3.5.4.1.	Equipos.....	79
3.5.4.2.	Procedimiento	79
3.5.4.3.	Toma de datos	86
3.5.5.	Levantamiento con Equipo Aéreo No Tripulado UAV (Dron).....	89
3.5.5.1.	Equipos.....	89
3.5.5.2.	Procedimiento	89
3.5.5.3.	FASE N° 1: Programación de plan de vuelo y pasos a seguir durante la obtención y captura de fotografías	90
3.5.5.4.	Toma de datos	99
3.5.5.5.	FASE N° 2: Procesamiento de fotografías y orto rectificación con software pix4d (gabinete).....	103
3.6.	Procedimientos de Análisis de Datos.	111
3.6.4.	PARTE I: Planificación	111
	Selección de la zona de Vuelo.....	111
3.6.4.2.	Levantamiento de los Puntos de Control	111
3.6.5.	PARTE II: Trabajos de campo	113
3.6.5.2.	Condiciones climáticas para el vuelo (despegue y aterrizaje)	113
3.6.5.3.	Información de los levantamientos	115
3.6.6.	Cálculo del Error Relativo y Error Absoluto.....	115
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS	135
4.5.	Comparación de la precisión del levantamiento topográfico realizado con Estación Total y UAV.....	135
4.6.	Comparación de los errores absolutos y relativos del levantamiento topográfico realizado con Estación Total y UAV.....	139



4.7.	Comparación del tiempo de realización del levantamiento topográfico realizado con Estación Total y UAV	142
4.8.	Comparación del costo de realización del levantamiento topográfico realizado con Estación Total y UAV	143
5.	CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	144
6.	GLOSARIO.....	147
	CONCLUSIONES.....	152
	RECOMENDACIONES.....	158
	REFERENCIAS	160
	ANEXOS	163



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n° 1: Coordenadas UTM de ubicación geográfica de la Tesis.....	1
Tabla n° 2: Características y especificaciones de la Estación Total Leica TS06.....	24
Tabla n° 3: Características y especificaciones Dron DJI MAVIC 2 PRO.....	30
Tabla n° 4: Tolerancias para trabajos de Levantamientos Topográficos, replanteos y estacado en construcción de carreteras.	44
Tabla n° 5: Cuadro de Operacionalización de variables.....	54
Tabla n° 6: Fichas de Observación para Reconocimiento de Campo.....	58
Tabla n° 7: Fichas de Observación para Levantamiento Topográfico con Estación Total.....	59
Tabla n° 8: Fichas de Observación para Levantamiento Topográfico con Dron.....	60
Tabla n° 9: Fichas de Observación para Levantamiento Topográfico con GPS Diferencial..	61
Tabla n° 10: Fichas de Observación de indicadores de desempeño de los procedimientos de un levantamiento topográfico.....	62
Tabla n° 11: Ficha de Reconocimiento de Campo con datos	68
Tabla n° 12: Ficha de Observación con datos Levantamiento de GPS Diferencial.....	78
Tabla n° 13: Ficha de observación con datos Levantamiento con Estación Total-1° Levantamiento.....	86
Tabla n° 14: Ficha de observación con datos Levantamiento con Estación Total-2° Levantamiento.....	87
Tabla n° 15: Ficha de observación con datos Levantamiento con Estación Total-3° Levantamiento.....	88
Tabla n° 16: Ficha de Observación con las fotografías (datos) de Levantamiento Topográfico con Dron.....	99
Tabla n° 17: Perímetro y área de la zona de estudio.....	111
Tabla n° 18: Condiciones Climáticas en el despegue de los vuelos de Dron	113
Tabla n° 19: Condiciones Climáticas en el aterrizaje de los vuelos de Dron	113
Tabla n° 20: Datos de Levantamiento Topográfico con UAV	115
Tabla n° 21: Datos del Primer Levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron ...	116
Tabla n° 22: Datos del Segundo Levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron .	117
Tabla n° 23: Datos del Tercer Levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron.....	118
Tabla n° 24: Coordenadas Promedio, Desviación Estándar con Equipo UAV	119
Tabla n° 25: Desviación Promedio de Datos de Levantamiento Topográfico con Dron.....	119
Tabla n° 26: Coordenadas Promedio, Desviación Estándar con Estación Total	120
Tabla n° 27: Desviación Promedio de Datos de Levantamiento Topográfico con Estación Total	120
Tabla n° 28: Cuadro Resumen de las Coordenadas Promedio de la Estación Total y Equipo UAV Dron.....	121
Tabla n° 29: Resumen de los Errores Absolutos obtenidos de la Estación Total.....	122
Tabla n° 30: Resumen de los Errores Absolutos obtenidos del equipo UAV	123
Tabla n° 31: Resumen de los Errores Relativos obtenidos con Estación Total.....	127
Tabla n° 32: Resumen de los Errores Relativos obtenidos con UAV.....	128
Tabla n° 33: Cotización para la realización del Levantamiento Topográficos distintas empresas de Cusco	132
Tabla n° 34: Ficha de observación con indicadores de desempeño para un levantamiento realizado con Estación Total	133



Tabla n° 35: Ficha de observación con indicadores de desempeño para un levantamiento realizado con Equipo UAV	134
Tabla n° 36: Cuadro comparativo de intervalo de confianza de confianza al 95% de las desviaciones estándar de las coordenadas obtenidas con UAV	135
Tabla n° 37: Cuadro comparativo de intervalo de confianza de confianza al 95% de las desviaciones estándar de las coordenadas obtenidas con Estación Total.....	136
Tabla n° 38: Tiempo de Realización de un levantamiento topográfico con Estación Total.	142
Tabla n° 39: Tiempo de Realización de un levantamiento topográfico con UAV	142



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n° 1: Ubicación geográfica de la zona de estudio	1
Figura n° 2: Levantamiento Topográficos con Estación Total	3
Figura n° 3: Levantamiento Topográficos con Equipo aéreo no tripulado UAV (Dron	3
Figura n° 4: Levantamiento Topográfico planimétrico con Estación Total	21
Figura n° 5: Levantamiento Topográfico altimétrico con Dron	21
Figura n° 6: Estación Total Leica Modelo TS-06.....	24
Figura n° 7: Equipo Aéreo no tripulado (Dron)	26
Figura n° 8: Dron de Alas fija	27
Figura n° 9: Dron Multirotor	27
Figura n° 10: Dron Modelo Mavic 2 Pro.....	29
Figura n° 11: Fotogrametría con el uso de Dron	34
Figura n° 12: Software Pix4D Mapper	38
Figura n° 13: Plan de Vuelo PIX4D	40
Figura n° 14: Control remoto Dron	41
Figura n° 15: Vuelo de Dron programado tipo Grilla Simple	41
Figura n° 16: Vuelo de Dron programado tipo Grilla Doble.....	41
Figura n° 17: Vuelo de Dron programado y en ángulo	42
Figura n° 18: Traslape de imágenes capturadas por el Dron	42
Figura n° 19: Distancia de muestreo en Tierra (GSD)	42
Figura n° 20: Captura de pantalla del programa UAV Forecast.....	43
Figura n° 21: Curvas de Nivel	45
Figura n° 22: Binoculares de Larga distancia (TASCO).....	63
Figura n° 23: GPS (Garmin).....	63
Figura n° 24: Estación Total	63
Figura n° 25: Trípode, prismas y porta prismas	63
Figura n° 26: Vehículo Aéreo No Tripulado (Dron)	64
Figura n° 27: Flexómetro de 5m.....	64
Figura n° 28: GPS Diferencial	64
Figura n° 29: Antena Receptora.....	64
Figura n° 30: Ubicación de los BMs (Puntos de Control).....	65
Figura n° 31: Ubicación de Puntos de Control	66
Figura n° 32: Apunte de Puntos de Control.....	66
Figura n° 33: Ubicación de Puntos de Control con GPS Navegador.....	67
Figura n° 34: Observación de la Zona de Estudio	67
Figura n° 35: Retirado del material excedente de la excavación.....	70
Figura n° 36: Excavación 0.40 x 0.40 m para los puntos de control	70
Figura n° 37: Preparado de la mezcla de concreto	70
Figura n° 38: Medición de las excavaciones para los Puntos de Control.....	71
Figura n° 39: Puntos de control vaciados	71
Figura n° 40: Modelo de Punto de Control con mezcla de concreto fraguada.....	71
Figura n° 41: Armado del Trípode del GPS Diferencial	73
Figura n° 42: Ensamblado de la Base del GPS Diferencial.....	73
Figura n° 43: Armado del Rover en la porta prisma del GPS Diferencial	74



Figura n° 44: Prueba de medición de la distancia y posicionamiento del Rover con respecto a la Base del GPS Diferencial	74
Figura n° 45: Nivelación y registro de los puntos de control	75
Figura n° 46: Captura y toma de los puntos de control	75
Figura n° 47: Datos y coordenadas de los Puntos de Control	76
Figura n° 48: Ubicación de los Puntos de Control en el mapa de la aplicación	76
Figura n° 49: Espera para la recepción y en lace de los satélites	77
Figura n° 50: Término del levantamiento con GPS Diferencial (retorno a la Base)	77
Figura n° 51: Armado del trípode de la Estación Total	80
Figura n° 52: Nivelado y configuración de la Estación Total	81
Figura n° 53: Visualizado y captura de los puntos del levantamiento topográfico	81
Figura n° 54: Toma de puntos (Prismado) de los extremos laterales de la vía	82
Figura n° 55: Vista del prisma hacia la Estación Total	82
Figura n° 56: Toma de puntos (Prismado) del Eje de la Vía	83
Figura n° 57: Toma de puntos (Prismado) del final de la zona de Estudio –I.E.I Inca Ripac Ccorao	83
Figura n° 58: Toma de los últimos puntos del Levantamiento Topográfico	84
Figura n° 59: Comprobación de los puntos con GPS navegador	84
Figura n° 60: Apuntes en la libreta topográfica de los puntos levantados.....	85
Figura n° 61: Término del Levantamiento Topográfico con Estación Total.....	85
Figura n° 62: Planeación de una nueva misión, seleccionando la opción de polígono para la ruta.....	90
Figura n° 63: Seleccionamos el área tanto inicio o final así como la dirección en la que tomara las fotografías en la aplicación Pix4D.....	90
Figura n° 64: Inicio de la ruta de vuelo del Dron	91
Figura n° 65: Regreso del dron con su comando devuelta a casa o punto de inicio del vuelo una vez tomada las fotografías	91
Figura n° 66: Visualización preliminar de fotografías capturadas por el Dron.....	92
Figura n° 67: Proceso de Descarga y autoguardado de fotografías dentro del Proyecto en el que se hizo el plan de vuelo	92
Figura n° 68: Ensamblado y Armado del Dron	93
Figura n° 69: Consulta con la aplicación UAV FORECAST para conocer las condiciones climáticas y empezar el vuelo del Dron	93
Figura n° 70: Tendido de los banners en los puntos de control a lo largo de la vía.....	94
Figura n° 71: Tendido de los banners en la progresiva 16+000	94
Figura n° 72: Inicio del vuelo programado en el inicio de la zona de Estudio Abra Ccorao .	95
Figura n° 73: Dron en misión tomando fotografías	95
Figura n° 74: Término del vuelo programado, retornando al inicio de la misión	96
Figura n° 75: Aterrizaje del Dron, una vez terminado el vuelo programado	96
Figura n° 76: Apagado del equipo para evitar el recalentado de los accesorios y batería del Dron.....	97
Figura n° 77: Fotografía al inicio del vuelo y la zona de Estudio-Abra Ccorao	97
Figura n° 78: Fotografía al final de los vuelos y de la zona de Estudio – I.E.I Inca Ripac Ccorao	98
Figura n° 79: Fotografía del ángulo de captura de las fotografías por el Dron Dji Mavic 2 Pro	98
Figura n° 80: Fotografía al iniciando el levantamiento	100



Figura n° 81: Fotografía del levantamiento con Dron progresiva 15+500.....	100
Figura n° 82: Fotografía del levantamiento con Dron progresiva 16+250.....	101
Figura n° 83: Fotografía del levantamiento con Dron progresiva 17+250.....	101
Figura n° 84: Fotografía del levantamiento con Dron progresiva 18+000.....	102
Figura n° 85: Fotografía del levantamiento con Dron progresiva 20+000.....	102
Figura n° 86: Nuevo proyecto, imágenes añadidas al programa Pix4D.....	103
Figura n° 87: Propiedades de imagen programa Pix4D.....	103
Figura n° 88: Plantilla de opciones de Procesamiento.....	104
Figura n° 89: Procesamiento inicial.....	105
Figura n° 90: Gestor GCP.....	105
Figura n° 91: Georreferenciación con los puntos de control.....	106
Figura n° 92: Paso número 2 ,nube de puntos y malla.....	106
Figura n° 93: Reoptimización de la nube de puntos.....	107
Figura n° 94: Verificación de puntos y control.....	107
Figura n° 95: Última fase del procesamiento MDS Y Ortomosaico.....	108
Figura n° 96: Ortofoto del levantamiento topográfico.....	108
Figura n° 97: Editor de ortomosaico.....	109
Figura n° 98: MDS del levantamiento topográfico.....	109
Figura n° 99: Exportación y guardado de la información.....	110
Figura n° 100: Ortofoto del levantamiento listo para ser importado en Civil 3D.....	110
Figura n° 101: Imagen Satelital del área de estudio.....	111
Figura n° 102: Puntos de control insertados en AutoCAD Civil 3D.....	112
Figura n° 103: Gráfica de comparación de variación de Temperatura en el despegue y aterrizaje.....	113
Figura n° 104: Gráfica de comparación de variación de la velocidad del viento el despegue y aterrizaje.....	114
Figura n° 105: Gráfica de comparación de probabilidad de precipitaciones en el despegue y aterrizaje.....	114
Figura n° 106: Gráfico de la cantidad de fotografías realizadas en los vuelos de Dron.....	115
Figura n° 107: Gráfico de la cantidad de fotografías realizadas en los vuelos de Dron.....	124
Figura n° 108: Gráfico de líneas de los errores absolutos de los BMs con respecto al este de un levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron.....	125
Figura n° 109: Gráfico de líneas de los errores absolutos de los BMs con respecto a la Altura de un levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron.....	126
Figura n° 110: Gráfico de líneas de los errores relativos de los BMs con respecto al norte de un levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron.....	129
Figura n° 111: Gráfico de líneas de los errores relativos de los BMs con respecto al este de un levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron.....	130
Figura n° 112: Gráfico de líneas de los errores relativos de los BMs con respecto a la altura de un levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron.....	131
Figura n° 113: Gráfico de cotización y comparación de costos de un levantamiento topográfico con Estación Total.....	132
Figura n° 114: Grafico de comparación de Desviación Estándar con respecto al norte, este y altura del levantamiento con UAV Dron.....	135
Figura n° 115: Gráfico de comparación de Desviación Estándar con respecto al norte, este y altura del levantamiento con Estación Total.....	136



Figura n° 116: Gráfico resumen y comparativo de la desviación estándar promedio con respecto al norte, este y altura de la Estación Total y UAV Dron	137
Figura n° 117: Gráfico comparativo del porcentaje de exactitud con respecto al norte, este y altura de la Estación Total vs UAV Dron	137
Figura n° 118: Gráfico resumen del porcentaje de exactitud de la Estación Total vs UAV Dron.....	138
Figura n° 119: Porcentaje de Desempeño de acuerdo a indicadores en procedimientos de un levantamiento topográfico.....	138
Figura n° 120: Gráfico comparativo de los errores absolutos promedio con respecto al norte, este y altura de la Estación Total.....	139
Figura n° 121: Gráfico comparativo de los errores absolutos promedio con respecto al norte, este y altura del UAV Dron.....	139
Figura n° 122: Comparación de errores absolutos respecto al este ,norte y altura de la Estación Total vs UAV Dron	140
Figura n° 123: Gráfico comparativo de los errores relativos promedio con respecto al norte, este y altura de la Estación Total.....	140
Figura n° 124: Gráfico comparativo de los errores relativos promedio con respecto al norte, este y altura del UAV Dron.....	141
Figura n° 125: Comparación de errores relativos respecto al este, norte y altura de la Estación Total vs UAV Dron	141
Figura n° 126: Gráfico comparativo del tiempo de realización de un levantamiento topográfico realizado con Estación Total vs UAV Dron	143
Figura n° 127: Gráfico comparativo del costo de realización de un levantamiento topográfico realizado con Estación Total vs UAV Dron.....	143



1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

1.1.1. Ubicación geográfica

La ubicación geográfica de la tesis se encuentra en la Región de Cusco y especificado:

Tramo de carretera: Abra Ccorao - Ccorao progresiva 15+000 a la 20 +000

Distrito: San Sebastián

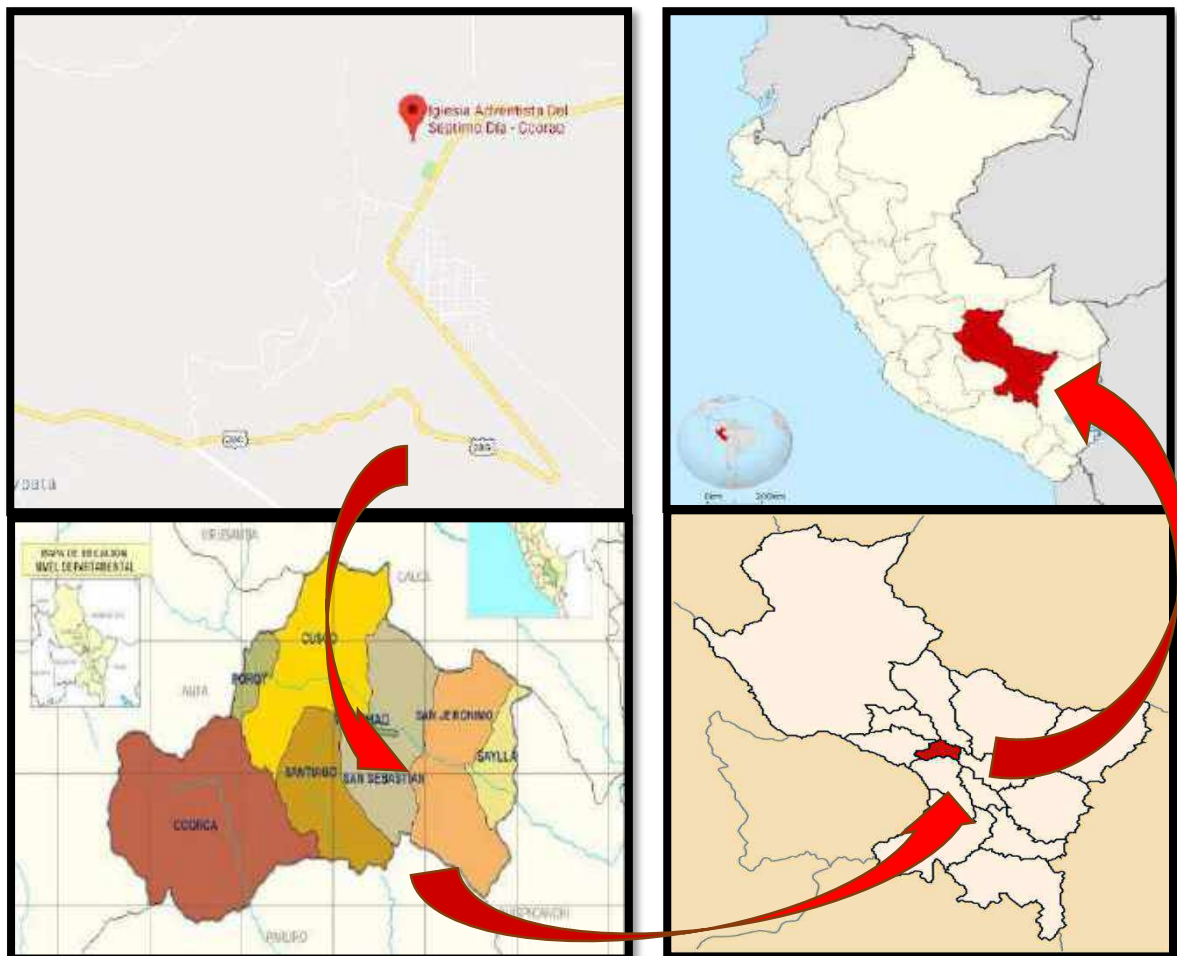
Provincia: Cusco

Región: Cusco

Tabla n° 1: Coordenadas UTM de ubicación geográfica de la Tesis

LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
182156.21	8506984.16	3802.55

Figura n° 1: Ubicación geográfica de la zona de estudio



Fuente: Registros fotográficos Tesistas



1.1.2. **Ámbito de Influencia Teórica**

La presente Tesis se desarrolló en el campo de Ingeniería de Transportes, realizando un análisis y evaluación del terreno o área a levantar con uso del equipo UAV (dron) y comparando las precisiones de medición a 50 metros de altura vuelo con el método tradicional haciendo uso de la Estación Total; se escoge dicha altura fundamentado en las siguientes razones:

- Dos de las principales características de una fotografía aérea es la distancia focal o zoom y la profundidad de campo los cuales presentan una relación de a mayor distancia focal (más zoom) menor profundidad de campo; en otras palabras, que a mayores alturas la imagen no presenta una buena calidad y al hacer zoom el equipo UAV solo captura una parte de la fotografía haciendo que la precisión que se busca en esta investigación sea mínima.
- Permite una mejor operación con visibilidad directa del UAV garantizando la seguridad del equipo ante posibles imprevistos climatológicos tales como (vientos fuertes) y problemas de colisión (taludes con alturas considerables y árboles y vegetación).
- A mayor altura mayor cantidad de fotografías aéreas lo que hará uso de mayor tiempo y generación de millones de puntos que se resumirán en un procesamiento de datos que demorarán semanas y con un tamaño de archivo muy grande y pesado.

1.1.3. **Descripción del problema**

En la región Cusco los levantamientos topográficos son realizados de manera tradicional; encontrando muy pocas investigaciones acerca de nuevas formas de levantamientos.

El desconocimiento, falta de actualización y costo de realización hace que el método tradicional sea la única alternativa de uso, por lo tanto, se ha considerado estudiar e implementar este método de levantamiento considerando sus ventajas, mejores usos y calidad que proporciona para las zonas de nuestra región.

Existen muchos factores que influyen de manera negativa en la precisión siendo:

- **Clima:** Es un elemento que determina la realización de un levantamiento
Ejemplos: días soleados, días lluviosos o días con presencia de corrientes fuertes de viento.



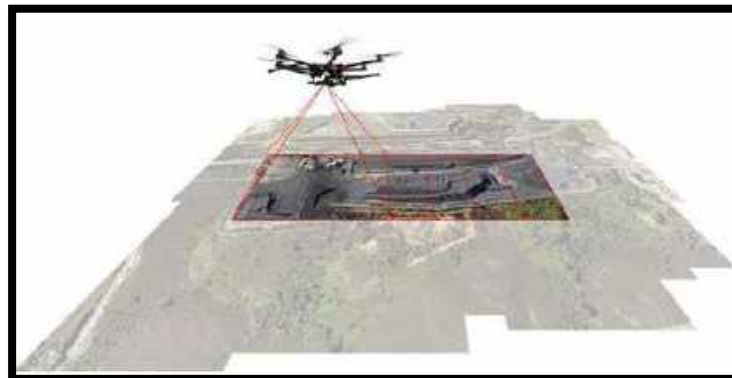
- **Tiempo de realización:** Se realizará la comparación de dos métodos que se utilizan para un levantamiento topográfico y se verificará cuál de ellos será más eficiente en cuanto a menores tiempos
- **Defectos en el instrumento empleado:** Para el levantamiento topográfico se utilizará la estación total, el GPS Diferencial y equipo UAV- DRON, que requieren ser calibrados para que las medidas obtenidas sean precisas.
- **Factor Humano:** El ser humano es imperfecto. Por lo tanto, cuando un individuo es el encargado de tomar las mediciones, existe un margen de probabilidades de que se cometa un error.

Figura n° 2: Levantamiento Topográficos con Estación Total



Fuente: Registros fotográficos Tesistas

Figura n° 3: Levantamiento Topográficos con Equipo aéreo no tripulado UAV (Dron)



Fuente: Google (Levantamientos Topográficos)



1.1.4. Formulación interrogativa del problema

1.1.4.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál será la evaluación comparativa de la precisión en levantamientos topográficos realizados con vehículo aéreo no tripulado (UAV) a 50 metros de altura comparados con el método tradicional en carretera Abra Ccorao - Ccorao?

1.1.4.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema Específico N°1

- ¿Cuál será el valor de error absoluto en un levantamiento topográficos realizado con equipo UAV (Dron) en comparación a un levantamiento con el método tradicional?

Problema Específico N°2

- ¿Cuál será el valor de error relativo en un levantamiento topográficos realizado con equipo UAV (Dron) en comparación a un levantamiento con el método tradicional?

Problema Específico N°3

- ¿Cuánto será el valor comparativo influyente al tiempo de realización en un levantamiento topográficos con equipo UAV (Dron) con relación a un levantamiento con el método tradicional?

Problema Específico N°4

- ¿Cuánto será el valor comparativo influyente al costo de realización en un levantamiento topográficos con equipo UAV (Dron) con relación a un levantamiento con el método tradicional?



1.2. Justificación e Importancia de la investigación

1.2.1. Justificación Técnica

Técnicamente es importante la investigación ya que propone innovación en el método de los levantamientos topográficos utilizados en caminos y carreteras **correspondiente a la rama de Transportes (puesto que se estudia el diseño que la una carretera en evaluación así como la comparación en cuanto al detalle de la plataforma, del perfil y secciones transversales)** ; brindando alternativas y mejoras notables en la precisión por medio del equipo aéreo no tripulado UAV (Dron), este método alternativo es muy útil en zonas con topografía agreste, muy extensa y de difícil acceso presentes en gran cantidad dentro de la región Cusco.

1.2.2. Justificación social

Esta investigación es importante porque promovería un nuevo aporte en lo que corresponde a nuevas alternativas en cuanto a la precisión en levantamientos topográficos con Equipos Aéreos no Tripulados siendo beneficiados los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil para futuras investigaciones, a colegas profesionales para que el desempeño de su trabajo sea productivo y eficiente , principalmente la sociedad ; dado que se genera mayor desarrollo socio-económico en la construcción de nuevas carreteras ,delimitación, parcelación de propiedades ,etc. Realizados en menor tiempo.

1.2.3. Justificación por viabilidad

Esta investigación es viable, ya que este estudio en si no genera un alto costo en ser realizado, los equipos se pueden conseguir en la región del Cusco; para beneficio nuestro y de la investigación, la Universidad Andina del Cusco nos proporcionara los equipos necesarios que se encuentran en el laboratorio de Topografía para el estudio completo y trabajos de campo respectivos.

1.2.4. Justificación por relevancia

La investigación a realizar justifica su relevancia debido a que no se tienen muchas investigaciones previas realizadas dentro de la región del Cusco; con este de método de levantamiento topográfico se plantea la innovación, amplitud de información y conocimiento en el estudio mediante el uso de Equipo Aéreo no Tripulado UAV (Dron) y de esta forma se obtendrá una base y aporte para futuras investigaciones.



1.3.Limitaciones de la Investigación

- La investigación se limita al estudio de la precisión que se obtiene en un levantamiento topográfico mediante el uso del Equipo Aéreo no Tripulado (UAV) en comparación a la precisión que se obtiene con el método tradicional (Estación Total).
- La investigación se limita al estudio del costo de realización que se obtiene en un levantamiento topográfico mediante el uso del Equipo Aéreo no Tripulado (UAV) en comparación al costo de operación que se obtiene con el método tradicional (estación total).
- La investigación se limita al estudio del tiempo de realización que se obtiene en un levantamiento topográfico mediante el uso del Equipo Aéreo no Tripulado (UAV) en comparación al tiempo de realización que con el método tradicional (Estación Total).
- La investigación se limita al uso de equipo aéreo no tripulado UAV (Dron) modelo Mavic 2 Pro, que será brindado por la Universidad Andina del Cusco y obtenido en gabinete de topografía.
- En el levantamiento topográfico, se limita al uso de la Estación Total modelo (TS-06).
- En la investigación y el levantamiento topográfico con uso del Dron; se limita a una altura de vuelo de 50 metros considerando los posibles obstáculos como árboles, postes de electricidad y telefonía así también la topografía de la zona como taludes.
- La investigación se limita a una longitud de estudio cuya de 5.00 km, partiendo desde la progresiva 15+000 hasta la progresiva 20+000; siendo parte fundamental del estudio de carreteras dentro del área de transportes.
- Se limita al uso de la ley N 30740: Ley que regula el uso y las operaciones de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia.
- La investigación se limita al uso de los siguientes softwares para la recolección y procesamiento de datos: CIVIL 3D, PIX 4D, UAV FORECAST, REACH VIEW 3 Y S10.
- La presente investigación está limitado a la realización de los levantamientos topográficos dentro del departamento de Cusco, Provincia de Cusco, Distrito de San Sebastián y Centro Poblado de Ccorao.



- Los levantamientos de la investigación se limitan a que su realización sea en días en donde el clima sea favorable tales como soleado o parcialmente soleado a fin de obtener datos más precisos y evitar que los equipos se dañen.

1.4.Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar comparativamente la precisión en levantamientos topográficos realizados con Equipo aéreo no tripulado (UAV) a 50 metros de altura de vuelo con el método tradicional en carretera Abra Ccorao – Ccorao.

1.4.2. Objetivos Específicos

Objetivo Específico N°1

Determinar el valor de error absoluto en un levantamiento topográfico realizado con equipo UAV (Dron) en comparación a un levantamiento con el método tradicional (Estación total).

Objetivo Específico N°2

Determinar el valor de error de relativo en un levantamiento topográficos realizado con equipo UAV (Dron) en comparación a un levantamiento con el método tradicional (Estación total).

Objetivo Específico N°3

Determinar cuánto será el valor comparativo influyente al tiempo de realización en un levantamiento topográficos con equipo UAV (Dron) con relación a un levantamiento con el método tradicional.

Objetivo Específico N°4

Determinar cuánto será el valor comparativo influyente al costo de realización en un levantamiento topográfico con equipo UAV (Dron) con relación a un levantamiento con el método tradicional.



2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Tesis

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

TESIS N° 1

Autores: David Ricardo Quispe M. y Anderson Tarco C.

Título: “Ventajas de un levantamiento catastral con el método indirecto en cuanto a la precisión, relación tiempo/ beneficio y costo/ beneficio de la Urb. Manuel Prado sector 3 del distrito de Sicuani”

Institución: Universidad Andina del Cusco.

País: Perú – Cusco

Año: 2019

RESUMEN

En la actualidad el catastro urbano en el Perú es una de las problemáticas más grandes en el ámbito de la planeación y ordenamiento territorial debido a su baja organización y precisión en cuanto al levantamiento catastral refiere, por eso es necesario implementar el uso de técnicas y procesos tecnológicos más avanzados para reducir los aspectos de imprecisión, costo y tiempo de ejecución.

El alcance de la presente investigación es la determinación de la precisión y las relaciones costo-beneficio y tiempo-beneficio del método indirecto respecto al método directo realizado en la Urb. Manuel Prado del Sector 3 del distrito de Sicuani.

Para esto se realizó un vuelo aero-fotogramétrico de la zona de estudio mediante el uso del dron DJI Inspire 2 y se procesarán las imágenes obtenidas en el software Agisoft V 3.0 para así obtener una ortofoto que nos permitió digitalizar un plano a nivel catastral con el uso del software AutoCAD Civil 3D el cual es usado para verificar la precisión del Método Indirecto, paralelo a este proceso se cuantificó tanto el tiempo y costo del proceso para determinar las relaciones mencionadas anteriormente

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el capítulo IV los resultados son favorables porque nos dan precisiones similares, es más rápido y menos costoso que el método directo el cual en la actualidad es el más utilizado en la elaboración de catastro urbano.

Palabras claves: Fotogrametría – UAV – Precisión – Exactitud – Relación tiempo/beneficio – Relación costo/beneficio – Catastro.



Conclusiones

Conclusión N° 01

Se logra demostrar parcialmente la hipótesis general que indica: “El nivel de precisión en el levantamiento catastral con el Método indirecto es mayor respecto al plano existente y las medidas comprobadas en campo; el tiempo se ve significativamente reducido y el costo es más elevado con respecto al método directo usado en la Urb. Manuel Prado del sector 3 del distrito de Sicuani por lo que es aceptable su aplicación.” Como se muestran en las tablas N° 25, N° 26 y la figura N° 113. Referentes a la variable de precisión que nos indica que el método indirecto es más preciso que el método directo, pero no muestran diferencias estadísticamente significativas a nivel de lotes, ambos en relación a las medidas comprobadas en campo; en la tabla N° 31 referente al tiempo de ejecución del levantamiento se observa que el método indirecto es más rápido que el método directo; en la tabla N° 30 referente al costo no se logra demostrar la hipótesis general debido a que el método indirecto es menos costoso que el método directo.

Conclusión N° 02

No se logra demostrar la sub hipótesis N° 01 que indica: “A una altura de vuelo de 40 y 60 metros se obtuvieron precisiones de 15 mm/px y 28 mm/px respectivamente, entonces la variación de la precisión es de 13 mm/px.” Como se muestra en las tablas N° 20 y N° 21 referente a la precisión obtenida durante el proceso de vuelo en las fotografías, se obtuvo precisiones de 1.7 cm ó 17 mm y 2.6 cm ó 26 mm para las alturas de 40 m y 60 m respectivamente lo que concluye que la precisión de las fotografías es inversamente proporcional a la altura de vuelo.

Conclusión N° 03

Se logra demostrar la sub hipótesis N° 02 que indica: “El Método Indirecto es más preciso que el Método Directo para realizar levantamientos catastrales en base a las medidas comprobadas en campo.” cómo se indica en las tablas N° 25, N° 26 y la figura N° 113 referente a la a la variable de precisión que nos indica que el método indirecto es más preciso que el método directo en base a los dos análisis estadísticos efectuados con la prueba Anova al 95% de confianza donde el método indirecto no presenta diferencias estadísticas para ninguno de los dos casos de análisis (análisis por manzanas y análisis por lotes).



TESIS N° 2

Autor: HILARIO TACCA QQUELCA

Título: “COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO UTILIZANDO LA FOTOGRAMETRIA CON DRONES AL METODO TRADICIONAL”

Institución: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

País: Puno-Perú

Año: 2015

Resumen

El presente trabajo de investigación titulado —COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO UTILIZANDO LA FOTOGRAMETRIA CON DRONS AL METODO TRADICIONAL”. se ha realizado en la obra, “Construcción de la Vía Costa Verde, Tramo Callao KM 0+000 al KM 4+987.26l, ubicado en la Provincia Constitucional del Callao, en la Ciudad de Lima, ubicado en la costa central del país, a orillas del Océano Pacífico, con coordenadas UTM del centroide: N 8664788.627, E 267783.453 a una altitud de 10.12 m.s.n.m., con un clima mayormente cálido durante la mayor parte del año, para el cual se ha planteado realizar la digitalización y vectorización de imágenes de las formas del terreno, obtenidas a través de una cámara aérea instalada en un UAV (Unmanned aerial vehicle). Vehículo aéreo no tripulado, denominado también DRON.

El objetivo principal de la presente investigación es comprobar el resultado de medidas obtenidas en forma directa con una estación total, equipo que es catalogado como instrumento de alta precisión una vez configurado; con las medidas obtenidas de las fotos aéreas tomadas desde un Dron (UAV), y con el apoyo de un software especializado en este tema, con la finalidad de comparar la precisión adecuada. A partir de este procesamiento se puede obtener el modelamiento en forma virtual, así mismo la comparación de tiempo en cada una de las modalidades de trabajo, y así determinar la forma más adecuada para su ejecución.

La conclusión final nos da a conocer en un nivel de precisión, costo y tiempo en un 95% de confianza, en la comparación hecha tanto con la estación total, así como el procesamiento de las aerofotos obtenidas con el Dron (UAV). Esto quiere decir que ambos métodos son similares estadísticamente en resultado de medidas.



La obtención de un modelamiento en el Pix4D, con el uso de estos equipos voladores (Drones), se ha obtenido en menor tiempo con respecto a una estación total, además no contar con la disponibilidad de personal en campo, sin embargo, en la etapa de gabinete el tiempo es mucho mayor en el procesamiento y la obtención del modelamiento del mismo, de los datos obtenidos con estación total.

En cuanto a costo de alquiler del equipo en la investigación fue significativamente mayor, ya que el propietario considera al realizar la renta del equipo, sin embargo en este tipo de trabajo existe un costo – pérdida, ante la posible pérdida del equipo como suele darse en caso de surgir algún accidente, tal como ha sucedido en nuestro proyecto, que al culminar la toma de datos el tercer día el equipo sufrió una descompensación repentina y se precipitó a tierra teniendo como resultado la pérdida total de la cámara del Dron.

Como conclusión general se puede determinar que se ha logrado a un nivel de confianza estadísticamente de 95%, al ser comparado los resultados entre el método directo a través de la toma de datos con la estación total, y el método indirecto con la toma de información gráfica con la utilización del Dron DJI con el uso del software Pix4D Mapper.

PALABRAS CLAVE: Método, comparación, medición, fotogrametría, Dron.

Conclusiones

Del Trabajo de investigación realizado se puede concluir:

- Los datos obtenidos en campo tomados con el Dron Phantom 2 Visión + y las medidas obtenidas con la estación total, ambos equipos georreferenciados, tienen resultados muy similares, sin embargo, el primer método es el menos costoso por su versatilidad esto con un 95% de confianza.
- Los cálculos de volúmenes y excavaciones con el uso de la fotogrametría y el Dron Phantom 2 Visión +, se realiza en menor tiempo que con la estación total, además, se requiere mucho menos personal que el método clásico.



TESIS N° 3

Autor: Sánchez Vargas, Irvin Jonathan

título: “DETERMINAR EL GRADO DE CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON EN LA PLAZA SAN LUIS-2017”

Institución: Universidad Cesar Vallejo

País y Localidad: Perú, Lima

Año: 2017

Resumen:

El presente trabajo de investigación denominado:” Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con Dron en la Plaza San Luis-2017”, tiene como objetivo general determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con Dron, utilizando una ficha técnica, para recoger los datos de campo y procesarlos mediante software. El trabajo de investigación es no experimental, descriptiva de corte transversal, la población y muestra es la plaza mayor de san Luis. La trayectoria de vuelo del dron se ha programado a través de la aplicación Pix4Dcapture para reducir el mayor error posible. El procesamiento de datos, es decir, la fotometría, se realizó con Pix4Dmapper. Como resultado se obtuvo los datos: Norte, Este y Cota de todos los puntos que se necesiten (puntos de control), además se realiza un levantamiento topográfico con estación total de los mismos puntos, en el cual sea evaluado a través de fórmulas y se realizó la respectiva comparación de acuerdo a las tolerancias para levantamiento topográficos, concluyendo que es confiable.

Conclusión:

El grado de confiabilidad de un Levantamiento Topográfico con dron, depende de sus dimensiones que son la precisión y exactitud, ya que con ello se puede conocer si los datos obtenidos son confiables o no. Al tener una buena precisión y exactitud, se concluye que el levantamiento topográfico con dron es confiable.

La exactitud es la cercanía o proximidad al valor real, en este caso se considera como valor real o referencial los datos obtenidos por la estación total, es decir la diferencia entre el resultado obtenido y el valor real o referencial. Por ello en la “Tabla 7. Promedio de los Puntos de Control del Dron y Diferencias con respecto a los Puntos de la Estación Total” el rango en el que se encuentra las diferencias entre los datos obtenidos de la



estación total con respecto al promedio de los valores obtenidos de los 3 vuelos, son como máximo de -4 mm y de 3 mm no supera de 5 mm de diferencia: los que se encuentra establecido en el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones del Perú, por lo cual se considera que tiene una buena exactitud.

2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional

TESIS N° 4

Autores: Villarreal Mónaco Joffre Vicente

Título: “Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control.

Institución: Universidad Técnica Particular de Loja

País: Ecuador – Loja

Año: 2015

Resumen

El objetivo general de la presente investigación es el análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de Drones respecto a la densidad de puntos de control. Como sitio de prueba se tomó el campus de la universidad en Ecuador. El vehículo no tripulado es un DJI Phantom que tiene incorporado un gimbal con una cámara GoPro. Se procedió a planificar las líneas de vuelo. Las imágenes fueron descargadas, validadas y procesadas con un software fotogramétrico.

Con la información obtenida se procedió a analizar el grado de precisión obtenida con la densidad de puntos de control y la generación de modelos digitales.

Conclusiones

- La precisión de los levantamientos topográficos usando UAVs, varía de acuerdo a la densidad y ubicación de los puntos de control, teniendo en cuenta la visibilidad de los mismos en el terreno de estudio.
- La máxima precisión obtenida a lo largo de la investigación y en función de la variación especial de los puntos de control es de 1.64 píxeles por modelo.



2.2.ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES

2.2.1. Definición de Precisión

La precisión es la necesidad y obligación de precisión y simplicidad al realizar algo. Sin embargo, para la ingeniería y la estadística, precisión y exactitud no son conceptos sinónimos. En este sentido, es la dispersión de un conjunto de valores obtenidos a partir de mediciones repetidas de un orden de magnitud: a menor dispersión, mayor precisión. (Porto, Definición.de, 2010)

La precisión es la definición de error mínimo de conceptos, variables o valores medidos. Precisión se deriva del latín "praecisio", que significa algo que ha sido cuidadosamente cortado y delimitado. En el sentido filosófico, la precisión es una abstracción espiritual que separa y define conceptos para distinguirlos de otros conceptos. Por ejemplo, la distinción entre libertad y libertinaje tiene fundamentos similares, pero la libertad está limitada con respecto a los demás y el libertinaje se define como el abuso de la libertad. (Anónimo, Significados.com, 2017)

La precisión se refiere a realizar algo de una manera planificada, como la precisión militar. También se puede utilizar para hacer referencia a objetos que se comportan exactamente como usted desea, como cuchillos de precisión o balanzas de precisión. (Anónimo, Significados.com, 2017)

La palabra precisión se utiliza para indicar la precisión o puntualidad que una persona, un sistema o una organización puede tener en sus operaciones o comportamiento. La precisión es el elemento básico de muchos fenómenos relacionados con nuestra vida cotidiana, sin ella, fácilmente pueden perder todo significado o convertirse en otra cosa. (Bembibre, 2012)

La precisión se refiere a qué tan cerca están las mediciones entre ellas. (Anónimo, asdron spain, 2019)



2.2.2. Desempeño

El desempeño es el papel que alguien o algo representa o cumple, de acuerdo a la función que le corresponde; siendo medible observar lo realizado, como positivo o negativo. La palabra, como tal deriva del latín, exactamente es fruto de la suma de tres componentes diferenciados de dicho idioma:

- El prefijo “des-”, que significa “de arriba hacia abajo”.
- El prefijo “in-”, que es sinónimo de “hacia dentro”.
- El sustantivo “pigno”, que puede traducirse como “prenda”.

Desempeño es el acto y la consecuencia de desempeñar: cumplir una obligación, realizar una actividad, dedicarse a una tarea. Esta acción también puede vincularse a la representación de un papel. (Julián Pérez Porto y María Merino, 2017)

2.2.2.1.¿Qué es KPI?

