



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA

**COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS EN LEVANTAMIENTOS
TOPOGRÁFICOS POR MEDIO DE GPS DIFERENCIAL Y DRON EQUIPADO
CON MÓDULO RTK**

TUTOR

PhD. MARCIAL CALERO AMORES

AUTORES

MARTÍNEZ SANCHEZ YANDRI ROBERTO

VARGAS VÁSQUEZ JHONN LEONIDAS

GUAYAQUIL

2024



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Comparación De Metodologías En Levantamientos Topográficos Por Medio De GPS Diferencial Y Dron Equipado Con Módulo RTK	
AUTOR/ES: Martínez Sanches Yandri Roberto Vargas Vásquez Jhonn Leonidas	TUTOR: Marcial Calero Amores
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: Ingeniería, Industria y Construcción	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2024	N. DE PÁGS: 178
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Levantamiento topográfico, Diferencial GPS, Drones, Topografía, Geodesia, Técnicas de medición, Geomática.	
RESUMEN: La tesis describe un estudio sobre la necesidad de mejorar las metodologías de levantamientos topográficos en sectores como la ingeniería civil y la agricultura, con un enfoque en plantaciones bananeras en las provincias de Guayas y Los Ríos, Ecuador. El estudio compara las metodologías tradicionales con GPS diferencial y las emergentes con drones equipados con módulos RTK, evaluando precisión, eficiencia y costos. Se destaca que los drones RTK, aunque más costosos, ofrecen una mayor eficiencia en tiempo y cobertura en áreas extensas. Además, el estudio incluye la implementación de una red geodésica en la	

Universidad Laica Vicente Rocafuerte para apoyar la enseñanza en topografía. Las conclusiones subrayan la precisión comparable de ambas metodologías, pero diferencias significativas en costo y eficiencia, sugiriendo recomendaciones según las condiciones del terreno y los objetivos del proyecto.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:
---	-----------------------------

DIRECCIÓN URL (Web):

ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
---------------------	---	------------------------------------

CONTACTO CON AUTOR/ES: Martínez Sánchez Yandri Roberto (1) Vargas Vásquez Jhonn Leonidas (2)	Teléfono: # 0980762650 # 0978989335	E-mail: ymartinezs@ulvr.edu.e c jvargasvas@ulvr.edu.e c
---	--	--

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	PhD. Marcial Sebastián Calero Amores Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y construcción Teléfono: 2596500 Ext. 241 E-mail: mcalero@ulvr.edu.ec Ing. Jorge Torres Rodríguez Teléfono: 2596500 Ext. 242 E-mail: etorres@ulvr.edu.ec
------------------------------------	--

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Archivo para TURNITIN MARTINEZ, VARGAS.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%	5%	0%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
2	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	1%
3	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante	1%

Excluir citas Apagado Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía Apagado



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados Martínez Sanches Yandri Roberto Vargas Vásquez Jhonn Leonidas, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS POR MEDIO DE GPS DIFERENCIAL Y DRON EQUIPADO CON MÓDULO RTK, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Firma:

NOMBRES Y APELLIDOS: YANDRI ROBERTO MARTINEZ SANCHEZ

C.I.: 1104205636

Firma:

NOMBRES Y APELLIDOS: JHONN LEONIDAS VARGAS VÁSQUEZ

C.I.: 0202520862

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS POR MEDIO DE GPS DIFERENCIAL Y DRON EQUIPADO CON MÓDULO RTK, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS POR MEDIO DE GPS DIFERENCIAL Y DRON EQUIPADO CON MÓDULO RTK, presentado por los estudiantes: YANDRI ROBERTO MARTINEZ SANCHEZ y JHONN LEONIDAS VARGAS VÁSQUEZ como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



MARCIAL SEBASTIAN CALERO AMORES

C.C. 0905197869

AGRADECIMIENTO

"Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, quienes han moldeado la persona que soy y han sido un pilar fundamental en este proceso. A mis compañeros y colegas, quienes han enriquecido mi desarrollo profesional, y a mis grandes amigos y docentes, que me han inculcado los valores y principios de un buen profesional a lo largo del camino. Finalmente, extendiendo mi gratitud a aquellas personas que, en una noche, ayudaron a convertir en realidad las ideas que dieron vida a esta tesis."

Yandri Martínez.

"Expreso mi más profundo agradecimiento a Dios, por haberme guiado en cada paso de este camino y haberme dado la fuerza necesaria para superar cada desafío. Su luz ha sido mi faro en los momentos más oscuros, y su amor, mi sostén constante.

A mis queridos padres, que con su amor incondicional y sacrificio me han dado las bases para ser quien soy hoy. Gracias por ser mis pilares, por sus palabras de aliento y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Esta meta es tanto mía como de ustedes.

A mis hermanos, por su apoyo, consejos y por ser una fuente inagotable de motivación. Su compañía y amor fraternal han sido una bendición en mi vida, y me siento privilegiado de compartir este logro con ustedes.

A mi sobrina, que con su alegría e inocencia ha llenado de luz y esperanza mis días. Gracias por recordarme la importancia de soñar y de seguir adelante con una sonrisa".

Jhonn Vargas.

DEDICATORIA

"Dedico esta tesis, a mis padres, quienes han sido los pilares fundamentales de mi vida. A mis amigos, que formaron parte de esta hermosa etapa y contribuyeron con su apoyo y compañía. Y, sobre todo, al joven Roberto de 18 años, que con su decisión forjó un camino que hoy me llena de felicidad."

Yandri Martínez.

"Dedico este trabajo a mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante. Su ejemplo y fortaleza han sido mi mayor inspiración. Todo lo que soy y he logrado, se lo debo a ustedes".

Jhonn Vargas.

RESUMEN

La tesis describe un estudio sobre la necesidad de mejorar las metodologías de levantamientos topográficos en sectores como la ingeniería civil y la agricultura, con un enfoque en plantaciones bananeras en las provincias de Guayas y Los Ríos, Ecuador. El estudio compara las metodologías tradicionales con GPS diferencial y las emergentes con drones equipados con módulos RTK, evaluando precisión, eficiencia y costos. Se destaca que los drones RTK, aunque más costosos, ofrecen una mayor eficiencia en tiempo y cobertura en áreas extensas. Además, el estudio incluye la implementación de una red geodésica en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte para apoyar la enseñanza en topografía. Las conclusiones subrayan la precisión comparable de ambas metodologías, pero diferencias significativas en costo y eficiencia, sugiriendo recomendaciones según las condiciones del terreno y los objetivos del proyecto.

Palabras claves: levantamiento topográfico, diferencial GPS, drones, modulo RTK, topografía, geodesia, técnicas de medición, geomática.

ABSTRACT

The text describes a study on the need to improve topographic survey methodologies in sectors such as civil engineering and agriculture, with a focus on banana plantations in the provinces of Guayas and Los Ríos, Ecuador. The study compares traditional methodologies using differential GPS with emerging technologies involving drones equipped with RTK modules, evaluating accuracy, efficiency, and costs. It highlights that while RTK drones are more expensive, they offer greater efficiency in time and coverage over large areas. Additionally, the study includes the implementation of a geodetic network at Universidad Laica Vicente Rocafuerte to support education in surveying. The conclusions emphasize the comparable accuracy of both methodologies but note significant differences in cost and efficiency, suggesting recommendations based on terrain conditions and project objectives.

Keywords: topographic survey, differential GPS, drones, RTK module, topography, geodesy, measurement techniques, geomatics.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1.1 Tema:	3
1.2 Planteamiento del Problema:	3
1.3 Formulación del Problema:	4
1.4 Objetivo General	4
1.5 Objetivos Específicos	4
1.6 Hipótesis	5
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad	6
CAPÍTULO II	7
MARCO REFERENCIAL	7
2.1. Marco Teórico:	7
2.1.1. Antecedentes	7
2.1.2. Fundamentación Teórica	14
2.1.3 Equipos de medición	18
2.1.4 Introducción a los levantamientos topográficos	20
2.1.5 Conceptos básicos de la topografía	23
2.1.6 Métodos de levantamiento topográfico	33
2.1.7 Fotogrametría Terrestre	34
2.1.8 Levantamientos topográficos con GPS diferencial:	35
2.1.9 Aerofotogrametría	45
2.2. Marco Legal:	51
2.2.1. Normativa General	51
CAPÍTULO III	53
MARCO METODOLÓGICO	53

3. Metodología de la Investigación	53
3.1 Enfoque de la investigación: mixto	53
3.2 Alcance de la investigación: Exploratorio	53
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos	54
3.4. Equipos utilizados	56
ENCUESTA	58
3.5 Población y muestra	61
CAPÍTULO IV	63
4. Diagnostico	63
4.1. Generalidades	63
4.2. Procedimiento	64
4.2.1 Sitios de estudio	64
4.2.2 Proceso de Planificación.....	66
4.2.3 Proceso de levantamiento	66
4.2.4 Proceso de procesamiento	73
4.2.5 Resultados de Postproceso de puntos con GPS Diferencial	75
4.2.6 Metodología de vuelo con dron	76
4.2.7 Proceso de levantamiento	84
4.2.8 Procesamiento de Ortomosaico (Agisoft Metashape).....	85
4.2.9 Alineación de Imágenes	86
4.2.10 Calibración de la Cámara	88
4.2.11 Densificación de Puntos.....	88
4.2.12 Generación de Malla Poligonal	89
4.2.13 Generación del Ortomosaico	89
4.2.14 Resultados de Postproceso de Ortomosaico	89
4.2.15 Metodología de instalaciones de una red Geodésica en la ULVR 91	
4.2.16 Criterios técnicos.....	91

4.3. Metodología.....	92
4.3.1. Planificación:.....	92
4.3.2. Reconocimiento de campo:	92
4.3.3. Materialización de los monumentos:.....	92
4.4 Presentación y análisis de resultados	96
4.5. Resultados de Levantamientos.	114
4.6. Costos de levantamientos.....	116
4.7. Tiempo de Ejecución	119
4.8. Metodología PHVA.....	120
4.9. Red Geodésica ULVR	122
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES	125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
ANEXO 1	131
1. Isabel María puntos levantados con RTK.....	131
ANEXO 2	138
2. Agrícola del Pacifico Zona 1 Puntos levantados con RTK.....	139
ANEXO 3.....	140
3. Agrícola del Pacifico Zona 2 Puntos levantados con RTK.....	140
ANEXO 4.....	143
4. Presupuesto referencial Vuelo con Dron Isabel María y APUS.....	143
ANEXO 5.....	146
5. Presupuesto referencial levantamiento con GPS Diferencial Isabel María y APUS	146
ANEXO 6.....	149
6. Presupuesto referencial levantamiento con Vuelo de Dron Agrícola Del Pacifico Zona 1 y APUS	149
ANEXO 7.....	152

7. Presupuesto referencial levantamiento con GPS Diferencial Agrícola Del Pacifico Zona 1 y APUS	152
ANEXO 8.....	155
8. Presupuesto referencial Vuelo con Dron Agrícola del Pacifico Zona 2 y APUS.....	155
ANEXO 9.....	158
9. Presupuesto referencial levantamiento con GPS Diferencial Agrícola del Pacifico Zona 2 y APUS.....	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Línea de Investigación	6
Tabla 2: Características de las Áreas de estudio	63
Tabla 3: Áreas de los sitios de estudio con metodología de levantamiento de GPS Diferencial y Dron con módulo RTK	115
Tabla 4: Presupuesto referencial para levantamientos con metodología de GPS Diferencial y Dron con módulo RTK	117
Tabla 5: Tiempo de ejecución en semanas	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Geodesia.....	15
Figura 2: Sistemas de NTRIP.....	19
Figura 3: Dron.....	20
Figura 4: Levantamiento Topográfico.....	21
Figura 5: Relieve del Terreno.....	22
Figura 6: Levantamiento Topográfico.....	30
Figura 7: Referencias.....	56
Figura 8: Cámara RGB.....	57
Figura 9: Módulo RTK.....	57
Figura 10: Finca Isabel María.....	64
Figura 11: Agrícola del Pacífico Zona 1.....	65
Figura 12: Agrícola del Pacífico Zona 2.....	65
Figura 13: Área Isabel María.....	67
Figura 14: Área Agrícola del Pacífico Zona 1.....	67
Figura 15: Área Agrícola del Pacífico Zona 2.....	68
Figura 16: Finca Isabel María: Puntos Estáticos 1.....	68
Figura 17: Agrícola del Pacífico Zona 1 y Zona 2 Puntos Estáticos.....	69
Figura 18: Pintura de Placa.....	70
<i>Figura 19</i> : Punto Estático Placa.....	70
Figura 20: Toma de Punto Estático.....	71
Figura 21: Toma de puntos estáticos rápidos.....	72
Figura 22: Toma de puntos estáticos rápidos.....	72
Figura 23: Toma de puntos estáticos rápidos.....	73
Figura 24: Parámetros de ajuste.....	74
Figura 25: Coordenadas en 2D de puntos estáticos con su raíz cuadrada media.....	74
Figura 26: Área levantada con RTK en Finca Isabel María.....	75
Figura 27: Área de Agrícola del Pacífico Zona 1.....	76
Figura 28: Planificación Isabel María.....	77
Figura 29: Planificación Agrícola del Pacífico zona 1 y 2.....	78
Figura 30: Área de estudio Isabel María.....	78
Figura 31: Área de estudio Agrícola del Pacífico zona 1 y 2.....	79