El término KPI, siglas en inglés, de Key Performance Indicator, cuyo significado en castellano vendría a ser Indicador Clave de Desempeño o Medidor de Desempeño, hace referencia a una serie de métricas que se utilizan para sintetizar la información sobre la eficacia y productividad de las acciones que se lleven a cabo en un negocio con el fin de poder tomar decisiones y determinar aquellas que han sido más efectivas a la hora de cumplir con los objetivos marcados en un proceso o proyecto concreto. (Blanco, 2017)

¿Por qué se utilizan los KPI y qué ventajas ofrecen?

Los KPI son utilizados por diversas ventajas:

1. Permiten obtener información valiosa y útil.
2. Medir determinadas variables y resultados a partir de dicha información.
3. Analizar la información y efectos de unas determinadas estrategias (así como las tareas que se utilizaron para llevar a cabo las mismas).
4. Comparar la información y determinar las estrategias y tareas efectivas.
5. Tomar las decisiones oportunas. (Blanco, 2017)



Ventajas:

- Gracias principalmente a la mejora de las nuevas tecnologías de la información (big data: bases de datos, sistemas de automatización e informatización de datos, etc.), los KPI ofrecen una medición mucho más sencilla, objetiva y fiable frente a los canales tradicionales en los que cuantificar determinados problemas resulta tedioso y complicado.
- Actualmente, existen una variedad de herramientas de análisis especializadas que permiten medir todo tipo de KPIs en cualquier sector o actividad y conocer una mayor cantidad de información objetiva sobre lo que se desea cuantificar. Normalmente, este tipo de herramientas están altamente enfocadas para su uso en un área de actuación concreta, por lo que siempre utilizarán los KPI más adecuados en cada caso, lo que facilita el trabajo de:
 - ✓ Elección de KPI's
 - ✓ Localización de datos objetivos, medibles y relevantes para aquello que se quiere medir.
 - ✓ Obtención de informes sintéticos sobre aquello que se quiere determinar.

Los KPI no solo te permiten determinar los resultados de una acción o estrategia específica, sino que también brindan una visión holística de la situación, ya que facilitan la identificación de las fortalezas y debilidades (aspectos de mejora) de tus proyectos. (Blanco, 2017)

2.2.3. Definición de Error

Un error es algo equivocado o incorrecto. Podría ser una acción, un concepto o algo que no se hizo correctamente. (Porto, Definición.de, 2009)

Es el error que se acepta como inevitable al comparar una cantidad con su patrón de medida. Es importante saber cuál es la verdadera precisión y cómo se generan los diversos errores en las mediciones: Un estudio de los errores es el primer paso para buscar formas de reducirlos. (Porto, Definición.de, 2009)

Error de Medición

Cada medida de un tamaño se diferencia del valor real y da una serie de errores que se pueden clasificar según las diferentes fuentes donde ocurren. El error experimental siempre estará presente y depende básicamente del método elegido y de la técnica disponible para realizar la medición.



El error de precisión se calcula realizando una serie de medidas sobre la misma pieza o patrón, que pueden variar entre ellas, por lo que este error es de naturaleza aleatoria. (Piqueras, 2012)

2.2.3.1. Tipos de Error

- **Errores Instrumentales**

Respecto a fallas instrumentales. Los fallos de los instrumentos se pueden verificar con estabilidad y reproducibilidad. Para evitar estos errores, el usuario debe tomar precauciones antes de utilizar el instrumento o compararlo con otro instrumento de las mismas especificaciones. (Anónimo, CONCEPTOS Y BASES DE LOS INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS, 2018)

- **Errores de Operador**

Las causas del error aleatorio se deben al operador, falta de agudeza visual, imprudencia, fatiga, alteraciones emocionales. Para reducir este tipo de errores es necesario capacitar al operador, otro tipo de error se debe al método o procedimiento con el que se realiza la medición, el principal es la ausencia de un método definido y documentado. (Anónimo, TIPOS DE ERRORES, 2016)

2.2.4. Poligonales

El uso de poligonales es uno de los métodos topográficos más comunes. Por lo general, se utilizan para definir puntos de control y puntos de apoyo para el levantamiento de detalles y la elaboración de planos, para replantear proyectos y para verificar el progreso del trabajo. Una polilínea es una serie de líneas discontinuas que están conectadas en sus vértices. Para determinar la posición de los puntos de las esquinas de un polígono en un sistema de coordenadas rectangulares planas, es necesario medir el ángulo horizontal en cada uno de los puntos de las esquinas y la distancia horizontal entre los puntos de las esquinas sucesivos. (CLAROS, R; GUEVARA, A.E & PACAS, 2016)



2.2.4.1. Tipos de poligonales

En forma general, las poligonales pueden ser clasificadas en:

- **Poligonales Cerradas:** Donde el punto de partida es el mismo punto de cierre, proporcionando así un control de cierre angular y lineal.
- **Poligonales Abiertas:** Junto con el control de cierre en el que se conocen las coordenadas de los puntos inicial y final, y la orientación de las alineaciones inicial y final, también es posible realizar comprobaciones de cierre angular y lineal.
- **Poligonales Abiertas: Sin Control:** En las cuales no es posible establecer los controles de cierre, ya que no se conocen las coordenadas del punto inicial y/o final, o no se conoce la orientación de la alineación inicial y/o final.

2.2.5. Triangulación

Se llama triangulación el método en el cual las líneas del levantamiento forman figuras triangulares, de las cuales se miden solo los ángulos y los lados se calculan trigonométricamente a partir de uno conocido llamado base. El caso más simple de triangulación es aquel que se vio en el “levantamiento de un lote por intersección de visuales”; de cada triángulo que se forma se conocen un lado, la base, y los dos ángulos adyacentes; los demás elementos se calculan trigonométricamente.

Una red de triangulación se forma cuando se tiene una serie de triángulos conectados entre sí, de los cuales se pueden calcular todos los lados si se conocen los ángulos de cada triángulo y la longitud de la línea “base”.

Se debe medir otra línea al final para confrontar su longitud medida directamente y la calculada a través de la triangulación, lo cual sirve de verificación. La precisión de una triangulación depende del cuidado con que se haya medido la base y de la precisión en la lectura de los ángulos.

Los ángulos de cada triángulo deben sumar 180° ; debido a pequeños errores inevitables, esto no se logra exactamente y, así, se presenta un pequeño error en cada triángulo (cierre en ángulo). De acuerdo con el grado de precisión deseada, este error tiene un valor máximo tolerable.



También se puede encontrar el error de cierre en lado o cierre de la base, o sea, la diferencia que se encuentra entre la base calculada, una vez ajustados los ángulos, y la base medida, expresada unitariamente. (Vega, 2009)

Triangulación Primaria, secundaria y terciaria

Triangulación Primaria

Aquella red de transporte de coordenadas de la más alta exactitud considerada. Esta triangulación servirá de apoyo a otras triangulaciones o redes secundarias de transporte de coordenadas, por lo cual la materialización de sus vértices debe asegurar su permanencia por todo el tiempo necesario y las coordenadas que definen cada vértice deben ser de una precisión que garantice la calidad del Proyecto.

Triangulación Secundaria

Aquellas cuya oportunidad sirve para densificar la red de apoyo establecida por una triangulación primaria.

Triangulación Terciaria

Densifican la red de apoyo de una triangulación secundaria, se emplea para densificación de redes de control local y señalar el detalle topográfico e hidrográfico del área. Una Triangulación terciaria también puede usarse para ampliar la red de apoyo de una triangulación primaria, siempre que dicha densificación se encuadre dentro del concepto de extensión reducida. (Fachman, 2016)

2.2.5.1. Tipos de triangulaciones según su orden

- a) Triangulación de primer orden. Lados mayores de 50 Km.
- b) Triangulación de segundo orden. Lados mayores de 20 y menores de 50 Km.
- c) Triangulación de tercer orden. Lados de 4 a 20 Km.
- d) Triangulación de cuarto orden. Lados menores de 4 Km. (Fachman, 2016)



2.2.6. Topografía

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de los puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación (Monte de Oca, 2004)

2.2.7. Definición de Levantamiento Topográfico

Como tal, se define como el conjunto de operaciones que se realizan en un campo con los instrumentos adecuados para poder crear una representación gráfica correcta o un plano correcto. Este plano es importante para ubicar correctamente todo el trabajo que desea realizar y desarrollar cualquier proyecto técnico. Si desea conocer la ubicación de los puntos en el área de interés, debe determinar su ubicación utilizando tres coordenadas, que son latitud, longitud y altitud o elevación. Para realizar levantamientos topográficos se requieren varios instrumentos, como el nivel y la estación total. El levantamiento topográfico es el punto de partida para poder realizar todo un abanico de pasos básicos en la identificación y señalización del terreno a construir, como otros. (GÓMEZ, 2010)

Un levantamiento topográfico consiste en describir un terreno desde un punto de vista topográfico. Usando instrumentos especializados, el topógrafo escanea la superficie de la tierra y toma datos, generalmente usando un teodolito o una estación total. Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se elaboran mapas o planos específicos de un lugar, describiendo en particular las características del terreno, como los relieves o los desniveles que puedan existir. (Gomez, 2019)

2.2.7.1. Objetivos del levantamiento topográfico

En esta técnica de topografía, el objetivo principal es determinar la posición del terreno entre dos puntos en un plano horizontal. Aquí es donde entra en juego la planimetría, que se define como el proceso de mostrar un terreno fiel a escala en un plano. Por tanto, en esta fase se omiten elementos como la altura y el relieve.

Luego, la altura del piso entre diferentes puntos se determina usando el plano horizontal usando el método de nivelación directa. Con esta nivelación partimos de un punto cuya altura se conoce



para pasar a la medida vertical de la altura del piso con el fin de determinar alturas o identificar diferentes puntos o coordenadas. (Gomez, 2019)

Existen dos grandes modalidades:

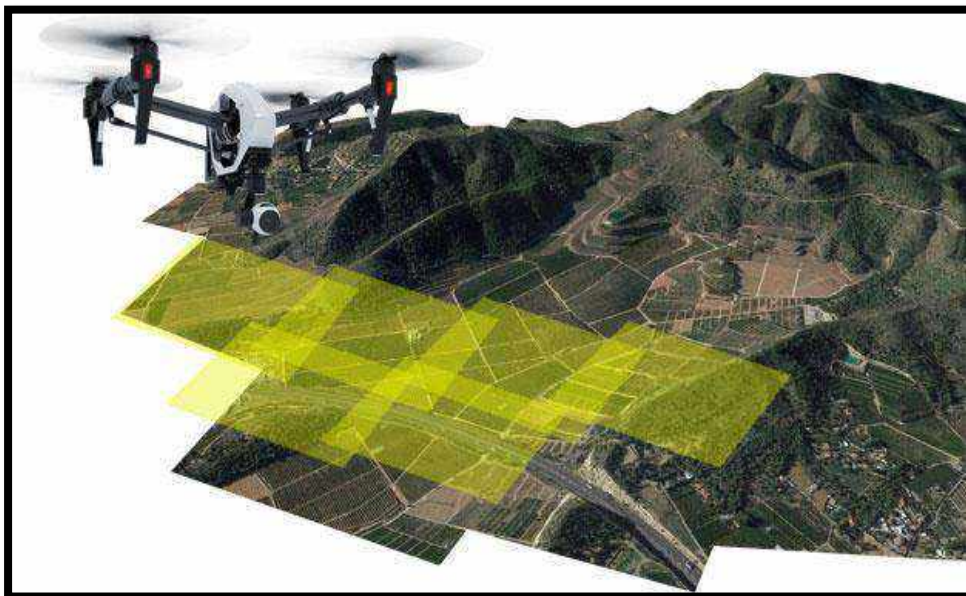
- **Levantamiento topográfico planimétrico:** Es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación.
- **Levantamiento topográfico altimétrico:** Es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación. (GÓMEZ, 2010)

Figura n° 4: Levantamiento Topográfico planimétrico con Estación Total



Fuente: Google (Levantamientos Topográficos planimétricos)

Figura n° 5: Levantamiento Topográfico altimétrico con Dron



Fuente: Google (Levantamientos Topográficos altimétricos)



2.2.8. Definición de Estación Total

Una estación total es un instrumento electrónico / óptico utilizado en topografía y construcción de edificios modernos que utiliza un teodolito de tránsito electrónico en combinación con un telémetro electrónico (EDM) y también está integrado con un microprocesador, un colector de datos electrónico y un sistema de almacenamiento. (Vasquez, 2009)

El instrumento se utiliza para medir la distancia de inclinación del objeto al instrumento, ángulos horizontales y ángulos verticales. Esta unidad de microprocesador permite el cálculo de los datos recopilados para calcular la distancia horizontal, las coordenadas de un punto y el plano del punto reducido. Los datos recopilados por la estación total se pueden descargar a una computadora / computadora portátil para un procesamiento adicional de la información.

2.2.5.1 Tipos de Estaciones totales

Existen tres tipos de estaciones denominadas totales, estas se pueden clasificar por la tecnología que avala a las mismas, aquí se describen los tipos de las mismas:

- **La Estación Total Convencional:** Es la llamada estación total electrónica, tiene una pantalla de tipo electrónico, funciona con prismas de tipo reflectante. La desventaja de esta máquina es que no es muy resistente a las precipitaciones, por lo que no es muy recomendable debido a las inclemencias del tiempo.
- **La Estación Total Que usa GPS:** El GPS ha llegado a cambiar la forma de vida de la humanidad en muchos campos científicos. Esta tecnología se ha utilizado, incluso los drones funcionan con ella. Gracias a esta tecnología reciente, los instrumentos se pueden utilizar a largas distancias.



- **La Estación Total Robótica:** Las estaciones totales clasificadas como estaciones robot son las estaciones más completas que pueden ayudar a medir bien distancias muy grandes, también con una precisión casi perfecta, pueden tomar fotografías del terreno medido. Estos son los mejores de hoy. No deben pesar mucho y son muy resistentes al medio ambiente, esto se sabe en los manuales de las estaciones individuales y en el funcionamiento de las estaciones totales individuales. (Vasquez, 2009)



Características y especificaciones de la Estación Total Leica TS06

Tabla n° 2: Características y especificaciones de la Estación Total Leica TS06

Características	Descripción	
MEDICIÓN DE ÁNGULOS (HZ, V)		
Precisión	R500	1", 2", 3", 5"
	R1000	
Método	Absoluto, continuo, diamétrico: en todos los modelos	
Resolución de la pantalla	0,1"/0,1 mgon/0,01 mil	
Compensación	Compensación del eje cuádruple: en todos los modelos	
Configuración de precisión del compensador	0,5"/0,5"/1"/1,5"	
Alcance del compensador	0,07 gon	
Tornillos sin fin	Movimientos suaves sin retrasos en los tiempos de espera	
DISTANCIÓMETRO CON PRISMA		
Alcance ² Prisma redondo (Leica GPR1)	3500 m	
Alcance ² (Prisma largo Leica GPR1)	R500	>10 000 m
	R1000	
Alcance ² Cinta reflectante (60 mm x 60 mm)	>500 m ⁹	
	>1000 m ¹⁰	
Precisión ³	Precisión+	1,5 mm + 2,0 ppm
	Precisión y rapidez	2,0 mm + 2,0 ppm
	Seguimiento	3,0 mm + 2,0 ppm
Tiempo de medición típico ⁴	1,0 s	
Medición en modo «Precisión+»	2,4 s	

Fuente: Google (Estación Total Leica)

Figura n° 6: Estación Total Leica Modelo TS-06



Fuente: Google (Estación Total Leica Modelo TS-06)



2.2.9. Definición de Dron

La palabra Dron tiene en realidad dos significados distintos: el primero es un zumbido que va en base continua y el segundo expresa una abeja masculina (zángano). Todos sabemos que la abeja masculina no tiene trabajo que hacer, nunca sale a recoger la miel; su existencia sirve sólo para impregnar a la abeja reina. Por lo tanto, no es una mala idea usar esta palabra para describir un UAV - que también produce un sonido como un enjambre de abejas y parece un fantasma sin sentido. Hoy en día, un dron es un vehículo aéreo no tripulado o UAV controlado por humanos desde una ubicación remota o que vuela de forma autónoma según el modo establecido. (González, 2017)

Un UAV es un vehículo volador no tripulado, el nombre proviene de sus siglas en inglés: unmanned aerial vehicle. Los UAVs cuando dejamos más estrecho el tema militar, a menudo se conocen como Drones. Entonces, ¿qué diferencia hay entre un UAV y un dron? Bueno básicamente ambos se refieren al mismo tipo de dispositivos, simplemente UAV es una terminología más obsoleta hoy en día, Dron se impuso por ser más coloquial y genérico.

A pesar de la popularización del término Dron, los expertos insisten en que hay que empezar a segmentar. Para ello se han de emplear términos como: RPA (remotely piloted aircraft), dichas siglas se refieren a las aeronaves no tripuladas que son operadas por control remoto. RPA se utiliza sobretodo en el ámbito de la aviación comercial. Después encontramos algo muy parecido, RPAS (remotely piloted aircraft system), no sólo se refiere al Dron en sí, sino al conjunto que forman aeronave, enlace de comunicaciones y estación de tierra. Seguimos la exposición de términos específicos con el más general: UA (unmanned aircraft) el cual se refiere a todas las aeronaves no tripuladas, indistintamente de si son autómatas o se controlan remotamente. Y por último, UAS (unmanned aircraft system), al igual que en el caso anterior, se refiere también a enlace de comunicaciones y estación de tierra, además de la propia aeronave. Teniendo en cuenta todo esto, ya puedes dejar de utilizar la palabra UAV, por mucha que se escuche en algún videojuego.

Echemos un vistazo a la procedencia de estos dispositivos. Se dice que los primeros drones o UAVs se utilizaron durante la Segunda Guerra Mundial, para entrenar a los soldados encargados de la defensa antiaérea. Evidentemente, no podían entrenar para derribar barcos tripulados, para solucionar este problema se utilizaron UAV. Entonces, como muchos de los



grandes avances tecnológicos de la humanidad, los drones se inventaron con fines militares. (Anonimo, 2017)

Hoy en día, los drones son bien conocidos y se utilizan en diversos usos, uno, por ejemplo, en eventos; recitales, desfiles de moda e incluso eventos son capturados por este mini helicóptero que, ventaja, puede volar más bajo y más cerca de las personas que un helicóptero real y tiene mucha más maniobrabilidad que un brazo de grúa. Los drones abren una nueva gama de posibilidades para el fotoperiodismo y los cineastas. (Anonimo, 2017)

Figura n° 7: Equipo Aéreo no tripulado (Dron)



Fuente: Google (Dron)

2.2.9.1. Tipos de Drones

La clasificación es muy amplia, pero la primera clasificación podría ser en:

2.2.9.1.1. Función del tipo de alas:

- Drones de Alas Fijas: Tienen alas fijas y son similares a un avión.
- Drones MultiRotor: Suelen ser cuadricópteros (4 rotores con hélices) aunque los hay que tienen 6 (hexacópteros) o incluso 8 hélices. Dos hélices giran en el sentido de las agujas del reloj y las otras dos giran en la otra dirección, creando la fuerza de empuje necesaria para llevar el dron hacia arriba. Se pueden mantener en un solo lugar sin cambiar de posición, gracias a sus giroscopios y estabilizadores, lo que es perfecto para tomar fotos y grabar videos. (Gonzáles, 2017)

2.2.9.1.2. Según el método de control:

- **Autónomo:** El Dron no necesita de un piloto humano que lo controle desde tierra. Se guía por sus propios sistemas y sensores integrados.



- **Monitorizado:** En este caso, es necesaria la figura de un técnico humano. El trabajo de esta persona es proporcionar información y controlar el regreso del dron. El dron dirige su propio plan de vuelo y el técnico, aunque no puede controlar directamente los controles, puede decidir qué acción tomar.
- **Supervisado:** Un operador vuela el dron, aunque el dron puede realizar algunas tareas de forma independiente.
- **Preprogramado:** El dron sigue un plan de vuelo diseñado previamente y no tiene forma de modificarlo para adaptarse a los cambios. (Gonzáles, 2017)

Figura n° 8: Dron de Alas fija



Fuente: Google (Dron de Alas Fijas)

Figura n° 9: Dron Multirotor



Fuente: Google (Dron Multirotor)



2.2.9.2. Uso y aplicaciones de Drones

Aquí las tareas que hasta el momento fueron probadas con Drones:

a. En eventos

Los vimos en la última Copa Mundial de la FIFA en Brasil sobrevolar el campo, mostrando el juego desde arriba con los mejores ángulos, como ninguna otra cámara podría hacerlo. Recitales, desfiles de moda e incluso demostraciones son capturados por este mini helicóptero que, ventaja, puede volar más bajo y más cerca de las personas que un helicóptero real y tiene mucha más maniobrabilidad que un brazo de grúa. Los drones abren un abanico completamente nuevo de posibilidades para el fotoperiodismo y los cineastas. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)

b. Como delivery

Realmente suena a ciencia ficción: en Rusia e Israel, los drones ya están enviando pizza. En China, la empresa postal SF Express realiza envíos en pequeños helicópteros. Estados Unidos se ha quedado atrás esta vez cuando Amazon, una de las empresas de comercio electrónico más grandes del país, lanzó un video promocionando la entrega de productos en 30 minutos usando un dron. Sin embargo, desde la misma empresa, indicaron que esto no sería posible durante al menos los próximos 5 años, ya que la legislación actual no lo permite. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)

c. En situaciones de emergencia

Los drones destacan por su eficiencia en situaciones extremas, especialmente en zonas aisladas o de difícil acceso. La importancia de su uso se ha demostrado, por ejemplo, en áreas afectadas por desastres naturales. Su velocidad de vuelo le permite cubrir grandes áreas en muy poco tiempo. Permitiendo traer la asistencia necesaria, traslado de bancos de sangre o en una fase preliminar para evaluar la asistencia necesaria en la zona o el camino de llegada al lugar. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)

d. Búsqueda de personas

La capacidad de volar bajo con una cámara de alta calidad que transmite en tiempo real, permite el reconocimiento inmediato de personas perdidas en bosques o montañas, por ejemplo. En España se ha desarrollado LifeSeeker, un sistema integrado con drones que les permite conectarse con teléfonos móviles que quedan sin señal e informar de su posición exacta. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)



e. Control fiscal

En Argentina, el gobierno ha repetido esta tecnología y se están utilizando UAV para sobrevolar terrenos que han sido declarados vacíos por el Departamento del Tesoro. El área está desbordada y confirmada si no están realmente construidas. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)

f. Vigilancia fronteriza

España empezará a utilizarlos a través de la Guardia Civil, para controlar los ingresos marítimos. Asimismo, Estados Unidos está evaluando su uso para controlar la frontera mexicana y así disuadir a posibles inmigrantes ilegales y narcotráfico.. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)

g. Zonas rurales

Los agricultores le vienen sacando mucho provecho a los Drones ya que los utilizan en diferentes funciones:

- Por un lado, gracias a las fotos y videos de alta definición que permite la GoPro integrada, permite una vigilancia a gran escala que de otro modo sería imposible de navegar. Este equipo puede cubrir más de mil hectáreas en solo una hora, lo que permite la localización temprana de plagas o malezas.
- Por otro lado, se utilizan estas naves sin tripulación para el control del rebaño.
- También se usa con fines inmobiliarios, les da a los agricultores la posibilidad de mostrar con exactitud las características de un predio en pocos minutos.

Por último, en Asia se estiman que hay unos 2400 Drones utilizados para esparcir pesticidas y fertilizantes en grandes terrenos rurales. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)

h. Control de incendios forestales

En España se desarrollaron los primeros UAV diseñados específicamente para prevenir y combatir los incendios forestales. Su trabajo es recopilar la información necesaria para anticipar la prevención y propagación de incendios tanto como sea posible. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)



i. Investigaciones arqueológicas

Se utilizan para investigar y analizar restos arqueológicos gracias a su capacidad para desplazarse y fotografiar grandes superficies. En Perú se utilizaron drones para estudiar las ruinas del Cerro Chepén, obteniendo más de 700.000 fotografías en tan solo diez minutos, casi 50 veces más fotos de las que se pueden obtener por otros medios (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)

j. Fines geológicos

Los drones se utilizan en todo el mundo para acceder a áreas peligrosas para los humanos. Este es el caso de los volcanes activos. Los drones son capaces de tomar muestras dentro del volcán y las cenizas que emite, lo que permite predecir erupciones, logrando alertar a las poblaciones vecinas con mayor anticipación. Por otro lado, esta información también se utiliza para profundizar en la investigación científica del estudio del centro de la tierra.

Asimismo, los drones se han utilizado para estudiar e intentar predecir la trayectoria de un huracán. Estos equipos fueron enviados al ojo de un huracán en Estados Unidos que, al tomar índices de temperatura y humedad, permitió predecir la trayectoria y alertar a la población, reduciendo así los daños. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)

k. Investigaciones biológicas

Estos drones se utilizaron para reproducir el camino de las aves en la naturaleza. El vuelo se registra con un GPS integrado en el ave y luego se reproduce con un dron. De esta manera, los investigadores pueden determinar el propósito del viaje del animal al poder registrar con precisión las características del área donde está volando. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)

l. Manipulación de materiales nocivos

Como dijimos, los drones se utilizan para tareas que son demasiado peligrosas para los humanos. Permitir el manejo, limpieza y estudio de materiales nocivos para la salud humana. En Japón, específicamente en Fukushima, se utilizaron drones para obtener una vista precisa del interior del reactor nuclear en un intento de desarrollar un plan de limpieza y prevenir futuras fugas. El uso del dron en este caso era fundamental, ya que era posible acceder a zonas que ningún ser humano podía tolerar dada la alta tasa de radiación de la zona. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)



m. Como satélites

Se está explorando la posibilidad de usar drones para crear redes de Internet en áreas donde aún no ha llegado. Estos Drones funcionarían con energía solar y podrían realizar las tareas de los satélites, pero más económicos y en cobertura específica. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)

n. Jugar con Drones

Como no podía ser de otra manera, los Drones están preparando el escenario para los juegos del futuro. Permitiendo captar imágenes reales de los diferentes escenarios del mundo y no como son hasta ahora, interpretaciones de los paisajes. Lo que es cierto hoy en día es que existen modelos disponibles para los entusiastas de las maquetas de aviones. Con un precio moderadamente accesible, estos barcos vienen con cámaras de muy buena calidad y muy fáciles de maniobrar desde cualquier dispositivo inteligente.

Los drones llegaron para quedarse, su uso parece ir en aumento cada día de manos de la población civil y científica. Estamos experimentando el apogeo de la creatividad en funciones y usos de este dispositivo que parecen realmente infinitos. Probablemente algún día, con el avance de la tecnología, estas fascinantes naves nos permitan explorar áreas fuera del planeta y hasta donde la imaginación dé. (Anónimo, donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS, 2014)

Figura n° 10: Dron Modelo Mavic 2 Pro



Fuente: Registros fotográficos Tesistas



Características y especificaciones Dron DJI MAVIC 2 PRO

Tabla n° 3: Características y especificaciones Dron DJI MAVIC 2 PRO

PESO DE DESPEGUE	907 gramos
DIMENSIONES	Plegado: 214_91_84 mm Desplegado: 322_242_84 mm
DISTANCIA DIAGONAL	354 mm
VELOCIDAD MÁX. EN ASCENSO	5 m/s (modo S) 4 m/s (modo P)
VELOCIDAD MÁX. EN DESCENSO	3 m/s (modo S) 3 m/s (modo P)
VELOCIDAD MÁXIMA (CERCA DEL NIVEL DEL MAR, SIN VIENTO)	72 km/h (modo S)
ALTURA MÁX. DE SERVICIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR	6000 m
TIEMPO MÁX. DE VUELO (SIN VIENTO)	31 minutos (a una velocidad constante de 25 km/h)
TIEMPO MÁX. EN VUELO ESTACIONARIO (SIN VIENTO)	29 minutos
DISTANCIA MÁX. DE VUELO (SIN VIENTO)	18 km (a una velocidad constante de 50 km/h)
RESISTENCIA AL VIENTO MÁX.	29 - 38 km/h
ÁNGULO DE INCLINACIÓN MÁX.	35° (Modo S, con control remoto) 25° (Modo P)
VELOCIDAD ANGULAR MÁX.	200°/s
RANGO DE TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	-10 °C - 40 °C
FRECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO	2.400 - 2.483 GHz 5.725 - 5.825 GHz
GNSS	GPS + GLONASS
RANGO DE PRECISIÓN EN VUELO ESTACIONARIO	Vertical: ±0.1 m (con posicionamiento visual), ±0.5 m (con posicionamiento por GPS) Horizontal: ±0.3 m (con posicionamiento visual), ±1.5 m ((con posicionamiento por GPS)
ALMACENAMIENTO INTERNO	8 GB
SISTEMA DE DETECCIÓN	Detección de obstáculos omnidireccional
SENSOR	1" CMOS, 20 millones de píxeles efectivos
TAMAÑO DE FOTOGRAFÍA	5472 x 3648

Fuente: Google (DJI Mavic 2 Pro)



2.2.10. Definición de Fotogrametría

La fotogrametría es la ciencia o técnica cuyo objetivo es el conocimiento de las dimensiones y posición de los objetos en el espacio, mediante la (s) medición (es) que se realizan a partir de la intersección de dos o más fotografías, o de una fotografía y el modelo digital del terreno correspondiente a el lugar representado, lo que debe hacerse de antemano mediante la intersección de dos o más fotografías. La palabra fotogrametría se deriva del vocablo "fotograma" (de "phos", "photós", luz, y "gramma", trazado, dibujo), como algo listo, disponible (una foto), y "metrón", medir. Entonces resulta que el concepto de fotogrametría es: "Medida en fotos". Esta técnica es la base para la elaboración de toda la cartografía, ya sea topográfica, temática, catastral, etc. La fotogrametría puede ser terrestre o aérea según el la ubicación es de. conseguir las fotos. (Anónimo, Topoequipos S.A, 2015)

La fotogrametría es el conjunto de métodos y procedimientos mediante los cuales, mediante el uso de fotografías de un objeto o una superficie, podemos inferir sus formas y dimensiones. Es una técnica donde la principal fuente de información es la fotografía simple, que es una imagen plana del objeto. Aquí radica el principal problema o solución de la fotogrametría, que es obtener el tamaño y la forma de un objeto 3D a partir del uso de fotografías del mismo (2D). (Topografía, 2012)

Es la ciencia o tecnología, cuyo objetivo es conocer las dimensiones y posición de los objetos en el espacio, representados por la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías o una fotografía y el modelo digital del sitio, que debe hacerse de antemano cruzando dos o más fotografías. (EcuRed, 2017)

La fotogrametría pasa a ser la colección de métodos y procedimientos donde, mediante el uso de fotografías de un objeto o una superficie, podemos inferir sus formas y dimensiones a través de varios procesos. Dado que la principal y única fuente de información es una imagen plana del objeto o superficie, lograr dimensión y forma en 3D plantea varios problemas. Eso es exactamente lo que nos resuelve la fotogrametría. (Villamandos, 2014)



2.2.10.1. Fundamento de la fotogrametría

El principio de la fotogrametría consiste en proyectar ortogonalmente la imagen registrada en una fotografía y proyectada sobre el negativo sobre un plano de referencia mediante la proyección central utilizada por las lentes. En fotogrametría, se supone que la proyección central es perfecta, lo que implica que:

- No existe desviación de los rayos de luz que atraviesan los lentes de la cámara.
- La imagen se proyecta sobre una superficie perfectamente plana.
- La relación matemática que relaciona el objeto y su imagen se conoce con el nombre de principio de colinealidad. (XATAKACENCIA, 2008)

ETAPAS DE LA FOTOGRAMETRÍA

El paso de la proyección central a la proyección ortogonal se puede realizar mediante la fotogrametría gráfica, que prácticamente ya no se utiliza en la actualidad, o mediante la estereofotogrametría, que se utiliza actualmente en la gran mayoría del trabajo fotogramétrico.

La fotogrametría gráfica, utilizando los principios de la geometría proyectiva, marcó el inicio de esta disciplina, porque era por el momento el único medio de restauración de fotografías. Esta modalidad se basa en la intersección de líneas partiendo de dos estaciones distintas, es decir desde los puntos donde se tomaron las fotografías, hacia un punto común. Actualmente, gracias a la potencia informática que ofrecen los ordenadores, el uso de esta forma de restitución se ha convertido, para determinados casos concretos, en una alternativa que puede competir con la estereofotogrametría. (FOTOGRAMETRIA, 2012)

2.2.10.2. Ventajas de la fotogrametría

- Reducción de costos: Depende del tamaño del área a restaurar. A partir de una superficie de 200 hectáreas o más, el método fotogramétrico se vuelve competitivo frente al método topográfico, lo que aumenta esta competitividad a medida que aumenta el área.
- Reducción del trabajo de campo: El trabajo de campo es una parte onerosa de todo el trabajo de topografía, cuyos costos aumentan con la accesibilidad y las condiciones climáticas adversas. El reducido número de puntos de control necesarios en



fotogrametría reduce el tiempo de permanencia en el campo. (DRONESPAN.PRO, 2014)

- Velocidad de compilación: El tiempo requerido para producir un mapa fotogramétrico es mínimo comparado con el requerido para el levantamiento topográfico y su posterior trabajo en la oficina de ubicación multitemporal. Es muy útil para consultar mapas fotogramétricos. Las fotos aéreas proporcionan un registro preciso de las características del terreno en la fecha en que se tomaron, lo que permite realizar comparaciones entre fotos de otras fechas para evaluar los cambios en el terreno. (DRONESPAN.PRO, 2014)

2.2.10.3.Desventajas de la fotogrametría

Vista de la superficie del suelo cuando hay vegetación densa. En este caso, es imposible ubicar la marca flotante en el suelo, por lo que se debe asumir una altura media de la vegetación en relación al suelo. Dado que la cobertura vegetal tiende a suavizar las características topográficas del terreno, siempre habrá errores en la ubicación de las curvas de nivel, aunque la altura se puede verificar en los deslizamientos que existen en la vegetación.

- Posición de las curvas de nivel en superficies planas. La determinación de la trayectoria de una curva de nivel en terreno llano es muy difícil debido a la inexactitud en la ubicación de la marca de natación. Como resultado, se colocan puntos limitados en la restitución o se complementan con trabajo de campo.

El lugar debe ser inspeccionado para determinar aquellos elementos que no son visibles en forma satisfactoria, o que no cuya naturaleza exacta no puede ser determinada en el estéreo modelo.

- Siempre es necesario realizar un control de campo.
- La aplicación de la fotogrametría requiere una inversión considerable de equipo y de personal especializado, por lo que su costo es elevado.
- Para realizar nuevos levantamientos se requiere la obtención de nuevas fotografías (DRONESPAN.PRO, 2014)

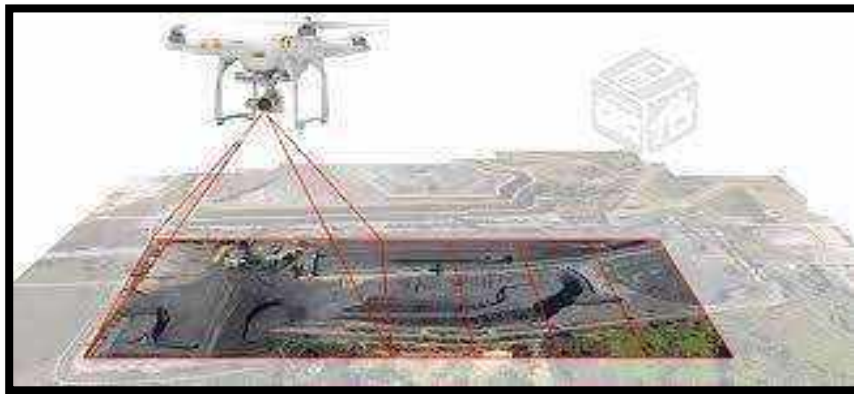


2.2.10.4. Tipos de Fotogrametría.

Existen tres formas de hacer fotogrametría:

- **Fotogrametría analógica:** Estos son los modelos matemáticos utilizados. Obviamente, esta fue la primera parte de la fotogrametría en desarrollarse.
 - **Fotogrametría analítica:** Se encarga de aplicar modelos matemáticos a objetos físicos. Fue la segunda parte la que se desarrolló.
 - **Fotogrametría digital:** Con la llegada de las computadoras, la imagen analógica fue reemplazada por la imagen digital, de la misma manera que se empezaron a utilizar los programas de computadora. Actualmente, la fotogrametría digital convive con la analítica.
 - **Fotogrametría Aérea:** Aquí es donde se encuentran las estaciones en el Aire, esto se aplica para la elaboración de planos y / o mapas para el desarrollo de proyectos de ingeniería..
 - **Fotogrametría Terrestre:** En este caso las estaciones se encuentran a nivel del suelo.
- (Anónimo, Topoequipos S.A, 2015)

Figura n° 11: Fotogrametría con el uso de Dron



Fuente: Google (Fotogrametría)

2.2.10.5. Metodología de la fotogrametría

El método que se utiliza para obtener esas imágenes es el siguiente:

- **Fotografía de los objetos.** Para ello primero hay que realizar una planificación del vuelo (si se va a optar por la fotogrametría aérea) y de las tomas de fotografías para que todo esté bien programado y en las condiciones necesarias. Además, hay que planificar también el levantamiento de puntos de control terrestre a través de la fotogrametría terrestre.



- **Procesamiento de las imágenes.** Una vez obtenidas las fotografías hay que procesarlas.
- **Orientación de las imágenes.** Los fotogramas deben colocarse en la posición adecuada con sus marcas fiduciales y en la misma posición que el orden de toma fotográfica. Para reconstruir y formar el modelo se puede optar por dos sistemas: por restitución o por rectificación. Al hacerlo por restitución se aplican los giros, traslaciones y escalas. De esta forma se obtiene un modelo de coordenadas del terreno y se incluye el escalado del objeto para trabajar con medidas reales. En el caso de hacerlo por rectificación, tras la orientación del haz de luz (interna y externa) se consigue la intersección entre esa luz y el modelo digital del terreno (MDT) del espacio a determinar. (fotogrametría, 2017)

2.2.10.6. Terminología de fotogrametría

- **Abertura útil:** Es el número que mide en mm el diámetro del haz de rayos incidentes paralelos al eje óptico del objetivo.
- **Abertura útil relativa:** Es el cociente de dividir la apertura útil por la distancia focal del objetivo. ($1/2$, $1/4$, ...)
- **Profundidad de foco :** Es la distancia que separa las posiciones extremas del plano focal, siempre que haya nitidez en la imagen del objeto. La nitidez que admite el ojo humano medio es de $1/10$ mm. Este valor es el poder resolvente, es decir, el ojo humano es capaz de distinguir las imágenes de dos puntos distantes entre sí 0.1 mm., a la distancia de la visión distinta (unos 25 cm.). El ojo humano es capaz de ver separados dos puntos cuando su separación es de $1/10$ de mm.
- **Profundidad de campo:** Es la separación existente entre los dos planos extremos en profundidad en el campo del objeto, para que su imagen fotográfica aparezca nítida.
- **Ángulo de campo:** Es el determinado por las líneas que unen el centro óptico con dos extremos del diámetro del diafragma. (fotogramétricos, 2011)
- **Luminosidad:** Es el poder que tiene el objetivo de recoger luz. Se expresa generalmente por el símbolo f/numero , así la anotación luminosidad = $f/4,5$ significa que la distancia focal de la lente es 4.5 veces su diámetro efectivo. Para una distancia focal dada, cuanto más pequeño sea este número, tanto mayor será el diámetro de la lente y mayor la luminosidad o rapidez del objetivo. Los objetivos muy rápidos tienen números pequeños, por ejemplo, $f/1.5$. El tiempo de exposición que se requiere suele aumentar con el cuadrado del f/n . Las fotos con objetivos muy luminosos necesitan menos exposición, se hacen más rápidas. Un objetivo de $f/2.8$ es mejor que uno de $f/4.5$. El ideal de luminosidad sería de $f/1$. (fotogramétricos, 2011)



- **Las cámaras aéreas:** Una buena cámara debe tener una exposición rápida, un buen objetivo y una película o serie de placas que se puedan sustituir con rapidez, son totalmente automáticas.

Las fotos aéreas pueden ser:

- a) **Simples:** que son las de una zona o lugar que se quiere ver desde el aire. (Fotos aisladas)
 - b) **En serie:** las obtenidas cuando entra en juego el automatismo de la cámara. Los disparos se hacen en función de la velocidad del avión, para que haya cierto solapamiento entre fotos consecutivas.
- **Los Objetivos:** El objetivo de una cámara fotogramétrica está formado por un sistema óptico centrado de lentes. Este sistema es convergente y reúne los rayos que llegan a él en su plano focal. El objetivo va siempre complementado con una pieza metálica que se abre y se cierra por su parte central llamada “diafragma”. Disminuyendo el diámetro del diafragma, limitamos ciertas aberraciones, pero también disminuimos el campo del objetivo. (fotogrametría, 2017)

2.2.10.6. Especificaciones de los vuelos

El trabajo de captura de imagen se realizará a una hora garantizando un ángulo de elevación solar superior a 40 °. Las condiciones meteorológicas serán óptimas para la captación de imágenes, es decir, un día despejado sin nubes ni bruma, evitando las horas del día que pueden provocar los efectos de reflejos especulares, hot shots y efectos producidos por la climatología. (SUNARP, SNCP, 2011)

2.2.10.7. Captura de datos

Durante el vuelo, no se debe exceder la distancia máxima entre la aeronave y el control remoto, tratando de ver el equipo UAV en todo momento. (SUNARP, SNCP, 2011)

2.2.10.8. Procesado de imágenes

Estos deben ser procesados por programas informáticos comerciales y específicos que garanticen una precisión relativa. (SUNARP, SNCP, 2011)



2.2.10.9. Apoyo terrestre

Incluyen las operaciones de campo y gabinete necesarias para determinar la posición planimétrica y altimétrica de los puntos de apoyo necesarios para el ajuste de los marcos del vuelo realizado.

A la hora de elegir las bases para el vuelo que se está realizando, se prefieren los elementos artificiales a los naturales, intentando siempre elegir aquellos que mantendrán su forma y posición a lo largo del tiempo. Las bases siempre están en el suelo. (SUNARP, SNCP, 2011)

2.2.10.10. Ortofoto continua

Las imágenes del vuelo fotogramétrico se rectifican utilizando el modelo de superficie digital. Con imágenes ortorrectificadas se generará un mosaico para obtener el área de trabajo. Posteriormente, se cortarán en láminas, obteniendo así las ortofotos en los formatos establecidos.

Las imágenes deben estar orientadas al norte de UTM. La generación del mosaico se realizará a partir de la parte central de los otogramas ortorrectificados, evitando así las distorsiones que se producen en el borde de las imágenes. Se garantizará una cobertura completa del área de trabajo (SUNARP, SNCP, 2011)

2.2.10.11. Software de Fotogrametría

- **AutoCAD:** Es un **software del tipo CAD (Computer Aided Design)** que significa diseño asistido por computadora en español y fue desarrollado por una empresa norteamericana llamada Autodesk, que se especializa en esta área..

La primera versión de AutoCAD se lanzó al mercado en 1982 y desde entonces ha cosechado un éxito constante. Esto se debe principalmente a los altos estándares de calidad de código con los que se gestiona la empresa, hecho que ha conseguido posicionarse como el software de modelado estructural o blueprint más utilizado por arquitectos e ingenieros de todo el mundo.