Figura 32: Malla cuadriculada 500m x 500m Isabel María	80
Figura 33: Malla cuadriculada 500m x 500m Agrícola del Pacífico zona 1 y 2	80
Figura 34: Puntos de apoyo Isabel María	81
Figura 35: Puntos de apoyo Agrícola del Pacífico zona 1 y 2.....	81
Figura 36: Puntos de apoyo en área de estudio Isabel María.....	82
Figura 37: Puntos de apoyo en área de estudio Agrícola del Pacífico zona 1 .	82
Figura 38: Puntos de apoyo en área de estudio Agrícola del Pacífico zona 2 .	83
Figura 39: Planes de vuelo Isabel María	83
Figura 40: Planes de vuelo Agrícola del Pacífico zona 1 y 2	84
Figura 41: Imágenes subidas en Agisoft	86
Figura 42: Procesamiento de puntos de control en Agisoft	86
Figura 43: Procesamiento de puntos de control en Agisoft	87
Figura 44: Procesamiento de puntos de control en Agisoft	87
Figura 45: Procesamiento de puntos de control en Agisoft	88
Figura 46: Densificación de puntos en Agisoft.....	89
Figura 47: Ortomosaico Isabel María	90
Figura 48: Ortomosaico Agrícola del Pacífico Zona 1 y Zona 2	91
Figura 49: Ubicación de: Placa permanente ULVR	92
Figura 50: Modelado de placa permanente	93
Figura 51: Ficha de estación permanente	94
Figura 52: Distancia entre Ficha de estación permanente y ULVR.....	95
Figura 53: Pregunta 1	96
Figura 54: Pregunta 2	97
Figura 55: Pregunta 3	99
Figura 56: Pregunta 4	101
Figura 57: Pregunta 5	103
Figura 58:Pregunta 6	104
Figura 59:Pregunta 7	106
Figura 60: Pregunta 8	108
Figura 61:Pregunta 9	110
Figura 62: Pregunta 10	112
Figura 63: Comparación de precio de levantamientos.....	117
Figura 64: Comparación de precio de levantamiento	118
Figura 65:Comparación de precio de levantamiento	119

Figura 66: Enfoque de procesos PHVA para metodología de levantamientos 122

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de levantamientos topográficos precisos, eficientes y económicos en sectores como la ingeniería civil, arquitectura, planificación urbana, gestión de recursos naturales y agricultura, subraya la necesidad de mejorar las metodologías utilizadas en la recolección de datos espaciales. En particular, las plantaciones bananeras en las provincias de Guayas y Los Ríos presentan desafíos únicos, debido a su densa vegetación y terrenos planos pero extensos. Estos factores dificultan la obtención de datos precisos y demandan un uso intensivo de recursos humanos y tecnológicos, lo que incrementa los costos y el tiempo necesario para completar los levantamientos.

Las provincias de Guayas y Los Ríos, específicamente las fincas Isabel María y Agrícola del Pacífico, son áreas representativas para este estudio debido a su combinación de homogeneidad climática y diferencias clave en las condiciones del terreno. Estas zonas comparten un clima tropical con temperaturas entre 24°C y 30°C, alta humedad relativa y pluviosidad significativa, proporcionando un entorno uniforme para evaluar las técnicas. Sin embargo, las diferencias en las condiciones de viento permiten analizar cómo cada metodología se adapta a distintos retos específicos.

En este contexto, la comparación entre los métodos tradicionales de levantamiento topográfico con GPS diferencial y las tecnologías emergentes como los drones equipados con módulos RTK es crucial. Los levantamientos con GPS diferencial, aunque precisos, requieren un despliegue considerable de personal y equipos en el terreno, especialmente en áreas de difícil acceso y con vegetación densa. Por otro lado, los drones RTK simplifican significativamente el proceso al reducir la necesidad de un equipo numeroso y facilitar la recolección de datos en condiciones desfavorables, ofreciendo potencialmente mayores eficiencias en tiempo y costo. Este análisis comparativo no solo ayudará a optimizar los procesos topográficos en estas provincias, sino que también proporcionará una guía valiosa para la aplicación de estas tecnologías en otros contextos.

Este estudio se divide en varios capítulos. El Capítulo I introduce el tema, plantea y formula el problema, y establece los objetivos y la hipótesis, enmarcando la investigación dentro de la línea institucional. El Capítulo II revisa el marco teórico y legal, abarcando antecedentes, fundamentos teóricos, y métodos topográficos, incluyendo GPS diferencial y drones con RTK. El Capítulo III describe el enfoque metodológico, el alcance exploratorio, las técnicas de recolección de datos, y la población y muestra del estudio. El Capítulo IV detalla la elección de los sitios de estudio, los procedimientos de levantamiento y procesamiento de datos, y los resultados obtenidos, incluyendo la implementación de una red geodésica en la ULVR. Finalmente, el Capítulo V presenta y analiza los resultados comparativos de las metodologías estudiadas, ofreciendo recomendaciones para optimizar los procesos topográficos en función de la precisión, eficiencia y costos.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Comparación de metodologías en levantamientos topográficos por medio de GPS diferencial y dron equipado con módulo RTK

1.2 Planteamiento del Problema:

La creciente demanda de levantamientos topográficos precisos, eficientes y económicos en sectores como la ingeniería civil, arquitectura, planificación urbana, gestión de recursos naturales y agricultura, subraya la necesidad de mejorar las metodologías utilizadas en la recolección de datos espaciales. En particular, las plantaciones bananeras en las provincias de Guayas y los Ríos presentan desafíos únicos, debido a su densa vegetación y terrenos planos pero extensos. Estos factores dificultan la obtención de datos precisos y demandan un uso intensivo de recursos humanos y tecnológicos, lo que incrementa los costos y el tiempo necesario para completar los levantamientos.

En este contexto, la comparación entre los métodos tradicionales de levantamiento topográfico con GPS diferencial y las tecnologías emergentes como los drones equipados con módulos RTK es crucial. Los levantamientos con GPS diferencial, aunque precisos, requieren un despliegue considerable de personal y equipos en el terreno, especialmente en áreas de difícil acceso y con vegetación densa, como es el caso de las fincas Isabel María y Agrícola del Pacífico, Zona 1 y 2. Por otro lado, los drones RTK, como el Mavic 3M, simplifican significativamente el proceso al reducir la necesidad de un equipo numeroso y facilitar la recolección de datos en condiciones desfavorables, ofreciendo potencialmente mayores eficiencias en tiempo y costo.

La selección de las provincias de los Ríos en la finca Isabel María con coordenadas 662920.57 – 9817366.9151 y en Guayas con la finca Agrícola del Pacífico Zona 1 con coordenadas 661828.29 – 9751383.38 y Zona 2 con coordenadas 660462.00 – 9752132.00 para este estudio se basa en su

combinación de homogeneidad y diferencias clave que permiten una evaluación completa y comparativa de las metodologías. Ambas provincias comparten condiciones climáticas tropicales con temperaturas entre 24°C y 30°C, alta humedad relativa y pluviosidad significativa, lo que proporciona un entorno uniforme para evaluar las técnicas. Sin embargo, las diferencias en las condiciones de viento permiten analizar cómo cada metodología se adapta a distintos retos específicos. Este análisis comparativo no solo ayudará a optimizar los procesos topográficos en estas provincias, sino que también proporcionará una guía valiosa para la aplicación de estas tecnologías en otros contextos.

1.3 Formulación del Problema:

¿Cómo la utilización de drones con módulos RTK para realizar levantamientos topográficos, en comparación con los métodos tradicionales de GPS diferencial, mejora los procesos y el uso de recursos en proyectos ubicados en terrenos con características particulares, como vegetación densa y áreas irregulares, específicamente en la finca Isabel María de Dole Ecuador?

1.4 Objetivo General

Comparar las metodologías de levantamiento topográficos utilizando GPS diferencial y dron con módulo RTK, aplicando el enfoque a procesos (PHVA) para determinar la metodología más adecuada para proyectos de ingeniería civil en términos de precisión, exactitud, eficiencia y costo.

1.5 Objetivos Específicos

- Contextualizar las metodologías realizando una revisión bibliográfica sobre las metodologías de levantamiento topográficos con GPS diferencial y dron con módulo RTK, destacando sus principios, funcionamiento, aplicaciones y limitaciones.
- Implementar ambas metodologías en el levantamiento topográfico de los sitios de estudio documentando detalladamente los procesos de planificación y ejecución para cada método.

- Cuantificar y comparar la precisión, eficiencia y costo de los levantamientos realizados con GPS diferencial y dron con módulo RTK, utilizando métricas y herramientas estadísticas adecuadas.
- Establecer recomendaciones para la selección del método de levantamiento topográfico más adecuado para diferentes tipos de proyectos de ingeniería civil, considerando factores como la complejidad del terreno, la precisión requerida y el presupuesto disponible.
- Implementar un levantamiento topográfico con RTK para la creación de un punto estático propio, el mismo que será entregado a la facultad y que servirá para que las futuras generaciones de estudiantes para que sustenten sus prácticas de campo en la rama de topografía en el campus de la ULVR.

1.6 Hipótesis

La utilización de drones equipados con módulos RTK para levantamientos topográficos en terrenos con abundante vegetación y zonas irregulares, se planificará con el objetivo de reducir significativamente el tiempo de ejecución a comparación con los últimos métodos tradicionales con GPS diferencial; se procederá a la implementación de los drones para recoger datos y evaluar su eficacia en términos de tiempo y costos; se analizarán los datos obtenidos comparándolos con levantamientos realizados con GPS diferencial y con base en los resultados verificados, se tomarán decisiones sobre la adopción de esta tecnología para futuros levantamientos, implementando mejoras continuas y documentando las mejores prácticas para optimizar recursos y tiempos.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Tabla 1: Línea de Investigación

Dominio	Línea de investigación institucional	Sub línea
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnologías de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.	Materiales de construcción.

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte De Guayaquil (2024)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco Teórico:

2.1.1. Antecedentes

Evaluación y valoración de levantamientos topográficos mediante aerofotogrametría y métodos tradicionales, utilizando estación total o GPS diferencial (Yamasqui, 2022).

Resumen

Al incorporar la aerofotogrametría en los levantamientos topográficos se ha obtenido resultados importantes, como mejorar la eficiencia al obtener la información topográfica de zonas extensas y de difícil acceso. El objetivo de esta investigación fue evaluar en un proyecto de ingeniería denominado “Actualización y aplicación para el diseño definitivo del sistema de agua potable en las comunidades de Uyuntza, Suntsuntza y Pikiur de la parroquia Sevilla Don Bosco, cantón Morona” el levantamiento topográfico aerofotogramétrico en base a los resultados obtenidos al realizar el mismo levantamiento con métodos tradicionales. Para ello se realizó una recopilación bibliográfica de bases de datos científicas, con lo cual se conoció los antecedentes de la investigación, así como también conceptos y metodologías para el uso de los instrumentos de medición. Para luego realizar el levantamiento, procesar los datos y analizar los resultados obtenidos, comparando variables como el costo, tiempo y precisión; al calcular diferenciaciones y aplicar pruebas estadísticas, en base a la distribución de los datos. De acuerdo con los resultados obtenidos se establece que en los procesos técnicos empleados en el trabajo de campo y oficina resulta más factible el uso de la aerofotogrametría con puntos de control, siendo más eficiente en un 63,23% y 66,09% en cuanto al tiempo y costo respectivamente. En la evaluación de la precisión planimétrica se demuestra que el levantamiento aerofotogramétrico es confiable. Mientras que para levantamientos altimétricos se obtuvo una precisión centimétrica en promedio de 45 cm, incumpliendo con lo requerido en el proyecto, esto debido a varios factores, entre ellos, la falta de

puntos de control al tratar de compensar la carencia de un sistema de posicionamiento en el dron utilizado. Concluyendo que dicha tecnología con la metodología usada debería ser empleada al realizar anteproyectos, análisis de prefactibilidad o incluso factibilidad más no para diseños o estudios definitivos en proyectos de ingeniería (Jiménez & Yamasqui, 2022).

Aplicabilidad

El texto evidencia la eficiencia de la aerofotogrametría, destacando cómo una mejora, la eficiencia en el levantamiento topográfico de zonas extensas y de difícil acceso, características comunes en los sitios de estudio de la tesis. Cuantifica esta eficiencia en términos de tiempo y costo, proporcionando datos concretos para compararla con el método GPS diferencial. También plantea las limitaciones de la aerofotogrametría, señalando que la precisión altimétrica no cumple con los requerimientos para diseños definitivos, lo que obliga a considerar alternativas para levantamientos altimétricos precisos. Además, menciona que la falta de puntos de control afecta la precisión altimétrica, subrayando la importancia de una adecuada planificación y ejecución del levantamiento aerofotogramétrico (Zevallos, 2021).

Resumen

El objetivo central en la presente tesis es poder identificar aspectos que influyan directamente en el motivo principal, y demostrar así que la aplicación de una tecnología moderna es muy útil para la tecnificación de la ingeniería. Actualmente, el uso de Dron en la ingeniería viene cumpliendo un rol muy importante, porque gracias a ello, se puede hoy desarrollar actividades de gran envergadura con la precisión casi exacta de georreferenciación, así como también se concentra en dicha actividad un ahorro económico y un gran ahorro de tiempo, que se convierten en factores a demostrar en la presente investigación. Definitivamente, se comprueba que la ingeniería no puede marchar con conocimientos obsoletos sino con nuevos descubrimientos tecnológicos aplicados a cada especialidad, en la presente tesis se demuestra que con la aplicación de nuevos instrumentos queda comprobado que la tecnología moderna de levantamiento topográfico con dron nos brinda mejores

oportunidades para realizar los proyectos esperados con mejores garantías técnicas (Zevallos, 2021).