Gracias a sus funciones avanzadas y prácticas, AutoCAD es ahora una parte fundamental en cualquier diseño arquitectónico o estudio de ingeniería industrial, y se utiliza comúnmente para



el desarrollo y construcción de piezas complejas de dibujo técnico y bidimensional (2D). dibujos. modelos (3D). (Montalvo, 2017)

- **Pix4D Mapper:** Pix4D es un software de fotogrametría que genera nubes de puntos comunes a partir de un conjunto de imágenes superpuestas para crear ortomosaicos y superficies digitales (MDS) y modelos de terreno (DTM) para generar cartografía 2D y modelos 3D. Con el software Pix4D, obtiene resultados precisos y extremadamente rápidos con mediciones intuitivas y análisis de proyectos.. (Asensio, 2017)

Figura n° 12: Software Pix4D Mapper



Fuente: Google (Pix4D Mapper)

- **UAV FORECAST**

- UAV Forecast es una aplicación gratuita que, al especificar algunos parámetros, le permite ver el pronóstico del tiempo, los satélites GPS, la actividad solar (Kp), las zonas de exclusión aérea y las restricciones de vuelo. Perfecto para DJI Phantom, DJI Inspire, 3D y muchos otros UAV, nos ofrece un pronóstico de 24 horas. No es una aplicación muy exigente en cuanto a los requisitos del sistema operativo, ni consume muchos recursos. La carga durante la instalación tarda unos segundos y es fácil de instalar. (ACG DRONE, 2016)

- **REACHVIEW 3**

REACHVIEW 3 se utiliza para recopilar y replantear puntos, ahora con un sistema de coordenadas local, como UTM disponible para descargar en la App Store (iOS) o Google Play (Android) El soporte del sistema de coordenadas finalmente está aquí, con



más de mil coordenadas disponibles sistemas. ¡No necesita ningún software de terceros para la transformación y está listo para la encuesta RTK!!

ReachView 3 admite transformaciones de cuadrículas y geoides. Elija el sistema de coordenadas apropiado y la aplicación le pedirá que descargue los archivos adicionales necesarios. Actualmente, la aplicación es compatible con EGM2008 y muchas otras verticales locales en todo el mundo.

El soporte del sistema de coordenadas incluye soporte para varias unidades de medida. La definición de la altura del mástil y las distancias de replanteo funciona automáticamente en pies o metros, según el sistema de coordenadas de su proyecto. Vaya a Emlid Docs para ver la lista de países que ya están cubiertos. (SCS EQUIPOS CHILE, 2018)

Ventajas de Levantamiento Topográfico mediante Dron

- La precisión y cantidad de información que se recopila en un levantamiento topográfico es fundamental como conocimiento previo antes de iniciar un proyecto de obra. Por tanto, el uso de drones ha supuesto una revolución en estos trabajos. Los levantamientos topográficos con Drones permiten obtener modelos digitales del terreno mucho más detallados y precisos y de mejor calidad que las técnicas topográficas tradicionales. (Alejandro, 2017)
- La probabilidad de cometer errores topográficos utilizando la información recibida de los drones es mínima. La fusión de tecnología de drones y topografía ha supuesto un gran salto adelante en la construcción de una amplia variedad de infraestructuras, edificios (tanto públicos como privados o industriales), y en muchos otros sectores. (Alejandro, 2017)
- Además, se obtiene una cantidad de información que antes no se podía estudiar porque los drones son capaces de llegar a lugares de difícil acceso. Y de una forma mucho más rápida y segura que los métodos tradicionales. Los drones pueden cubrir entre 100 y 5.000 hectáreas de tierra en un día, lo que ahorra mucho tiempo y dinero. (Alejandro, 2017)



- Otra ventaja de los levantamientos topográficos con drones es la capacidad de generar representaciones en 3D. Dado que las imágenes son de alta resolución y están disponibles de inmediato, se incrementa la calidad, precisión y velocidad de los resultados finales. (Alejandro, 2017)

2.2.11. Plan de vuelo

El plan de vuelo aéreo con Drones es un momento crítico para planificar técnicamente el trabajo de campo. Establecer alturas, número de pasadas, orientación de la cámara o superposición entre imágenes son algunos de los pasos a seguir para programar un plan de vuelo o plan de vuelo. (Anónimo, Significados.com, 2017)

Aunque dispones de infinidad de aplicaciones como Pix4 Capture, AgiSoft que parametrizan y monitorizan automáticamente el plan de vuelo, también puedes realizar estimaciones manuales antes de planificar tus misiones con drones. Una simple parametrización de variables te ayuda a conocer las alturas de vuelo necesarias si quieres trabajar con determinadas escalas o jugar con un tamaño mínimo de píxel.

Figura n° 13: Plan de Vuelo PIX4D



Fuente: GOOGLE (<https://www.pix4d.com/es/producto/pix4dcapture>)

2.2.11.1. Tipos de plan de vuelos

a) Vuelo libre.

- Esta planificación de vuelo servirá para obtener información específica.



Figura n° 14: Control remoto Dron

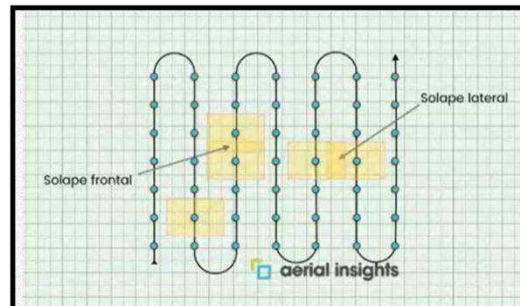


Fuente: Google(Control remoto del UAV)

b) Vuelo programado

- Permite una ruta de vuelo para el levantamiento topográfico y se tienen.
 - Grilla simple

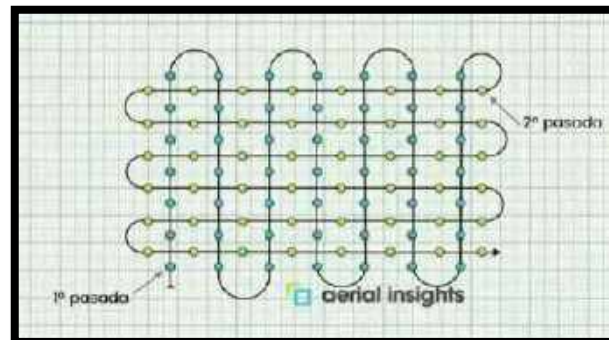
Figura n° 15: Vuelo de Dron programado tipo Grilla Simple



Fuente: (Aerial Insights)

- Grilla doble

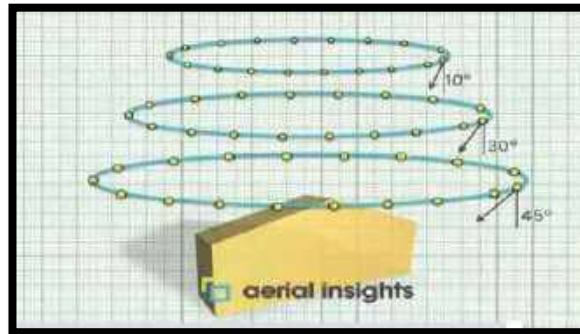
Figura n° 16: Vuelo de Dron programado tipo Grilla Doble



Fuente: (Aerial Insights)

- Vuelos en Ángulo

Figura n° 17: Vuelo de Dron programado y en ángulo



Fuente: (Aerial Insights)

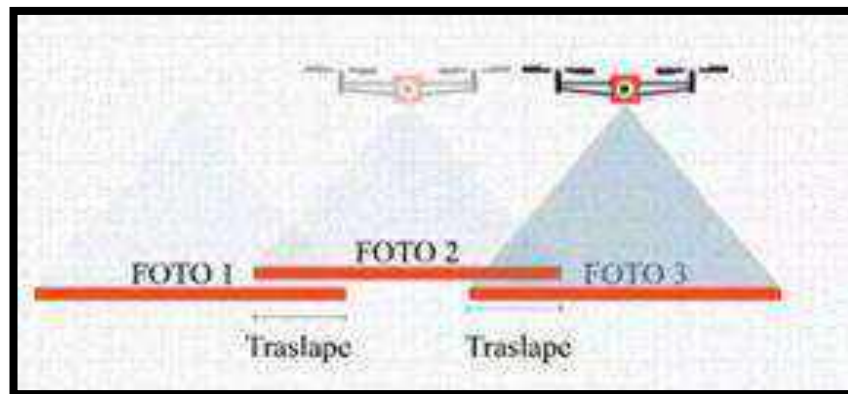
2.2.11.2. Consideraciones técnicas para un plan de vuelo

a) Traslape:

El traslape o solape es la superposición de las imágenes que se realiza para generar un modelo 3d a partir de un modelo 2d, principio básico de la fotogrametría.

El traslape entre imágenes tiene por finalidad poder aplicar el principio en la visión estereoscópica de las imágenes aéreas. (Jiménez, 2017)

Figura n° 18: Traslape de imágenes capturadas por el Dron

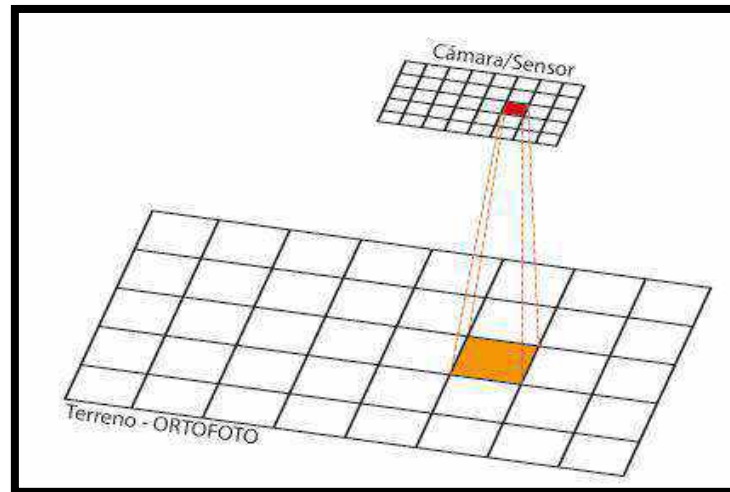


Fuente: Google (Solape de imágenes con dron)

b) Ground Sampling Distance (GSD):

Es la distancia entre dos centros de píxeles consecutivos medidos en el suelo. Cuanto mayor sea el valor de GSD de la imagen, menor será la resolución espacial de la imagen y los detalles menos visibles. (Anónimo, asdron spain, 2019)

Figura n° 19: Distancia de muestreo en Tierra (GSD)



Fuente: Google (Ground Sampling Distance)

c) Clima:

Uno de los factores más importantes a la hora de tomar datos con un RPAS es el factor meteorológico, ya que de él dependerá si el levantamiento se realiza en las fechas y horas indicadas.

Para verificar las condiciones climáticas óptimas para el vuelo, se utiliza una aplicación para teléfono inteligente, con la que se determinan los factores más importantes para un vuelo seguro. (Cayo, 2020)

Figura n° 20: Captura de pantalla del programa UAV Forecast



Fuente: Google (UAV Forecast app)



2.2.12. Tolerancia

Es el máximo error positivo o negativo que estás dispuesto a aceptar y que por tanto sirve como criterio de decisión. Si no se supera este error, el trabajo se considera con la precisión deseada y, por lo tanto, se acepta, en principio, el trabajo debe rechazarse. La tolerancia para un tamaño es el rango de valores en el que debe estar este tamaño para que se acepte como válido.

Siempre que se deba tomar una decisión sobre si el valor específico de una cantidad está dentro de la tolerancia, debe medirse, y si la medida de verificación no está asegurada con la calidad requerida (incertidumbre), esta decisión puede ser incorrecta. Si el intervalo de incertidumbre se incluye en el intervalo de tolerancia, se puede decir con casi certeza que el verdadero valor del mensurando es permisible. Si los intervalos de incertidumbre y tolerancia son inconexos, existe una certeza casi completa al descartar la variable medida. Si los intervalos de incertidumbre y tolerancia se superponen parcialmente, es decir, si tienen una parte común y otra inusual, la decisión sobre la aceptación o el rechazo es dudosa. En la práctica, se elige un criterio de seguridad que consiste en descartar todas las variables medidas en caso de duda, lo que es suficiente si el intervalo de incertidumbre es muchas veces menor que el intervalo de tolerancia. Corresponde a la definición del intervalo de decisión para los valores medidos como el que corresponde a: $T - 2U$ (tolerancia efectiva), por lo que el valor del cociente de ambos intervalos (tolerancia e incertidumbre) es limitado. A menudo se considera admisible para mediciones dimensionales. $3 \leq T / 2U \leq 10$. (Saucedo, 2008)

Tabla n° 4: Tolerancias para trabajos de Levantamientos Topográficos, replanteos y estacado en construcción de carreteras.

Tolerancias de trabajo	Tolerancias fase de trabajo	
	Horizontal	Vertical
Georeferenciación	1:100,000	5mm.
Puntos de control	1:10,000	5mm.
Puntos del eje, PC, PT, puntos en curva y referencias.	1:5,000	10mm.
Otros puntos del eje	50mm.	100mm.
Sección Transversal y estacas de talud	50mm.	100mm.
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	50mm.	20mm.
Muros de contención	20mm.	10mm.
Estacas de rasante	50mm.	10mm.

Fuente: Google (Tolerancias en Levantamientos Topográficos)



2.2.13. Curvas de nivel

El sistema de trazado de curvas de nivel consiste en la intersección de la superficie del terreno mediante una serie de planos paralelos entre sí, separados por una cierta distancia. Cada plano corta el suelo y forma una figura (plano) llamada línea de contorno o isohipsa. La proyección de todas estas curvas de nivel en un plano común (el mapa) da como resultado la representación deseada.

La figura muestra la construcción para representar una montaña mediante curvas de nivel. La montaña está cortada por planos paralelos separados por una cierta distancia llamada equidistancia entre las curvas de nivel.

Las curvas de nivel verifican las siguientes premisas de manera general:

- Los contornos no se cruzan ni se cruzan (esto solo sucede cuando queremos representar una cueva o un saliente de roca).
- Las curvas de nivel se juntan en las pendientes más pronunciadas y están más separadas en las pendientes más suaves.
- La línea con mayor inclinación entre dos curvas de nivel es la que las conecta más corta.

En la siguiente figura tenemos dos itinerarios para alcanzar una cumbre desde dos puntos A y B. Desde el punto A (itinerario rojo) es más largo que desde el punto B (recorrido azul). Sin embargo, el itinerario azul es mucho más duro ya que las curvas de nivel se hallan más apretadas o, si se prefiere, el camino atraviesa las curvas de nivel en menos espacio.

Equidistancia entre curvas de nivel

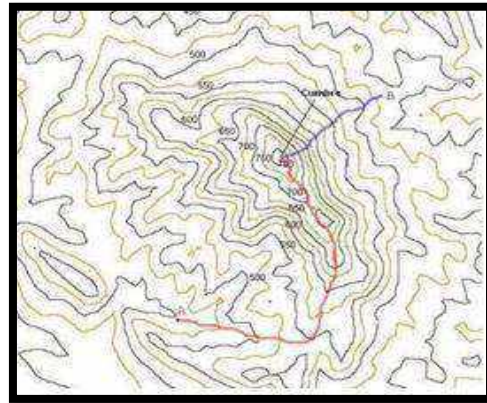
La distancia entre los distintos planos imaginarios que se cruzan con el terreno es siempre la misma para un mapa dado y se denomina equidistancia entre curvas de nivel.

En el plano anterior, la equidistancia entre las curvas de nivel es de 25 metros. Tenga en cuenta que se utilizan dos colores para contar mejor las curvas de nivel. Así, las líneas más oscuras aparecen cada 50 metros, y entre dos de ellas

Figura n° 21: Curvas de Nivel



seguidas aparece una línea más clara. En cualquier caso, entre dos curvas de nivel tendremos un desnivel de 25 metros. Las líneas más oscuras a menudo se denominan líneas de contorno principales.. (AristaSur, 2016)



Fuente: Google (Curvas de Nivel)

2.2.14. El concepto de escala

La escala es la relación de similitud constante que existe entre cada cantidad medida en un mapa y su contraparte en el suelo, independientemente de la dirección tomada en el mismo mapa.

Cada mapa, sea cual sea su finalidad, debe mantener la relación uno a uno entre los dos, de modo que se pueda medir en uno de ellos y conocer la medida exacta en el otro con una relación de similitud simple, utilizando el factor de escala como el denominador.

La escala se representa en forma de razón, donde el numerador representa la distancia del objeto en el plano, mientras que el denominador representa la distancia a la que se encuentra el mismo objeto en el suelo. Entonces, una escala de 1:10 significa que un centímetro en el plano es para 10 centímetros en realidad. Entonces, para pasar de la distancia en el plano a la distancia real, simplemente multiplicamos por la escala, y para hacer lo contrario, tenemos que dividir por la escala utilizada.

Dentro del concepto PIX4DMAPPER de escala, podemos encontrar la escala expresada de maneras diferentes:

- **ESCALA GRÁFICA:** Las escalas gráficas son aquellas que aparecen construidas en el borde de casi todos los mapas y planos. Pueden ser simples y transversales. Los primeros son los más utilizados, los segundos se utilizan cuando se requiere una mayor precisión.



- **ESCALA NUMÉRICA:** Se expresan mediante una fracción o división especificada, que en aras de la simplicidad siempre se elige con un numerador igual a la unidad y un denominador de cualquier número, generalmente enteros, y con una numeración adecuada. $E = 1: 500$; $E = 1: 1000$; $E = 1: 2000$; etc. (TOPOGRAFIA, 2013)

Ámbitos de aplicación del término escala

Es un concepto aplicado en varias áreas. Puede significar la tercera persona del singular de la forma indicativa del verbo escalar, como cuando se dice: "El hombre sube a la montaña, en una hazaña arriesgada". En cartografía, se utiliza para indicar una relación, ya sea numérica o gráfica, entre la realidad y el diseño. Por ejemplo, el número de kilómetros reales entre un lugar y otro en la superficie de la Tierra se representa en un mapa en dimensiones más pequeñas, pero que son equivalentes a las reales. Por ejemplo, 1 cm. puede ser equivalente a 100.000 km. real (escala 1.100.000).

Las dimensiones del planeta son tan grandes que sería imposible traducirlo en una hoja de papel, pero con la ayuda de la escala podemos reconstruir el pequeño tamaño observable al tamaño real. Dado que todo el mapa se creó en la misma escala, compararlo con otras ubicaciones nos brinda una vista de comparación proporcional. El que te explicamos es la escala numérica.

También se utiliza la escala gráfica, una línea ubicada en cualquier lugar del mapa que se divide en segmentos, mostrando las distancias reales y sus equivalentes en cada segmento. Si usa una brújula para medir la distancia de un punto a otro en el mapa y luego la transfiere a la escala gráfica, obtendrá la distancia real entre cualquier punto de la superficie terrestre. (Conceptos, 2009)

2.2.15. Altimetría

La altimetría o hipsometría, como también se le llama, es la rama de la topografía que se ocupa del estudio del conjunto de procedimientos y métodos que existen para determinar y representar la altura o elevación de cada punto en relación a un plano de referencia. Por ejemplo, gracias a la altimetría es posible representar el relieve del terreno, este es el caso de los planos de contorno, perfiles, entre otros.



En el caso especial de la aviación, la medición de la altitud juega un papel importante, ya que es responsable de determinar la altitud de vuelo de la aeronave, es decir, la distancia vertical de la aeronave al nivel del mar.

Determinar y conocer este valor es de vital importancia para la navegación aérea y estrictamente para el movimiento de aeronaves en tramos verticales de cualquier aerovía, ya que el tráfico se distribuye y organiza en niveles de vuelo relacionados con la altitud.

El instrumento tradicional encargado de presentar la altitud al piloto de una aeronave es el altímetro, que permite obtener una lectura de altitud a partir de la medición de la presión estática que rodea la aeronave.

Aunque el mayor uso del altímetro se da en la navegación aérea, ya que es uno de los componentes más seguros que se acopla al resto de instrumentos de vuelo más importantes de la aeronave, el altímetro también se utiliza con frecuencia en algunas actividades deportivas y atléticas. en los que se sufren importantes diferencias de altura, como es el caso del montañismo, trekking, ciclismo, esquí, escalada, paracaidismo, entre los más populares.

Entonces, a instancias de cualquiera de las prácticas recién mencionadas, el altímetro se emplea para conocer los desniveles que se van superando. (Altimetría, 2011)

2.2.16. Georreferenciación

Es un método de aplicación en campo destinado a determinar la superficie o área del terreno, ubicación georreferenciada y definición de límites mediante la obtención de coordenadas de los vértices mediante dispositivos de posicionamiento global satelital, cuyo resultado es una Representación gráfica es, principalmente planimétrico, de la superficie del suelo. Es el proceso de localización en el espacio de una manera única; es decir, darle una ubicación geográfica única definida por algunas coordenadas en un sistema particular. (Peiró, 2014)

2.2.17. Red de amarre

Consiste en realizar trabajos donde el sistema de coordenadas está vinculado a una red, ya sea local, nacional o internacional y donde actualmente se utilizan las coordenadas MAGNA-SIRGAS. (TOPOGRAFIA TOTAL & INGENIERIA S.A.C, 2017)



NORMATIVIDAD QUE REGULA EL USO DE LAS UAV: LEY N° 30740

Ley que regula el uso y las operaciones de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS)

Artículo 1. Objeto de la Ley

La presente ley desarrolla el artículo 8 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional, conocido como Convenio de Chicago, y regula el uso y operaciones de las aeronaves sin piloto o aeronaves pilotadas a distancia (RPAS), con el objeto de garantizar la seguridad operacional de todos los demás usuarios del espacio aéreo, así como la seguridad de las personas y bienes en la superficie terrestre y acuática.

Artículo 2. Licencias, requisitos y limitaciones

2.1. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), es el ente encargado de otorgar las licencias a las personas naturales o jurídicas u organizaciones civiles para el uso de aeronaves pilotadas a distancia (RPA) y de regular los requisitos y limitaciones para las operaciones de los sistemas de aeronave pilotada a distancia (RPAS).

Artículo 3. Exclusiones

Están excluidas de los alcances de la presente ley, las aeronaves del Estado pilotadas a distancia que sean para uso en servicios militares, policiales y aduaneros, así como las aeronaves pilotadas a distancia que sean de uso recreativo y Aero deportivo con un peso inferior a los dos (2) kilogramos.

Artículo 4. Registro de aeronaves pilotadas a distancia (RPA), de sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) y de sus propietarios

La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones constituye un registro de las aeronaves pilotadas a distancia (RPA) y de sus



propietarios, así como de los propietarios de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS). Este registro es de acceso público y gratuito y es incorporado en el portal web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Artículo 5. Operaciones no permitidas

De conformidad con el párrafo 2.4 del artículo 2 de la presente ley, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones no autoriza las operaciones de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) y sanciona a los responsables cuando corresponda:

- a) Si se pone en peligro la seguridad y la regularidad de las operaciones aéreas tripuladas.
- b) Si se sobrevuela espacios urbanos o con alta densidad poblacional o áreas naturales protegidas, zonas peligrosas, zonas restringidas y zonas prohibidas, salvo que cuente con la autorización excepcional expedida por la autoridad competente.
- c) Si se viola la privacidad de los ciudadanos.

La autoridad competente, mediante normas administrativas, determina otros casos para la no autorización de dichas operaciones y las correspondientes sanciones.

Artículo 6. Infracciones y sanciones

Las infracciones y las sanciones relacionadas con el uso de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) son determinadas por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en concordancia con lo dispuesto en la Ley 27261, Ley de Aeronáutica Civil del Perú, su reglamento, aprobado por el Decreto Supremo 050-2011-MTC, y en la Resolución Ministerial 361-2011-MTC/02, Reglamento de Infracciones y Sanciones Aeronáuticas, así como en concordancia con sus correspondientes normas modificatorias.

Los daños causados al patrimonio cultural son sancionados por el Ministerio de Cultura. En caso de daños a terceros, se puede accionar por la vía civil o penal, según corresponda.

Artículo 7. Zonas geográficas para ensayos



En el reglamento de la presente ley se determinan las condiciones necesarias para fijar las zonas geográficas para ensayos de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) con el fin de promover la investigación científica y realizar pruebas para aplicaciones de nuevas tecnologías o estudios tecnológicos relacionados a los actuales y futuros escenarios, como control y comunicación, colisiones, reutilización del espectro radioeléctrico, vuelos a baja y alta altura y compatibilidad con las reglas de tránsito. La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, otorga todas las facilidades a fin de emitir las licencias necesarias, que son gratuitas.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera. Definiciones de términos básicos

A efectos de la presente ley y, en concordancia con los convenios firmados por el Perú y la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), se identifica a la aeronave pilotada a distancia con las siglas RPA (Remotely Piloted Aircraft) y al sistema de aeronaves pilotadas a distancia con las siglas RPAS (Remote Piloted Aircraft System).

a) **AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA (Remotely Piloted Aircraft – RPA):** es una aeronave pilotada por un “piloto remoto” quien monitorea la aeronave en todo momento y tiene responsabilidad directa de la conducción segura de la aeronave durante todo su vuelo.

b) **SISTEMA DE AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA (Remote Piloted Aircraft System RPAS):** es el conjunto de elementos configurables integrado por una aeronave pilotada a distancia, sus estaciones de piloto remoto conexas, los necesarios enlaces de mando y control y cualquier otro elemento de sistema que pueda requerirse en cualquier punto durante la operación de vuelo.

Segunda. Beneficios tributarios de la Ley 30309

Los gastos en aeronaves pilotadas a distancia (RPA) y en los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) podrán aplicar el beneficio tributario contenido en la Ley 30309, Ley que promueve la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación tecnológica norma, siempre que formen parte de proyectos que sean calificados por CONCYTEC como proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación tecnológica y cumplan con los requisitos establecidos en el artículo 3 de dicha ley (MTC, 2021)



2.3.Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

La evaluación de los resultados al comparar la precisión en los levantamientos topográficos efectuados mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado a una altura de 50 metros es mayor que los resultados de los levantamientos con el método tradicional (Estación Total) en carretera Abra Ccorao – Ccorao.

2.3.2. Sub hipótesis

Sub Hipótesis N° 01:

El valor del error absoluto levantamiento topográfico realizado con equipo UAV(dron) es menor en comparación de un levantamiento con el método tradicional (estación total).

Sub Hipótesis N° 02:

El valor del error relativo del levantamiento topográfico realizado con equipo UAV(dron) es menor en comparación de un levantamiento con el método tradicional (estación total).

Sub Hipótesis N° 03:

El valor comparativo influyente al tiempo de realización del levantamiento topográfico con equipó UAV (dron) es menor con relación a un levantamiento con el método tradicional (estación total).

Sub Hipótesis N° 04:

El valor comparativo influyente al costo de realización del levantamiento topográfico con equipó UAV (dron) es menor con relación a un levantamiento con el método tradicional (estación total).



2.4. Definición de Variables

2.4.1. Variables Independientes

Y1: Levantamiento topográfico:

Descripción: Primera fase del estudio técnico y descriptivo. Se trata de observar la superficie cuidadosamente teniendo en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno. (hr)

Y2: Levantamiento con equipo UAV:

Descripción: Es un Sistema de levantamiento topográfico Aéreo de Alta precisión, compuesto por un Avión no tripulado (UAV) que toma imágenes durante su vuelo y mediante un software permite el análisis y procesamiento digital de las imágenes.

Indicadores: metros (m).

2.4.2. Variables Dependientes

X1: Precisión

Descripción: Necesidad, obligación de exactitud y concisión a la hora de ejecutar algo

Indicadores: media, desviación estándar, % máximos y mínimos



2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla n° 5: Cuadro de Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE VARIABLE	NIVEL O DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE				
X1: Precisión	Necesidad, obligación de exactitud y concisión a la hora de ejecutar algo.	Error Instrumental	Media, Desviación Estándar y Error Promedio de la Media aritmética	Hojas de Cálculo y Gráficos de Desviación Estándar
		Error de Operador		
		Tolerancias permitidas		
		Desempeño	KPIs	Fichas de Observación de indicadores de desempeño
VARIABLE DEPENDIENTE				
Y1: Levantamiento Topográfico con Estación Total	Primera fase del estudio técnico y descriptivo. Se trata de observar la superficie cuidadosamente teniendo en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno.	Planimetría (Distancias horizontales y azimut)	Formación de Poligonales y Triangulación	Ficha de Observación de Gabinete de Topografía para uso de Estación Total
		Tiempo de realización	Cantidad de Horas	Ficha de Observación para uso de cronómetro
Y2: Levantamiento con Equipo UAV	Levantamiento topográfico aéreo de alta precisión compuesto por un avión no tripulado (UAV) que toma imágenes durante su vuelo y mediante un software permite el análisis y procesamiento digital de las imágenes.	Fotogrametría Digital	Cantidad de fotografías por unidad de tiempo	Ficha de Observación de Gabinete de Topografía para uso de Equipo UAV (Dron)
		Altura de Vuelo	Metros	Ficha de Observación

FUENTE: Elaboración propia



3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología de la Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

De acuerdo con la definición de (SAMPIERI, 1991), nuestra investigación es de Tipo **Cuantitativa** porque se pretende demostrar la precisión en levantamientos topográficos con el uso del Vehículo Aéreo No Tripulado (Dron) y Estación Total, dando por aludido el ámbito estadístico y es la principal razón en la que se fundamenta dicho tipo, dado que analiza la realidad objetiva a partir de mediciones numéricas y análisis estadísticos para determinar predicciones o patrones de comportamiento del fenómeno o problema planteado.

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

De acuerdo con la definición de (SAMPIERI, 1991), nuestra investigación tiene un **Nivel Descriptivo-Correlacional** porque se pretende demostrar la precisión en levantamientos topográficos con el uso de equipo UAV (Dron) y Estación Total mediante una descripción de la circunstancia geográfica y temporal así como procedimientos, en las que se especifican, el reconocimiento de campo, ubicación de puntos de control, mediciones, recolección de datos y cálculo estadístico para finalmente concluir con resultados obtenidos.

3.1.3. Método de investigación

Se emplea el método **Hipotético – Deductivo** según (Popper, 1980) porque nuestra investigación se plantea una hipótesis general e hipótesis específicas y deductivo porque se verifica, comprueba y analiza la veracidad de las hipótesis planteadas con los datos obtenidos de los resultados partiendo de lo general a lo particular.

3.2. Diseño de la Investigación

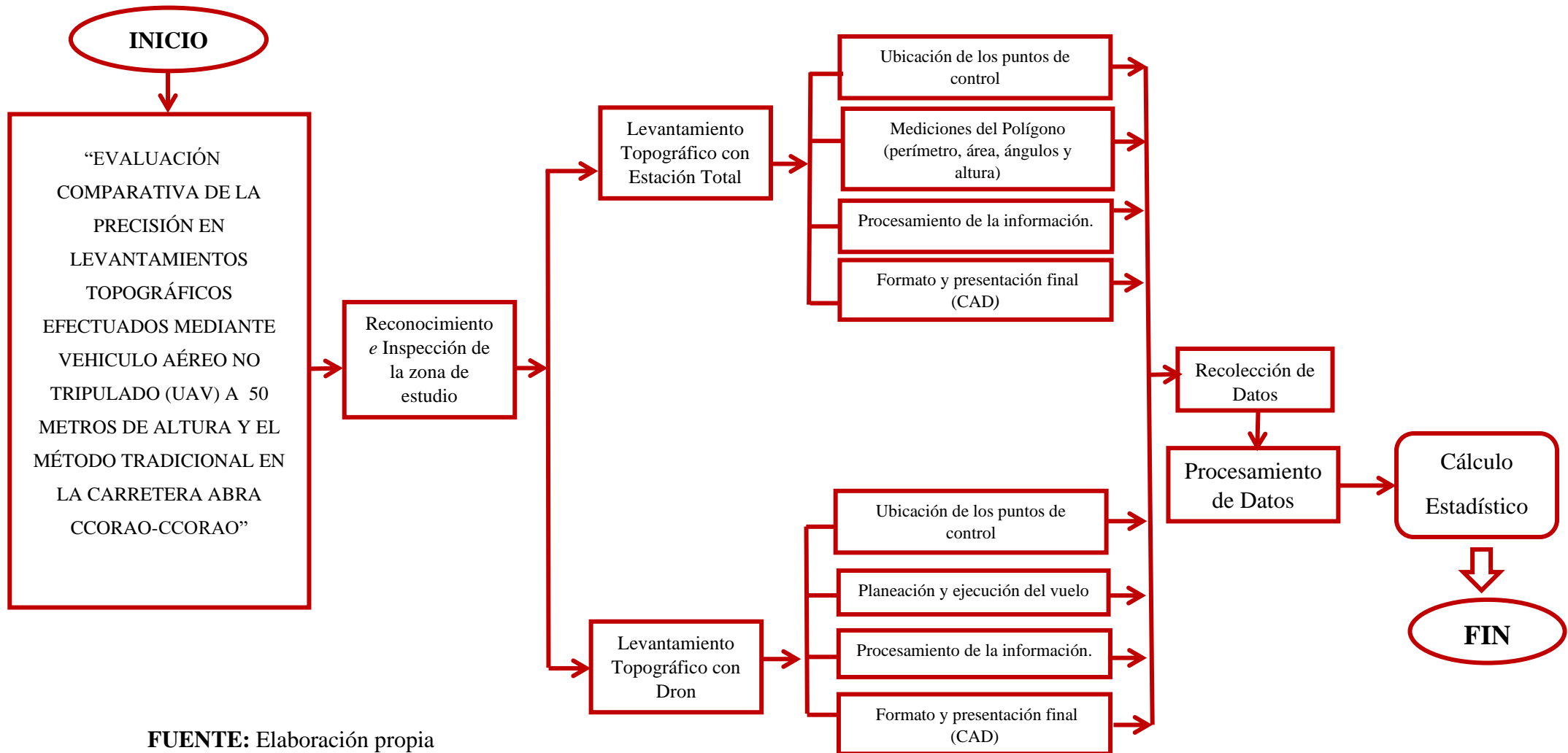
3.2.1. Diseño metodológico

Según (Hernández, 1984) se considera el diseño de tipo **No Experimental** a aquella investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de la investigación donde no hacemos variar intencionadamente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar los resultados obtenidos de la comparación de un levantamiento topográfico realizado con Estación Total y Equipo Aéreo No Tripulado UAV(Dron) para después analizar la precisión resultante.



3.2.2 Diseño de Ingeniería

Flujograma de Diseño de Ingeniería



FUENTE: Elaboración propia



3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1.Descripción de la población

La población analizada está constituida por la Vía Abra Ccorao – Ccorao del centro Poblado de Ccorao del Distrito de San Sebastián, Provincia de Cusco, Departamento de Cusco, con una Longitud de 5.00 km.

3.3.1.2.Cuantificación de la población

Se tiene un área aproximada de 31.89 ha y un perímetro 10 367 ml. (Población unitaria)

3.3.2. Muestra

3.3.2.1.Descripción de la muestra

La muestra a utilizar está constituida por la Vía Abra Ccorao – Ccorao del centro Poblado de Ccorao del Distrito de San Sebastián, Provincia de Cusco, Departamento de Cusco, con una Longitud de 5.00 km.

3.3.2.2.Cuantificación de la muestra

Se tiene un área aproximada de 31.89 ha y un perímetro 10 367 ml. (Muestra unitaria)

3.3.2.3.Método de muestreo

La muestra será por Conveniencia-**No Probabilístico** estadísticamente se indica que la muestra es no probabilística porque la muestra es designada por el investigador y se presenta de forma intencional porque es seleccionada a criterio, por accesibilidad y seleccionar la mejor condición para ser evaluada (Hernandez,1997), teniendo en cuenta además que la población es unitaria o única y se opta por realizar la totalidad.

3.3.2.4.Criterios de Evaluación de muestra

Para el Área de Estudio:

- Debe contar con accesibilidad y visibilidad para el posicionamiento de los Puntos de Control (BMs) y el levantamiento con Estación Total y Vehículo Aéreo no Tripulado (Dron).
- El área a utilizar en nuestra investigación debe contener una carretera para la evaluación.



3.3.3. Criterios de Inclusión

- Se considera área de estudio solo la que se encuentre dentro del área y perímetro de los BMs ubicados Zonas de Abra Ccorao hasta Ccorao.
- Los Levantamientos se realizan con Estación Total (TS-06) y Vehículo Aéreo no Tripulado - GPS Diferencial.
- La evaluación del levantamiento se hace dentro de las 31.89 ha del centro Poblado de Ccorao.
- Se considera el uso de Tolerancias para Trabajos de Levantamientos Topográficos, Replanteos y Estacados en Carreteras del Manual de Consorcio Constructor.

3.4. Instrumentos




3.4.1. Instrumentos Metodológicos

3.4.1.1. Fichas de Observación



3.4.1.1.1. Fichas de Observación para Reconocimiento de Campo

Tabla n° 6: Fichas de Observación para Reconocimiento de Campo

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL 					
TEMA:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A 50 METROS DE ALTURA Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA CARRETERA ABRA CCORAO-CCORAO"				
TESISTAS:	Bach. Ing. Sharon Adriana Leiva Marin Bach. Ing. Joddai Javier Niño de Guzman Arpasi				
LUGAR:	FECHA:				
RECONOCIMIENTO DE CAMPO CON GPS NAVEGADOR					
NOMBRE DEL PROYECTO					
AREA DE ESTUDIO (Ha.)	LONGITUD DE ESTUDIO (Km.)				
PUNTO BASE	PROGRESIVAS (km)				
	NÚMERO DE BMs				
CLIMA	SOLEADO NORMAL NUBLADO OTROS				
CALIBRACIÓN	SI NO				
CROQUIS					
HORA DE INICIO	HORA FINAL				
PUNTO INICIAL	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	HORA	N° SATÉLITES
DESCRIPCIÓN DE CAMPO					


Fuente: Elaboración Propia



3.4.1.1.2. Fichas de Observación para Levantamiento Topográfico con Est. Total

Tabla n° 7: Fichas de Observación para Levantamiento Topográfico con Estación Total

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TEMA:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A 50 METROS DE ALTURA Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA CARRETERA ABRA CCORAO-CCORAO"				
TESISTAS:	Bach.Ing. Sharon Adriana Leiva Marin				
	Bach.Ing. Joddai Javier Niño de Guzman Arpasi				
LUGAR:	ABRA CCORAO - CCORAO		FECHA:		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACIÓN TOTAL					
NOMBRE DEL PROYECTO			ESQUEMA		
TIPO DE TERRENO			PROGRESIVA INICIAL		
NOMBRE DEL OPERADOR			COTA		
COORDENADA CON GPS			ALTURA INSTRUMENTAL		
ESTE					
NORTE					
CLIMA	SOLEADO	NORMAL	NUBLADO	OTROS	




PUNTO	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN

Fuente: Elaboración Propia



3.4.1.1.3. Fichas de Observación para Levantamiento Topográfico con Dron

Tabla n° 8: Fichas de Observación para Levantamiento Topográfico con Dron

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																																																																																																																														
TEMA:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A 50 METROS DE ALTURA Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA CARRETERA ABRA CCORAO-CCORAO"																																																																																																																																													
TESISTAS:	Bach.Ing. Sharon Adriana Leiva Marin Bach.Ing. Joddai Javier Niño de Guzman Arpasi																																																																																																																																													
LUGAR:	ABRA CCORAO - CCORAO																																																																																																																																													
FECHA:	12/12/2020																																																																																																																																													
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRONE																																																																																																																																														
NOMBRE DEL PROYECTO	ESQUEMA																																																																																																																																													
AREA DE ESTUDIO (Ha.)	LONGITUD DE ESTUDIO (Km.)																																																																																																																																													
PUNTO BASE LATITUD LONGITUD ALTURA																																																																																																																																														
PROGRESIVAS (km) Km.																																																																																																																																														
Km.																																																																																																																																														
NUMERO DE FOTOGRAFIAS																																																																																																																																														
CLIMA	SOLEADO NORMAL NUBLADO OTROS																																																																																																																																													
VIENTO	LIGERO NORMAL FUERTE																																																																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">N°</th> <th style="width: 60%;">FOTOGRAFIA</th> <th style="width: 30%;">TIEMPO DE CAPTURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	N°	FOTOGRAFIA	TIEMPO DE CAPTURA																																																																			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">N°</th> <th style="width: 60%;">FOTOGRAFIA</th> <th style="width: 30%;">TIEMPO DE CAPTURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	N°	FOTOGRAFIA	TIEMPO DE CAPTURA																																																																					
N°	FOTOGRAFIA	TIEMPO DE CAPTURA																																																																																																																																												
N°	FOTOGRAFIA	TIEMPO DE CAPTURA																																																																																																																																												

Fuente: Elaboración Propia



3.4.1.1.5. Fichas de Observación de indicadores de Desempeño de los procedimientos de un levantamiento topográfico

Tabla n° 10: Fichas de Observación de indicadores de desempeño de los procedimientos de un levantamiento topográfico

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		UAC				
TEMA:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS PLANIMÉTRICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHICULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A DISTINTAS ALTURAS DE VUELO Y EL MÉTODO TRADICIONAL ABRA CCORAO- CCORAO"					
TESISTAS:	BACH. ING.SHARON LEIVA MARIN / BACH. ING. JODDAI JAVIER NIÑO DE GUZMAN ARPASI					
LUGAR:	ABRA CCORAO-CCORAO	FECHA:				
EQUIPO EVALUADO:	E.T	UAV				
FICHA DE OBSERVACIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO						
1RO : RECONOCIMIENTO DE CAMPO			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					
	1	2	3	4	5	
Accesibilidad de la zona de estudio						
Visibilidad						
2DO : INSTRUMENTACIÓN			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					
	1	2	3	4	5	
Calibración de equipos						
Estado y conservación de equipos						
3RO : INSTALACIÓN			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					
	1	2	3	4	5	
Eficacia del proceso						
4TO : OPERACIÓN			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					
	1	2	3	4	5	
Cantidad de toma de datos						
5TO : TRABAJO DE GABINETE			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					
	1	2	3	4	5	
Procesamiento de Datos						
Tiempo de realización						
Eficacia del proceso						
Nivel de Detalle						
PUNTAJE TOTAL						
OBSERVACIONES:						

TABLA DE VALORACIÓN	
1	MUY MALO
2	MALO
3	REGULAR
4	OPTIMO
5	MUY OPTIMO

Fuente: Elaboración Propia



3.4.2. Instrumentos de Ingeniería

Figura n° 22: Binoculares de Larga distancia (TASCO)



FUENTE: REGISTRO FOTOGRÁFICO TESISISTAS

Figura n° 23: GPS (Garmin)



FUENTE: REGISTRO FOTOGRÁFICO TESISISTAS

Figura n° 24: Estación Total



FUENTE: REGISTRO FOTOGRÁFICO TESISISTAS

Figura n° 25: Trípode, prismas y porta prismas



FUENTE: REGISTRO FOTOGRÁFICO TESISISTAS



Figura n° 26: Vehículo Aéreo No Tripulado (Dron)



FUENTE: Google

Figura n° 27: Flexómetro de 5m



FUENTE: REGISTRO FOTOGRÁFICO TESISISTAS

Figura n° 28: GPS Diferencial



FUENTE: Google

Figura n° 29: Antena Receptora.