Aplicabilidad

La importancia de la aplicación de tecnología moderna en la ingeniería, específicamente el uso de drones para levantamientos topográficos es crucial. Esta información es extremadamente relevante para la tesis mencionada, ya que promueve el uso de drones en levantamientos topográficos. Subraya la necesidad de integrar conocimientos y tecnologías actualizadas en la ingeniería, sustituyendo métodos antiguos. Resalta los beneficios del uso de drones, tales como la precisión, el ahorro de tiempo y costos, y la capacidad de ejecutar proyectos de gran envergadura.

En comparación con los métodos tradicionales, menciona la casi exacta precisión en la georreferenciación que los drones ofrecen, lo cual es esencial para la calidad de los levantamientos topográficos. Se destaca el ahorro de tiempo y costos logrado mediante el uso de drones, optimizando recursos y aumentando la eficiencia de los proyectos.

La relevancia de esta información para la tesis radica en que proporciona una base conceptual, sustentando la investigación sobre la comparación de metodologías. Aporta argumentos a favor del uso de drones como una tecnología moderna y beneficiosa para los levantamientos topográficos, proporcionando contexto y justificación para la elección de este tema de investigación. Las posibles aplicaciones en la tesis incluyen datos sobre la precisión, el ahorro de tiempo y costos, y las capacidades de los drones, los cuales pueden ser utilizados para comparar las metodologías de GPS diferencial y dron con módulo RTK.

Resumen

Comparar los métodos fotogramétricos que utilizan vehículos aéreos tripulados y los que utilizan vehículos no tripulados de uso civil o drones, así describir el equipo, la metodología y los procedimientos para realizar un estudio

y definir los alcances y limitaciones que puede tener un levantamiento fotogramétrico utilizando un dron (Rodenas, 2023).

Aplicabilidad

Ofrece una valiosa comparación entre los métodos fotogramétricos que utilizan vehículos aéreos tripulados (VANT) y los que utilizan vehículos no tripulados (drones) para levantamientos topográficos. Esta información resulta altamente relevante para tu tesis, la cual se centra en comparar metodologías en levantamientos topográficos utilizando GPS diferencial y drones con módulo RTK. El equipo y metodología describe en detalle el equipo y la metodología necesarios para realizar un estudio fotogramétrico utilizando drones. Esta información servirá como base para comprender los componentes y el proceso involucrados. También define alcances y limitaciones de los levantamientos fotogramétricos con drones. Esta información nos permitirá identificar las ventajas y desventajas de este método en comparación con el uso de GPS diferencial, ayudando a formular una hipótesis clara y precisa para nuestra tesis.

A continuación, se presentan algunos aspectos específicos que puede aplicar a nuestra tesis:

En cuanto a la comparación de equipos, se sugiere evaluar las características técnicas y el rendimiento de los sistemas GPS diferencial y de los drones equipados con módulo RTK. Este análisis debe considerar factores como la precisión, la cobertura y el costo. Respecto a la metodología de campo, es recomendable comparar los procedimientos para la recolección de datos utilizando ambos métodos. Esto implica destacar las diferencias en la planificación del vuelo, la colocación de puntos de control y la adquisición de datos. En el procesamiento de datos, se deben comparar los flujos de trabajo para cada método, incluyendo la generación de ortofotos, modelos de elevación digital y nubes de puntos. Para el análisis de resultados, se debe comparar la precisión, la completitud y la confiabilidad de los resultados obtenidos con cada método, utilizando métricas adecuadas como la desviación estándar y la raíz cuadrada del error medio.

Finalmente, en la discusión y conclusiones, se deben abordar las ventajas y desventajas de cada método en el contexto del estudio, formulando conclusiones sólidas sobre la metodología más adecuada para levantamientos topográficos en diferentes escenarios.

Resumen

La obtención de ortofotografías y Modelos Digitales de Elevación (MDE) de alta resolución mediante el uso de puntos de control RTK ha emergido como una tecnología avanzada y precisa. Este enfoque implica la implementación de Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV) equipados con sistemas RTK para lograr una georreferenciación milimétrica de las imágenes capturadas. Los drones, al realizar vuelos a baja altitud, permiten la obtención de datos detallados y de alta calidad. La integración de puntos de control RTK garantiza una precisión geométrica excepcional, crucial para la generación de ortofotografías y MDE tridimensionales. Este proceso encuentra aplicaciones clave en la planificación territorial, proporcionando información detallada sobre el uso del suelo, topografía y desarrollo urbano. En resumen, la combinación de UAV, puntos de control RTK y tecnología de alta resolución constituye una herramienta esencial para obtener datos geoespaciales precisos en diversos contextos (Silva, 2024).

Aplicabilidad

Se destaca la utilidad de la tecnología UAV con RTK para la obtención de ortofotografías y Modelos Digitales de Elevación (MDE) de alta resolución. Esta tecnología presenta ventajas significativas en comparación con el GPS diferencial para levantamientos topográficos.

Una de las ventajas más notables es la precisión, la integración de puntos de control RTK permite lograr una precisión milimétrica en las imágenes capturadas, superando ampliamente la precisión del GPS diferencial, que suele ser de centímetros. Además, los vuelos a baja altitud de los drones permiten obtener datos detallados y de alta calidad, capturando características del terreno que el GPS diferencial no puede detectar.

La eficiencia es otro aspecto en el que los drones sobresalen, pueden cubrir grandes áreas en un tiempo relativamente corto, mientras que el GPS diferencial requiere un trabajo más lento y manual. Además, la versatilidad de los drones les permite operar en terrenos difíciles o inaccesibles para el personal de topografía con GPS diferencial. Las aplicaciones de la información obtenida con drones y RTK son variadas, incluyendo planificación territorial, estudios de infraestructura, gestión de recursos naturales y arqueología. En el contexto de una tesis, la comparación de metodologías entre GPS diferencial y drones con RTK para levantamientos topográficos debería considerar varios aspectos importantes.

La eficiencia de cada método también debe ser evaluada, considerando el tiempo y los recursos necesarios para realizar levantamientos topográficos. Esto incluye el tiempo de vuelo de los drones, la configuración del equipo y el procesamiento de datos. La versatilidad es otro factor clave, analizando la capacidad de cada método para operar en diferentes tipos de terreno, incluyendo áreas urbanas, zonas rurales, terrenos montañosos y áreas con vegetación densa. Por último, los costos asociados a la implementación de cada método deben ser comparados, considerando la adquisición de equipos, software, capacitación del personal y procesamiento de datos.