FUENTE: Google

3.5. Procedimientos y Recolección de Datos

3.5.1. Primera Etapa: Reconocimiento e inspección de la zona en Estudio

3.5.1.1. Equipos

- 02 binoculares de larga distancia
- 01 GPS Navegador (Garmin)

3.5.1.2. Procedimiento

- Se llegó a la zona de estudio siendo el primer Punto el Abra de Ccorao .
- Subimos a zonas altas cerro arriba y determinamos los puntos que serían nuestros BMs , haciendo uso de los binoculares se estableció la ubicación de los puntos de Control (BMs) ,teniendo en cuenta que se colocaran a lo largo de la vía evaluada en ambos sentidos de circulación de vehículos y a una distancia de 250 m entre BMs.
- Se localizó cada uno de los puntos con el GPS tomando sus coordenadas UTM Norte, Este y su altura correspondiente.

Figura n° 30: Ubicación de los BMs (Puntos de Control)



Fuente: Google Earth (Elaboración Propia)



Figura n° 31: Ubicación de Puntos de Control



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 32: Apunte de Puntos de Control



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

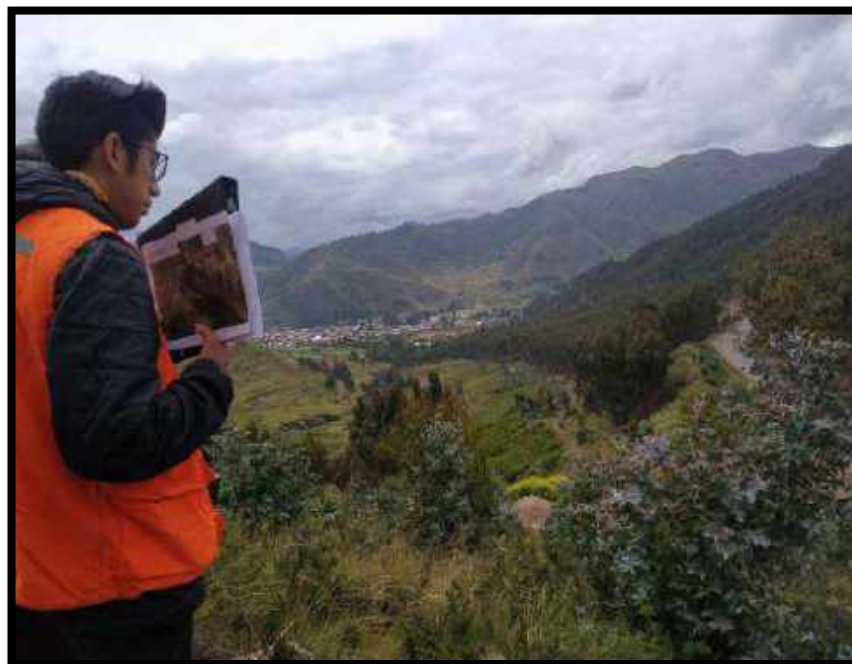


Figura n° 33: Ubicación de Puntos de Control con GPS Navegador



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 34: Observación de la Zona de Estudio


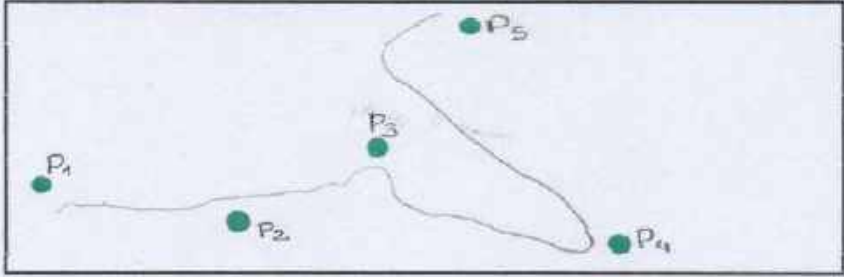


Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



3.5.1.3.Toma de datos

Tabla n° 11: Ficha de Reconocimiento de Campo con datos

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A 50 METROS DE ALTURA Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA CARRETERA ABRA CCORAO-CCORAO"				
TESISTAS:	Bach. Ing. Sharon Adriana Lolva Marín Bach. Ing. Joddai Javier Niño de Guzman Arpasi				
LUGAR:	Abra cCorao - Ccorao				
FECHA:	30/10/19				
RECONOCIMIENTO DE CAMPO CON GPS NAVEGADOR					
NOMBRE DEL PROYECTO	carretera Ccorao				
AREA DE ESTUDIO (Ha.)	LONGITUD DE ESTUDIO (Km.)				
31,99 ha	0,00 Km				
PUNTO BASE	PROGRESIVAS (km)				
18°21'17.5" S 71°06'04.2" W	Km 15+000 Km 20+000				
	NUMERO DE BMs				
	5 (estratégicas)				
CLIMA	SOLEADO NORMAL NUBLADO OTROS				
	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
CALIBRACIÓN	SI NO				
	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
CROQUIS					
HORA DE INICIO	HORA FINAL				
8:30 a.m	11:00 a.m				
PUNTO INICIAL	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	HORA	N° SATÉLITES
P ₁	850209.16	182156.25	3501.85	10:00 am	13
P ₂	850201.51	182380.26	3496.26	10:15 am	10
P ₃	850192.14	184340.47	3562.4	10:30 am	14
P ₄	850109.81	183925.7	3535.2	10:45 am	14
P ₅	850191.25	182910.24	3610.1	11:00 am	15
DESCRIPCIÓN DE CAMPO					
					

Fuente: Elaboración Propia



3.5.2. Monumentación de Puntos de Control (BMs)

3.5.2.1. Equipos

- Barreta Octogonal
- 01 pala y 01 pico
- 05 Varillas de acero de 1/2" de 65 cm
- 01 kg de clavos para calamina
- 01 gln de pintura amarilla de tránsito
- 01 gln de thinner

3.5.2.2. Procedimiento

- Ubicados los puntos de control se procede hacer las excavaciones con el pico y la pala, de acuerdo a la Norma Técnica Geodésica V1.0 (2015) – Especificaciones Técnicas para el Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global; de 40 cm x 40 cm y con una profundidad de 60 cm.
- Se elabora el concreto simple, en primer lugar, se colocaron los componentes áridos para homogenizar la mezcla y después se agregó la cantidad requerida de cemento y agua ($f'c = 140\text{kg/cm}^2$)
- Una vez excavado se coloca la varilla metálica de 1/2".
- Se realiza el vertido del concreto simple a la excavación ayudando a esta tarea la barreta ortogonal en tres partes y chuseado con 25 golpes para eliminar vacíos que produce los agregados áridos y con cuidado de que la varilla de acero se mantenga en la parte central.
- Con el uso del badilejo y un poco de cemento se le da un acabado plano, dejando unos centímetros de la varilla de acero para la recepción con el GPS diferencial y en posterior con el Dron.
- Para los demás puntos de control se colocó los clavos calamina pintando de color amarillo la cabeza de los clavos, también se rotulo en algún hito de concreto, talud o vía el nombre del BM para una fácil ubicación.
- Los BM que fueron colocados con clavos se realizaron cada 250 metros a ambos lados de la vía dejando listo los puntos de control para los posteriores levantamientos topográficos.



Figura n° 35: Retirado del material excedente de la excavación



Fuente: Registros fotográficos Tesistas

Figura n° 36: Excavación 0.40 x 0.40 m para los puntos de control



Fuente: Registros fotográficos Tesistas

Figura n° 37: Preparado de la mezcla de concreto



Fuente: Registros fotográficos Tesistas



Figura n° 38: Medición de las excavaciones para los Puntos de Control



Fuente: Registros fotográficos Tesistas

Figura n° 39: Puntos de control vaciados



Fuente: Registros fotográficos Tesistas

Figura n° 40: Modelo de Punto de Control con mezcla de concreto fraguada



Fuente: Registros fotográficos Tesistas



3.5.3. Segunda Etapa: Levantamiento con GPS Diferencial

3.5.3.1. Equipos

- GPS Diferencial (Equipo completo: Rover ,Base ,Radio, Antena)
- 01 trípode
- 01 porta prisma o Bastón
- 02 radios
- 01 celular (instalado con la aplicación Reach View 3)
- 01 wincha de 5m

3.5.3.2. Procedimiento

- Se comenzó con el armado, nivelación del trípode y se colocó la Base del GPS Diferencial así como el instalado del antena y Rover en el porta prisma que se posicionará en cada uno de los puntos de control.
- Se procedió al encendido y programación del nuevo trabajo indicando que los datos obtenidos deben ser coordenadas UTM y Datum WGS 84.
- Se registró para el punto base con 25 satélites, aumentando a medida del avance de la toma de los puntos de control.
- Se posiciono el Rover en cada punto de control arrojándonos información e cada punto tales como latitud, longitud, la cantidad de satélites con los que se referencio dicho BM ,la hora de inicio y final de la toma de punto ,la distancia que ese punto se encuentra de la Base así como la descripción del punto de control .
- Se tomó las coordenadas de cada BM con el apoyo de la aplicación Reach View 3 instalada en el celular que sirvió como Rover junto con la antena y receptor instaladas en la porta prisma.
- El equipo nos mostró la ruta de la toma de puntos asignando cada uno de ellos con sus respectivas coordenadas y alturas.
- Una vez obtenidos todos los puntos se guardó el trabajo y se comenzó a desensamblar los equipos.
- Se procesó en gabinete para la obtención de los datos.



Figura n° 41: Armado del Trípode del GPS Diferencial



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 42: Ensamblado de la Base del GPS Diferencial



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



Figura n° 43: Armado del Rover en la porta prisma del GPS Diferencial



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

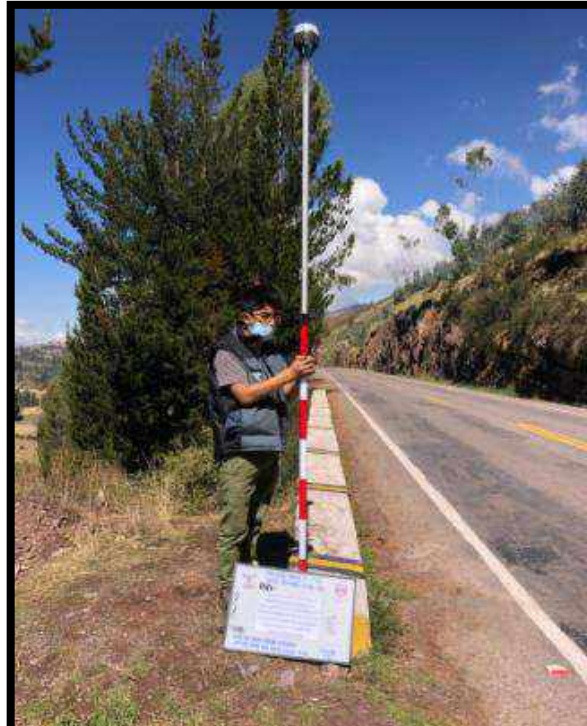
Figura n° 44: Prueba de medición de la distancia y posicionamiento del Rover con respecto a la Base del GPS Diferencial



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



Figura n° 45: Nivelación y registro de los puntos de control



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 46: Captura y toma de los puntos de control



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

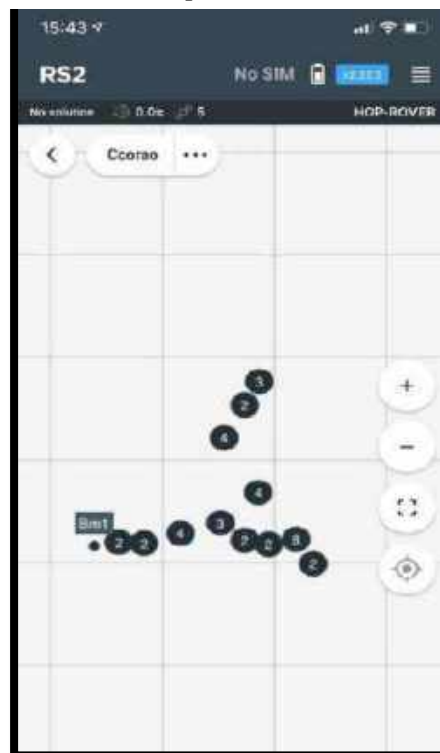


Figura n° 47: Datos y coordenadas de los Puntos de Control



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (Captura de Pantalla celular)

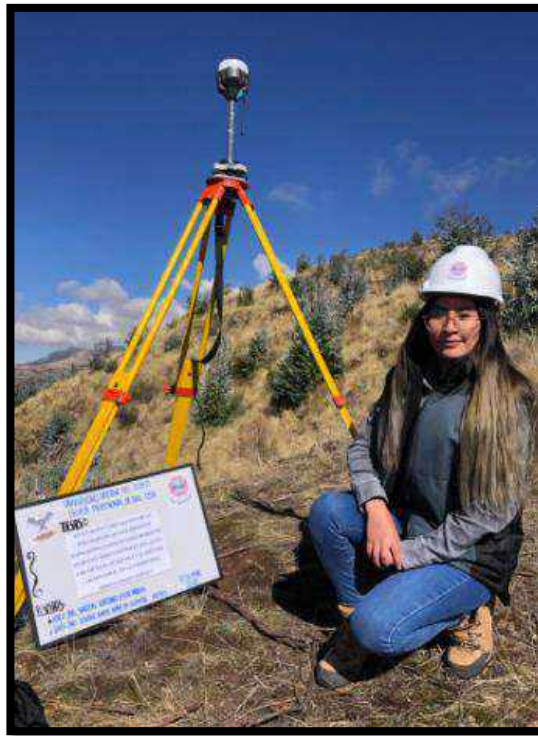
Figura n° 48: Ubicación de los Puntos de Control en el mapa de la aplicación



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (Captura de Pantalla celular)



Figura n° 49: Espera para la recepción y en lace de los satélites



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 50: Término del levantamiento con GPS Diferencial (retorno a la Base)




Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



3.5.3.3.Toma de datos

Tabla n° 12: Ficha de Observación con datos Levantamiento de GPS Diferencial

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
TEMA:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A 50 METROS DE ALTURA Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA CARRETERA ABRA CCORAO-CCORAO"						
TESISTAS:	Bach. Ing. Sharon Adriana Leiva Marín Bach. Ing. Joddai Javier Niño de Guzman Arpasi						
LUGAR:	ABRA CCORAO - CCORAO						
FECHA:	12/12/2020						
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON GPS DIFERENCIAL							
NOMBRE DEL PROYECTO	Carretera Abra Ccorao-Ccorao						
ESQUEMA							
AREA DE ESTUDIO (Ha.)	LONGITUD DE ESTUDIO (km.)						
30.25	5.00						
PUNTO BASE							
LATITUD -13,4864020683							
LONGITUD -71,937650087							
ALTURA 3905.246 m							
PROGRESIVAS (km)							
Km. 15+000							
Km. 20+000							
NUMERO DE PUNTOS							
39							
CLIMA							
SOLEADO	NORMAL	NUBLADO	OTROS				
x							
PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	HORA		DESCRIPCIÓN	
				INICIO	FINAL	NOMBRE DEL PUNTO	N° SATELITES
1	8506957.890	182117.2014	3828.87528	09:01:25	09:01:35	BM1	26
2	8506990.819	182350.3998	3819.070357	09:04:46	09:04:53	BM2	26
3	8507000.732	182350.5801	3819.527	09:08:07	09:08:13	BM3	27
4	8506994.832	182599.2709	3804.6785	09:11:28	09:11:34	BM4	27
5	8506986.759	182600.9713	3804.61576	09:14:49	09:14:54	BM5	26
6	8507055.803	182833.5892	3789.324775	09:18:10	09:18:14	BM6	27
7	8507063.959	182836.8541	3789.77156	09:21:31	09:21:36	BM7	26
8	8507144.286	183054.233	3778.2983	09:24:52	09:24:58	BM8	27
9	8507128.099	183053.5787	3777.205467	09:28:13	09:28:19	BM9	27
10	8507209.095	183276.4173	3763.47795	09:31:34	09:31:38	BM10	26
11	8507216.561	183271.5939	3762.89355	09:34:55	09:34:59	BM11	27
12	8507211.770	183458.7388	3749.6843	09:38:16	09:38:20	BM12	27
13	8507043.847	183569.5268	3742.7569	09:41:37	09:41:42	BM13	26
14	8507025.64	183561.3676	3744.27444	09:44:58	09:45:03	BM14	26
15	8507000.79	183805.2386	3729.987	09:48:19	09:48:24	BM15	27
16	8506984.193	183797.8345	3733.66932	09:51:40	09:51:45	BM16	27
17	8506896.14	184043.9796	3719.281	09:55:01	09:55:05	BM17	26
18	8506905.823	184047.1778	3719.67745	09:58:22	09:58:26	BM18	27
19	8506789.312	184232.1246	3708.592633	10:01:43	10:01:49	BM19	26
20	8506782.093	184226.8627	3708.899875	10:05:04	10:05:08	BM20	27
21	8506915.38	184232.739	3698.3077	10:08:25	10:08:28	BM21	27
22	8506909.89	184226.228	3698.304125	10:11:46	10:11:50	BM22	26
23	8507085.043	184069.3187	3691.47945	10:15:07	10:15:11	BM23	27
24	8507094.184	184083.3975	3690.583086	10:18:28	10:18:35	BM24	27
25	8507279.495	183926.1739	3679.41662	10:21:49	10:21:59	BM25	26
26	8507266.456	183911.4317	3680.2865	10:25:10	10:25:13	BM26	26
27	8507460.479	183773.3062	3668.72536	10:28:31	10:28:36	BM27	27
28	8507455.004	183766.5671	3668.6633	10:31:52	10:31:55	BM28	27
29	8507642.25	183604.582	3660.141717	10:35:13	10:35:19	BM29	26
30	8507649.277	183614.1356	3659.809043	10:38:34	10:38:41	BM30	27
31	8508026.8	183311.2635	3649.6462	10:41:55	10:41:59	BM31	26
32	8508025.569	183299.3803	3650.339986	10:45:16	10:45:23	BM32	27
33	8508245.335	183400.6188	3641.615325	10:48:37	10:48:41	BM33	27
34	8508240.952	183412.4642	3641.459875	10:51:58	10:52:02	BM34	26
35	8508488.461	183555.4646	3634.33618	10:55:19	10:55:24	BM35	27
36	8508493.899	183544.9114	3634.2416	10:58:40	10:58:43	BM36	27
37	8508755.259	183715.1222	3628.79964	11:02:01	11:02:06	BM37	26
38	8508763.454	183703.7102	3626.059875	11:05:22	11:05:26	BM38	26
39	8508721.192	183664.4266	3629.969425	11:08:43	11:08:47	BM39	27

Fuente: Elaboración Propia



3.5.4. Levantamiento con Estación Total

3.5.4.1. Equipos

- 01 Estación total
- 01 GPS Navegador
- 01 Trípode
- 03 prismas
- 03 porta prismas
- 01 brújula
- 02 Flexómetro (5m y 30m)
- 02 Radios
- 01 Cuaderno de Campo

3.5.4.2. Procedimiento

- La Estación Total debe colocarse en el lugar que más nos convenga (donde podamos visualizar la mayor cantidad de puntos del levantamiento que vayamos a hacer (polígono) este punto lo identificamos con un nombre.
- Colocamos la estación total sobre el punto que hayamos elegido, nivelamos, orientamos por medio del norte y configuramos el equipo.
- Para la segunda estación y los siguientes puntos de cambios se referencia al punto que se tomó al final y seguir con los demás puntos.
- Una vez guardada la segunda estación procedemos a seguir el levantamiento tomando los puntos necesarios.
- Se realiza una medición de la vía para comprobar los datos obtenidos con la estación total.
- Se empieza con el levantamiento topográfico disparando hacia los prismas colocados a una altura de 1.55 m cada veinte metros en la parte de la vía que indicaba un camino recto y en caso de curvas cada 10 m , incluyendo el eje los extremos de los carriles ,taludes, obras de arte como alcantarillas , entre otros.
- Se registra los puntos tomados por la estación en la libreta de campo y tener una mejor ubicación de los puntos del levantamiento así también como una fuente de comprobación.
- Se debe tener mucho cuidado y estar atentos al momento de levantar los puntos señalizados como BMs pues nos servirá como datos para el proceso de cálculo , comparación y obtención de resultados.



- Como trabajo paralelo se anotará en un cuaderno de campo los puntos registrados a fin de tener un respaldo de información en la cual apuntaremos no solamente el número de punto y la descripción si no también la ubicación en un croquis que se dibujara en el presente cuaderno.
- Finalizamos el levantamiento y guardamos los datos obtenidos en el nuevo trabajo, guardamos los equipos y esperamos el procesamiento de datos que se realiza en gabinete.

Figura n° 51: Armado del trípode de la Estación Total



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



Figura n° 52: Nivelado y configuración de la Estación Total



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 53: Visualizado y captura de los puntos del levantamiento topográfico



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



Figura n° 54: Toma de puntos (Prismeado) de los extremos laterales de la vía



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 55: Vista del prisma hacia la Estación Total



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

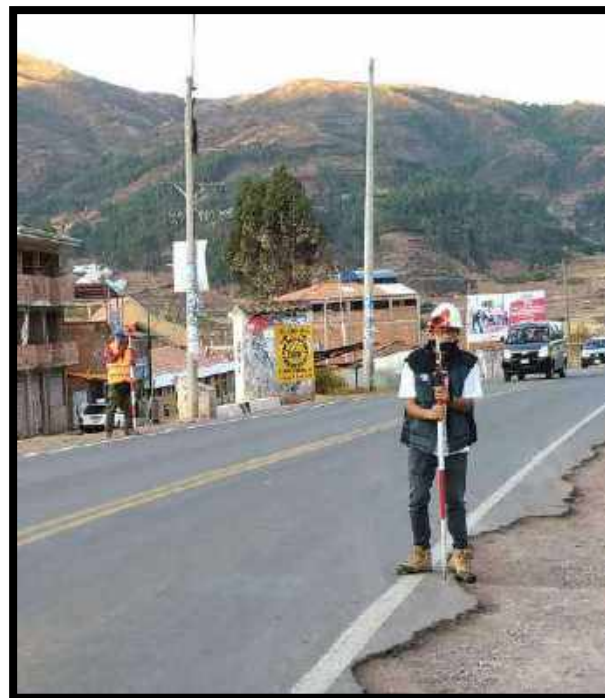


Figura n° 56: Toma de puntos (Prismeado) del Eje de la Vía



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 57: Toma de puntos (Prismeado) del final de la zona de Estudio –I.E.I Inca Ripac Ccorao



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



Figura n° 58: Toma de los últimos puntos del Levantamiento Topográfico



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 59: Comprobación de los puntos con GPS navegador



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



Figura n° 60: Apuntes en la libreta topográfica de los puntos levantados



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 61: Término del Levantamiento Topográfico con Estación Total



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



3.5.4.3.Toma de datos

Tabla n° 13: Ficha de observación con datos Levantamiento con Estación Total-1° Levantamiento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
TEMA:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A 50 METROS DE ALTURA Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA CARRETERA ABRA CCORAO-CCORAO"								
TESISTAS:	Bach.Ing. Sharon Adriana Leiva Marin Bach.Ing. Joddai Javier Niño de Guzman Arpasi								
LUGAR:	ABRA CCORAO - CCORAO	FECHA:	18/09/2020						
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACIÓN TOTAL									
NOMBRE DEL PROYECTO		Carretera Abra Ccorao-Ccorao		ESQUEMA					
TIPO DE TERRENO		PROGRESIVA INICIAL							
PLANO		15+000							
NOMBRE DEL OPERADOR		COTA							
Joddai Javier/Sharon Adriana		3782.6847							
COORDENADA CON GPS		ALTURA INSTRUMENTAL							
ESTE	18240	1.55							
NORTE	8517536								
CLIMA	SOLEADO		NORMAL		NUBLADO	OTROS			
	X								
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA		DESCRIPCIÓN	PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA
2	8506959.05	182117.6694	3830.66428	BM1	923	8506916.75	184233.191	3699.8687	BM21
48	8506991.869	182350.8248	3820.335357	BM2	925	8506911.18	184226.644	3699.827125	BM22
98	8507001.982	182350.9991	3820.876	BM3	1000	8507086.123	184069.7657	3693.02345	BM23
113	8506996.202	182599.7049	3805.8405	BM4	1056	8507095.414	184083.8755	3691.955086	BM24
189	8506988.049	182601.3783	3806.49476	BM5	1099	8507280.855	183926.6409	3680.65062	BM25
264	8507057.013	182834.0062	3790.972775	BM6	1145	8507267.926	183911.8677	3681.5495	BM26
301	8507064.989	182837.2801	3791.02956	BM7	1177	8507461.509	183773.7152	3669.96036	BM27
367	8507145.846	183054.65	3779.5323	BM8	1225	8507456.234	183766.9951	3669.8773	BM28
389	8507129.619	183054.0327	3778.502467	BM9	1272	8507643.41	183605.009	3661.338717	BM29
427	8507210.635	183276.8833	3765.16495	BM10	1320	8507650.637	183614.5836	3660.907043	BM30
489	8507217.931	183271.9969	3764.19055	BM11	1360	8508027.81	183311.6925	3650.8112	BM31
526	8507213	183459.1758	3751.2713	BM12	1401	8508026.609	183299.8533	3651.367986	BM32
571	8507045.107	183569.9508	3744.2529	BM13	1451	8508246.565	183401.0708	3642.963325	BM33
615	8507026.87	183561.8236	3745.59844	BM14	1498	8508242.022	183412.8872	3642.946875	BM34
658	8507002	183805.7046	3731.245	BM15	1542	8508489.521	183555.8836	3636.03418	BM35
705	8506985.383	183798.2965	3735.63632	BM16	1580	8508495.049	183545.3624	3635.5886	BM36
748	8506897.23	184044.4466	3720.654	BM17	1628	8508756.919	183715.5582	3630.14864	BM37
780	8506906.983	184047.6008	3720.97145	BM18	1669	8508764.524	183704.1232	3627.707875	BM38
835	8506790.332	184232.5476	3709.805633	BM19	1702	8508722.372	183664.8636	3628.621425	BM39
879	8506783.463	184227.2807	3709.931875	BM20					

Fuente: Elaboración Propia



Tabla n° 14: Ficha de observación con datos Levantamiento con Estación Total-2° Levantamiento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TEMA:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A 50 METROS DE ALTURA Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA CARRETERA ABRA CCORAO-CCORAO"			
TESISTAS:	Bach.Ing. Sharon Adriana Leiva Marin Bach.Ing. Joddai Javier Niño de Guzman Arpasi			
LUGAR:	ABRA CCORAO - CCORAO		FECHA:	22/09/2020
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACIÓN TOTAL				
NOMBRE DEL PROYECTO		Carretera Abra Ccorao-Ccorao		ESQUEMA
TIPO DE TERRENO		PROGRESIVA INICIAL/FINAL		
PLANO		15 +000/20+000		
NOMBRE DEL OPERADOR		COTA		
Joddai Javier/Sharon Adriana		3782.7248		
COORDENADA CON GPS		ALTURA INSTRUMENTAL		
ESTE	18240	1.55		
NORTE	8517536			
CLIMA	SOLEADO	NORMAL	NUBLADO	OTROS
		X		



PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
4	8506959.301	182118.1494	3831.28828	BM1
45	8506992.132	182351.1788	3821.322357	BM2
96	8507002.464	182350.9991	3821.693	BM3
115	8506996.555	182600.6919	3806.4375	BM4
192	8506988.732	182602.0363	3807.74876	BM5
261	8507057.267	182834.3752	3791.968775	BM6
300	8507065.863	182838.2431	3791.38056	BM7
335	8507146.544	183055.74	3782.3993	BM8
386	8507130.6	183054.6007	3779.712467	BM9
422	8507210.893	183277.5613	3766.13195	BM10
498	8507218.078	183272.6379	3765.40755	BM11
523	8507213.761	183459.6928	3752.2739	BM12
569	8507045.112	183570.8788	3744.4509	BM13
634	8507027.218	183562.5106	3746.39544	BM14
650	8507002.978	183806.5566	3733.07	BM15
702	8506986.285	183798.6435	3737.31632	BM16
750	8506897.471	184045.3946	3721.858	BM17
781	8506907.24	184048.3518	3722.16845	BM18
833	8506790.68	184232.9116	3711.152633	BM19
881	8506783.472	184227.5597	3710.609875	BM20

PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
921	8506917.067	184233.838	3700.8377	BM21
924	8506911.756	184226.811	3700.850125	BM22
998	8507086.37	184069.7897	3694.25445	BM23
1052	8507095.78	184084.3005	3692.872086	BM24
1092	8507280.912	183926.8679	3681.86562	BM25
1142	8507268.505	183912.2647	3683.0965	BM26
1174	8507461.533	183774.2402	3671.60736	BM27
1222	8507456.593	183767.6431	3672.0343	BM28
1269	8507643.986	183605.656	3663.217717	BM29
1310	8507651.084	183614.8976	3662.253043	BM30
1365	8508028.471	183311.8445	3651.7332	BM31
1399	8508026.963	183300.2203	3651.754986	BM32
1450	8508246.663	183401.1075	3643.581325	BM33
1500	8508242.246	183413.5552	3643.060875	BM34
1543	8508489.878	183556.3296	3637.23818	BM35
1576	8508495.296	183546.1124	3636.5937	BM36
1654	8508757.793	183716.1242	3630.76564	BM37
1678	8508764.878	183704.3872	3628.704975	BM38
1710	8508722.993	183665.5506	3628.936425	BM39

Fuente: Elaboración Propia



Tabla n° 15: Ficha de observación con datos Levantamiento con Estación Total-3° Levantamiento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
									
TEMA:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A 50 METROS DE ALTURA Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA CARRETERA ABRA CCORAO-CCORAO"								
TESISTAS:	Bach.Ing. Sharon Adriana Leiva Marin								
	Bach.Ing. Joddai Javier Niño de Guzman Arpasi								
LUGAR:	ABRA CCORAO - CCORAO		FECHA:	25/09/2020					
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACIÓN TOTAL									
NOMBRE DEL PROYECTO	Carretera Abra Ccorao-Ccorao		ESQUEMA						
TIPO DE TERRENO	PROGRESIVA INICIAL/FINAL								
PLANO	15 +000/20+000								
NOMBRE DEL OPERADOR	COTA								
Joddai Javier/Sharon Adriana	3782.4567								
COORDENADA CON GPS	ALTURA INSTRUMENTAL								
ESTE	18241	1.55							
NORTE	8517535								
CLIMA	SOLEADO	NORMAL	NUBLADO	OTROS					
		X							
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
1	8506959.398	182117.8264	3832.97928	BM1	902	8506917.097	184233.2897	3702.1177	BM21
40	8506992.856	182351.1718	3823.682357	BM2	922	8506911.513	184226.991	3702.861125	BM22
92	8507002.229	182351.9271	3821.793	BM3	985	8507086.751	184070.4267	3693.31045	BM23
112	8506997.189	182600.5509	3806.8225	BM4	1050	8507095.42	184084.2425	3694.754086	BM24
191	8506988.696	182601.7033	3808.63276	BM5	1102	8507281.472	183926.9759	3682.57762	BM25
261	8507057.038	182834.2942	3792.206775	BM6	1138	8507268.823	183912.3817	3683.1735	BM26
299	8507065.376	182838.2781	3793.07556	BM7	1169	8507462.22	183774.4562	3671.97423	BM27
224	8507146.504	183055.314	3782.3653	BM8	1221	8507456.851	183767.2531	3672.9091	BM28
386	8507130.236	183054.5807	3779.669467	BM9	1259	8507644.058	183605.378	3663.173717	BM29
420	8507211.316	183277.1983	3767.79195	BM10	1302	8507650.862	183615.3156	3663.306043	BM30
495	8507218.674	183272.3939	3767.12455	BM11	1355	8508028.037	183312.6765	3653.5722	BM31
520	8507213.361	183459.5238	3753.4283	BM12	1370	8508026.744	183300.3893	3652.253986	BM32
566	8507045.322	183570.1918	3746.9149	BM13	1440	8508246.66	183401.2878	3647.280325	BM33
631	8507027.067	183562.1596	3747.91744	BM14	1492	8508242.371	183413.4212	3644.643875	BM34
644	8507002.358	183806.2226	3734.714	BM15	1544	8508489.858	183556.6446	3638.03658	BM35
700	8506985.684	183798.6415	3737.18732	BM16	1598	8508495.573	183545.8494	3639.9376	BM36
769	8506897.359	184044.8936	3722.97	BM17	1667	8508757.576	183716.5432	3631.41564	BM37
777	8506907.37	184047.7178	3723.13845	BM18	1680	8508764.533	183704.4912	3628.836875	BM38
830	8506790.849	184232.5476	3712.723633	BM19	1708	8508722.626	183665.0806	3628.992425	BM39
879	8506784.32	184227.5287	3713.166875	BM20					

Fuente: Elaboración Propia



3.5.5. Levantamiento con Equipo Aéreo No Tripulado UAV (Dron)

3.5.5.1. Equipos

- 01 Dron DJI Mavic 2 PRO
- 03 baterías
- 01 cámara Hasselblad de 28 Mp
- 01 control remoto de Dron
- 01 celular con la aplicación (dji 4.0)
- Software UAV FORECAST

3.5.5.2. Procedimiento

- Se comenzó con el armado de las hélices del Dron así también el instalado de la cámara.
- Se procedió al encendido y programación del nuevo trabajo indicando la ruta de vuelo y programación para que el dron regrese al punto de inicio, haciendo un total de 5 misiones por vuelo.
- Se entró a la aplicación UAV FORECAST para conocer las condiciones climáticas e iniciar el vuelo sin dificultad.
- Se registró para el inicio del vuelo con 18 satélites, a medida del avance de la ruta se fue tomando las fotografías.
- El equipo guarda las fotografías con sus respectivas coordenadas y alturas.
- A medida que se realizaba los vuelos la batería iba a agotándose por lo que se realizaba un cambio constante de ellas cada 20 minutos.
- Terminando la misión programada registra su vuelo de vuelta a casa
- Una vez obtenidos todas las fotografías se guardó el trabajo y se procesó en gabinete.

3.5.5.3.FASE N° 1: Programación de plan de vuelo y pasos a seguir durante la obtención y captura de fotografías

Figura n° 62: Planeación de una nueva misión, seleccionando la opción de polígono para la ruta



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (Captura de Pantalla celular)

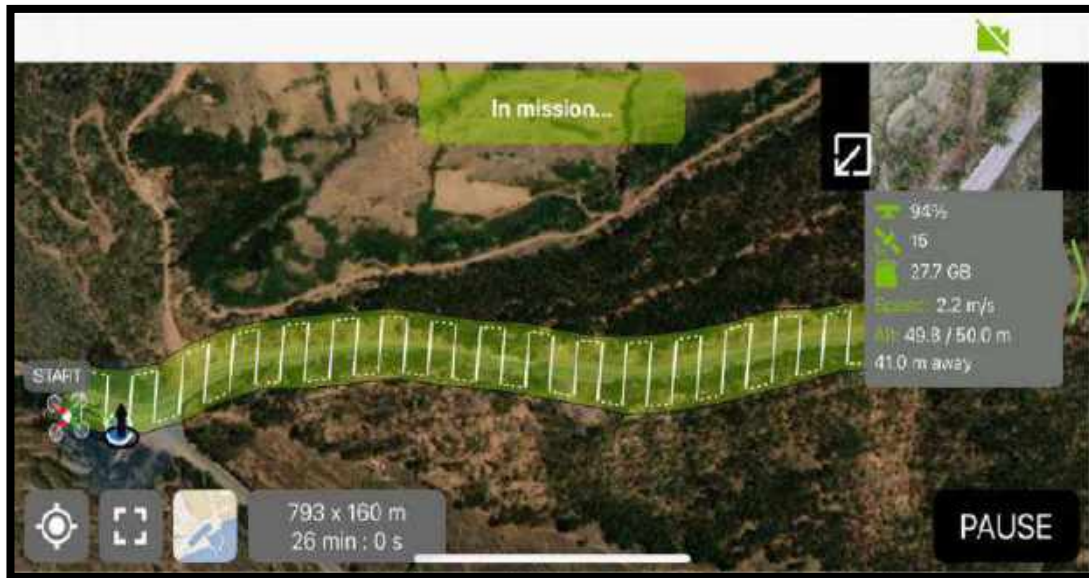
Figura n° 63: Seleccionamos el área tanto inicio o final así como la dirección en la que tomara las fotografías en la aplicación Pix4D



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (Captura de Pantalla celular)



Figura n° 64: Inicio de la ruta de vuelo del Dron



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (Captura de Pantalla celular)

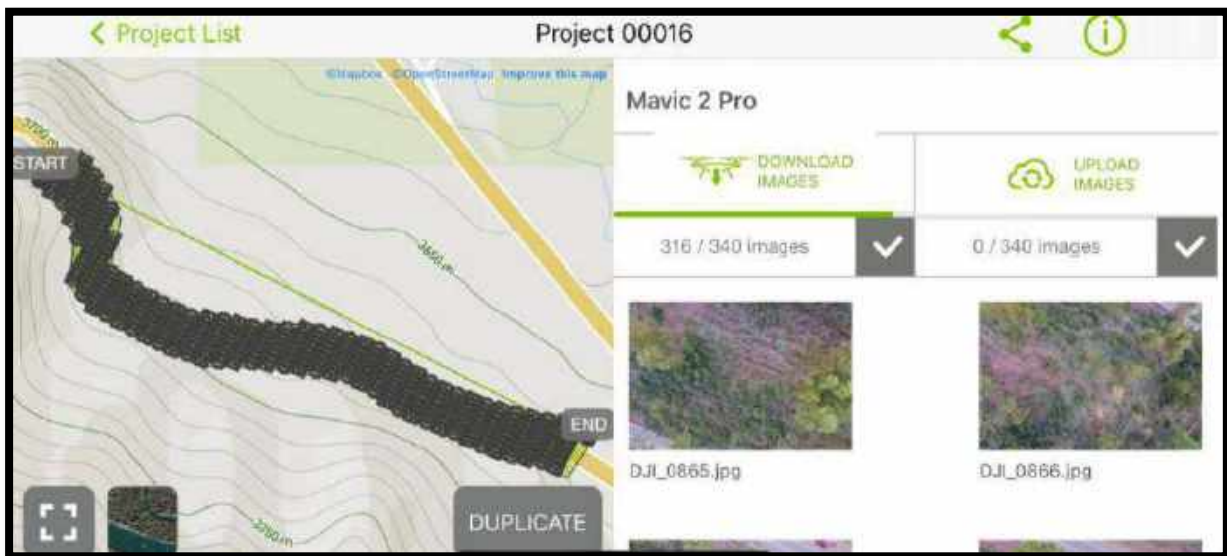
Figura n° 65: Regreso del dron con su comando devuelta a casa o punto de inicio del vuelo una vez tomada las fotografías



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (Captura de Pantalla celular)



Figura n° 66: Visualización preliminar de fotografías capturadas por el Dron



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (Captura de Pantalla celular)

Figura n° 67: Proceso de Descarga y autoguardado de fotografías dentro del Proyecto en el que se hizo el plan de vuelo



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (Captura de Pantalla celular)



Figura n° 68: Ensamblado y Armado del Dron



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 69: Consulta con la aplicación UAV FORECAST para conocer las condiciones climáticas y empezar el vuelo del Dron



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas(captura de pantalla del celular)



Figura n° 70: Tendido de los banners en los puntos de control a lo largo de la vía



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 71: Tendido de los banners en la progresiva 16+000



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



*Figura n° 72: Inicio del vuelo programado en el inicio de la zona de Estudio
Abra Ccorao*



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 73: Dron en misión tomando fotografías



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



Figura n° 74: Término del vuelo programado, retornando al inicio de la misión



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 75: Aterrizaje del Dron, una vez terminado el vuelo programado



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



Figura n° 76: Apagado del equipo para evitar el recalentado de los accesorios y batería del Dron



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 77: Fotografía al inicio del vuelo y la zona de Estudio-Abra Ccorao



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

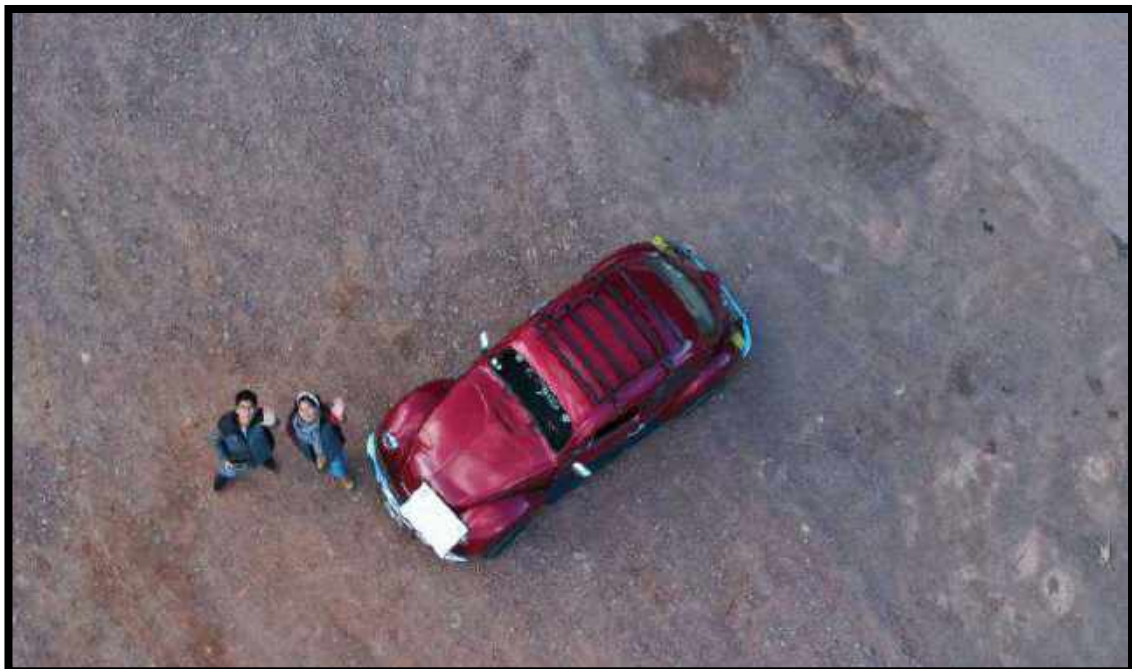


Figura n° 78: Fotografía al final de los vuelos y de la zona de Estudio – I.E.I Inca Ripac Ccorao



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas

Figura n° 79: Fotografía del ángulo de captura de las fotografías por el Dron Dji Mavic 2 Pro



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



3.5.5.4.Toma de datos

Tabla n° 16: Ficha de Observación con las fotografías (datos) de Levantamiento Topográfico con Dron

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		UAC			
TEMA:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS PLANIMÉTRICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHICULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A DISTINTAS ALTURAS DE VUELO Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN EL ABRA CCORAO-CCORAO"				
TESISTAS:	Bach. Ing. Sharon Adriana Leiva Marin Bach. Ing. Joddai Javier Niño de Guzman Arpasi				
LUGAR:	ABRA CCORAO - CCORAO	FECHA:	26/12/2020		
LEVANTAMIENTO CON DRONE					
NOMBRE DEL PROYECTO	Carretera Abra Ccorao-Ccorao		ESQUEMA		
AREA DE ESTUDIO (Ha.)	LONGITUD DE ESTUDIO (Km.)				
31.89	5.00				
PUNTO BASE					
LATITUD -13,4864020683					
LONGITUD -71,937650087					
ALTURA 3905.246 m					
PROGRESIVAS (km)					
Km. 15+000					
Km. 20+000					
NUMERO DE FOTOGRAFIAS					
39/1868					
CLIMA:	SOLEADO	NORMAL	NUBLADO		
	X				
<i>Fuente: Registros fotográficos Tesistas</i>					
FOTOGRAFIAS CON PUNTOS DE CONTROL					
N°	FOTOGRAFIA	TIEMPO DE CAPTURA	N°	FOTOGRAFIA	TIEMPO DE CAPTURA
381		2 seg	1310		2 seg
474		2 seg	1382		2 seg
484		2 seg	1442		2 seg
573		2 seg	1490		2 seg
665		2 seg	1554		2 seg
700		2 seg	1594		2 seg
763		2 seg	1664		2 seg
835		2 seg	1705		2 seg
964		2 seg	1779		2 seg
1030		2 seg	1841		2 seg
1111		2 seg	1853		2 seg
1248		2 seg			

Fuente: Elaboración Propia



Figura n° 80: Fotografía al iniciando el levantamiento



Fuente: Registros fotográficos Tesistas

Figura n° 81: Fotografía del levantamiento con Dron progresiva 15+500



Fuente: Registros fotográficos Tesistas



Figura n° 82: Fotografía del levantamiento con Dron progresiva 16+250



Figura n° 83: Fotografía del levantamiento con Dron progresiva 17+250



Fuente: Registros fotográficos Tesistas



Figura n° 84: Fotografía del levantamiento con Dron progresiva 18+000



Fuente: Registros fotográficos Tesistas

Figura n° 85: Fotografía del levantamiento con Dron progresiva 20+000



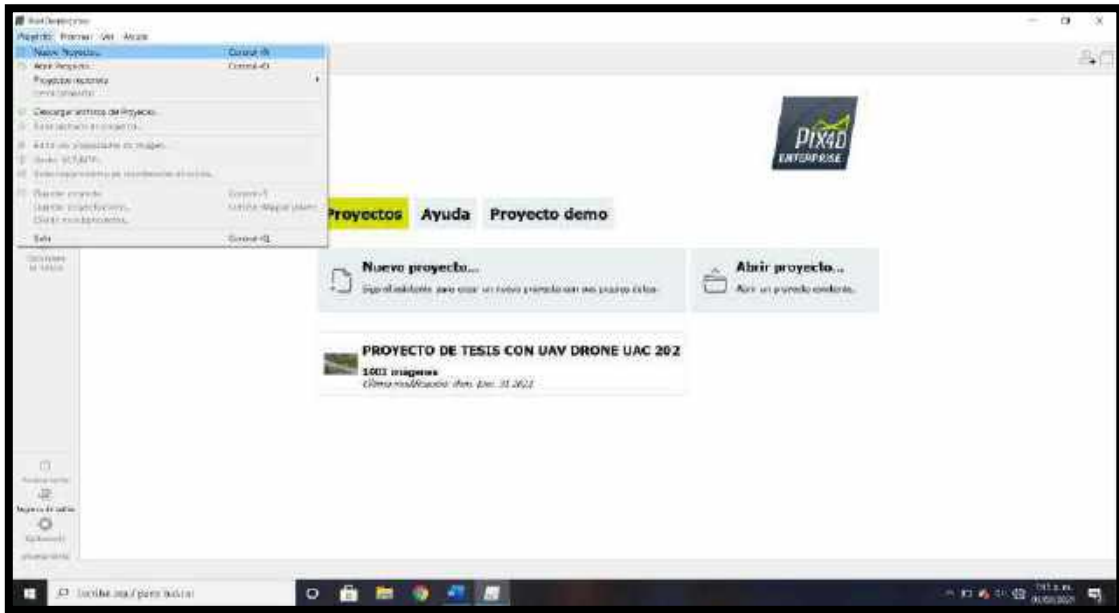
Fuente: Registros fotográficos Tesistas



3.5.5.5. FASE N° 2: Procesamiento de fotografías y orto rectificación con software pix4d (gabinete)

Paso 1: Se inicia y guarda como nuevo proyecto; agregando todas las fotografías que se procesaran.

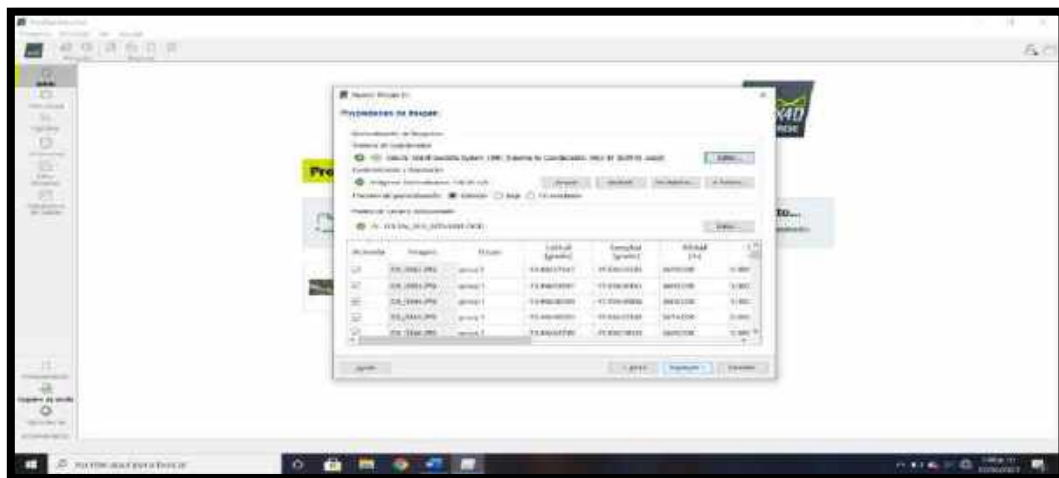
Figura n° 86: Nuevo proyecto, imágenes añadidas al programa Pix4D



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)

Paso 2: Se muestra una ventana donde se colocan las coordenadas UTM si se encuentran bien referenciadas, de igual forma se suben las imágenes capturadas por el dron.

Figura n° 87: Propiedades de imagen programa Pix4D

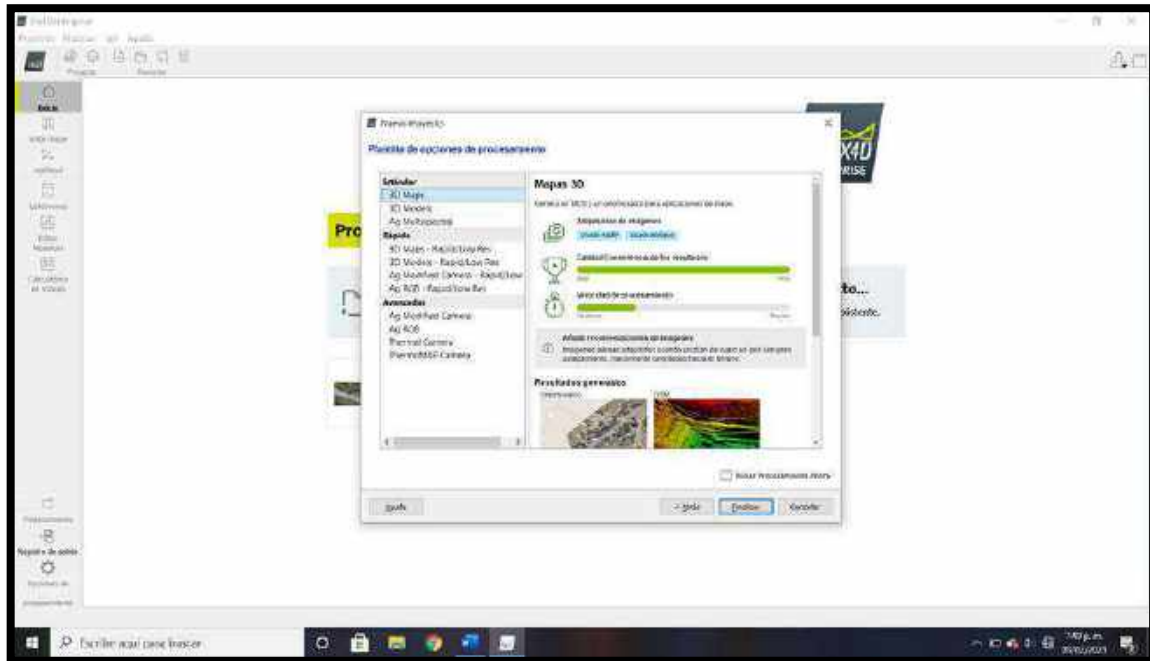


Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)



Paso 3: Escogemos la plantilla de nuestro procesamiento y como queremos un ortomosaico un DSM y una nube de puntos seleccionaremos como tipo de proyecto Estándar 3DMaps.

Figura n° 88: Plantilla de opciones de Procesamiento



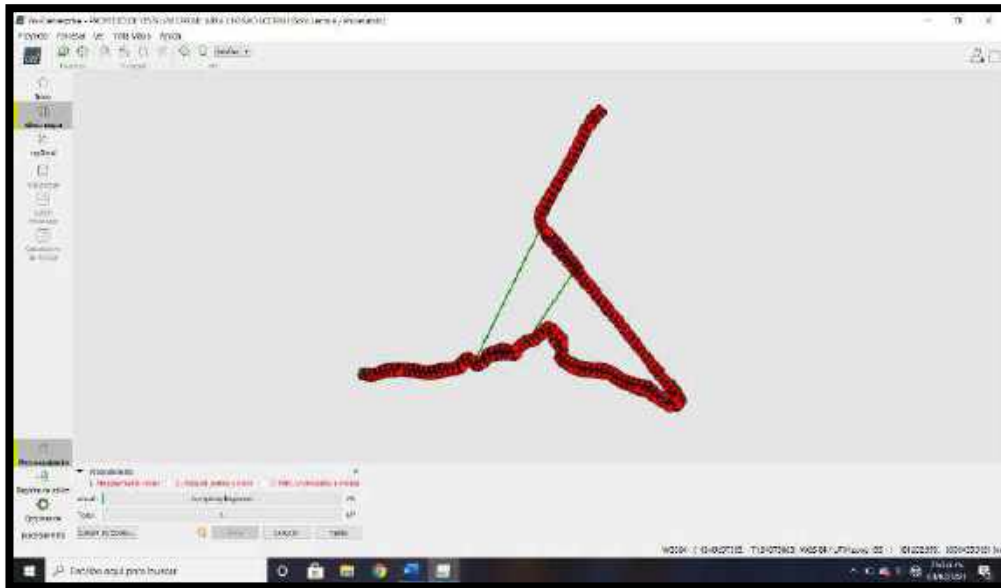
Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)

Paso 4: El procesamiento se puede dividir en tres bloques, que es mejor procesar de manera individual, por si surge algún error saber en qué fase se encuentra el fallo. El procesamiento inicial (bloque 1) es conveniente realizarlo en campo, porque tras este procesamiento PiX4D, nos crea un reporte con información importante que nos indica si el solape entre imágenes es suficiente y si las imágenes se han tomado en la posición correcta.

- **Bloque 1:** Procesamiento inicial.
- **Bloque 2:** Nube de puntos y malla.
- **Bloque 3:** MDS, ortomosaico e índices.



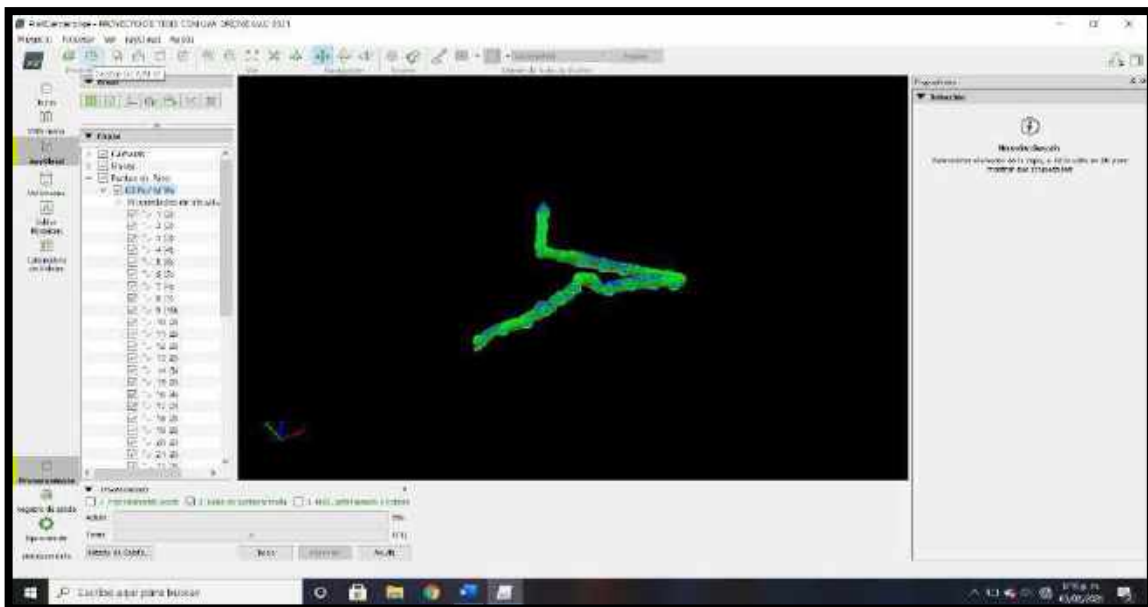
Figura n° 89: Procesamiento inicial



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)

Paso 5: Una vez terminado el procesamiento inicial pulsamos en la opción rayCloud, para colocar nuestros puntos de control del gps diferencial, seleccionamos la opción gestor GCP

Figura n° 90: Gestor GCP

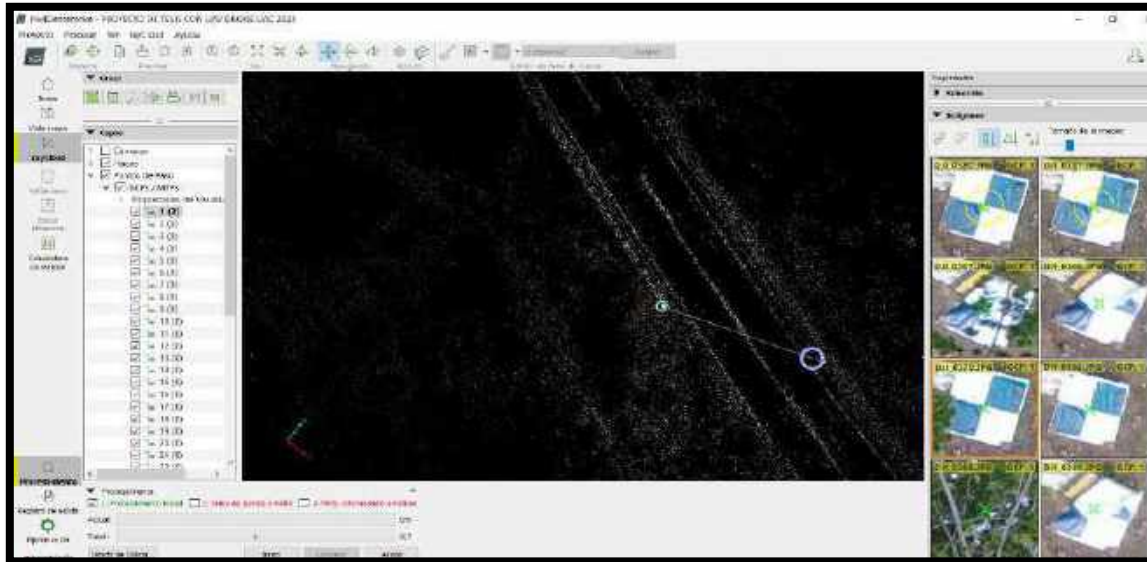


Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)



Paso 6: seleccionamos cada punto de control y con ayuda del cursor del mouse acercamos lo mejor posible al centro de cada una de las imágenes para así poder georeferenciarlas con el programa.

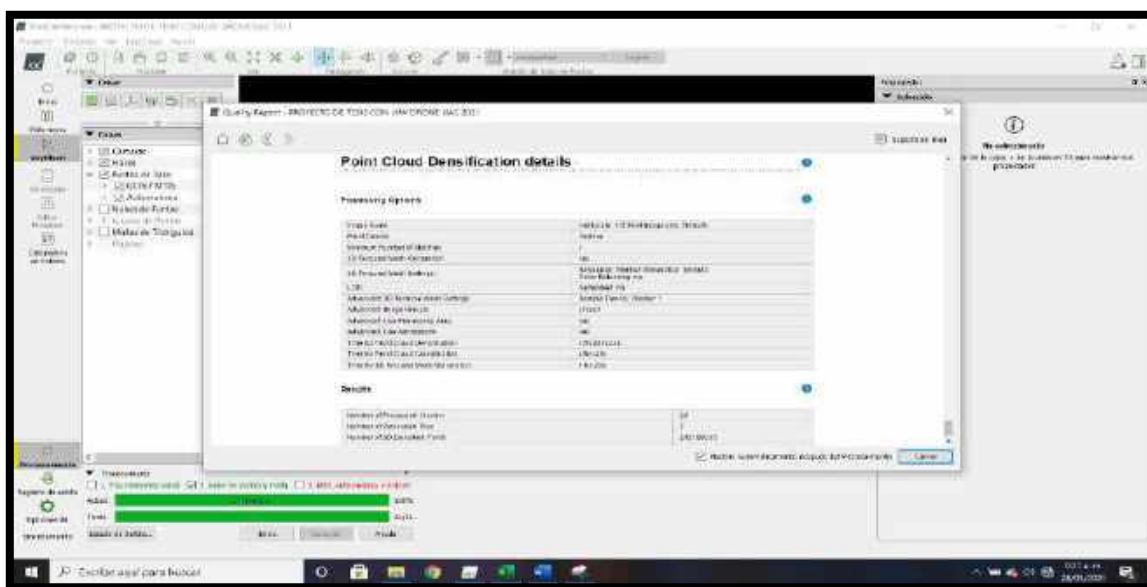
Figura n° 91: Georreferenciación con los puntos de control



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)

Paso 7: Una vez ya completado el paso anterior seleccionamos el paso número 2, que es la nube de puntos y malla, pulsamos la opción aceptar e iniciar, y esperamos a que termine el proceso.

Figura n° 92: Paso número 2 ,nube de puntos y malla

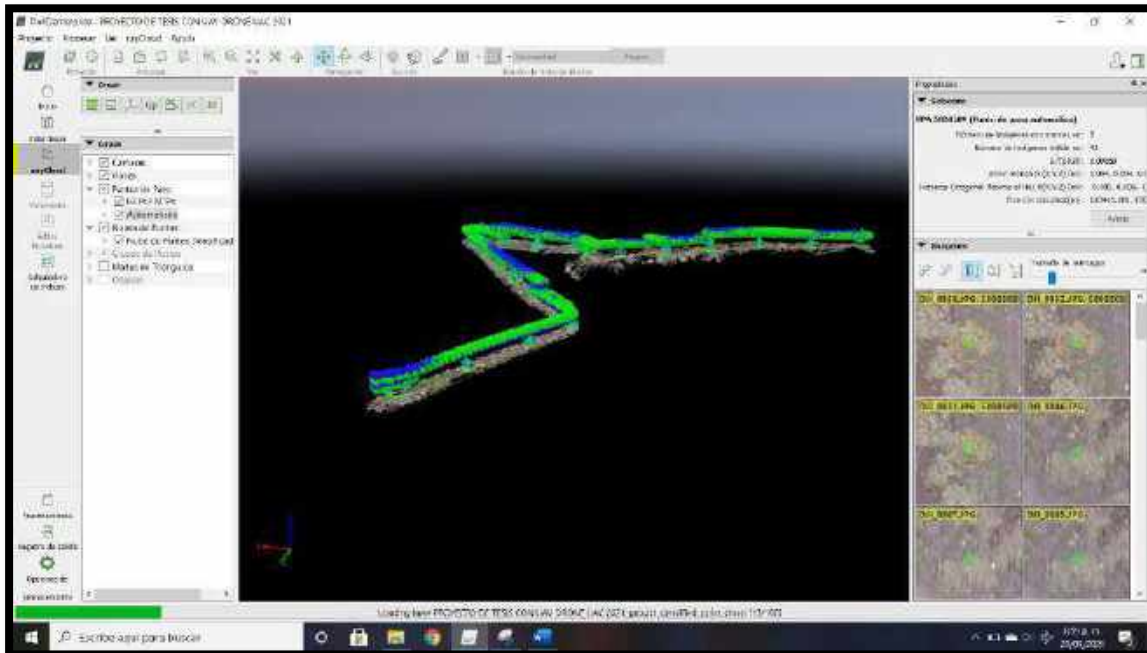


Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)



Paso 8: Aparece en los resultados los puntos de control ya Re Optimizados, seleccionamos nube de puntos y le damos a aceptar.

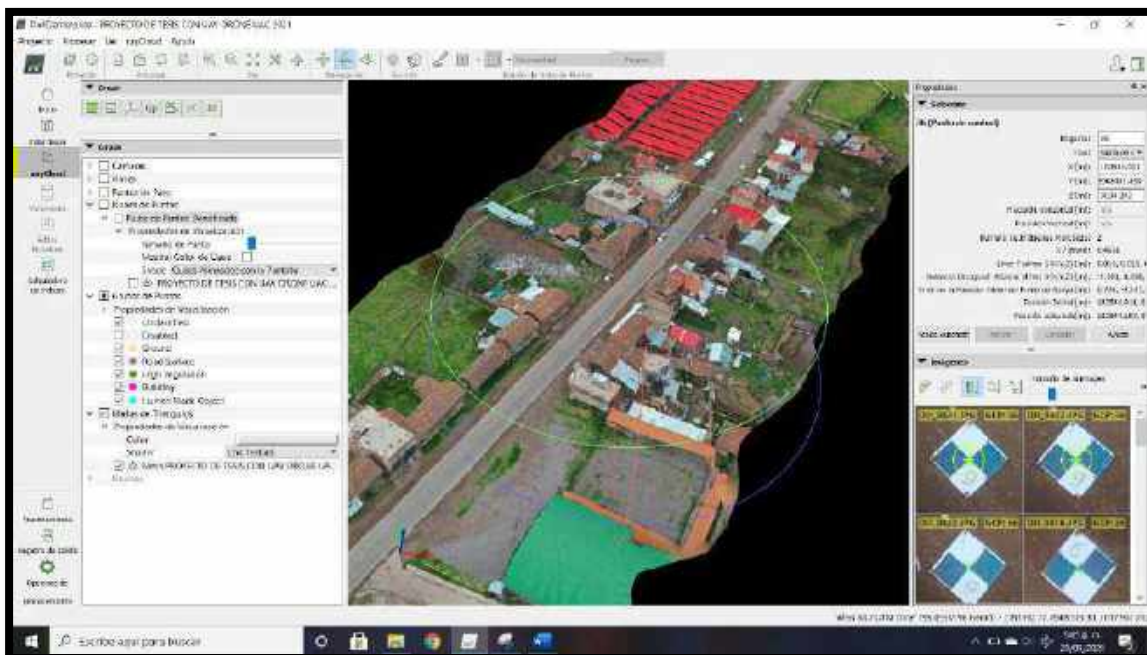
Figura n° 93: Reoptimización de la nube de puntos



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)

Paso 9: Verificamos que todas las fotos y el proyecto estén totalmente nítidas todos los puntos de control estén correctamente en su posición

Figura n° 94: Verificación de puntos y control



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)



Paso 12: Seleccionamos la opcion de editor de mosaico y esperamos a que termine

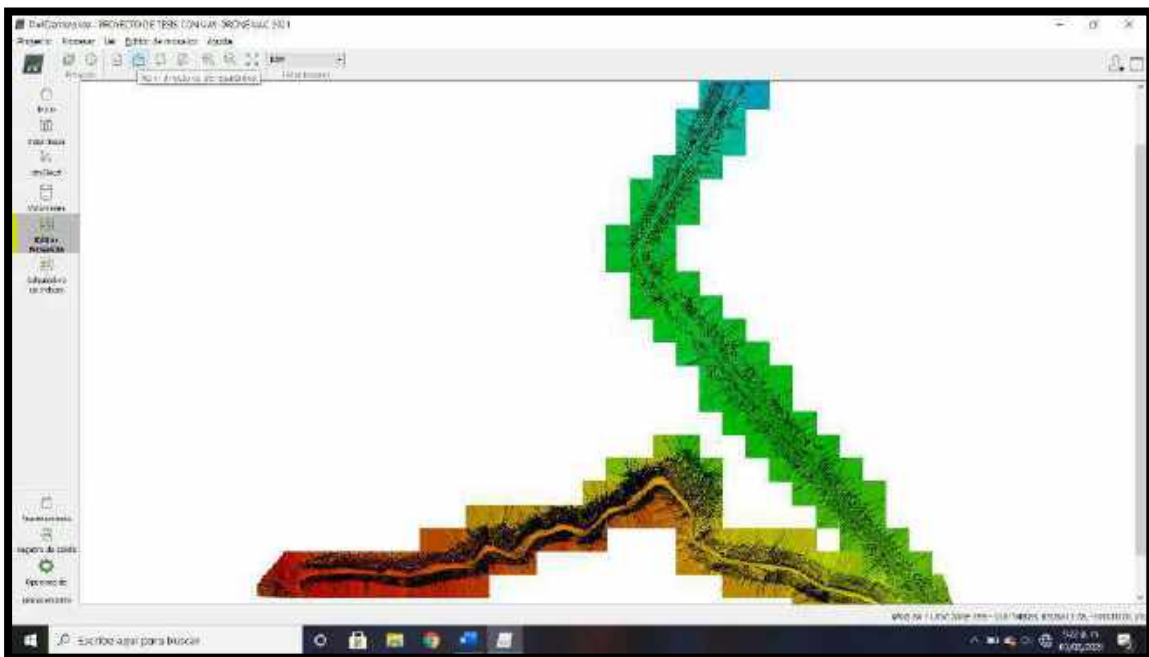
Figura n° 97: Editor de ortomosaico



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)

Paso 13: Seleccionamos la opcion DSM

Figura n° 98: MDS del levantamiento topográfico

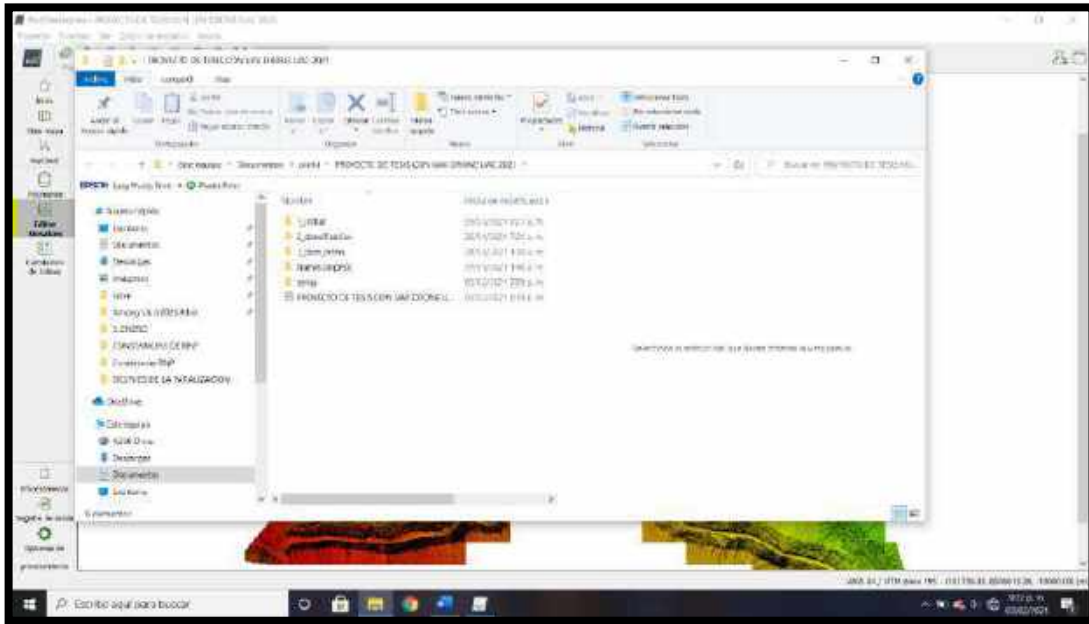


Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)



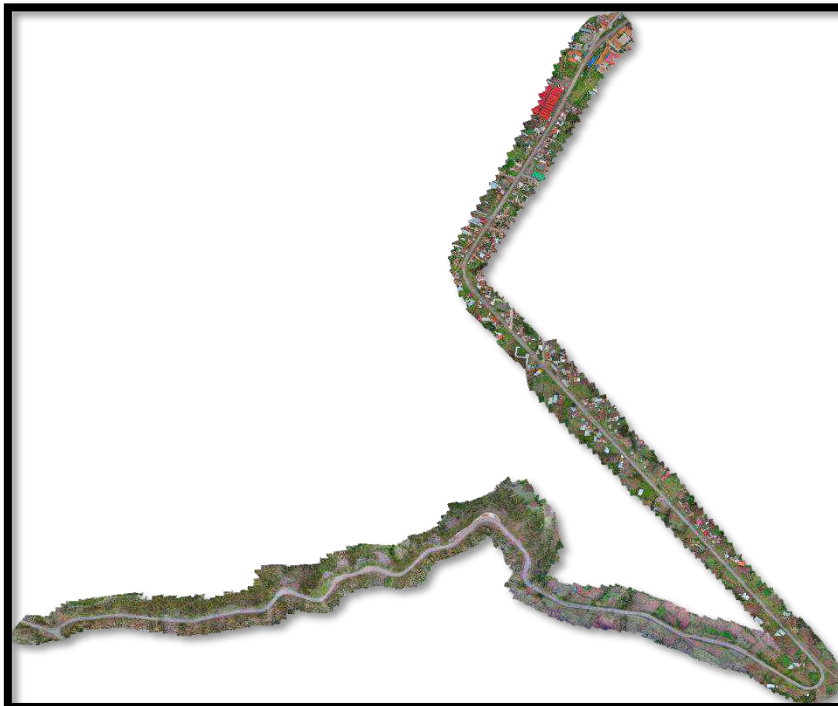
Paso 14: Se exporta a un formato CAD para la elaboración de los planos respectivos

Figura n° 99: Exportación y guardado de la información



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla)

Figura n° 100: Ortofoto del levantamiento listo para ser importado en Civil 3D



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas



3.6. Procedimientos de Análisis de Datos.

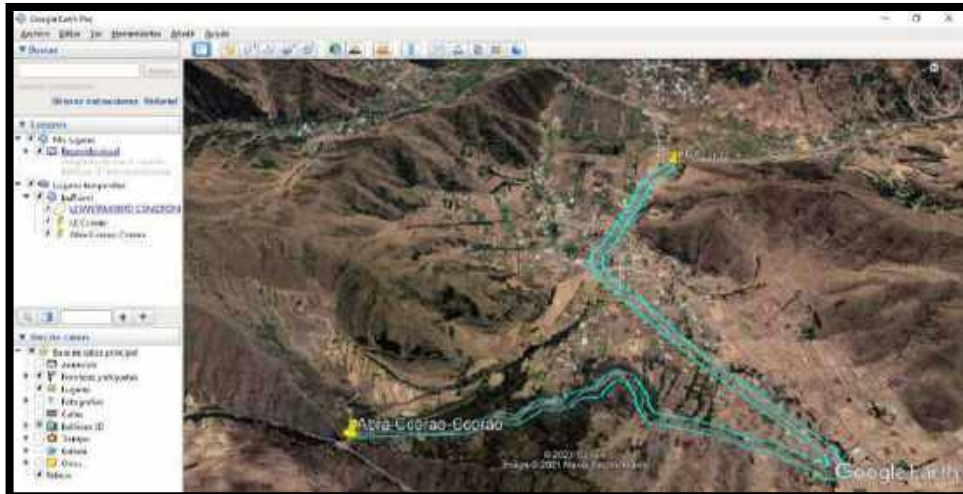
3.6.4. PARTE I: Planificación

Selección de la zona de Vuelo

- **Procedimiento:**

Se delinea con uso del software Google Earth Pro la zona que será levantada formando un polígono y obteniendo medidas aproximadas del área donde se realizará el vuelo

Figura n° 101: Imagen Satelital del área de estudio



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)

Tabla n° 17: Perímetro y área de la zona de estudio

Perímetro	10 367 m
Área	31.89 ha

Fuente: Elaboración Propia

- **Análisis de Pruebas**

El tiempo de ejecución de la fase 1 tomo 20 minutos equivalente a 0.33horas

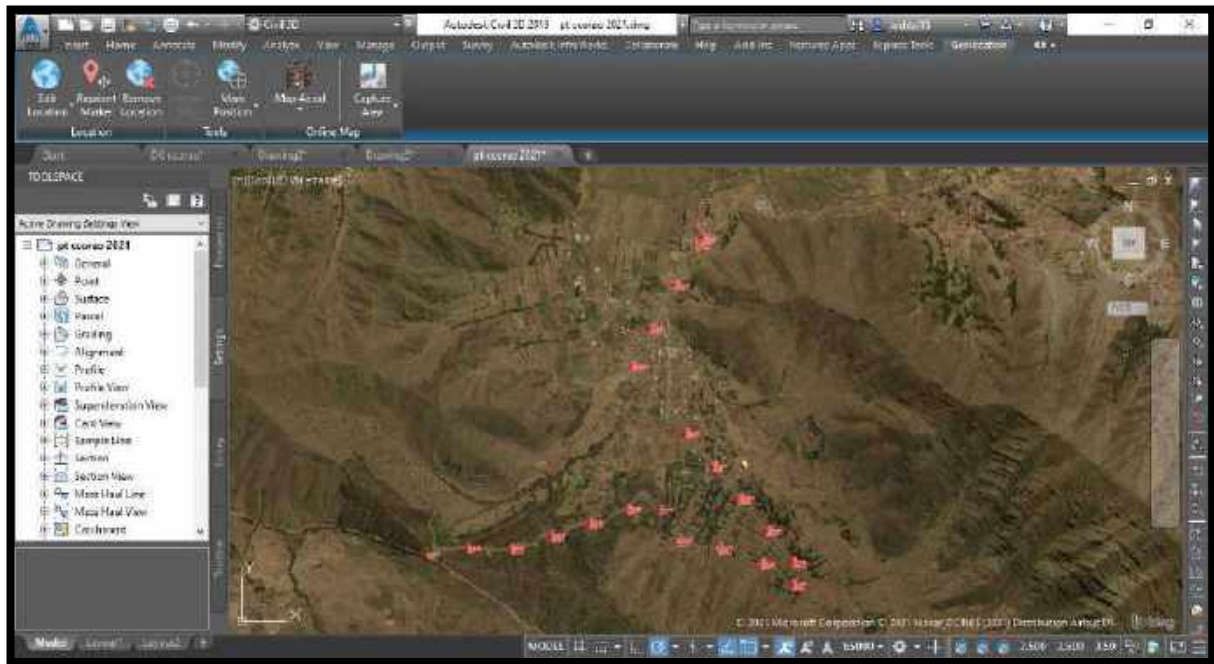
3.6.4.2.Levantamiento de los Puntos de Control

- **Procedimiento:**

Una vez terminado el levantamiento con el GPS diferencial nos brinda la información de las coordenadas de los BM; los cuales son exportados al software Civil 3D.



Figura n° 102: Puntos de control insertados en AutoCAD Civil 3D



Fuente: Registro Fotográfico Tesistas (captura de pantalla del software)

- **Análisis de Pruebas**

Se obtuvieron 39 puntos de control los cuales llevamos a una Hoja Excel lo cual nos permitirá tener los valores reales y realizar las comparaciones con las otras medidas tomadas de la Estación y del dron y por ende obtener los errores absolutos y relativos



3.6.5. PARTE II: Trabajos de campo

3.6.5.2. Condiciones climáticas para el vuelo (despegue y aterrizaje)

- **Procedimiento:**

Con la ayuda de la aplicación UAV FORECAST que nos proporcionó dichos datos

DESPEGUE

Tabla n° 18: Condiciones Climáticas en el despegue de los vuelos de Dron

Cond. Climáticas	Levantamiento n°1	Levantamiento n°2	Levantamiento n°3
Temperatura	13° C	12° C	11° C
Viento	9km/h	7 km/h	4 km/h
Ráfagas	21 km /h	22 km /h	9 km /h
Precipitación Probable	24%	20%	21%
Visibilidad	16 km	12 km	16 km
Satélites Visible	14	16	16

Fuente: Elaboración Propia

ATERRIZAJE

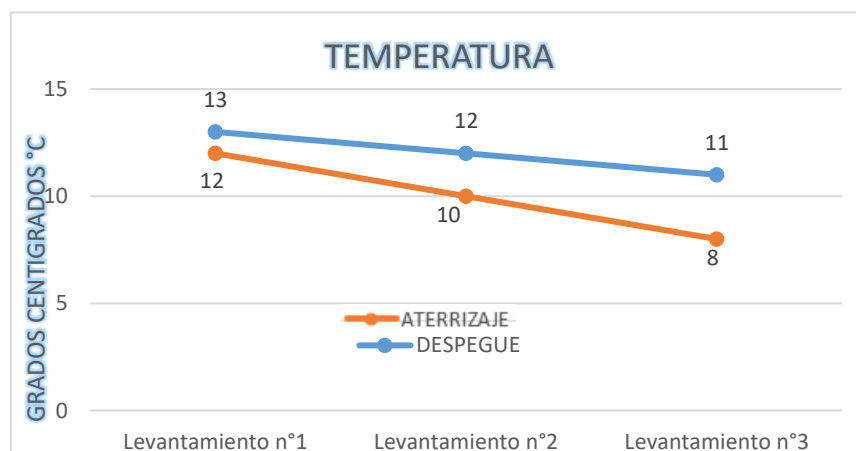
Tabla n° 19: Condiciones Climáticas en el aterrizaje de los vuelos de Dron

Cond. Climáticas	Levantamiento n°1	Levantamiento n°2	Levantamiento n°3
Temperatura	12° C	10° C	8° C
Viento	7km/h	6 km/h	5 km/h
Ráfagas	11 km /h	14 km /h	11 km /h
Precipitación Probable	0%	0%	5%
Visibilidad	16 km	16 km	16 km
Satélites Visible	15	15	18

Fuente: Elaboración Propia

- **Diagramas**

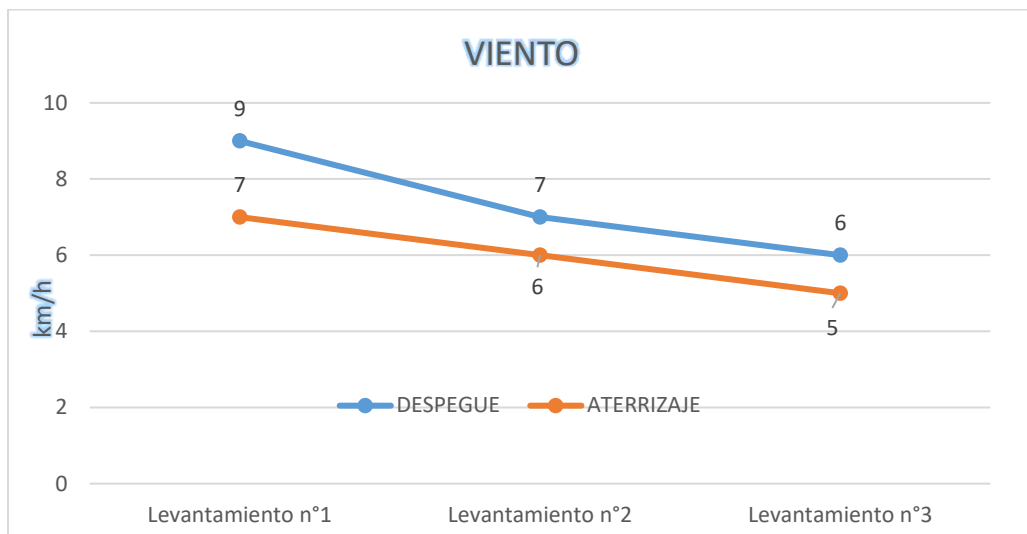
Figura n° 103: Gráfica de comparación de variación de Temperatura en el despegue y aterrizaje



Fuente: Elaboración Propia

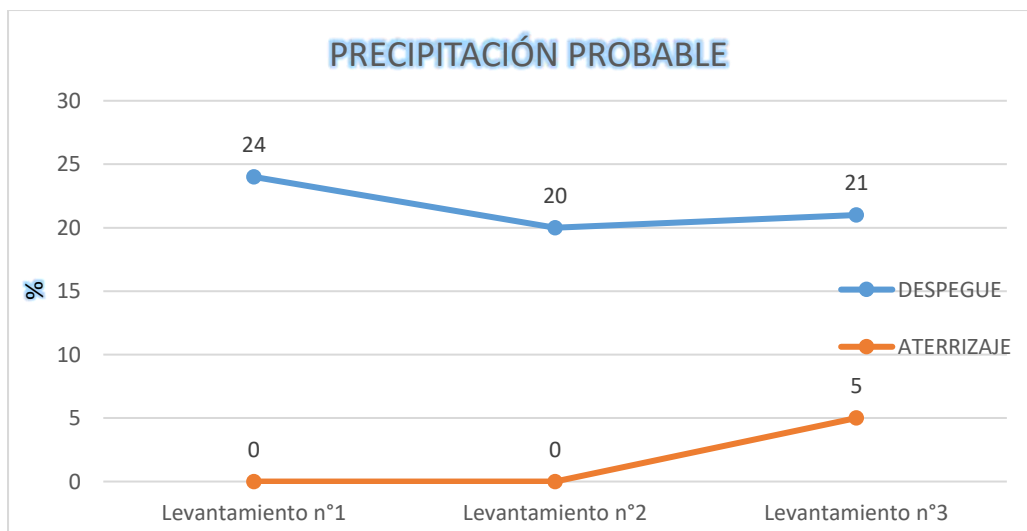


Figura n° 104: Gráfica de comparación de variación de la velocidad del viento el despegue y aterrizaje



Fuente: Elaboración Propia

Figura n° 105: Gráfica de comparación de probabilidad de precipitaciones en el despegue y aterrizaje



Fuente: Elaboración Propia

- **Análisis de Pruebas**

Durante la toma de datos de las condiciones climáticas se observa que cuando los valores de temperatura van disminuyendo la velocidad del viento también disminuye (directamente proporcionales) este proceso llevo 5 minutos o 0.0833 hr.