Resumen

Este trabajo de investigación monográfico pretende demostrar que, utilizando Aeronaves Remotamente Tripuladas ó UAS (por su sigla en inglés), equipadas con cámara no métrica y con sensor GNSS L1, se pueden realizar vuelos fotogramétricos sobre áreas montañosas o con altos contrastes de pendientes y, de toda maneras, obtener resultados comparables en cuanto a la exactitud posicional con respecto a aquellos realizados en áreas planas y sobre los cuales la literatura científica ha demostrado que cumplen con los estándares de la Asociación Americana de Fotogrametría y Percepción Remota ASPRS de 2014. El vuelo, objeto de este análisis, realizado en enero de 2021 se hizo en área urbana y periurbana del municipio de Güicán de la Sierra en Boyacá, el cual se encuentra localizado a 2850 m.s.n.m. El área cubierta es de 103 hectáreas, de las cuales, el 90% presenta pendientes desde 12% a mayores a 75%, es

decir, desde fuertemente inclinadas hasta fuertemente escarpadas. Para el procesamiento fotogramétrico de este vuelo, se realizan 13 configuraciones diferentes en el software de fotogrametría, y la evaluación de la exactitud posicional se basa en 33 puntos levantados con métodos GNSS de doble frecuencia y uno con frecuencia L1. Se demuestra que configurando dos o tres puntos en el proceso fotogramétrico como de control (GCP), son suficientes para tener precisiones topográficas de la más alta calidad, lo cual es corroborado con el resto de los puntos que se dejan para el chequeo. Con lo anterior, se cumple con las normas del IGAC (Resolución 471 de 2020) y la Norma Técnica Colombiana NTC 6271 de 2018 que recoge los estándares de la ASPRS de 2014 (Blanco, 2022).

Aplicabilidad

La validación de la fotogrametría con dron en zonas montañosas demuestra la efectividad de la fotogrametría con dron para obtener resultados precisos en áreas montañosas con pendientes pronunciadas, un escenario común en levantamientos topográficos. Esto contrasta con la mayoría de los estudios previos que se enfocan en áreas planas, validando la metodología en un contexto más desafiante y relevante para la tesis. Precisión posicional comparable a métodos tradicionales el estudio comprueba que la fotogrametría con dron, utilizando una cámara no métrica y un sensor GNSS L1, puede alcanzar precisiones topográficas de alta calidad, comparables a las obtenidas con métodos tradicionales como el GPS diferencial. Este hallazgo es fundamental para nuestra tesis, ya que permite establecer la fotogrametría con dron como una alternativa viable y precisa para levantamientos topográficos.

Aporte a la comparación de metodologías el estudio proporciona evidencia empírica sobre la capacidad de la fotogrametría con dron para realizar levantamientos topográficos precisos en áreas montañosas, complementando la información existente sobre el GPS diferencial. Esto enriquece la comparación de metodologías que se plantea en la tesis, aportando un nuevo punto de vista y expandiendo el análisis a terrenos con mayor complejidad topográfica. Refuerzo de la viabilidad de la fotogrametría con dron los resultados de la investigación refuerzan la viabilidad de la fotogrametría con dron como una

herramienta efectiva y precisa para levantamientos topográficos, especialmente en áreas de difícil acceso o con características desafiantes. Esto respalda la propuesta de la tesis de utilizar ambas metodologías, GPS diferencial y fotogrametría con dron, y comparar su desempeño en diferentes escenarios.

2.1.2. Fundamentación Teórica

Topografía

La topografía se describe como la ciencia y técnica dedicada a la medición, representar y analizar la superficie terrestre. Su objetivo principal es determinar las características físicas de un terreno, incluyendo su forma, dimensiones, relieve y ubicación. Para ello, emplea diversos métodos de medición, como la distancia, la dirección y la elevación, permitiendo obtener una descripción precisa y detallada del terreno en estudio (McCormac, 2003).

La topografía, más que solo medir, es esencial en la planificación y ejecución de proyectos de construcción. Al establecer líneas y niveles, los topógrafos crean la base para el diseño y la construcción de estructuras como edificios, carreteras, presas y otras infraestructuras. Su labor no se limita al campo, ya que también abarca el procesamiento de datos obtenidos en el terreno. Mediante cálculos matemáticos y el uso de software especializado, los topógrafos determinan áreas, volúmenes y otras medidas cuantitativas de gran relevancia para el desarrollo de proyectos.

La información recopilada y procesada por los topógrafos se materializa en la creación de diagramas y planos detallados. Estos planos sirven como una representación gráfica precisa del terreno, permitiendo a ingenieros, arquitectos y otros profesionales visualizar y comprender las características del sitio antes de iniciar cualquier obra.

La topografía se rige como una disciplina fundamental para el desarrollo de infraestructuras y proyectos de diversa índole. La capacidad de medir, representar y analizar la superficie terrestre convierte a la topografía en una herramienta esencial para la planificación, el diseño y la ejecución de proyectos que afectan nuestro entorno. Enfocada a un proyecto de obra civil se divide en

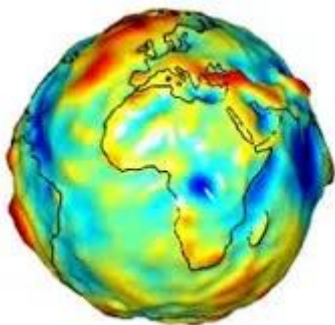
varias etapas de trabajo, todas con el objetivo de satisfacer necesidades específicas para mejorar la calidad de vida en la comunidad. Desde el inicio de la planificación hasta la ejecución y el mantenimiento, cada fase del proyecto está diseñada para garantizar la funcionalidad y la sostenibilidad de las infraestructuras.

La diversidad de servicios topográficos disponibles responde a las características geográficas del área del proyecto y a los objetivos específicos que se desean alcanzar. Estos servicios pueden incluir levantamientos detallados del terreno, mediciones precisas de distancias y elevaciones, y la elaboración de mapas y planos que son esenciales para la correcta planificación y construcción de la obra. La elección del tipo de servicio topográfico adecuado es importante para los avances del proyecto, debido a que influye en la precisión de la información recopilada y, en última instancia, en la calidad de la construcción final (TopoServis, s.f.).

Geodesia

La Geodesia es la disciplina que se encarga de analizar la forma y dimensiones de la Tierra. Abarcando la determinación del campo gravitatorio externo del planeta y la configuración de la superficie del fondo marino. Además, considera la orientación y ubicación de la Tierra en el espacio (Instituto Geográfico Nacional, s.f.).

Figura 1: Geodesia



Fuente: Pérez & Ana (2019)

Un geoide es un cuerpo casi esférico que muestra un leve achatamiento en sus polos. Este aplanamiento polar y el consecuente ensanchamiento en el

ecuador se deben a los efectos de la gravedad y la fuerza centrífuga generada por la rotación de la Tierra sobre su eje. Para aprovechar la tecnología GNSS y obtener alturas ortométricas, es necesario determinar la relación entre los sistemas de alturas físico y geométrico (derivado del posicionamiento satelital) mediante la fórmula aproximada conocida: $H = h - N$ (Alcaraz, 2015).