3.6.5.3. Información de los levantamientos

- **Procedimiento**

Adjuntamos y ordenamos la información de los tres vuelos que se realizaron con el equipo UAV Dron Mavic 2 Pro

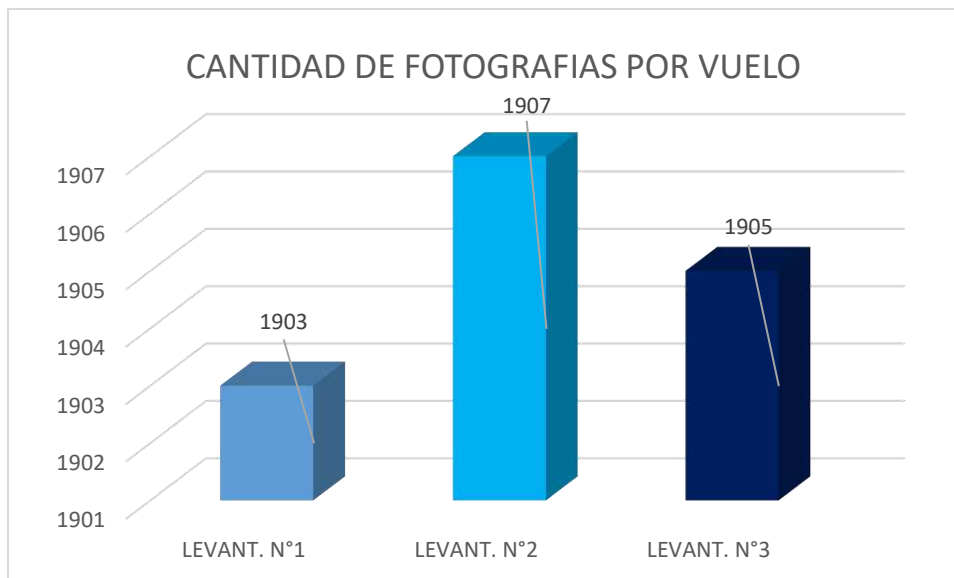
Tabla n° 20: Datos de Levantamiento Topográfico con UAV

DATOS	LEVANT. N°1	LEVANT. N°2	LEVANT. N°3
ALTURA DE VUELO	50 m	50 m	50 m
GSD	1.17 cm/px	1.17 cm/px	1.17 cm/px
N° DE FOTOS	1903	1907	1905

Fuente: Elaboración Propia

- **Diagrama**

Figura n° 106: Gráfico de la cantidad de fotografías realizadas en los vuelos de Dron



Fuente: Elaboración Propia

- **Análisis de Pruebas**

La cantidad de fotografías promedio para una carretera de 5 .00 km es de 1905 con un GSD de 1.17 cm/px a una altura de 50 metros.

3.6.6. Cálculo del Error Relativo y Error Absoluto

- **Procedimiento**

Con los levantamientos realizados obtenemos las coordenadas y al tener tres medidas cercanas sacamos el promedio para el cálculo de los errores absolutos y relativo.



Tabla n° 21: Datos del Primer Levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron

PUNTOS DE CONTROL	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO N° 1					
	ESTACIÓN TOTAL			UAV (DRON)		
	NORTE	ESTE	ALTURA	NORTE	ESTE	ALTURA
BM1	8506959.05	182117.669	3830.66428	8506958.73	182117.88	3828.36
BM2	8506991.869	182350.825	3820.33536	8506990.39	182350.569	3818.98
BM3	8507001.982	182350.999	3820.876	8507000.68	182350.88	3819.33
BM4	8506996.202	182599.705	3805.8405	8506994.38	182599.02	3804.68
BM5	8506988.049	182601.378	3806.49476	8506987.31	182601	3805.34
BM6	8507057.013	182834.006	3790.97278	8507056.87	182833.64	3789.06
BM7	8507064.989	182837.28	3791.02956	8507063.67	182836.34	3789.37
BM8	8507145.846	183054.65	3779.5323	8507145.08	183054.41	3777.66
BM9	8507129.619	183054.033	3778.50247	8507128.39	183053.45	3776.41
BM10	8507210.635	183276.883	3765.16495	8507210.52	183276.47	3765.94
BM11	8507217.931	183271.997	3764.19055	8507217.44	1832.71.56	3765.24
BM12	8507213	183459.176	3751.2713	8507212.77	183458.65	3749.68
BM13	8507045.107	183569.951	3744.2529	8507044.66	183569.22	3742.35
BM14	8507026.87	183561.824	3745.59844	8507026.52	183561.52	3744.21
BM15	8507002	183805.705	3731.245	8507002.39	183805.68	3729.95
BM16	8506985.383	183798.297	3735.63632	8506984.16	183797.61	3735.4
BM17	8506897.23	184044.447	3720.654	8506895.9	184044.87	3718.98
BM18	8506906.983	184047.601	3720.97145	8506906.46	184047.38	3719.45
BM19	8506790.332	184232.548	3709.80563	8506789.37	184232.25	3708.5
BM20	8506783.463	184227.281	3709.93188	8506782.44	184226.81	3708.64
BM21	8506916.75	184233.191	3699.8687	8506915.03	184232.23	3698.78
BM22	8506911.18	184226.644	3699.82713	8506910.35	184226.07	3698.24
BM23	8507086.123	184069.766	3693.02345	8507084.84	184069.21	3692.43
BM24	8507095.414	184083.876	3691.95509	8507095.57	184083.61	3691.83
BM25	8507280.855	183926.641	3680.65062	8507279.72	183926.42	3679.23
BM26	8507267.926	183911.868	3681.5495	8507266.42	183911.56	3681.54
BM27	8507461.509	183773.715	3669.96036	8507461.69	183773.08	3667.97
BM28	8507455.12	183766.995	3669.8773	8507453.12	183766.54	3667.47
BM29	8507643.41	183605.009	3661.33872	8507640.99	183604.33	3660.26
BM30	8507650.637	183614.584	3660.90704	8507650.56	183614.2	3658.99
BM31	8508027.81	183311.693	3650.8112	8508028.38	183311.66	3648.13
BM32	8508026.609	183299.853	3651.36799	8508024.35	183299.13	3651.23
BM33	8508246.565	183401.071	3642.96333	8508244.95	183400.64	3641.78
BM34	8508242.022	183412.887	3642.94688	8508240.18	183412.35	3642.54
BM35	8508489.521	183555.884	3636.03418	8508488.39	183555.37	3635.03
BM36	8508494.69	183545.362	3635.5886	8508494.46	183544.87	3634.89
BM37	8508756.919	183715.558	3630.14864	8508757.05	183715.43	3627.59
BM38	8508764.524	183704.123	3627.70788	8508763.24	183703.6	3626.58
BM39	8508722.372	183664.864	3628.89	8508722.02	183664.58	3628.68

Fuente: Elaboración Propia



Tabla n° 22: Datos del Segundo Levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron

PUNTOS DE CONTROL	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO N° 2					
	ESTACIÓN TOTAL			UAV (DRON)		
	NORTE	ESTE	ALTURA	NORTE	ESTE	ALTURA
BM1	8506959.3	182118.149	3831.28828	8506958.799	182117.889	3828.88
BM2	8506992.13	182351.179	3821.322357	8506990.297	182350.774	3818.07
BM3	8507002.46	182350.999	3821.693	8507000.41	182350.954	3818.53
BM4	8506996.56	182600.692	3806.4375	8506994.404	182599.415	3804.68
BM5	8506988.73	182602.036	3807.74876	8506987.431	182601.116	3805.62
BM6	8507057.27	182834.375	3791.968775	8507056.738	182833.31	3789.32
BM7	8507065.86	182838.243	3791.38056	8507063.794	182836.075	3789.77
BM8	8507146.54	183055.74	3782.3993	8507145.113	183054.358	3778.30
BM9	8507130.6	183054.601	3779.712467	8507128.526	183053.704	3776.21
BM10	8507210.89	183277.561	3766.13195	8507210.546	183276.167	3765.48
BM11	8507218.08	183272.638	3765.40755	8507217.312	183271.344	3764.89
BM12	8507213.76	183459.693	3752.2739	8507212.758	183458.349	3749.97
BM13	8507045.11	183570.879	3744.4509	8507044.805	183569.551	3742.76
BM14	8507027.22	183562.511	3746.39544	8507026.598	183561.792	3744.27
BM15	8507002.98	183806.557	3733.07	8507002.502	183805.86	3729.99
BM16	8506986.29	183798.644	3737.31632	8506984.005	183797.456	3735.67
BM17	8506897.47	184045.395	3721.858	8506895.849	184044.882	3719.28
BM18	8506907.24	184048.352	3722.16845	8506906.332	184047.081	3719.68
BM19	8506790.68	184232.912	3711.152633	8506789.532	184232.187	3708.59
BM20	8506783.47	184227.56	3710.609875	8506782.513	184226.425	3708.90
BM21	8506917.07	184233.838	3700.8377	8506915.584	184232.875	3698.31
BM22	8506911.76	184226.811	3700.850125	8506910.394	184226.064	3698.30
BM23	8507086.37	184069.79	3694.25445	8507084.682	184069.133	3691.48
BM24	8507095.78	184084.301	3692.872086	8507095.523	184083.712	3690.58
BM25	8507280.91	183926.868	3681.86562	8507279.761	183926.174	3679.42
BM26	8507268.51	183912.265	3683.0965	8507266.722	183911.432	3681.29
BM27	8507461.53	183774.24	3671.60736	8507461.821	183773.437	3668.73
BM28	8507456.59	183767.643	3672.0343	8507455.346	183766.698	3668.66
BM29	8507643.99	183605.656	3663.217717	8507640.71	183604.92	3660.14
BM30	8507651.08	183614.898	3662.253043	8507650.637	183614.474	3659.81
BM31	8508028.47	183311.845	3651.7332	8508028.272	183311.051	3649.65
BM32	8508026.96	183300.22	3651.754986	8508024.041	183299.168	3651.34
BM33	8508246.66	183401.108	3643.581325	8508244.66	183400.769	3641.62
BM34	8508242.25	183413.555	3643.060875	8508240.277	183412.614	3642.46
BM35	8508489.88	183556.33	3637.23818	8508488.362	183555.232	3634.34
BM36	8508495.3	183546.112	3636.5937	8508494.2	183544.479	3634.24
BM37	8508757.79	183716.124	3630.76564	8508757.025	183715.677	3628.80
BM38	8508764.88	183704.387	3628.704975	8508763.62	183703.265	3626.06
BM39	8508722.99	183665.551	3628.936425	8508722.051	183664.504	3628.97

Fuente: Elaboración Propia



Tabla n° 23: Datos del Tercer Levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron

PUNTOS DE CONTROL	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO N° 3					
	ESTACIÓN TOTAL			UAV (DRON)		
	NORTE	ESTE	ALTURA	NORTE	ESTE	ALTURA
BM1	8506959.4	182117.826	3832.97928	8506958.743	182117.785	3828.8753
BM2	8506992.86	182351.172	3823.68236	8506990.379	182350.317	3818.0704
BM3	8507002.23	182351.927	3821.793	8507000.392	182350.497	3818.527
BM4	8506997.19	182600.551	3806.8225	8506994.064	182599.203	3804.6785
BM5	8506988.7	182601.703	3808.63276	8506987.391	182601.404	3805.6158
BM6	8507057.04	182834.294	3792.20678	8507056.785	182833.235	3789.3248
BM7	8507065.38	182838.278	3793.07556	8507063.605	182836.2	3789.7716
BM8	8507146.5	183055.314	3782.3653	8507145.156	183054.901	3778.2983
BM9	8507130.24	183054.581	3779.66947	8507128.669	183053.337	3776.2055
BM10	8507211.32	183277.198	3767.79195	8507210.642	183276.589	3765.4779
BM11	8507218.67	183272.394	3767.12455	8507217.108	183271.766	3764.8935
BM12	8507213.36	183459.524	3753.4283	8507212.716	183458.439	3749.6843
BM13	8507045.32	183570.192	3746.9149	8507044.812	183569.439	3742.7569
BM14	8507027.07	183562.16	3747.91744	8507026.605	183561.68	3744.2744
BM15	8507002.36	183806.223	3734.714	8507002.487	183805.265	3729.987
BM16	8506985.68	183798.642	3737.18732	8506984.19	183797.861	3735.6693
BM17	8506897.36	184044.894	3722.97	8506895.733	184044.26	3719.281
BM18	8506907.37	184047.718	3723.13845	8506906.116	184047.459	3719.6775
BM19	8506790.85	184232.548	3712.72363	8506789.567	184232.084	3708.5926
BM20	8506784.32	184227.529	3713.16688	8506782.548	184226.622	3708.89559
BM21	8506917.1	184233.29	3702.1177	8506915.379	184232.45	3698.3077
BM22	8506911.51	184226.991	3702.86113	8506910.389	184226.139	3698.3041
BM23	8507086.75	184070.427	3693.31045	8507084.824	184069.904	3691.4794
BM24	8507095.42	184084.243	3694.75409	8507095.685	184083.983	3690.5831
BM25	8507281.47	183926.976	3682.57762	8507279.691	183926.729	3679.4166
BM26	8507268.82	183912.382	3683.1735	8507266.652	183911.987	3681.2865
BM27	8507462.22	183774.456	3671.97423	8507461.551	183773.015	3668.7254
BM28	8507456.85	183767.253	3672.9091	8507455.076	183766.876	3668.6633
BM29	8507644.06	183605.378	3663.17372	8507640.983	183604.906	3660.1417
BM30	8507650.86	183615.316	3663.30604	8507650.51	183614.46	3659.809
BM31	8508028.04	183312.677	3653.5722	8508028.351	183311.411	3649.6462
BM32	8508026.74	183300.389	3652.25399	8508024.12	183299.528	3651.34
BM33	8508246.66	183401.288	3647.28033	8508244.701	183400.787	3641.6153
BM34	8508242.37	183413.421	3644.64388	8508240.318	183412.632	3642.4599
BM35	8508489.86	183556.645	3638.03658	8508488.137	183555.558	3634.3362
BM36	8508495.57	183545.849	3639.9376	8508494.575	183544.405	3634.2416
BM37	8508757.58	183716.543	3631.41564	8508757.252	183715.773	3628.7996
BM38	8508764.53	183704.491	3628.83688	8508763.447	183703.361	3626.0599
BM39	8508722.63	183665.081	3628.99243	8508722.042	183664.834	3628.9694

Fuente: Elaboración Propia



- A fin de tener datos más exactos se halló el promedio de las coordenadas para los tres levantamientos topográficos con equipo UAV y los tres levantamientos topográficos con Estación Total.

Tabla n° 24: Coordenadas Promedio, Desviación Estándar con Equipo UAV

NORTE		ESTE		ALTURA	
UAV (DRON)		UAV (DRON)		UAV (DRON)	
PROMEDIO	σ	PROMEDIO	σ	PROMEDIO	σ
8506958.757	0.03655152	182117.851	0.05734425	3828.70	0.29750859
8506990.355	0.05101082	182350.553	0.22885769	3818.37	0.5251578
8507000.494	0.16158858	182350.777	0.24521564	3818.79	0.46361227
8506994.283	0.18998119	182599.213	0.1977724	3804.68	0.00086603
8506987.377	0.06160292	182601.173	0.20790168	3805.52	0.1592332
8507056.798	0.06695001	182833.395	0.21554362	3789.24	0.15288235
8507063.689	0.09618889	182836.205	0.13281781	3789.64	0.23186387
8507145.116	0.03798895	183054.556	0.29940602	3778.09	0.36852268
8507128.528	0.13941076	183053.497	0.18817301	3776.27	0.11806813
8507210.569	0.06420143	183276.409	0.2175274	3765.63	0.26679356
8507217.287	0.16752758	183271.555	0.29832835	3765.01	0.20005187
8507212.748	0.02846776	183458.479	0.15456579	3749.78	0.16620418
8507044.759	0.08595419	183569.404	0.16844409	3742.62	0.23492382
8507026.573	0.05021079	183561.664	0.13666903	3744.25	0.03718136
8507002.46	0.06094689	183805.602	0.30533158	3729.97	0.02136196
8506984.119	0.09919017	183797.642	0.20422082	3735.58	0.15548043
8506895.827	0.08542964	184044.671	0.35558635	3719.18	0.17378243
8506906.303	0.17371324	184047.306	0.19945857	3719.60	0.13134719
8506789.49	0.10496757	184232.173	0.08398166	3708.56	0.05346263
8506782.5	0.05498203	184226.619	0.19266637	3708.81	0.14882475
8506915.331	0.2802654	184232.518	0.32770067	3698.47	0.27268253
8506910.378	0.02418043	184226.091	0.0418899	3698.28	0.03700815
8507084.782	0.08714373	184069.416	0.42470027	3691.80	0.54882917
8507095.593	0.08347013	184083.768	0.19268151	3691.00	0.71989805
8507279.724	0.03527053	183926.441	0.27829866	3679.35	0.10773356
8507266.598	0.1580981	183911.66	0.29078757	3681.37	0.14635829
8507461.688	0.1350169	183773.177	0.22693573	3668.47	0.43613039
8507454.514	1.21493631	183766.705	0.16820927	3668.27	0.68895208
8507640.894	0.15979338	183604.719	0.33689888	3660.18	0.06830054
8507650.569	0.06390949	183614.378	0.15431137	3659.54	0.47284987
8508028.334	0.05565486	183311.374	0.30612857	3649.14	0.87537848
8508024.17	0.16048945	183299.275	0.2195485	3651.30	0.06350853
8508244.77	0.15699329	183400.732	0.08006612	3641.67	0.09508959
8508240.258	0.07098516	183412.532	0.15797427	3642.49	0.04624576
8508488.296	0.13871879	183555.387	0.16339646	3634.57	0.40056562
8508494.412	0.19206033	183544.585	0.24992632	3634.46	0.37435391
8508757.109	0.12427487	183715.627	0.17704867	3628.40	0.69836289
8508763.436	0.19019309	183703.409	0.17255385	3626.23	0.30027988
8508722.038	0.01608643	183664.64	0.17277203	3628.87	0.16708517

Fuente: Elaboración Propia

Tabla n° 25: Desviación Promedio de Datos de Levantamiento Topográfico con Dron

σ Promedio (NORTE)	0.13242066
σ Promedio (ESTE)	0.21106771
σ Promedio (ALTURA)	0.26735235

Fuente: Elaboración Propia



Tabla n° 26: *Coordenadas Promedio, Desviación Estándar con Estación Total*

NORTE		ESTE		ALTURA	
ESTACIÓN TOTAL		ESTACIÓN TOTAL		ESTACIÓN TOTAL	
PROMEDIO	σ	PROMEDIO	σ	PROMEDIO	σ
8506959.25	0.17958935	182117.882	0.24473727	3831.64395	1.19778142
8506992.29	0.51112849	182351.058	0.20239153	3821.78002	1.71979543
8507002.23	0.2410249	182351.308	0.53578105	3821.454	0.50305368
8506996.65	0.50012232	182600.316	0.53381738	3806.36683	0.49479929
8506988.49	0.38435964	182601.706	0.32900811	3807.62543	1.07432273
8507057.11	0.14006224	182834.225	0.19393556	3791.71611	0.65465207
8507065.41	0.43795243	182837.934	0.56636237	3791.82856	1.094101
8507146.3	0.39195408	183055.235	0.54931351	3781.4323	1.64553608
8507130.15	0.49590759	183054.405	0.32231661	3779.2948	0.68651754
8507210.95	0.34381536	183277.214	0.33928307	3766.36295	1.32864706
8507218.23	0.39346199	183272.343	0.32352898	3765.57422	1.47408356
8507213.37	0.38066652	183459.464	0.26361399	3752.3245	1.07938988
8507045.18	0.12274861	183570.34	0.48153124	3745.20623	1.48305675
8507027.05	0.17450597	183562.165	0.34352729	3746.63711	1.17823696
8507002.45	0.49481444	183806.161	0.42929865	3733.00967	1.73528682
8506985.78	0.45923959	183798.527	0.1997657	3736.71332	0.9349369
8506897.35	0.12059989	184044.912	0.47425626	3721.82733	1.15830451
8506907.2	0.19694246	184047.89	0.40407219	3722.09278	1.08547977
8506790.62	0.26361399	184232.669	0.2101555	3711.2273	1.46043224
8506783.75	0.49221168	184227.456	0.15291937	3711.23621	1.70602647
8506916.97	0.19226631	184233.44	0.34856458	3700.94137	1.12807816
8506911.48	0.2891695	184226.815	0.17354058	3701.17946	1.54357842
8507086.41	0.31637372	184069.994	0.37489243	3693.52945	0.64405823
8507095.54	0.20965594	184084.14	0.23046258	3693.19375	1.42695562
8507281.08	0.34096383	183926.828	0.17098635	3681.69795	0.97437997
8507268.42	0.45478456	183912.171	0.26941109	3682.6065	0.91619812
8507461.75	0.40371884	183774.137	0.3810866	3671.18065	1.07260392
8507456.19	0.93386776	183767.297	0.32623305	3671.6069	1.56043452
8507643.82	0.35516757	183605.348	0.32456484	3662.57672	1.07236514
8507650.86	0.22350168	183614.932	0.36722927	3662.15538	1.20247841
8508028.11	0.3358586	183312.071	0.52971439	3652.03887	1.40565086
8508026.77	0.1786533	183300.154	0.27402737	3651.79232	0.44417827
8508246.63	0.05576202	183401.155	0.11614931	3644.60833	2.3345597
8508242.21	0.17682477	183413.288	0.35339685	3643.55054	0.94856857
8508489.75	0.20058996	183556.286	0.3823746	3637.10298	1.00802317
8508495.19	0.45159975	183545.775	0.38053427	3637.3733	2.27690192
8508757.43	0.45508497	183716.075	0.49432479	3630.77664	0.63357162
8508764.65	0.20183409	183704.334	0.18970855	3628.41658	0.61728532
8508722.66	0.3122088	183665.165	0.35117849	3628.93962	0.05128704

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla n° 27: *Desviación Promedio de Datos de Levantamiento Topográfico con Estación Total*

σ Promedio (NORTE)	0.328528397
σ Promedio (ESTE)	0.336871682
σ Promedio (ALTURA)	1.152707619

Fuente: *Elaboración Propia*



- **Coordenadas Promedio**

Tabla n° 28: Cuadro Resumen de las Coordenadas Promedio de la Estación Total y Equipo UAV Dron

PUNTOS DE CONTROL	COORDENADAS PROMEDIO								
	GPS DIFERENCIAL			ESTACIÓN TOTAL			UAV (DRON)		
	NORTE	ESTE	ALTURA	NORTE	ESTE	ALTURA	NORTE	ESTE	ALTURA
BM1	8506957.89	182117.201	3828.87528	8506959.25	182117.882	3831.64395	8506958.76	182117.851	3828.70353
BM2	8506990.82	182350.4	3819.070357	8506992.286	182351.058	3821.78002	8506990.36	182350.553	3818.3736
BM3	8507000.73	182350.58	3819.527	8507002.225	182351.308	3821.454	8507000.49	182350.777	3818.79467
BM4	8506994.83	182599.271	3804.6785	8506996.649	182600.316	3806.36683	8506994.28	182599.213	3804.679
BM5	8506986.76	182600.971	3804.61576	8506988.492	182601.706	3807.62543	8506987.38	182601.173	3805.52387
BM6	8507055.8	182833.589	3789.324775	8507057.106	182834.225	3791.71611	8507056.8	182833.395	3789.23653
BM7	8507063.96	182836.854	3789.77156	8507065.409	182837.934	3791.82856	8507063.69	182836.205	3789.63773
BM8	8507144.29	183054.233	3778.2983	8507146.298	183055.235	3781.4323	8507145.12	183054.556	3778.08553
BM9	8507128.1	183053.579	3777.205467	8507130.152	183054.405	3779.2948	8507128.53	183053.497	3776.27367
BM10	8507209.1	183276.417	3763.47795	8507210.948	183277.214	3766.36295	8507210.57	183276.409	3765.63193
BM11	8507216.56	183271.594	3762.89355	8507218.228	183272.343	3765.57422	8507217.29	183271.555	3765.009
BM12	8507211.77	183458.739	3749.6843	8507213.374	183459.464	3752.3245	8507212.75	183458.479	3749.7781
BM13	8507043.85	183569.527	3742.7569	8507045.18	183570.34	3745.20623	8507044.76	183569.404	3742.62127
BM14	8507025.64	183561.368	3744.27444	8507027.052	183562.165	3746.63711	8507026.57	183561.664	3744.25293
BM15	8507000.79	183805.239	3729.987	8507002.445	183806.161	3733.00967	8507002.46	183805.602	3729.97467
BM16	8506984.19	183797.835	3733.66932	8506985.784	183798.527	3736.71332	8506984.12	183797.642	3735.57953
BM17	8506896.14	184043.98	3719.281	8506897.353	184044.912	3721.82733	8506895.83	184044.671	3719.18067
BM18	8506905.82	184047.178	3719.67745	8506907.198	184047.89	3722.09278	8506906.3	184047.306	3719.60167
BM19	8506789.31	184232.125	3708.592633	8506790.62	184232.669	3711.2273	8506789.49	184232.173	3708.56173
BM20	8506782.09	184226.863	3708.899875	8506783.752	184227.456	3711.23621	8506782.5	184226.619	3708.81183
BM21	8506915.38	184232.739	3698.3077	8506916.971	184233.44	3700.94137	8506915.33	184232.518	3698.46513
BM22	8506909.89	184226.228	3698.304125	8506911.483	184226.815	3701.17946	8506910.38	184226.091	3698.28273
BM23	8507085.04	184069.319	3691.47945	8507086.415	184069.994	3693.52945	8507084.78	184069.416	3691.79627
BM24	8507094.18	184083.398	3690.583086	8507095.538	184084.14	3693.19375	8507095.59	184083.768	3690.99873
BM25	8507279.5	183926.174	3679.41662	8507281.08	183926.828	3681.69795	8507279.72	183926.441	3679.3544
BM26	8507266.46	183911.432	3680.2865	8507268.418	183912.171	3682.6065	8507266.6	183911.66	3681.371
BM27	8507460.48	183773.306	3668.72536	8507461.754	183774.137	3671.18065	8507461.69	183773.177	3668.4736
BM28	8507455	183766.567	3668.6633	8507456.559	183767.297	3671.6069	8507454.51	183766.705	3668.26553
BM29	8507642.25	183604.582	3660.141717	8507643.818	183605.348	3662.57672	8507640.89	183604.719	3660.18113
BM30	8507649.28	183614.136	3659.809043	8507650.861	183614.932	3662.15538	8507650.57	183614.378	3659.536
BM31	8508026.8	183311.264	3649.6462	8508028.106	183312.071	3652.03887	8508028.33	183311.374	3649.1408
BM32	8508025.57	183299.38	3650.339986	8508026.772	183300.154	3651.79232	8508024.17	183299.275	3651.30333
BM33	8508245.34	183400.619	3641.615325	8508246.629	183401.155	3644.60833	8508244.77	183400.732	3641.6702
BM34	8508240.95	183412.464	3641.459875	8508242.213	183413.288	3643.55054	8508240.26	183412.532	3642.4866
BM35	8508488.46	183555.465	3634.33618	8508489.752	183556.286	3637.10298	8508488.3	183555.387	3634.56747
BM36	8508493.9	183544.911	3634.2416	8508495.306	183545.775	3637.3733	8508494.41	183544.585	3634.45773
BM37	8508755.26	183715.122	3628.79964	8508757.429	183716.075	3630.77664	8508757.11	183715.627	3628.3964
BM38	8508763.45	183703.71	3626.059875	8508764.645	183704.334	3628.41658	8508763.44	183703.409	3626.23327
BM39	8508721.19	183664.427	3629.969425	8508722.664	183665.165	3628.93962	8508722.04	183664.64	3628.87293

Fuente: Elaboración Propia

- **ERROR ABSOLUTO**

De acuerdo a la fórmula de

$$e = |\text{Valor real} - \text{Valor aproximado}|$$

Valor Real: Coordenadas obtenidas del GPS Diferencial

Valor aproximado: Coordenadas obtenidas de levantamiento con Estación Total /
Coordenadas obtenidas de levantamiento con Equipo UACV



CÁLCULO DE ERROR ABSOLUTO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
CON ESTACIÓN TOTAL

Tabla n° 29: Resumen de los Errores Absolutos obtenidos de la Estación Total

ESTACIÓN TOTAL			
PUNTOS DE CONTROL	NORTE	ESTE	ALTURA
BM1	1.360	0.680	2.769
BM2	1.467	0.659	2.710
BM3	1.493	0.728	1.927
BM4	1.817	1.045	1.688
BM5	1.733	0.735	3.010
BM6	1.303	0.636	2.391
BM7	1.450	1.080	2.057
BM8	2.012	1.002	3.134
BM9	2.053	0.826	2.089
BM10	1.853	0.797	2.885
BM11	1.667	0.749	2.681
BM12	1.604	0.725	2.640
BM13	1.333	0.814	2.449
BM14	1.412	0.797	2.363
BM15	1.655	0.923	3.023
BM16	1.591	0.693	3.044
BM17	1.213	0.932	2.546
BM18	1.375	0.712	2.415
BM19	1.308	0.544	2.635
BM20	1.659	0.594	2.336
BM21	1.591	0.701	2.634
BM22	1.593	0.587	2.875
BM23	1.372	0.675	2.050
BM24	1.354	0.742	2.611
BM25	1.585	0.654	2.281
BM26	1.962	0.740	2.320
BM27	1.275	0.831	2.455
BM28	1.555	0.730	2.944
BM29	1.568	0.766	2.435
BM30	1.584	0.797	2.346
BM31	1.306	0.808	2.393
BM32	1.203	0.774	1.452
BM33	1.294	0.537	2.993
BM34	1.261	0.824	2.091
BM35	1.291	0.821	2.767
BM36	1.407	0.863	3.132
BM37	2.170	0.953	1.977
BM38	1.191	0.624	2.357
BM39	1.472	0.738	1.030

Fuente: Elaboración Propia



CALCULO DE ERROR ABSOLUTO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
CON EQUIPO UAV

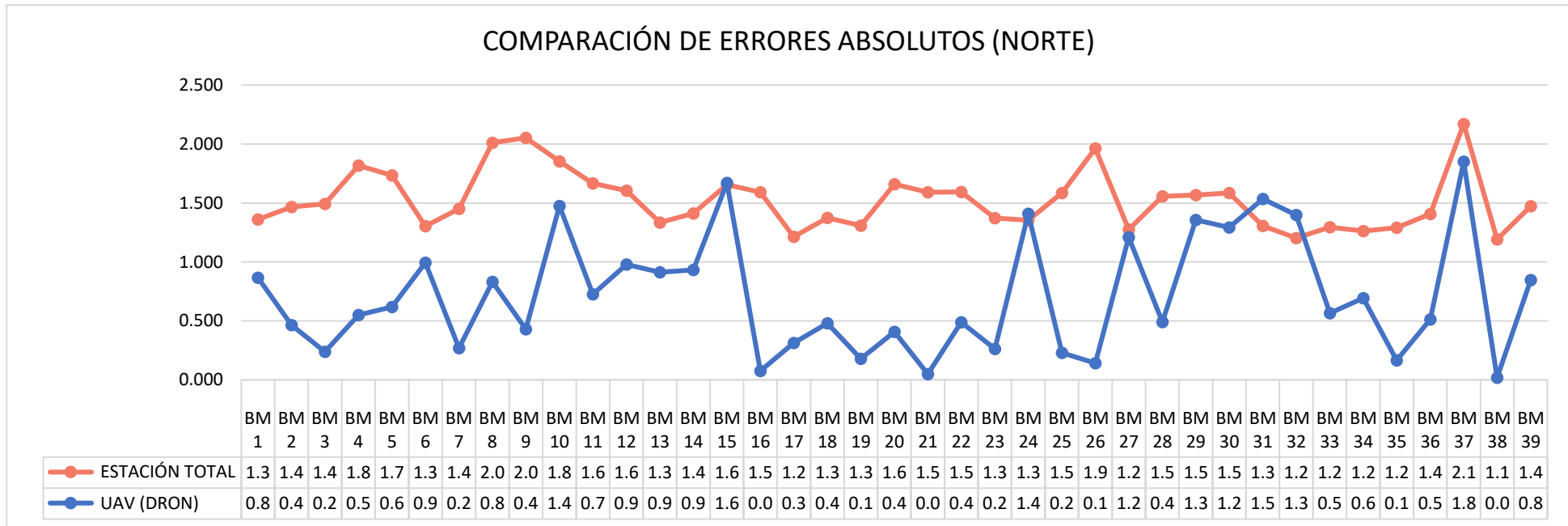
Tabla n° 30: Resumen de los Errores Absolutos obtenidos del equipo UAV

UAV (DRON)			
PUNTOS DE CONTROL	NORTE	ESTE	ALTURA
BM1	0.867	0.650	0.172
BM2	0.464	0.153	0.697
BM3	0.238	0.197	0.732
BM4	0.549	0.058	0.001
BM5	0.618	0.202	0.908
BM6	0.995	0.194	0.088
BM7	0.270	0.649	0.134
BM8	0.830	0.323	0.213
BM9	0.429	0.082	0.932
BM10	1.474	0.009	2.154
BM11	0.725	0.039	2.115
BM12	0.978	0.260	0.094
BM13	0.912	0.123	0.136
BM14	0.933	0.296	0.022
BM15	1.670	0.363	0.012
BM16	0.075	0.192	1.910
BM17	0.313	0.691	0.100
BM18	0.480	0.129	0.076
BM19	0.177	0.049	0.031
BM20	0.407	0.244	0.088
BM21	0.049	0.221	0.157
BM22	0.488	0.137	0.021
BM23	0.261	0.097	0.317
BM24	1.409	0.371	0.416
BM25	0.229	0.267	0.062
BM26	0.142	0.228	1.085
BM27	1.209	0.129	0.252
BM28	0.490	0.137	0.398
BM29	1.356	0.137	0.039
BM30	1.292	0.242	0.273
BM31	1.534	0.111	0.505
BM32	1.399	0.105	0.963
BM33	0.565	0.113	0.055
BM34	0.694	0.068	1.027
BM35	0.165	0.078	0.231
BM36	0.513	0.327	0.216
BM37	1.850	0.504	0.403
BM38	0.019	0.302	0.173
BM39	0.846	0.213	1.096

Fuente: Elaboración Propia



Figura n° 107: Gráfico de la cantidad de fotografías realizadas en los vuelos de Dron



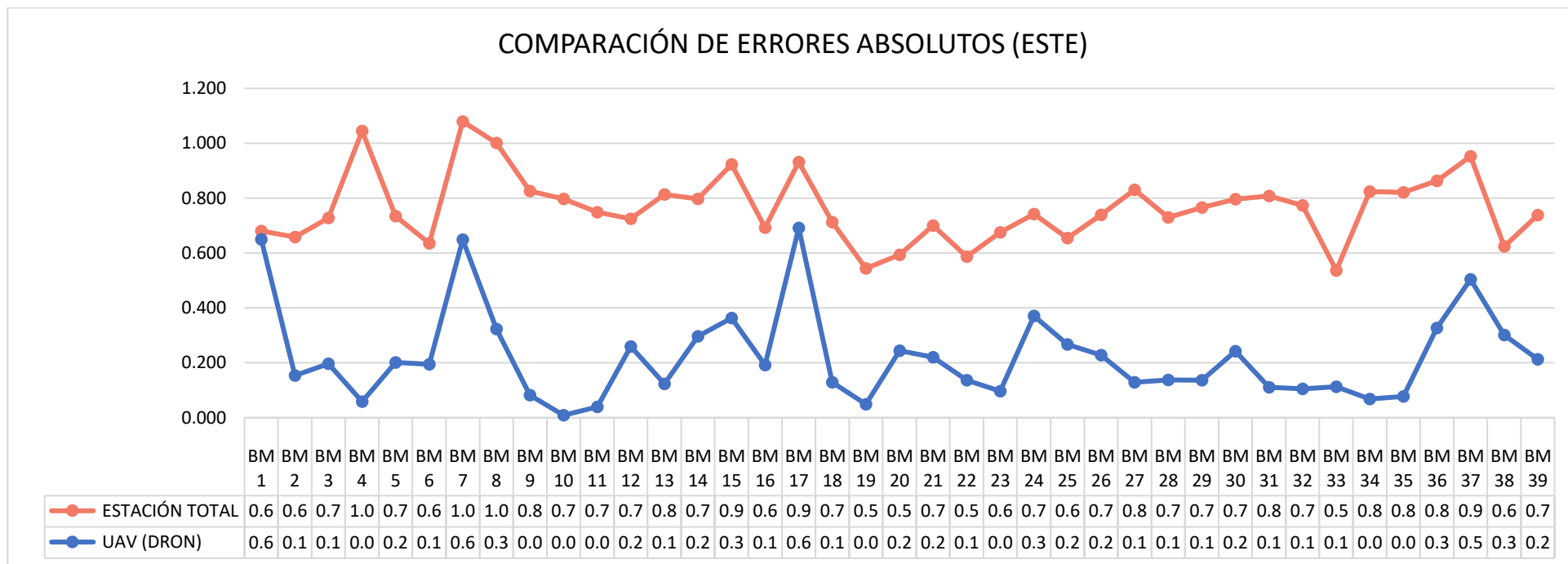
Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Pruebas

Según los resultados obtenidos existe una diferencia significativa en cuanto a los errores absolutos de las medidas del NORTE en base a los BMs que resultaron de ser medidas con Equipo UAV Y Estación Total, presentando valores mayores el levantamiento topográfico que se realizó con Estación Total.



Figura n° 108: Gráfico de líneas de los errores absolutos de los BMs con respecto al este de un levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron



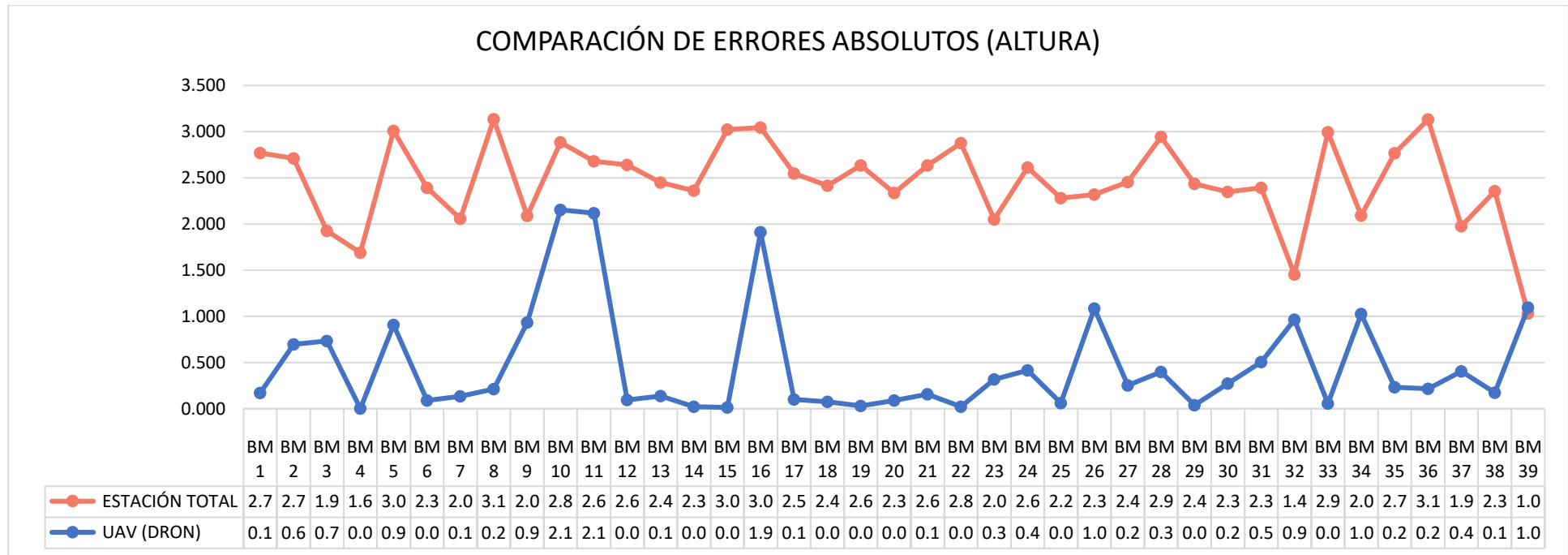
Fuente: Elaboración Propia

• **Análisis de Pruebas**

Según los resultados obtenidos existe una diferencia significativa en cuanto a los errores absolutos de las medidas del ESTE en base a los BMs que resultaron de ser medidas con Equipo UAV Y Estación Total, presentando valores mayores el levantamiento topográfico que se realizó con Estación Total.



Figura n° 109: Gráfico de líneas de los errores absolutos de los BMs con respecto a la Altura de un levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia

• **Análisis de Pruebas**

Según los resultados obtenidos existe una diferencia significativa en cuanto a los errores absolutos de las medidas de la ALTURA en base a los BMs que resultaron de ser medidas con Equipo UAV Y Estación Total, presentando valores mayores el levantamiento topográfico que se realizó con Estación Total.



CÁLCULO DE ERROR RELATIVO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON
ESTACIÓN TOTAL

Tabla n° 31: Resumen de los Errores Relativos obtenidos con Estación Total

ESTACIÓN TOTAL			
PUNTOS DE CONTROL	NORTE	ESTE	ALTURA
BM1	0.000015983	0.000373569	0.072310182
BM2	0.000017241	0.000361209	0.070950949
BM3	0.000017550	0.000399414	0.050451273
BM4	0.000021355	0.000572291	0.044375191
BM5	0.000020375	0.000402334	0.079105667
BM6	0.000015316	0.000347857	0.063107109
BM7	0.000017049	0.000590508	0.054277678
BM8	0.000023651	0.000547197	0.082947395
BM9	0.000024129	0.000451234	0.055314262
BM10	0.000021782	0.000434862	0.076657816
BM11	0.000019591	0.000408683	0.071239503
BM12	0.000018855	0.000395366	0.070411261
BM13	0.000015673	0.000443247	0.065441956
BM14	0.000016594	0.000434187	0.063100788
BM15	0.000019458	0.000501981	0.081036922
BM16	0.000018702	0.000376863	0.081528377
BM17	0.000014263	0.000506401	0.068463053
BM18	0.000016159	0.000387038	0.064933946
BM19	0.000015380	0.000295461	0.071042223
BM20	0.000019498	0.000322248	0.062992623
BM21	0.000018706	0.000380262	0.071212751
BM22	0.000018726	0.000318811	0.077747347
BM23	0.000016124	0.000366891	0.055533290
BM24	0.000015915	0.000403078	0.070738596
BM25	0.000018627	0.000355759	0.062002583
BM26	0.000023063	0.000402186	0.063038571
BM27	0.000014987	0.000452188	0.066924879
BM28	0.000018282	0.000397243	0.080236308
BM29	0.000018430	0.000417019	0.066527479
BM30	0.000018619	0.000433881	0.064110813
BM31	0.000015350	0.000440598	0.065558866
BM32	0.000014140	0.000422260	0.039786248
BM33	0.000015213	0.000292565	0.082188802
BM34	0.000014821	0.000449079	0.057412871
BM35	0.000015177	0.000447458	0.076129446
BM36	0.000016536	0.000470366	0.086172037
BM37	0.000025507	0.000518738	0.054480826
BM38	0.000013997	0.000339496	0.064993411
BM39	0.000017296	0.000402001	0.028369615

Fuente: Elaboración Propia



CÁLCULO DE ERROR RELATIVO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON
EQUIPO UAV

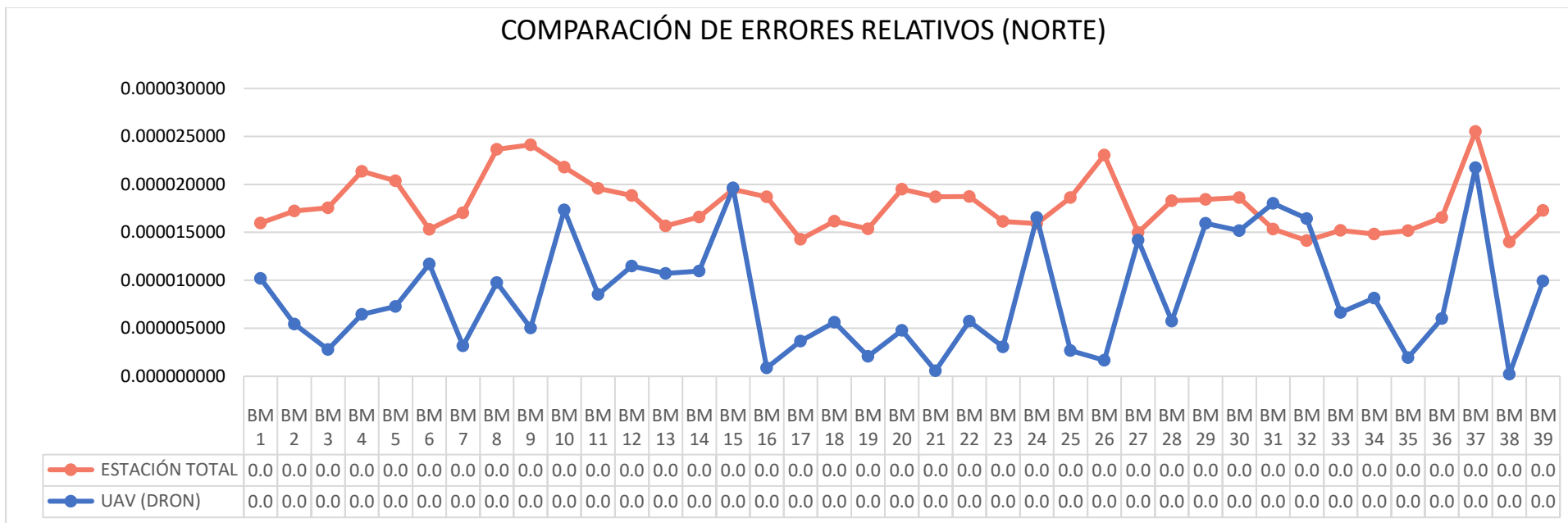
Tabla n° 32: Resumen de los Errores Relativos obtenidos con UAV

UAV (DRON)			
PUNTOS DE CONTROL	NORTE	ESTE	ALTURA
BM1	0.0000101948	0.0003568215	0.0044855644
BM2	0.0000054539	0.0000841420	0.0182441520
BM3	0.0000028012	0.0001080337	0.0191734038
BM4	0.0000064590	0.0000318001	0.0000131417
BM5	0.0000072670	0.0001105142	0.0238685514
BM6	0.0000116919	0.0001062897	0.0023286910
BM7	0.0000031683	0.0003551253	0.0035312595
BM8	0.0000097612	0.0001766507	0.0056312829
BM9	0.0000050475	0.0000447228	0.0246690402
BM10	0.0000173284	0.0000046924	0.0572338502
BM11	0.0000085281	0.0000214163	0.0562187044
BM12	0.0000114953	0.0001415214	0.0025015439
BM13	0.0000107225	0.0000671680	0.0036238884
BM14	0.0000109654	0.0001614900	0.0005743881
BM15	0.0000196289	0.0001975279	0.0003306535
BM16	0.0000008758	0.0001045896	0.0511618242
BM17	0.0000036739	0.0003756349	0.0026976540
BM18	0.0000056401	0.0000698734	0.0020373630
BM19	0.0000020866	0.0000264883	0.0008331912
BM20	0.0000047864	0.0001323911	0.0023738845
BM21	0.0000005752	0.0001197941	0.0042569020
BM22	0.0000057334	0.0000743832	0.0005784183
BM23	0.0000030692	0.0000526070	0.0085823766
BM24	0.0000165576	0.0002013037	0.0112623757
BM25	0.0000026918	0.0001452576	0.0016910289
BM26	0.0000016692	0.0001239183	0.0294678145
BM27	0.0000142056	0.0000701226	0.0068623289
BM28	0.0000057573	0.0000748232	0.0108422778
BM29	0.0000159367	0.0000745806	0.0010769073
BM30	0.0000151844	0.0001320160	0.0074605805
BM31	0.0000180332	0.0000602982	0.0138479176
BM32	0.0000164402	0.0000573197	0.0263906194
BM33	0.0000066367	0.0000616319	0.0015068862
BM34	0.0000081529	0.0000370204	0.0281954226
BM35	0.0000019349	0.0000424032	0.0063639315
BM36	0.0000060257	0.0001780309	0.0059471372
BM37	0.0000217404	0.0002746099	0.0111122145
BM38	0.0000002174	0.0001641230	0.0047818203
BM39	0.0000099412	0.0001159361	0.0302066364

Fuente: Elaboración Propia



Figura n° 110: Gráfico de líneas de los errores relativos de los BMs con respecto al norte de un levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron



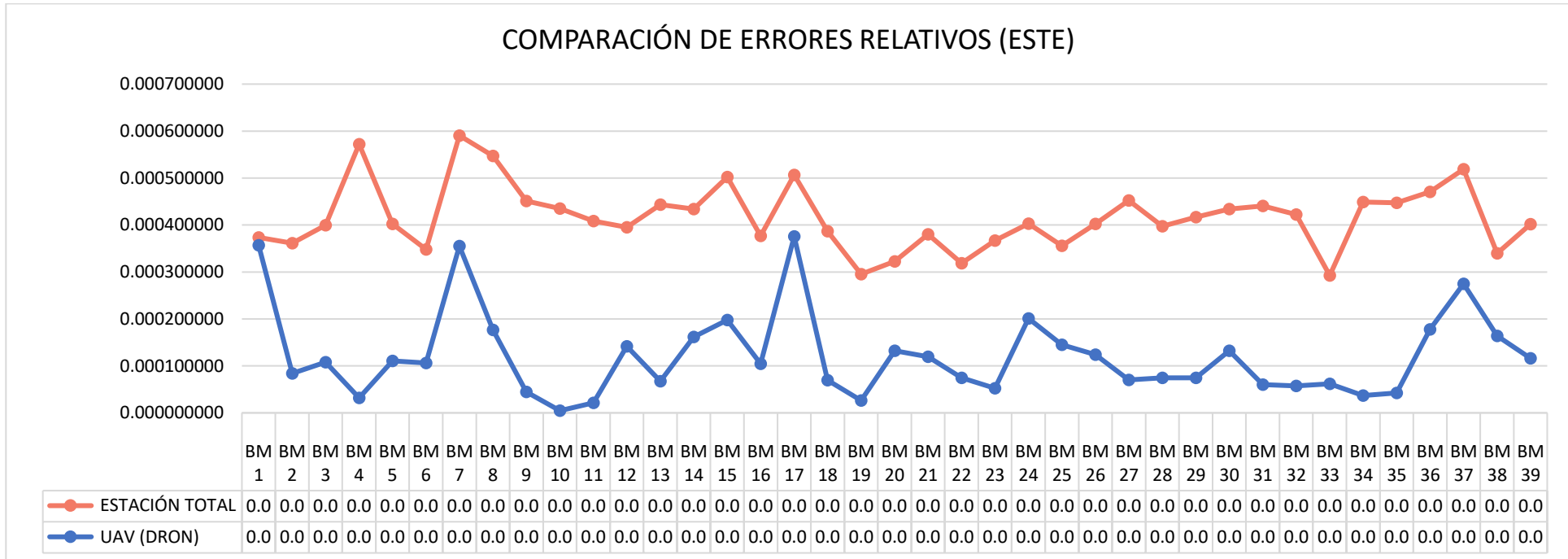
Fuente: Elaboración Propia

• **Análisis de Pruebas**

Según los resultados obtenidos existe una diferencia significativa en cuanto a los errores relativos de las medidas de la NORTE en base a los BMs que resultaron de ser medidas con Equipo UAV Y Estación Total, presentando valores mayores el levantamiento topográfico que se realizó con Estación Total.



Figura n° 111: Gráfico de líneas de los errores relativos de los BMs con respecto al este de un levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron



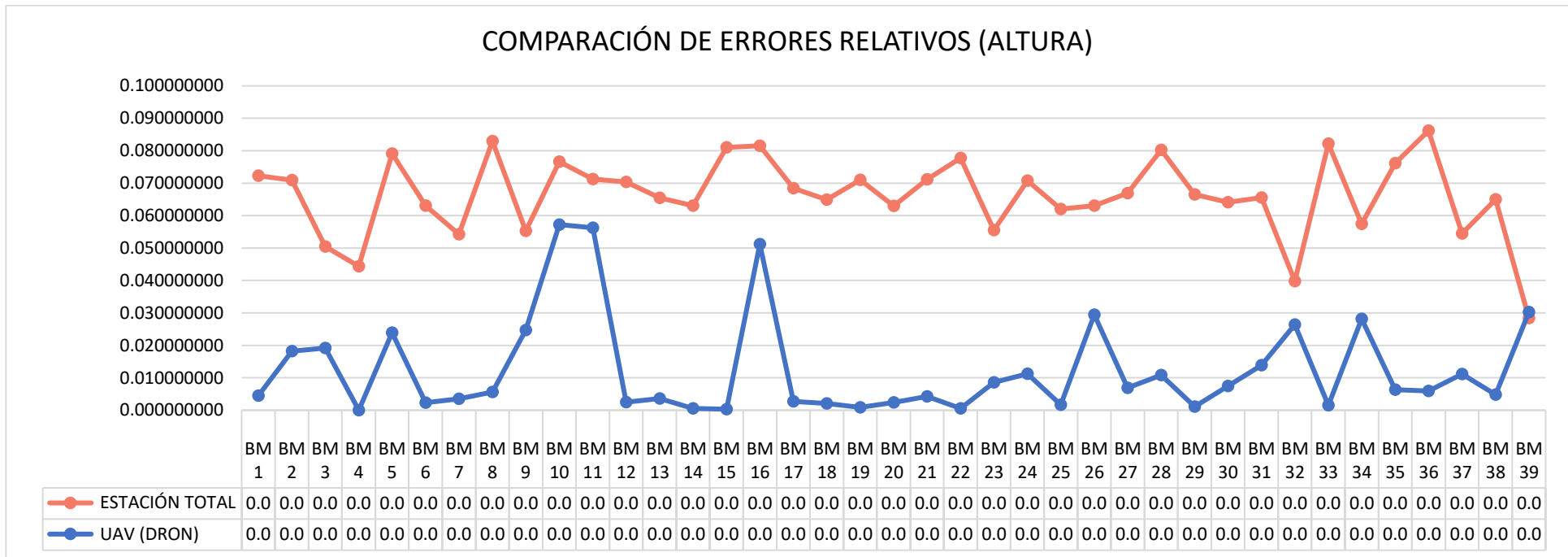
Fuente: Elaboración Propia

• **Análisis de Pruebas**

Según los resultados obtenidos existe una diferencia significativa en cuanto a los errores relativos de las medidas de la ESTE en base a los BMs que resultaron de ser medidas con Equipo UAV Y Estación Total, presentando valores mayores el levantamiento topográfico que se realizó con Estación Total.



Figura n° 112: Gráfico de líneas de los errores relativos de los BMs con respecto a la altura de un levantamiento con Estación Total y Equipo UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia

• **Análisis de Pruebas**

Según los resultados obtenidos existe una diferencia significativa en cuanto a los errores relativos de las medidas de la NORTE en base a los BMs que resultaron de ser medidas con Equipo UAV Y Estación Total, presentando valores mayores el levantamiento topográfico que se realizó con Estación Total.



Tabla n° 33: Cotización para la realización del Levantamiento Topográficos distintas empresas de Cusco

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
Nombre del Proyecto:		
"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A 50 METROS DE ALTURA Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA CARRETERA ABRA CCORAO-CCORAO"		
Responsable:	Sharon Leiva Marin/Javier Niño de Guzman	
Fecha:	06/03/2020	
COTIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO COSTOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTOS A DIVERSAS EMPRESAS DEL CUSCO		
EMPRESA	COSTO TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN
GRUPO ARBHES SAC	S/ 1,300.00	8 DIAS
ZENITH SAT	S/ 1,500.00	10 DIAS
TOPOGRAFÍA WARTON	S/ 2,000.00	6 DIAS
DRON SERVICE CINARE	S/ 1,700.00	9 DIAS
COSTO PROMEDIO DEL LEVANTAMIENTO	S/ 1,625.00	8.25 DIAS

Fuente: Elaboración Propia



Figura n° 113: Gráfico de cotización y comparación de costos de un levantamiento topográfico con Estación Total



Fuente: Elaboración Propia





Tabla n° 34: Ficha de observación con indicadores de desempeño para un levantamiento realizado con Estación Total

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS PLANIMÉTRICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHICULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A DISTINTAS ALTURAS DE VUELO Y EL MÉTODO TRADICIONAL ABRA CCORAO- CCORAO"					
TESISTAS:	BACH. ING.SHARON LEIVA MARIN / BACH. ING. JODDAI JAVIER NIÑO DE GUZMAN ARPASI					
LUGAR:	ABRA CCORAO-CCORAO	FECHA:				
EQUIPO EVALUADO:	E.T	X	UAV			
FICHA DE OBSERVACIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO						
1RO: RECONOCIMIENTO DE CAMPO			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					8
	1	2	3	4	5	
Accesibilidad de la zona de estudio			X			
Visibilidad					X	
2DO : INSTRUMENTACIÓN			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					9
	1	2	3	4	5	
Calibración de equipos					X	
Estado y conservación de equipos				X		
3RO : INSTALACIÓN			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					5
	1	2	3	4	5	
Eficacia del proceso					X	
4TO : OPERACIÓN			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					3
	1	2	3	4	5	
Cantidad de toma de datos			X			
5TO : TRABAJO DE GABINETE			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					15
	1	2	3	4	5	
Procesamiento de Datos					X	
Tiempo de realización			X			
Eficacia del proceso				X		
Nivel de Detalle			X			
PUNTAJE TOTAL			PUNTAJE			
			40			
OBSERVACIONES:						
Después de realizar la evaluación de los indicadores de desempeño podemos mencionar que la Estación Total llego aun puntaje total de 40/50 puntos obteniendo un porcentaje del 80% del Puntaje Total.						

Fuente: Elaboración Propia



Tabla n° 35: Ficha de observación con indicadores de desempeño para un levantamiento realizado con Equipo UAV

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
TEMA:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS PLANIMÉTRICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHICULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A DISTINTAS ALTURAS DE VUELO Y EL MÉTODO TRADICIONAL ABRA CCORAO- CCORAO"					
TESISTAS:	BACH. ING.SHARON LEIVA MARIN / BACH. ING. JODDAI JAVIER NIÑO DE GUZMAN ARPASI					
LUGAR:	ABRA CCORAO-CCORAO	FECHA:				
EQUIPO EVALUADO:	E.T	UAV	X			
FICHA DE OBSERVACIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO						
1RO: RECONOCIMIENTO DE CAMPO			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					8
	1	2	3	4	5	
Accesibilidad de la zona de estudio					X	
Visibilidad			X			
2DO : INSTRUMENTACIÓN			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					10
	1	2	3	4	5	
Calibración de equipos					X	
Estado y conservación de equipos					X	
3RO : INSTALACIÓN			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					5
	1	2	3	4	5	
Eficacia del proceso					X	
4TO : OPERACIÓN			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					5
	1	2	3	4	5	
Cantidad de toma de datos					X	
5TO : TRABAJO DE GABINETE			PUNTAJE			
INDICADORES	RESULTADO DE LA MEDICIÓN					16
	1	2	3	4	5	
Procesamiento de Datos			X			
Tiempo de realización			X			
Eficacia del proceso					X	
Nivel de Detalle					X	
PUNTAJE TOTAL			44			
OBSERVACIONES:						
Después de realizar la evaluación de los indicadores de desempeño podemos mencionar que el equipo UAV llego aun puntaje total de 44/50 puntos obteniendo un porcentaje del 88% del Puntaje Total.						

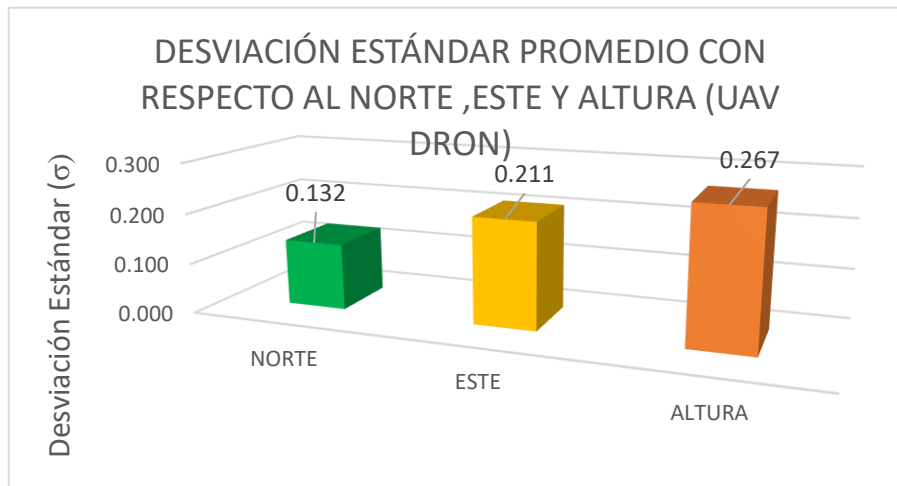
Fuente: Elaboración Propia



4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.5. Comparación de la precisión del levantamiento topográfico realizado con Estación Total y UAV

Figura n° 114: Grafico de comparación de Desviación Estándar con respecto al norte, este y altura del levantamiento con UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia

Análisis del gráfico: Se muestra resultados obtenidos de la desviación estándar con respecto al norte, este y altura del levantamiento con UAV Dron en el cual el valor más alto de estas tres dimensiones evaluadas es la altura con un valor de 0.267

Tabla n° 36: Cuadro comparativo de intervalo de confianza de confianza al 95% de las desviaciones estándar de las coordenadas obtenidas con UAV

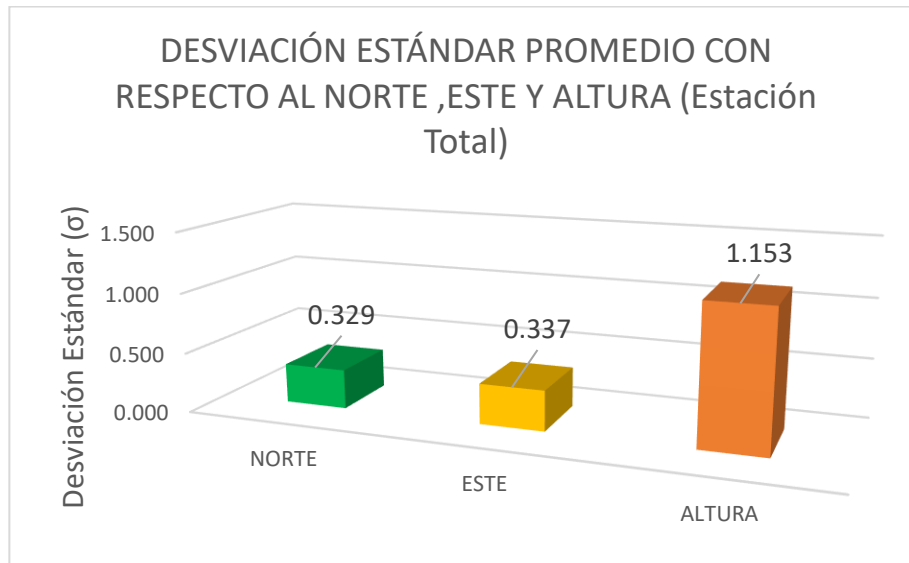
UAV DRON					
NORTE		ESTE		ALTURA	
DES. ESTAND.	0.18771831	DES. ESTAND.	0.08172524	DES. ESTAND.	0.220381
MEDIA	0.132	MEDIA	0.209	MEDIA	0.267
ALFA	0.05	ALFA	0.05	ALFA	0.05
N (MUESTRA)	39	N (MUESTRA)	39	N (MUESTRA)	39
INT CONF (95%)	0.05891453	INT CONF (95%)	0.02564909	INT CONF (95%)	0.06916557
DESDE	0.074	DESDE	0.183	DESDE	0.198
HASTA	0.191	HASTA	0.234	HASTA	0.337
	51.28%		33.33%		17.95%
	20		13		7

Fuente: Elaboración Propia

Análisis del cuadro: Se muestra resultados obtenidos después de hallar el intervalo de confianza de 95% a todas las coordenadas (norte, este y altura) del levantamiento con UAV Dron para comprobar si los resultados de las desviaciones estándar se encontraban dentro del rango de confianza demostrando así que solo el 34.2 % del total se encuentran incluidos en la medición.



Figura n° 115: Gráfico de comparación de Desviación Estándar con respecto al norte, este y altura del levantamiento con Estación Total



Fuente: Elaboración Propia

Análisis del gráfico: Se muestra resultados obtenidos de la desviación estándar con respecto al norte, este y altura del levantamiento con Estación Total en el cual el valor más alto de estas tres dimensiones evaluadas es la altura con un valor de 1.153

Tabla n° 37: Cuadro comparativo de intervalo de confianza de confianza al 95% de las desviaciones estándar de las coordenadas obtenidas con Estación Total

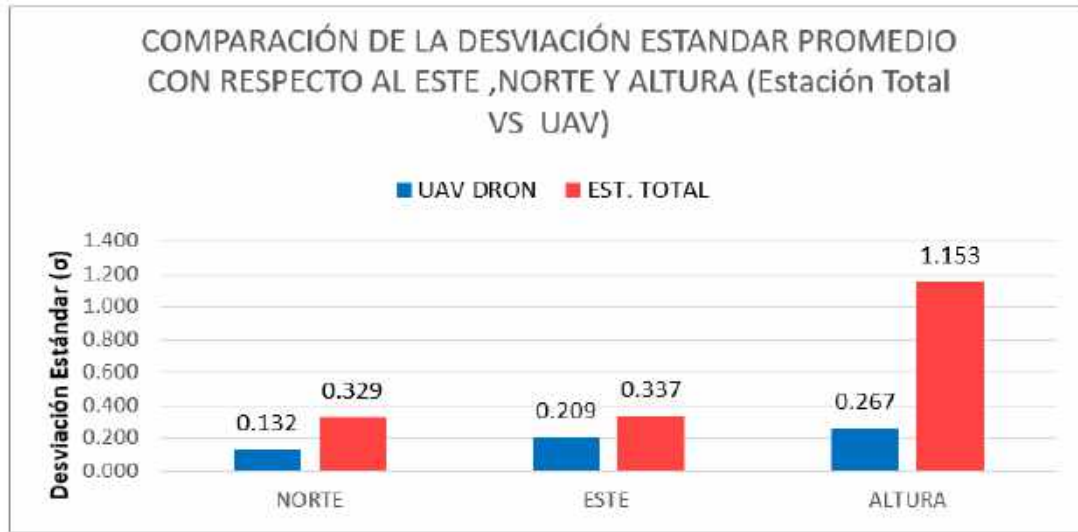
ESTACIÓN TOTAL					
NORTE		ESTE		ALTURA	
DES. ESTAND.	0.16245686	DES. ESTAND.	0.12205775	DES. ESTAND.	0.47994337
MEDIA	0.329	MEDIA	0.337	MEDIA	1.153
ALFA	0.05	ALFA	0.05	ALFA	0.05
N (MUESTRA)	39	N (MUESTRA)	39	N (MUESTRA)	39
INT CONF (95%)	0.05098634	INT CONF (95%)	0.03830726	INT CONF (95%)	0.15062803
DESDE	0.278	DESDE	0.299	DESDE	1.002
HASTA	0.380	HASTA	0.375	HASTA	1.303
17.95%	7	30.77%	12	30.77%	12

Fuente: Elaboración Propia

Análisis del cuadro: Se muestra resultados obtenidos después de hallar el intervalo de confianza de 95% a todas las coordenadas (norte, este y altura) del levantamiento con Estación total para comprobar si los resultados de las desviaciones estándar se encontraban dentro del rango de confianza demostrando así que solo el 26.5 % del total se encuentran incluidos en la medición.



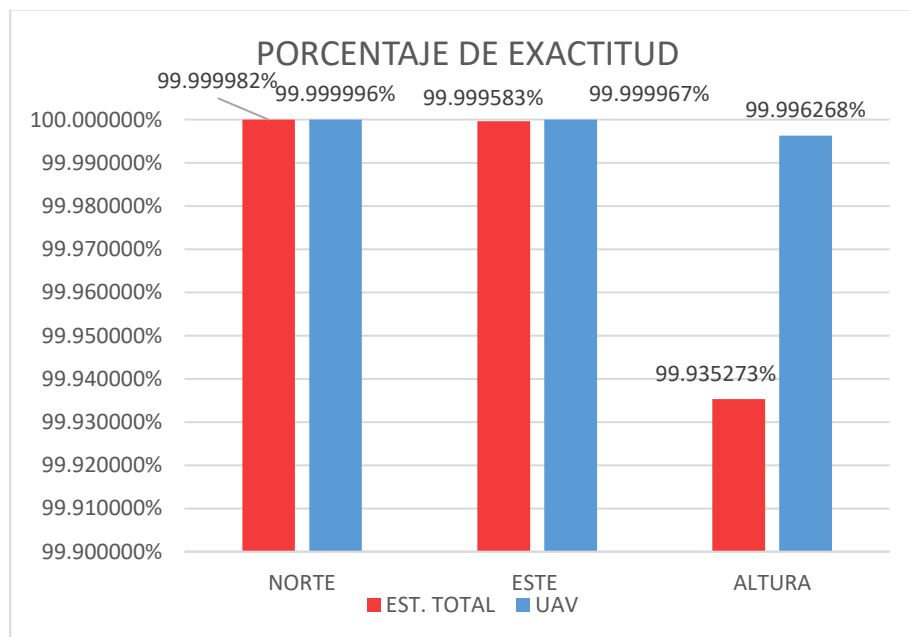
Figura n° 116: Gráfico resumen y comparativo de la desviación estándar promedio con respecto al norte, este y altura de la Estación Total y UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia

Análisis del gráfico: Se muestra la comparación de resultados de la desviación estándar con respecto al norte, este y altura (ejes) del levantamiento con UAV Dron siendo la serie de datos (barras) de color azul y de rojo la serie de datos (barras) del levantamiento con Estación Total.

Figura n° 117: Gráfico comparativo del porcentaje de exactitud con respecto al norte, este y altura de la Estación Total vs UAV Dron

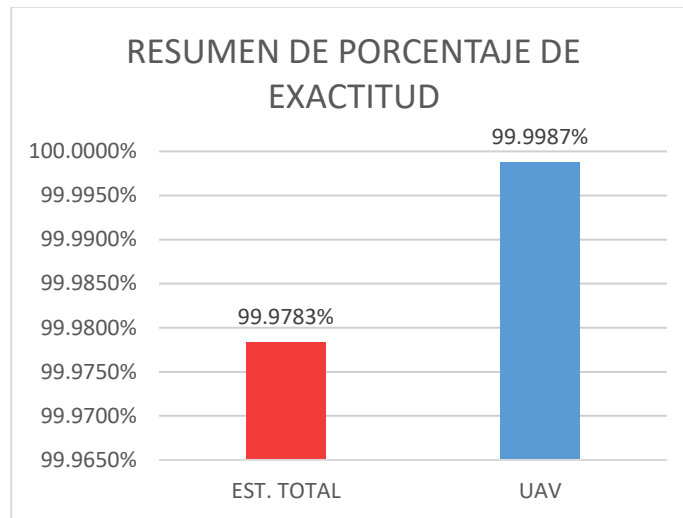


Fuente: Elaboración Propia

Análisis del gráfico: Se muestra la comparación de resultados del porcentaje de exactitud de la serie de datos obtenidos del levantamiento con UAV Dron y Estación Total mostrando una clara diferencia en los resultados con respecto al eje de la altura.



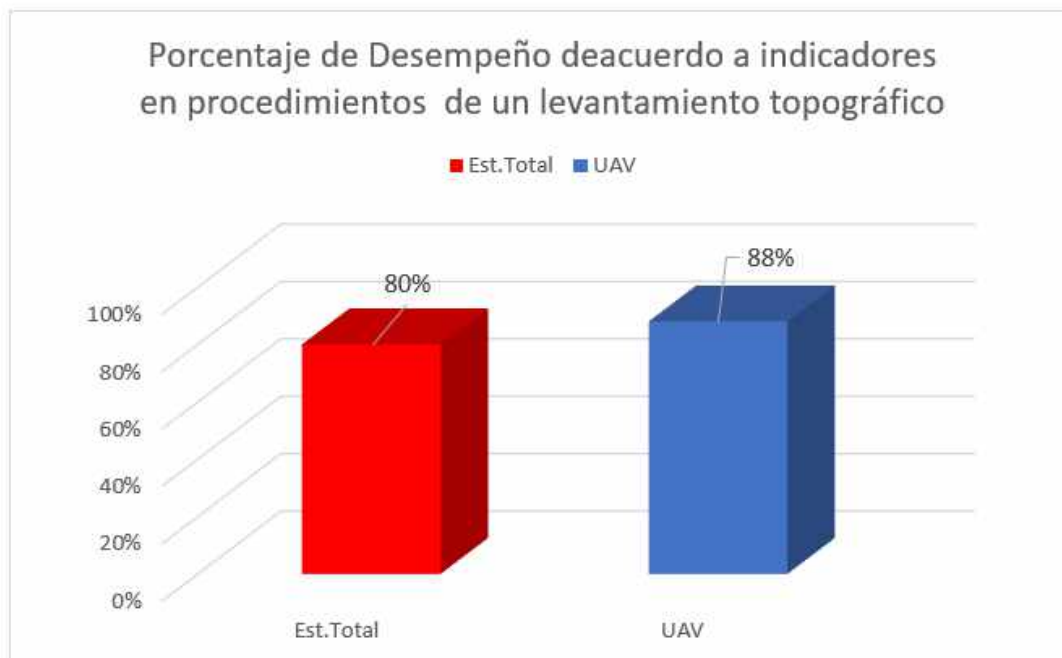
Figura n° 118: Gráfico resumen del porcentaje de exactitud de la Estación Total vs UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia

Análisis del gráfico: Se muestra la comparación de resultados del porcentaje de exactitud promedio de todos los ejes evaluados (norte, este y altura) del levantamiento con UAV Dron y Estación Total mostrando una diferencia mínima en la serie de datos.

Figura n° 119: Porcentaje de Desempeño de acuerdo a indicadores en procedimientos de un levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración Propia

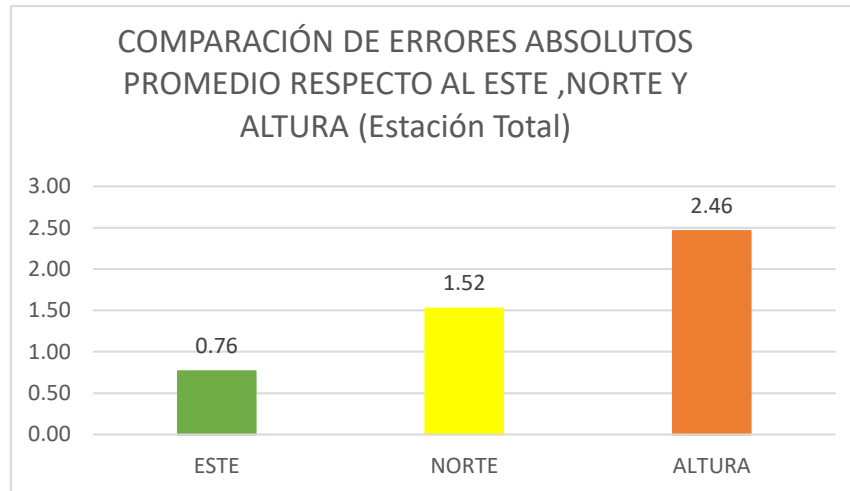
Análisis del gráfico: Se muestra la comparación de resultados de porcentaje de acuerdo al desempeño y KPIs entre el Levantamiento con UAV Dron y Estación Total.



4.6. Comparación de los errores absolutos y relativos del levantamiento topográfico realizado con Estación Total y UAV

ERROR ABSOLUTO

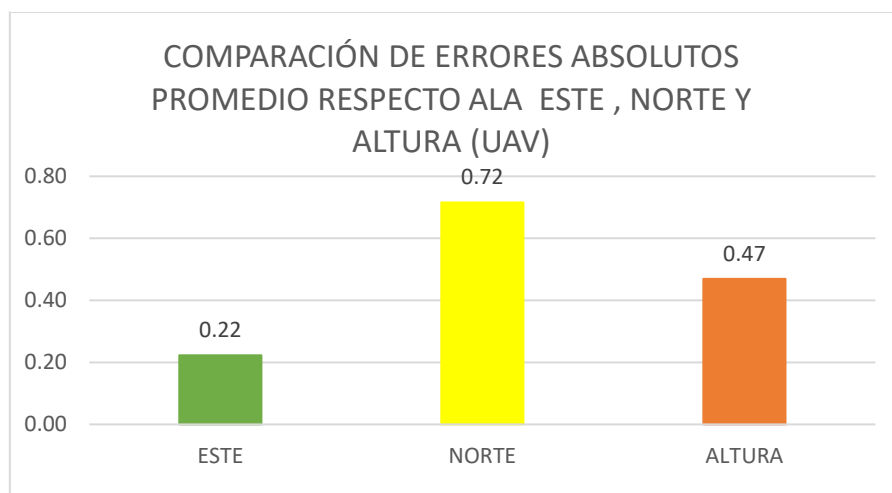
Figura n° 120: Gráfico comparativo de los errores absolutos promedio con respecto al norte, este y altura de la Estación Total



Fuente: Elaboración Propia

Análisis del gráfico: Se muestra resultados obtenidos del error absoluto con respecto al norte, este y altura del levantamiento con Estación Total en el cual el valor más alto de estas tres dimensiones evaluadas es la altura con un valor de 2.46

Figura n° 121: Gráfico comparativo de los errores absolutos promedio con respecto al norte, este y altura del UAV Dron

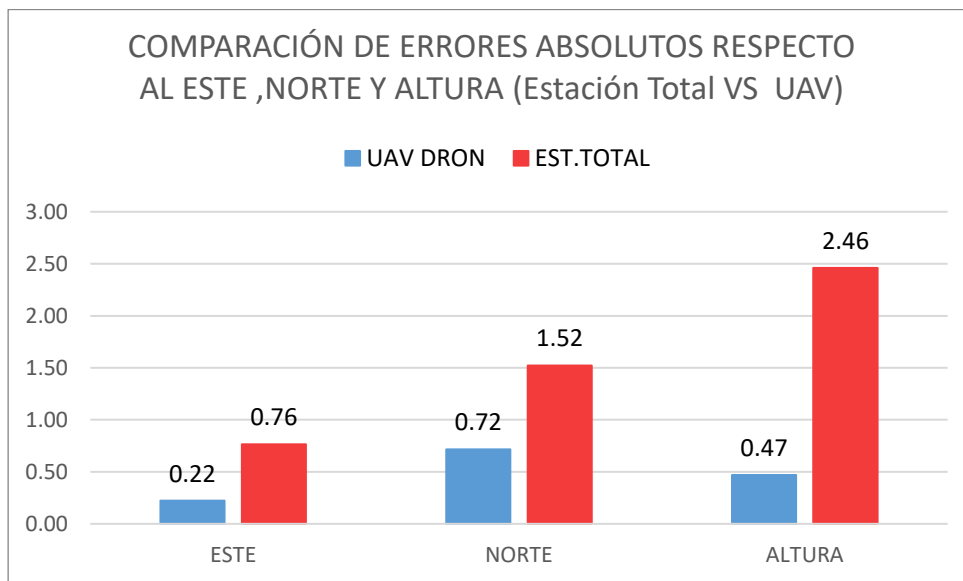


Fuente: Elaboración Propia

Análisis del gráfico: Se muestra resultados obtenidos del error absoluto con respecto al norte, este y altura del levantamiento con UAV Dron en el cual el valor más alto de estas tres dimensiones evaluadas es el norte con un valor de 0.72



Figura n° 122: Comparación de errores absolutos respecto al este ,norte y altura de la Estación Total vs UAV Dron

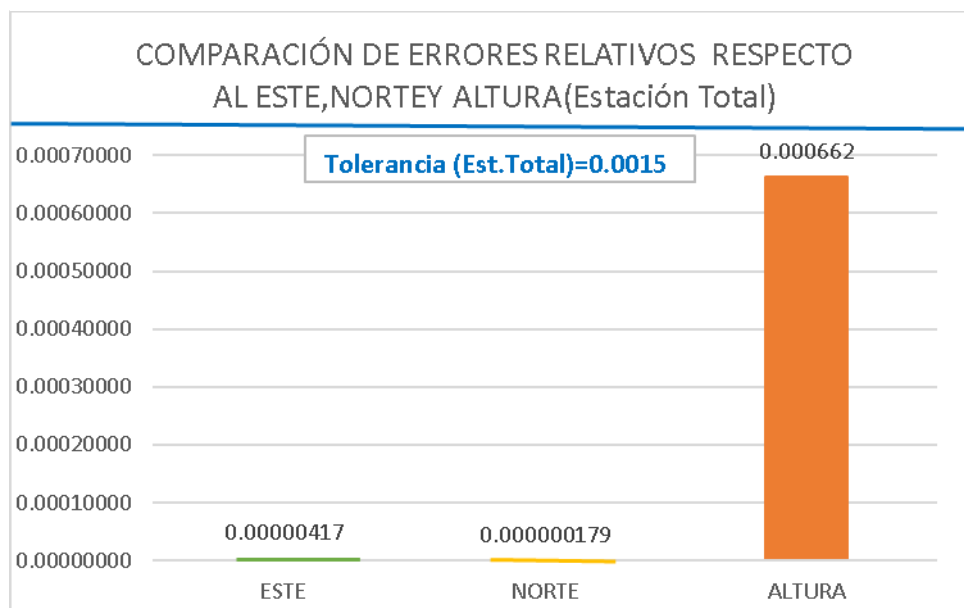


Fuente: Elaboración Propia

Análisis del gráfico: Se muestra la comparación de resultados de los errores absolutos con respecto al norte, este y altura (ejes) del levantamiento con UAV Dron siendo la serie de datos (barras) de color azul y de rojo la serie de datos (barras) del levantamiento con Estación Total.

ERROR RELATIVO

Figura n° 123: Gráfico comparativo de los errores relativos promedio con respecto al norte, este y altura de la Estación Total

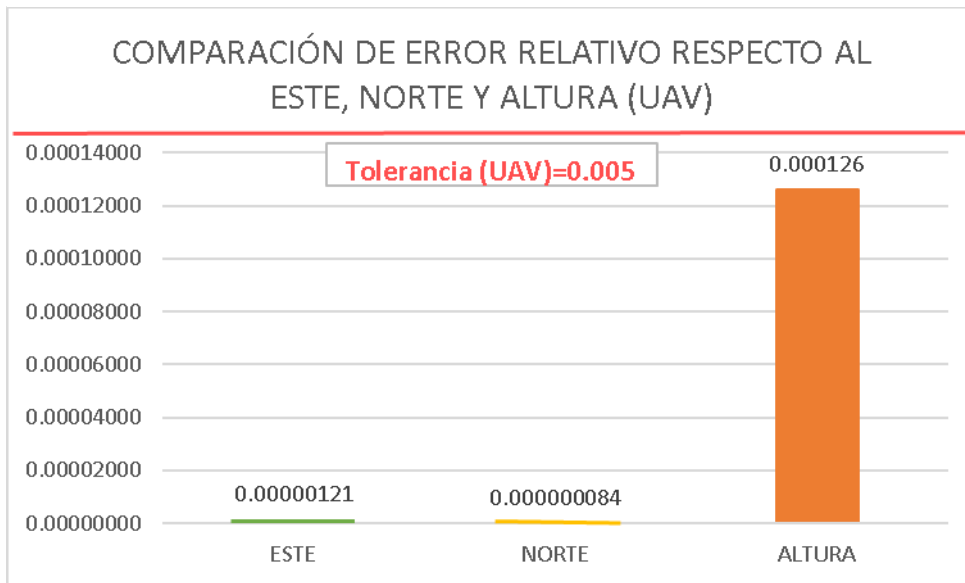


Fuente: Elaboración Propia

Análisis del gráfico: Se muestra resultados obtenidos del error relativo con respecto al norte, este y altura del levantamiento con Estación Total en el cual el valor más alto de estas tres dimensiones evaluadas es la altura con un valor de 0.000662



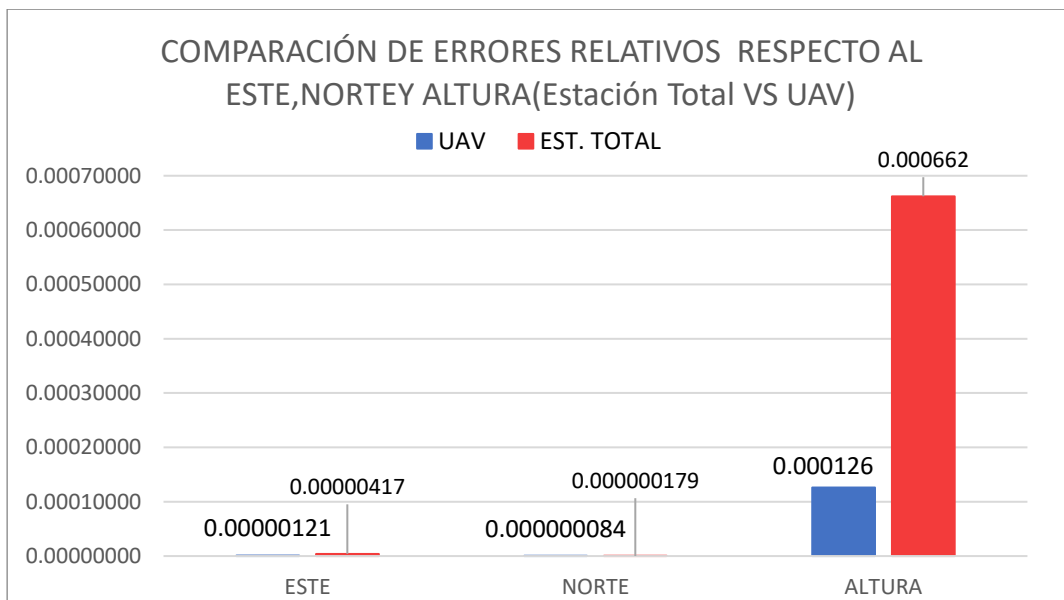
Figura n° 124: Gráfico comparativo de los errores relativos promedio con respecto al norte, este y altura del UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia

Análisis del gráfico: Se muestra resultados obtenidos del error relativo con respecto al norte, este y altura del levantamiento con UAV Dron en el cual el valor más alto de estas tres dimensiones evaluadas es la altura con un valor de 0.000126

Figura n° 125: Comparación de errores relativos respecto al este, norte y altura de la Estación Total vs UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia

Análisis del gráfico: Se muestra la comparación de resultados de los errores relativos con respecto al norte, este y altura (ejes) del levantamiento con UAV Dron siendo la serie de datos (barras) de color azul y de rojo la serie de datos (barras) del levantamiento con Estación Total, indicando que los errores en cuanto a la elevación son más altos y son propensos a variaciones puesto que están sujetos a un sistema de referenciación satelital (GPS Navegador con menor precisión o GPS Diferencial con mayor precisión). Tomando en cuenta que el equipo utilizado fue el GPS Diferencial EMLID RS2, y los datos obtenidos fueron en su modo RTK con una precisión de 4 mm podemos indicar que los errores obtenidos están por debajo de la tolerancia del equipo y por tanto validos para la evaluación



4.7. Comparación del tiempo de realización del levantamiento topográfico realizado con Estación Total y UAV

Tabla n° 38: Tiempo de Realización de un levantamiento topográfico con Estación Total

ESTACIÓN TOTAL	
ESTACIÓN TOTAL	TIEMPO
INSTRUMENTACIÓN	0.5
INSTALACIÓN	0.5
OPERACIÓN	60
TRABAJO DE GABINETE	9
TOTAL	70

horas

Fuente: Elaboración Propia

Tabla n° 39: Tiempo de Realización de un levantamiento topográfico con UAV

UAV (DRON)	
PASOS	TIEMPO
INSTRUMENTACIÓN (plan de vuelo)	0.1
INSTALACIÓN	0.1
OPERACIÓN (vuelo y guardado de fotos)	3.8
TRABAJO DE GABINETE	36
a) Procesamiento inicial	12 hr /12hr / 12hr
b) Nube de puntos y malla	
c) MDS, ortomosaico e índices	
TOTAL	40

horas

Fuente: Elaboración Propia



Figura n° 126: Gráfico comparativo del tiempo de realización de un levantamiento topográfico realizado con Estación Total vs UAV Dron

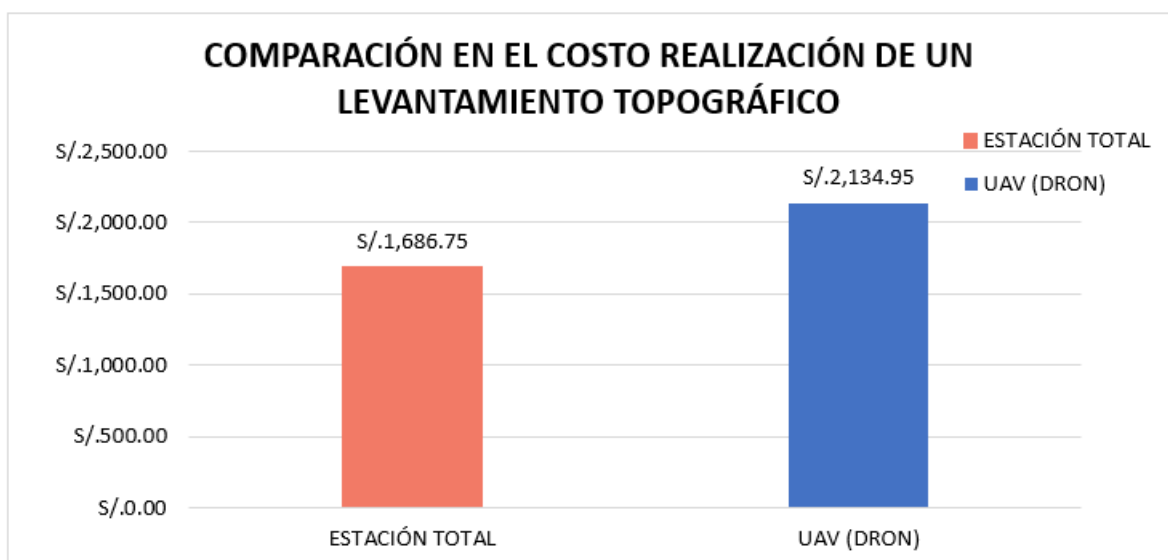


Fuente: Elaboración Propia

Análisis del gráfico: Se muestra la comparación de resultados de la cantidad de horas empleadas en la realización de un Levantamiento con UAV Dron siendo la serie de datos (barra) de color azul y de rojo la serie de datos (barra) del levantamiento con Estación Total, observando mayor uso de tiempo por la Estación Total.