El geoide, una figura casi esférica con un leve achatamiento en los polos debido a la gravedad y la fuerza centrífuga de la rotación terrestre, es fundamental para estudios geodésicos y cartográficos.

En la tecnología GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite), para obtener alturas ortométricas precisas, es crucial entender la relación entre los sistemas de alturas físicos y geométricos. Esto se realiza mediante la fórmula $H = h - N$, donde H representa la altura ortométrica, h es la altura elipsoidal obtenida a través de GNSS, y N es la ondulación del geoide. Esta fórmula es fundamental para convertir los datos geométricos obtenidos mediante GPS diferencial y drones RTK en información útil para aplicaciones prácticas.

Levantamientos Geodésicos

La Geodesia, como ciencia, tiene sus raíces en la antigua Grecia, siendo Aristóteles el primero en acuñar el término. Sin embargo, fue Eratóstenes quien dio un paso crucial al desarrollar un método científico para calcular el radio terrestre, entre otras valiosas investigaciones. Hiparco, por su parte, hizo un aporte fundamental al dividir la circunferencia en 360 grados, lo que lo convierte en una figura clave en la historia de la disciplina, siendo incluso considerado el "padre de la Geodesia" (Latitud-19, s.f.).

La Geodesia, como ciencia que estudia la forma, tamaño y composición de la Tierra, se vale de diversos métodos y datos para alcanzar sus objetivos. Estos métodos se agrupan en cuatro ramas principales:

Geodesia Astronómica

Utiliza observaciones astronómicas para determinar la posición y forma de la Tierra, así como la distribución de la masa.

Geodesia Geométrica

Se centra en las técnicas de medición y representación de la superficie terrestre, empleando instrumentos como teodolitos, GPS y escáneres láser.

Geodesia Física

Estudia el campo gravitatorio terrestre, la distribución de la masa y la estructura interna del planeta.

Geodesia Satelital

Emplea satélites artificiales para realizar mediciones precisas de la posición, forma y gravedad de la Tierra (Guandique et al., 2015).

Cada una de estas ramas contribuye de manera única a nuestra comprensión del planeta, proporcionando información crucial para diversas áreas como la cartografía, la navegación, la sismología y la geodesia. La integración de estos métodos y datos permite a los geodestas obtener una visión completa y precisa de la Tierra, tanto en su superficie como en su interior.

Sistemas Geodésicos Locales

El Instituto Geográfico Militar (IGM) de Ecuador juega un papel fundamental en los levantamientos topográficos utilizando módulos RTK (Real Time Kinematic). El IGM es la entidad responsable de la producción y actualización de la cartografía nacional, así como de la realización de estudios geodésicos y topográficos. “El Instituto Geográfico Militar, organismo rector de la cartografía en el Ecuador, ejecuta sus actividades con el firme objetivo de mantener un Marco de Referencia Geodésico Nacional actualizado (GeoPortal, s.f.)

El IGM mantiene la red geodésica nacional, una infraestructura crítica para los levantamientos topográficos con RTK. La red geodésica proporciona puntos de referencia geográficos con coordenadas precisas, esenciales para calibrar y corregir los datos de RTK, asegurando así la precisión en tiempo real de las mediciones. El IGM establece normas y estándares para los levantamientos topográficos en el Ecuador. Cumplir con estas normativas es crucial para que tu investigación sea reconocida y aceptada por la comunidad académica y profesional. Además, garantiza que los métodos y resultados sean compatibles y comparables con otros estudios y proyectos en el país.

2.1.3 Equipos de medición

Cinemática en tiempo Real RTK

Según el Institute of Navigation "La tarea principal en las redes RTK que utilizan el software Geo++ GNSMART es la monitorización y representación precisas de todos los componentes de error GNSS individuales mediante modelado de espacio de estados. Las ventajas del modelado del espacio de estados son bien conocidas para las aplicaciones de APP. Está mucho más cerca de las fuentes de errores físicos y, por tanto, puede representar mejor las características del error." (Wabben et al., 2005, pág. 110). El RTK es una técnica que mejora la precisión de un receptor GNSS autónomo, ya que los receptores GNSS tradicionales, como los de los smartphones, solo alcanzan una precisión de 2 a 4 metros.

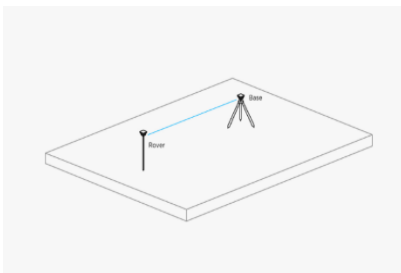
En cambio, el RTK puede proporcionar una precisión de nivel centimétrica. Los receptores GNSS miden el tiempo que tarda una señal en viajar desde un satélite hasta el receptor, pero estas señales se ven ralentizadas y distorsionadas al atravesar la ionosfera y la atmósfera, lo que dificulta que un receptor autónomo determine su posición con exactitud. El RTK resuelve este problema (Emlid, s.f.).

Correcciones NTRIP

Las correcciones NTRIP en RTK funcionan a través de una red de estaciones de referencia permanentes (CORS) distribuidas en una zona

específica. Estas estaciones están equipadas con receptores GNSS de alta precisión que registran constantemente las señales satelitales. Un servidor NTRIP centraliza las correcciones de estas estaciones y las procesa para generar datos de corrección precisos. El receptor GNSS móvil se conecta al servidor NTRIP mediante una red de datos, ya sea celular o internet. Una vez conectado, el receptor recibe y aplica las correcciones NTRIP, eliminando errores causados por la ionosfera, la troposfera y los relojes de los satélites. Gracias a estas correcciones, el receptor GNSS móvil puede determinar su ubicación con una precisión centimétrica, mucho mayor que la precisión de 2 a 4 metros que ofrecen los receptores GNSS tradicionales. El NTRIP es una excelente opción en áreas con buena cobertura 3G/LTE y una densa red de estaciones base NTRIP cercanas. En situaciones diferentes, usar un segundo receptor como estación base local ofrece dos beneficios: permite conectar múltiples rovers a una base siempre que sus configuraciones de entrada coincidan con las de salida de la base (Emlid, s.f.).

Figura 2: Sistemas de NTRIP



Fuente: DJI (2024)

Dron con Módulo RTK

Se tomará las especificaciones técnicas del dron utilizado en el caso de estudio para definir con más exactitud las características del mismo. El dron Mavic 3M cuenta con un módulo RTK para posicionamiento de nivel centimétrica. El control de vuelo, la cámara y el módulo RTK se sincronizan en microsegundos para capturar de forma precisa la ubicación del centro de imágenes de cada cámara. El módulo RTK proporciona una precisión de posicionamiento de hasta

1 cm, lo que lo convierte en una herramienta ideal para levantamiento topográficos aéreos de alta precisión (El Vuelo del Dron, s.f).