4.8. Comparación del costo de realización del levantamiento topográfico realizado con Estación Total y UAV

Figura n° 127: Gráfico comparativo del costo de realización de un levantamiento topográfico realizado con Estación Total vs UAV Dron



Análisis del gráfico: Se muestra la comparación de resultados del costo de realización de un Levantamiento con UAV Dron siendo la serie de datos (barra) de color azul y de rojo la serie de datos (barra) del levantamiento con Estación Total, observando una clara diferencia y costo superior con el uso del equipo UAV Dron.



5. CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

a. Contraste de los resultados con el marco teórico

La recolección de la información presente en el marco teórico y en contraste con los resultados de la investigación nos permite indicar que el uso del equipo UAV Dron en levantamientos topográficos es más útil y óptimo debido a que la recopilación de datos se realiza de forma más rápida y en menor tiempo, llega a zonas inaccesibles, evita el riesgo en la ejecución (mayor seguridad del operador), reduce el costo e implementa nuevas tecnologías a la topografía tradicional; es más preciso que utilizar la estación total por la gran cantidad de información y detalle (nube de puntos), demostrando que es eficiente para un proyecto de carreteras y otros similares que requieren valores mínimos de error.

b. Interpretación de los resultados de la investigación

La presente investigación muestra los siguientes resultados:

- Con respecto a la precisión se realizó una totalidad de tres levantamientos topográficos con Equipo UAV y tres con uso de la Estación total lo que nos permitió tener varias medidas de cada equipo para posteriormente obtener un promedio de los mismos y poder compararlo con el valor real que nos da el GPS Diferencial en consecuencia nos arrojó los errores Absolutos y Relativos corroborando las hipótesis (general y específicas) a excepción de la sub hipótesis n° 4 la cual indica mayor costo en de un levantamiento topográfico que es realizado con equipo UAV frente la Estación total.
- Con respecto al tiempo de realización se consideró una serie de pasos para su evaluación iniciando con: Instrumentación, Instalación, Operación y Trabajo en gabinete para ambos métodos, obteniendo 70 horas con uso de la Estación Total frente a 40 horas con uso del Equipo UAV Dron lo que evidencia un ahorro del 42.8% del tiempo y pudiendo optimizar al 50% si se contaran con mayor cantidad de baterías que requiere el Dron y un ordenador sofisticado que acelera el tiempo en el procesamiento de las fotografías.
- Con relación al costo en comparación de ambas técnicas del levantamiento es favorable al utilizar la Estación total debido a que no requiere equipos adicionales para su ejecución y posicionamiento siendo el método indirecto (Levantamiento Topográfico con UAV) 20.99 % más caro en cotejo con el método Tradicional.



c. Comentario de demostración de las hipótesis

Se evaluaron y comprobaron cada una de las hipótesis obteniendo resultados óptimos en cuanto a la hipótesis general la cual nos arrojó valores que muestran mayor precisión en el uso de equipo UAV Dron de igual forma la sub hipótesis n°1 indicando que error absoluto al realizar un levantamiento topográfico con equipo UAV Dron es menor que el que se realiza con Estación total, para sub hipótesis n°2 también se obtuvo resultados satisfactorios la cual afirma que el error relativo es menor al usar el equipo UAV Dron; continuando con la sub hipótesis n°3 se comprobó que el tiempo de realización con equipo UAV Dron es menor en cantidad de horas para la ejecución del levantamiento topográfico comparado con el uso de la Estación Total .

Por último la sub hipótesis n°4 no logró ser confirmada puesto que el costo es mayor al utilizar el Equipo UAV Dron debido al costo de adquisición elevado, a su vez el alquiler propone precios superiores los cuales no solamente cubren el seguro y riesgo contra accidentes en caso de que sufra algún desperfecto o daño grave; si no que también incluye un equipo de posicionamiento para la corrección de datos que brindan los satélites (GPS Diferencial) , generando mayor precisión en la información recolectada .

d. ¿Cómo afectaría el clima en la ejecución de un levantamiento topográfico realizado con equipo UAV y Estación Total?

En un levantamiento topográfico el clima es fundamental ya que determina si se da inicio a la ejecución del mismo en campo; las principales condiciones climáticas para un óptimo levantamiento son:

- **TEMPERATURA:** Relacionada con la presencia de sol, determina una buena iluminación para la captura de fotos, óptimo vuelo en caso de uso de equipo UAV Dron
- **VIENTO:** El equipo UAV Mavic 2 Pro presenta una resistencia a la velocidad del viento hasta unos 36 km/h; se debe medir previamente previo al vuelo puesto que sin este dato puede generar inestabilidad del equipo afectando el ángulo de captura de fotografías y por consiguiente disminuyendo a la precisión
- **VISIBILIDAD:** Distancia del control remoto al equipo UAV fuera del rango de los 10 km el equipo puede llegar a extraviarse, colisionar perdiendo la información recolectada o auto programarse para regreso a casa interrumpiendo el vuelo programado.



- **PROBABILIDAD DE PRECIPITACIONES:** Tanto para un levantamiento topográfico en general la presencia de precipitaciones es perjudicial puesto que puede interrumpir el trabajo realizado o posponerlo generando retrasos como también daño en el funcionamiento del equipo (Estación Total, Dron; GPS Diferencial)

e. Aporte de la investigación

La presente investigación busca ser soporte y sustento para nuevas investigaciones por que presenta nuevas técnicas y métodos que actualmente no se usan de forma cotidiana dando a conocer que un levantamiento topográfico con uso de Equipo Aéreo no Tripulado Dron es una opción factible por su gran precisión, reducción en tiempos de realización de forma novedosa y práctica dentro de nuestra región no solamente para levantamientos de grandes extensiones de carreteras sino para proyectos afines como:

- Levantamientos de cuencas hidrográficas para medir caudales y temperatura.
- Medición de terrenos, fotografía ortográfica, relieve, creación de mosaicos orto rectificadas y georreferenciadas.
- Modelados en 3D que permiten el cálculo de curvas de nivel, medición de áreas y volúmenes.



6. GLOSARIO

Aerotriangulación

Es una técnica de interpolación que tiene como objetivo extender fotogramétricamente el control horizontal y vertical (soporte en tierra) proporcionado por un número mínimo de puntos de control, a todos los modelos estereoscópicos. La aerotriangulación consiste en la triangulación espacial simultánea y la intersección de los haces de rayos registrados en las imágenes.

Altitud orto métrica

Es la distancia entre un punto en el suelo en relación con el geoide, medida a lo largo de la vertical de la ubicación. Comúnmente conocido como la altura.

ATP (Automatic Tie Point)

Estos son los puntos de acoplamiento automáticos generados por el procesamiento del software especializado. Este es un punto 3D y sus correspondientes puntos clave 2D que se han detectado desde automáticamente en imágenes y se utiliza para calcular su posición en 3D.

BM

Bench Mark Los puntos de control verticales se materializaron en estructuras claramente identificadas en el suelo a través de diferentes tipos de monumentos.

CAD

Siglas del idioma ingles Computer-Aided Design; es el diseño que se representa del terreno a la representación en computadora.

Colinealidad

Ocurre cuando conjuntos de puntos están en la misma línea, un principio que se usa cuando se superponen imágenes.

Coordenadas

Magnitudes lineales o angulares que designan la posición ocupada por un punto en un sistema de referencia.

Cota

Número que representa la elevación de un punto desde la superficie del nivel de referencia.

Croquis

Representación gráfica de cualquier objeto independientemente de la escala (croquis).



Datum

Los parámetros del datum geodésico que especifican la superficie de referencia o el sistema de referencia de coordenadas.

DEM (Digital Elevation Model)

Es un modelo digital o representación 3D de la superficie de un terreno que emerge a partir de los datos de elevación del mismo, que representa la información de altura sin ninguna definición adicional sobre la superficie

Digitalización o Escaneo de Fotografías Aéreas

Conversión de imágenes aéreas en imágenes digitales en formato raster sin sacrificar precisión métrica..

Distancia Focal

La distancia entre el punto nodal trasero del objetivo con respecto al plano en el que los rayos de luz convergen para formar la imagen.

DJI

Compañía de tecnología china fabricante de vehículos aéreos no tripulados(UAV)

DRON

Es denominado RPA (del inglés Remotely Piloted Aircraft) es una aeronave sin tripulación.

DSM (Digital Surface Model)

En la mayoría de los casos, el término modelo digital de superficie se refiere a la superficie del terreno y contiene todos los objetos que contiene.

DTM (Digital Terrain Model)

Es la representación de la superficie de suelo y sin ningún objeto, como la vegetación o los edificios.

Fotograma

Imagen capturada por una cámara métrica, comúnmente se las conoce como fotografías o fotos, pero también pueden ser imágenes en formato digital..

Geoide:

Superficie equipotencial, que en todos los puntos perpendicular a la dirección de la gravedad, que resulta de la atracción gravitacional y la fuerza centrífuga causada por la rotación de la tierra, con el nivel medio del mar (NMM) en un océano abierto sin perturbaciones o su extensión hipotética por debajo la masa continental.



GSD

Ground Sampling Distance; es el rango que es representada en el terreno por cada pixel.

GCP (en inglés Ground Control Point)

Es un fulcro o punto de referencia con coordenadas medidas. Permite que el proyecto sea referenciado geográficamente y mejorar la orientación absoluta del modelo..

Latitud

La latitud es la distancia angular entre el ecuador y un punto específico de la tierra, medida a lo largo del meridiano donde se encuentra ese punto.

Línea del Ecuador

Es el plano perpendicular al eje de rotación de un plano y pasa por su centro. Divide la superficie del planeta en dos partes: el hemisferio norte y el hemisferio sur.

Longitud

Expresa la distancia angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano de Greenwich medido a lo largo del paralelo de ese punto.

MDE

Modelo digital de Elevación.

MDT

Modelo digital de Terreno.

Meridiano

Es definido por una línea de referencia (semicírculo) longitud, (como el meridiano de Greenwich), que va de polo a polo del globo terráqueo.

Meridiano de Greenwich

Meridiano cuyo origen pasa por el Observatorio Real de Greenwich, este indica los grados de longitud, a partir del cual se miden del este y al oeste.

Mosaico

Conjunto de imagenes aéreas que se cortan y cosen entre sí para formar una representación gráfica continua de parte de la superficie terrestre, aprovechando también la parte menos deformada de cada cuadro.



Obturador

Dispositivo electromecánico o simplemente mecánico que permite la apertura y cierre del lente de una cámara que permite que la luz entre en la emulsión fotosensible de la película durante el tiempo necesario para exponerla.

Orto fotografía

Del griego orthós 'correcto, exacto' es la representación fotográfica de una zona de la superficie de estudio.

Ortomosaico

Imagen rectificada que combina las fotografías de un vuelo fotogramétrico, de manera que simula ser una sola foto de la totalidad del área.

Partes por millón (ppm)

Expresión del error relativo que se utiliza con frecuencia para denotar el error en la determinación de distancias.

Pixel

El acrónimo de elemento de imagen en inglés, (elemento de imagen), es la unidad de color homogénea más pequeña que forma parte de una imagen digital.

Profundidad de Campo

Es la captura nítida de una imagen.

Red Geodésica

Puntos llamados vértices, materializados físicamente en el suelo, con el fin de determinar su precisión en términos absolutos y relativos.

RPAS

Remotely Piloted Aircraft System; sistema en conjunto: la aeronave, el enlace de comunicaciones y la estación de tierra

RTK

Real Time Kinematic; navegación cinética satelital en tiempo real, es una técnica usada para la topografía, es una técnica utilizada para mejorar la precisión de los datos de posición derivados de los sistemas de posicionamiento por satélite (sistemas de navegación por satélite, GNSS)



SIG

Un sistema de información geográfica (también conocido por las siglas GIS en español o GIS en inglés) es una colección de herramientas que integra y relaciona varios componentes (Usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelado de grandes cantidades de datos que están asociados con una referencia espacial. Es decir, es un sistema de información que es capaz de integrar, almacenar, Edite, analice, comparta y muestre información referenciada geográficamente

UAV – Vehículo aéreo no tripulado

UTM - El sistema de coordenadas universal transversal de Mercator (en inglés Universal Transverse Mercator).

Visión estereoscópica. - Tenemos la capacidad de integrar las imágenes que recibimos a través de cada uno de nuestros ojos, en una sola imagen tridimensional, elevada y profunda.

Waypoints

Estas son coordenadas para localizar puntos de referencia tridimensionales utilizados en la navegación GPS. La palabra se compone del inglés way (camino) y point (punto). Los waypoints se utilizan para trazar rutas mediante la agregación secuencial de puntos.

WGS 1984 - El WGS84 son las siglas en inglés de World Geodetic System 84 (que significa Sistema Geodésico Mundial 1984).



CONCLUSIONES

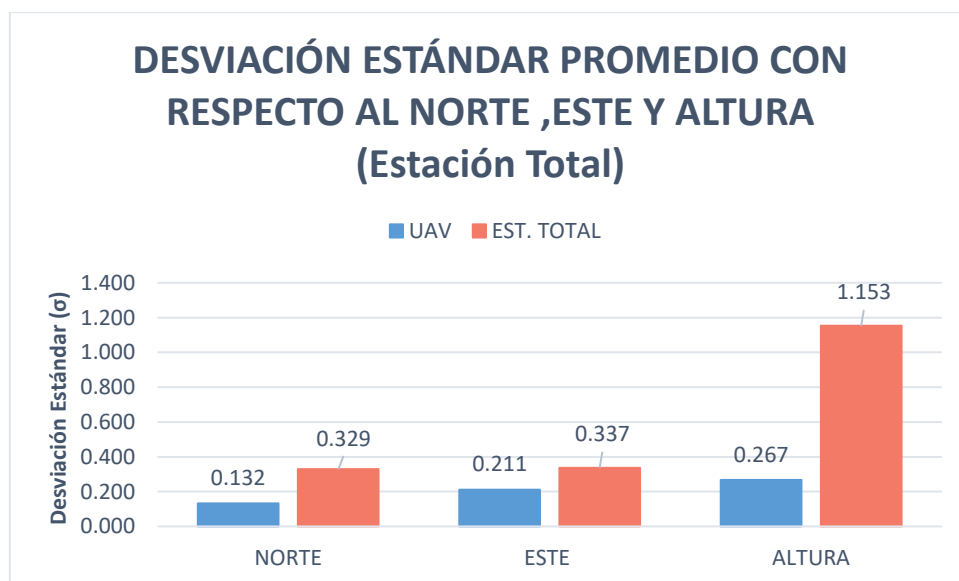
Conclusión N°1

Se logró demostrar la Hipótesis-General: **“La evaluación de los resultados al comparar el porcentaje de la precisión en los levantamientos topográficos efectuados mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado a una altura de 50 metros es mayor que los resultados de los levantamientos con el método tradicional (Estación Total) en carretera Abra Ccorao – Ccorao”.**

Logramos determinar, en cuanto a los resultados que la precisión es mayor al realizar un levantamiento topográfico con equipo UAV(Dron) y con un nivel de detalle más minucioso por la gran cantidad de puntos que genera la ortofoto, de igual forma los valores que nos arroja los indicadores de desempeño son mayores haciendo que sea más preciso en la representación de un plano topográfico, analizando también la exactitud de los valores podemos indicar que un levantamiento topográfico con Equipo UAV es más exacto puesto que se encuentra mucho más cercano al valor real (datos obtenidos del levantamiento con GPS Diferencial) ; cabe resaltar que la diferencia entre los resultados obtenidos entre el Dron y la Estación Total son estadísticamente mínimos por lo tanto ambos métodos son óptimos para un levantamiento topográfico designado para proyecto de carreteras.

(Figura N° 116, Figura N° 117, Figura N° 118; Pág. 137-138).

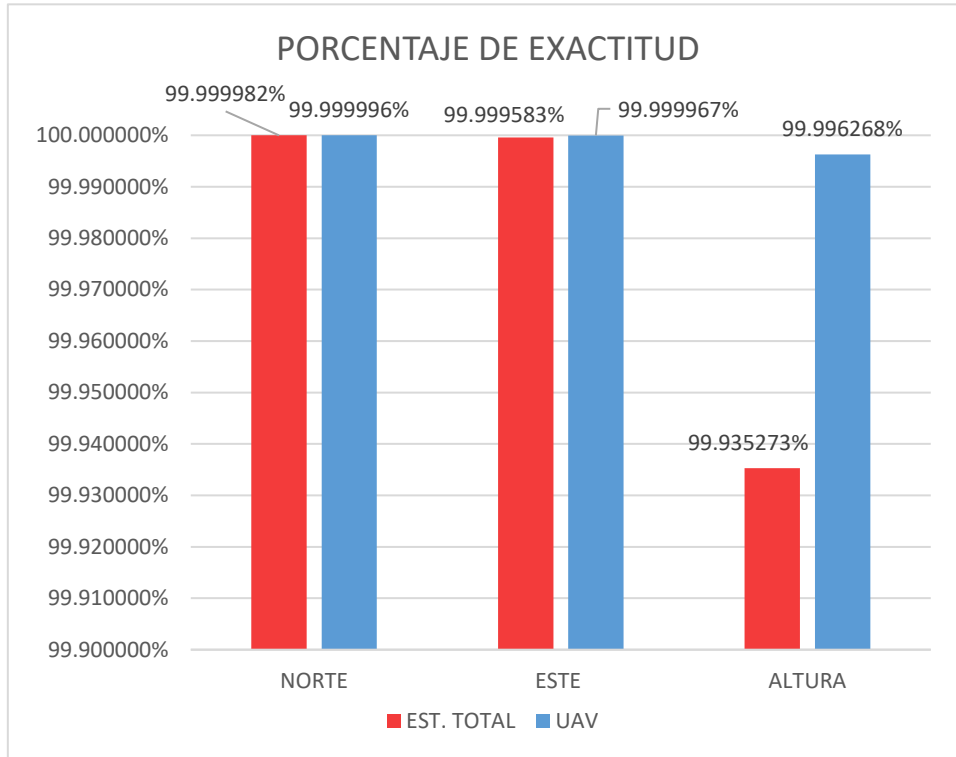
Figura n°116: Gráfico resumen y comparativo de la desviación estándar promedio con respecto al norte, este y altura de la Estación Total y UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia

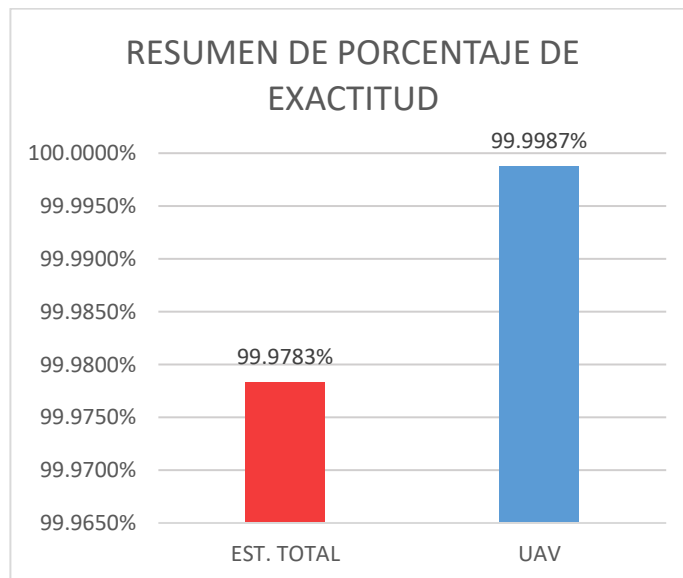


Figura n°117: Gráfico comparativo del porcentaje de exactitud con respecto al norte, este y altura de la Estación Total vs UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia

Figura n°118: Gráfico resumen del porcentaje de exactitud de la Estación Total vs UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia



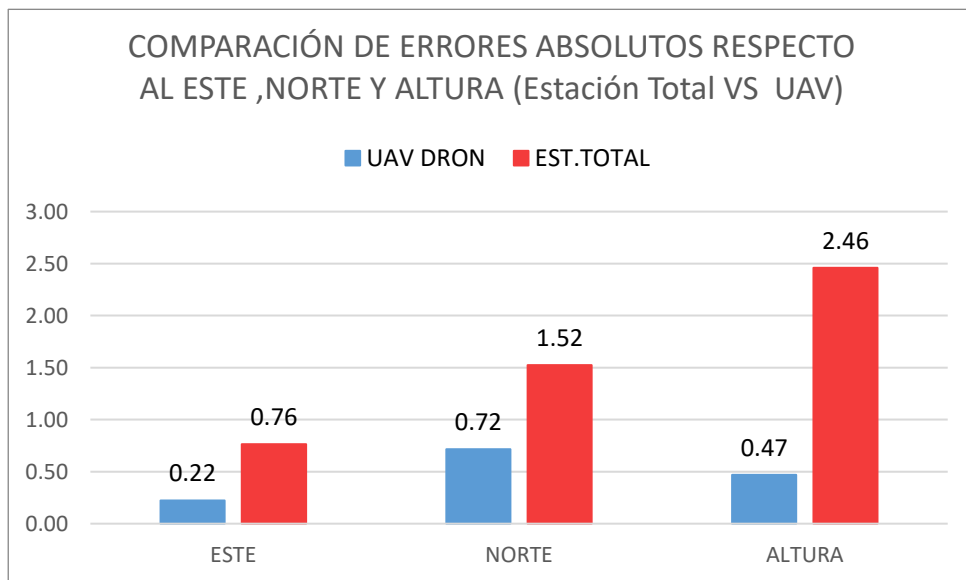
Conclusión N°2

Se logró demostrar la sub Hipótesis N° 01 que dice: **El valor del error absoluto levantamiento topográfico realizado con equipo UAV (Dron) es menor en comparación de un levantamiento con el método tradicional (Estación Total).**

Logramos determinar, en cuanto a los resultados que el error absoluto es mayor al realizar un levantamiento topográfico con estación total y equipo UAV mostrado según la figura (Figura n°122; Pág.140).

Haciendo la comparación de los errores absolutos entre el equipo UAV y la estación total podemos concluir que el error más alto en ambos equipos son las coordenadas de la cota, ya que el en un levantamiento topográfico empleando la Estación Total utiliza y se posiciona haciendo uso del GPS Navegador presentando un desfase de +- 5 metros. Y que utiliza menos cantidad de satélites para la captura de información del terreno en estudio.

Figura n° 122: Comparación de errores absolutos respecto al este ,norte y altura de la Estación Total vs UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia



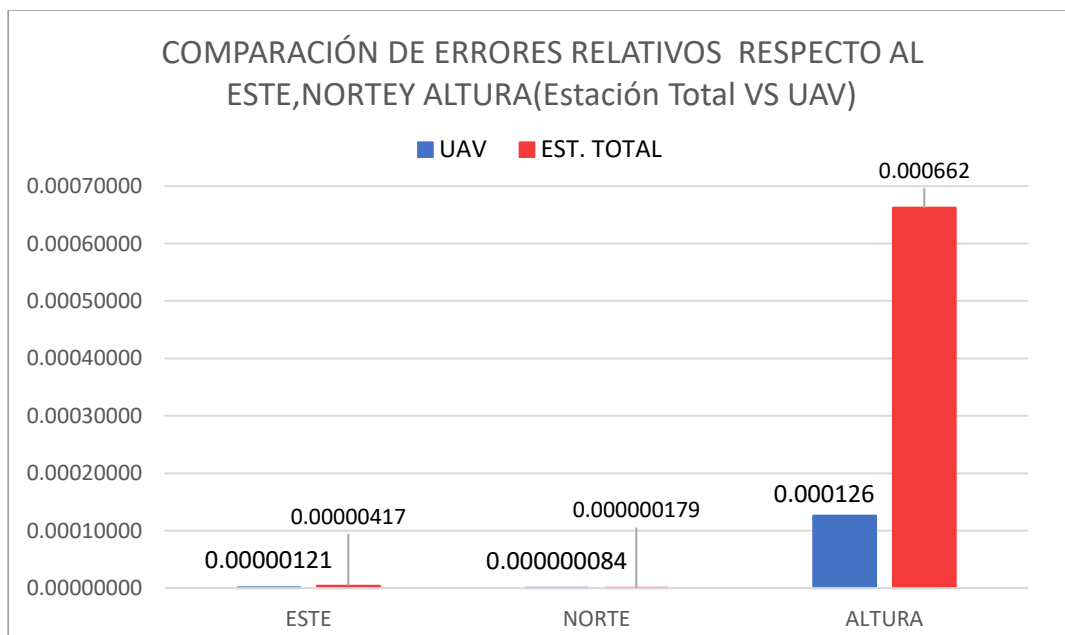
Conclusión N°3

Se logró demostrar la sub Hipótesis N° 02 que dice: **El valor del error relativo del levantamiento topográfico realizado con equipo UAV (Dron) es menor en comparación de un levantamiento con el método tradicional (estación total).**

Logramos determinar, en cuanto a los resultados que el error relativo al realizar un levantamiento topográfico con estación total es mayor y equipo UAV nos da valores según la figura (Figura 125; Pág. 141).

Haciendo la comparación de los errores relativos entre el equipo UAV y la estación total podemos concluir que el error relativo de mayor incidencia en ambos equipos son las coordenadas de altura o también llamado Cota; pero se encuentra debajo de los valores de tolerancia permitido para levantamientos topográficos.

Figura n°125: Comparación de errores relativos respecto al este ,norte y altura de la Estación Total vs UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia



Conclusión N°4

Se logró demostrar la sub Hipótesis N° 03 El valor comparativo influyente al tiempo de realización del levantamiento topográfico con equipó UAV (dron) es menor con relación a un levantamiento con el método tradicional (Estación total).

Como podemos ver al verificar los resultados de todos los procesos necesarios para un levantamiento topográfico con UAV (instrumentación, programación de la ruta de viaje del Dron, vuelo-captura de imágenes y trabajo de gabinete) en comparación con estación total (instrumentación, instalación del equipo en campo, operación y trabajo de gabinete); se ve la diferencia de 0.62 veces mayor uso de tiempo y de jornada de trabajo al realizar el levantamiento topográfico con estación total. (Figura 126; Pág.143).

Figura n°126: Gráfico comparativo del tiempo de realización de un levantamiento topográfico realizado con Estación Total vs UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia

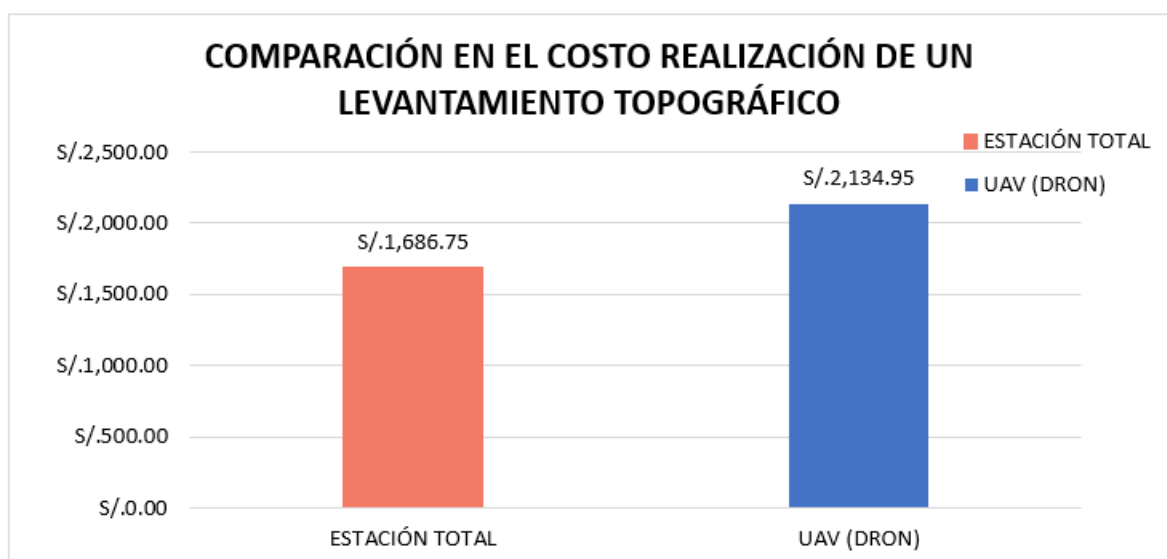


Conclusión N°5

Se logró demostrar la sub Hipótesis N° 04 El valor comparativo influyente al costo de realización del levantamiento topográfico con equipó UAV (Dron) es mayor con relación a un levantamiento con el método tradicional (Estación Total).

Como podemos verificar en los resultados y gráficos pertinentes se obtuvo que el costo de realización con equipo UAV es mayor porque el levantamiento no solamente incluye el uso de un equipo adicionando el uso del GPS diferencial que incrementa costos en tiempo, mano de obra y alquiler de equipo lo que conlleva un aumento significativo en el costo total demostrado en la comparación de los presupuestos realizados en S10. (Figura 127; Pág.143).

Figura n°127: Gráfico comparativo del costo de realización de un levantamiento topográfico realizado con Estación Total vs UAV Dron



Fuente: Elaboración Propia



RECOMENDACIONES

Recomendación N° 01

Se recomienda tener cuidado en cuanto en los puntos de control - BMs (monumentación y toma de datos) puesto que influyen de gran manera en el procesamiento de datos y que generan la precisión en el levantamiento ya sea con el uso del equipo UAV o estación total.

Recomendación N° 02

Se recomienda para disminuir los valores obtenidos de los errores absolutos y relativos se realicen varias mediciones con un número mínimo de 3; acercándonos al valor real e incrementando el porcentaje de precisión que hará que un levantamiento tenga datos más confiables.

Recomendación N° 03

Para levantamientos topográficos donde sea de difícil acceso en especial para el topógrafo, en situaciones donde se tenga que ascender hasta la cota más alta, recorrer un talud con gran pendiente para poder representarlo o en el proceso de instrumentación en espacios reducidos se recomienda el uso del equipo UAV que permitirá facilitar el proceso de trabajo.

Recomendación N° 04

En un levantamiento topográfico no se debe olvidar que el clima es un factor muy importante dado que equipo UAV y la estación total no desempeñara adecuadamente; siendo un caso más grave en el equipo UAV dado que afectaría la sustentación, perdería equilibrio y afectar la calidad de las imágenes y del levantamiento topográfico propiamente dicho.

Recomendación N° 05

Se recomienda para obtener una altura de vuelo adecuada verificar la zona en donde se realizará el levantamiento topográfico evaluando la altura de los taludes, de los árboles, postes de alumbrado si nos acercamos algún centro poblado o presencia de algún elemento que obstaculice o pueda dañar el equipo aéreo no tripulado (Dron).



Recomendación N° 06

En la etapa de procesamiento de fotografías que una de las más relevantes para un levantamiento topográfico con equipo aéreo no tripulado Dron ,se recomienda tener una computadora con una buena tarjeta de video o una laptop Core i7 dado que este proceso tiene una larga duración y en caso que el equipo no pueda soportarlo , la información se perderá teniendo que volver a empezar el proceso desde cero ,generando demoras.

Recomendación N° 07

Se recomienda incentivar el uso de nuevas técnicas y procesos incluyendo el uso de Dron en el currículo de estudios de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de igual forma el software para el procesamiento de fotografías.

Recomendación N° 08

Es de suma importancia tener en cuenta el aspecto climatológico utilizando diversas aplicaciones que nos permiten tener un pronóstico, probabilidad de precipitaciones pluviales, velocidad del viento, ráfagas y temperatura de los días que se realizara el levantamiento topográfico para una correcta programación del itinerario así evitar daños del equipo y obtener datos más precisos.

Recomendación N° 09

Se recomienda para prolongar el tiempo de duración de las baterías durante el vuelo con uso de equipo UAV realizar el levantamiento cuando el clima indique condiciones climáticas normales y de preferencia cubierta completamente por nubes que evita el recalentamiento del Dron abarcando de esta forma mayores distancias, áreas y fotografías evitando que el equipo se apague y no llegue a guardar la totalidad de la información fotogramétrica.

Recomendación N° 10

De acuerdo a los resultados obtenidos de los errores de elevación en cuanto a la comparación de los Levantamientos Topográficos se recomienda el uso del mismo sistema de referenciación para ambos métodos (UAV y Estación Total) a fin de no generar resultados con variaciones considerables y con ello garantizar la veracidad de los mismos.



REFERENCIAS

- ACG DRONE. (13 de Abril de 2016). *ACG DRONE*. Obtenido de <https://acgdrone.com/412-apps-para-volar/>
- Alejandro. (31 de Octubre de 2017). *Horses Developer*. Obtenido de <https://blog.horsesdeveloper.com/definicion-del-levantamiento-topografico-con-drones/>
- Altimetría, C. d. (15 de Noviembr de 2011). *definicionesabc*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/ciencia/altimetria.php>
- Anónimo. (2014). *donweb AGENCIA DE NOTICIAS TECNOLOGICAS*. Obtenido de <http://agencia.donweb.com/contacto-donweb/>
- Anónimo. (2015). *Topoequipos S.A.* Obtenido de <http://www.topoequipos.com/dem/ques-terminologia/que-es-fotogrametria>
- Anónimo. (28 de Octubre de 2016). *TIPOS DE ERRORES*. Obtenido de <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/2-7-tipos-de-errores/>
- Anonimo. (06 de Diciembre de 2017). *RcTecnica*. Obtenido de https://www.rctecnica.com/blog/86_que-es-uav.html
- Anónimo. (5 de Diciembre de 2017). *Significados.com*. Obtenido de <https://www.significados.com/precision/>
- Anónimo. (25 de Septiembre de 2018). Obtenido de CONCEPTOS Y BASES DE LOS INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS:
<https://instrumentacionelectronica.wordpress.com/2013/09/25/errores-y-tipos-de-error/>
- Anónimo. (2019). *asdrón spain*. Obtenido de <https://www.asdrónspain.com/topografia/gsd-3/>
- Asensio, A. H. (28 de junio de 2017). *cursosteledeteccion.com*. Obtenido de <https://www.cursosteledeteccion.com/aplicaciones-de-pix4d/>
- Bembibre, C. (Julio de 2012). *Definición ABC*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/general/precision.php>
- Blanco, M. P. (29 de SETIEMBRE de 2017). *LOGICALIS*. Obtenido de <https://blog.es.logicalis.com/analytics/kpis-qu%C3%A9-son-para-qu%C3%A9-sirven-y-por-qu%C3%A9-y-c%C3%B3mo-utilizarlos>
- Cayo, J. J. (2020). *Consideraciones Técnicas para el Plan de Vuelo en la Fotogrametría*. Cusco.
- CLAROS, R;GUEVARA, A.E & PACAS. (2016). *APLICACIÓN DE FOTOGRAMETRÍA AÉREA EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS MEDIANTE EL USO DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS*. El Salvador: Universidad de el Salvador.



- Conceptos, D. (2009). *De Conceptos*. Obtenido de <https://deconceptos.com/general/escala>
- DRONESPAN.PRO. (2014). Obtenido de <https://dronespain.pro/fotogrametria-con-drones/>
- EcuRed. (02 de Febrero de 2017). *EcuRed*.
- Fachman, R. (2016). *Slideshare*. Obtenido de https://es.slideshare.net/RitaFachman/apuntes-de-topografia-triangulacion?from_action=save&scribd_download=true
- FOTOGRAMETRIA, P. D. (2012). Obtenido de <https://www.timetoast.com/timelines/etapas-de-la-fotogrametria>
- Gomez, F. (2019). *PYMET Proyectos y mediciones Topográficas S.L.* Obtenido de <https://www.pymet.es/levantamiento-topografico/>
- GÓMEZ, J. M. (2010). NIVELACIÓN DE TERRENOS POR REGRESIÓN TRIDIMENSIONAL. Tortosa: Cooperativa Gráfica Dertosenense.
- Gómez, W. D. (02 de JULIO de 2009). Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/azimut/article/view/4044/6167>
- Gonzáles, M. (27 de Junio de 2017). *Wondershare*. Obtenido de <https://filmora.wondershare.com/es/drones/what-is-drone-how-does-it-work.html>
- INTERCERT SAC. (25 de MAYO de 2015). *INTERCERT*. Obtenido de https://intercert.com.pe/iso-9001-sistema-de-gestion-de-la-calidad/?gclid=Cj0KCQjw0caCBhCIARIsAGAfUwVj631S8sYgcWMnbOim6wjOI4QVj9DQuV99z9kHKLQ86gfwCUaAkZuEALw_wcB
- Jiménez, S. I. (23 de Febrero de 2017). *HIDRAÚLICA FACIL*. Obtenido de <https://www.hidraulicafacil.com/2017/02/factores-que-condicionan-una-mision-de.html>
- Julián Pérez Porto y María Merino. (2017). *DEFINICIÓN.DE*. Obtenido de <https://definicion.de/desempeno/>
- Kiliciv, A. (21 de julio de 2011). *CreceNegocios*. Obtenido de <https://www.crecenegocios.com/concepto-de-calidad/>
- Montalvo, G. (2017). *TECNOLOGÍA INFORMÁTICA*. Obtenido de <https://www.tecnologia-informatica.com/que-es-autocad-para-que-sirve/>
- Monte de Oca, M. (2004). *Topografía*. Mexico D.F: Alfaomega.
- MTC. (30 de Enero de 2021). *Plataforma Digital del Estado Peruano*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/355491-30740-ley-que-regula-el-uso-y-las-operaciones-de-los-sistemas-de-aeronaves-pilotadas-a-distancia-rpas>
- Peiró, M. (2014). *TOPOGRAFICS*. Obtenido de <https://www.topografics.com/>
- Perez, M. (27 de enero de 2021). *Concepto Definición* . Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/calidad/>
- Piqueras, V. Y. (22 de Abril de 2012). *¿Qué es el error de medición?* Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2012/04/22/%C2%BFque-es-el-error-de-medicion/>



- Popper, K. R. (1980). *La Lógica de la Investigación Científica*. Madrid: Tecnos.
- Porto, J. P. (2009). *Definición.de*. Obtenido de <https://definicion.de/error/>
- Porto, J. P. (2010). *Definición.de*. Obtenido de <https://definicion.de/precision/>
- SAMPIERI, C. R. (1991). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*. MEXICO: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA DE MEXICO, S.A DE C.V.
- Saucedo, H. (Octubre de 2008). Obtenido de https://www.academia.edu/13858463/04_Concepto_de_error_y_tolerancia_topografica
- SCS EQUIPOS CHILE. (2018). *SCS EQUIPOS CHILE*. Obtenido de <https://www.scsequipos.com/nueva-app-reachview-3-de-emlid/>
- SUNARP, SNCP. (2011). *Manual de protocolo de actuación en levantamiento catastral*. Lima.
- TOPOGRAFIA TOTAL & INGENIERIA S.A.C. (2017). *TOPOGRAFIA & INGENIERIA TOTAL*. Obtenido de <https://www.topografiatotal.com/amarres-a-la-red-geodesica/>.
- TOPOGRAFIA. (11 de Enero de 2013). *De Topografía*. Obtenido de <http://detopografia.blogspot.com/2013/01/el-concepto-de-escala.html>
- Topografía, D. (Sabado de Noviembre de 2012). *De Topografía*.
- Vasquez, A. (2009). *Estación Total*. Colombia: GEOBAX.
- Vega, F. d. (2009). *Triangulación topográfica*. Obtenido de <https://www.docsity.com/es/clase-i-de-topografia-metodo-de-triangulacion/2206825/>
- Villamandos. (8 de Octubre de 2014). *topografia 2*.
- XATAKACENCIA. (2008). Obtenido de http://www.iberoptics.com/es/content/fundamentos-basicos-de-fotogrametria-3d_18



ANEXOS