El Mavic 3M garantiza la captura precisa de imágenes mediante la sincronización en microsegundos entre el control de vuelo, la cámara y el módulo RTK. Este dron permite realizar levantamientos topográficos aéreos sin necesidad de puntos de control en tierra, ahorrando tiempo y dinero. Su facilidad de uso y configuración lo hace adecuado para pilotos de todos los niveles de experiencia.

El Mavic 3M ofrece un posicionamiento preciso con una exactitud de hasta 1 cm, ideal para levantamientos topográficos, cartografía y agricultura de precisión. Su capacidad para realizar levantamientos sin puntos de control en tierra mejora la eficiencia operativa. Además, su facilidad de uso lo convierte en una herramienta accesible para cualquier piloto. El Mavic 3M es adecuado para levantamientos topográficos aéreos de alta precisión en construcción, ingeniería civil y minería.

Figura 3: Dron



Fuente: DJI (2024)

2.1.4 Introducción a los levantamientos topográficos

Definición y Objetivos de la Topografía

La topografía es la ciencia dedicada al estudio detallado de la superficie terrestre, incluyendo sus características geográficas y otros elementos inherentes. En esencia, se trata del conjunto de procedimientos que tienen como

objetivo representar gráficamente la superficie de la Tierra, además de establecer métodos específicos para realizar descripciones precisas.

Figura 4: Levantamiento Topográfico



Fuente: Ingeoexpert (2021)

Esta disciplina es fundamental para diversas áreas relacionadas, como la cartografía, la geografía, la oceanografía, la arquitectura, la arqueología y la paleontología. Aunque no se conoce con exactitud el origen de esta ciencia, se cree que los primeros trabajos topográficos se realizaron en el Antiguo Egipto. Sin embargo, también se sugiere que pudo haber surgido en Grecia, a través de las cartas geográficas de Anaximandro y Mileto.

Los mapas topográficos utilizan un sistema de representación en el que las elevaciones se muestran mediante líneas que conectan puntos de igual altitud, conocidas como curvas de nivel. Este tipo de representación se denomina hipsográfico. El plano de referencia para estas mediciones suele ser el nivel del mar, lo que permite hablar de altitudes en lugar de cotas.

Objetivos de la Topografía

La topografía abarca una amplia gama de objetivos y procedimientos. Determina, entre otras cosas, las posiciones de diversos puntos sobre la superficie terrestre, considerando tanto detalles naturales como artificiales. La topografía se divide en dos ramas principales: planimetría y altimetría. La

planimetría estudia los métodos e instrumentos necesarios para proyectar la localización de puntos importantes en una superficie plana y horizontal. La altimetría, por su parte, determina las altitudes de los distintos puntos, utilizando una superficie de referencia como el nivel del mar para interpretar y reproducir el relieve del terreno.

Figura 5: Relieve del Terreno



Fuente: Ingeoexpert (2021)

Tipos de medición en topografía

La topografía se clasifica según la metodología utilizada para las mediciones. Existen dos tipos principales de medición:

Medición Directa: Consiste en comparar la distancia real con una unidad de medida, como el uso de una cinta métrica.

Medición Indirecta: Emplea fórmulas matemáticas y otros métodos sin necesidad de herramientas directas sobre el terreno.

En cuanto a las diferentes ramas de la topografía, se puede hablar de topografía clásica cuando se utilizan sistemas abstractos de coordenadas y referencias esféricas, que luego se traducen a un eje cartesiano para obtener proporciones reales de un espacio físico. La topografía clásica se divide en planimetría y altimetría, ambas utilizando cálculos matemáticos.

La agrimensura es una rama de la topografía dedicada a medir las áreas de la superficie terrestre para definir sus límites. La geodesia se enfoca en representar gráficamente la superficie terrestre, dividiéndola en sectores grandes.

Topografía y Coordenadas

La topografía realiza diversas mediciones de la superficie terrestre para obtener datos que se usan en cálculos y representaciones gráficas con escalas adecuadas. Estas mediciones incluyen distancias, ángulos, volúmenes y elevaciones del terreno, representadas a través de proyecciones ortogonales.

Las medidas topográficas pueden ser angulares (ángulos horizontales o verticales) o lineales (distancias directas o indirectas). En trabajos de campo, las medidas lineales se obtienen mediante distanciómetro electrónica y otros métodos usando la mira de nivelación.

La curvatura de la Tierra afecta los estudios topográficos, especialmente la planimetría, por lo que se deben realizar ajustes para incluir la influencia de esta curvatura en los cálculos.

El objetivo principal de la topografía es localizar puntos específicos en la superficie terrestre, lo que se logra conociendo la dirección y distancia a otros puntos conocidos (IngoExpert, s.f.).

2.1.5 Conceptos básicos de la topografía

Acimut

El acimut es el ángulo horizontal que se forma entre una dirección específica marcada por dos puntos (conocidos como punto de estación y punto visado) y una dirección de referencia, que generalmente es el norte. Este ángulo se mide en el sentido de las agujas del reloj desde el norte hasta la dirección marcada.

BM (Banco de Nivel)

El Banco de Nivel (BM) es un punto de referencia con una cota establecida y alta precisión. En los trabajos de campo, estos puntos son limitados y se utilizan como puntos de partida para cualquier tarea de nivelación. Los BM aseguran la consistencia y exactitud en los proyectos topográficos.

Cota

La cota se refiere a la distancia vertical entre un punto determinado y el nivel medio del mar, el cual se toma como referencia cero. Es fundamental para establecer las elevaciones en un levantamiento topográfico.

Escala

La escala es la relación de semejanza constante entre las dimensiones medidas en un mapa y sus correspondientes dimensiones en el terreno real. Esta relación se mantiene constante sin importar la dirección en que se mida en el mapa, permitiendo una representación precisa de las características del terreno.

Geodesia

La geodesia es la ciencia encargada del estudio de la forma y dimensiones de la Tierra, incluyendo la determinación del campo gravitatorio externo y la superficie del fondo oceánico. Además, abarca la orientación y posición de la Tierra en el espacio, proporcionando un marco preciso para los estudios topográficos y cartográficos.

Proyección

La proyección es la correspondencia biunívoca entre los puntos representados en un plano y sus homólogos en la superficie terrestre. Esta representación debe conservar la forma, distancias, ángulos o superficies, hasta cierto punto. Existen varios tipos de proyecciones según cuál de estas características se prioriza en la representación.

Punto de Estación

El punto de estación es el lugar donde se coloca el equipo topográfico para realizar las mediciones. Este punto sirve como base para observar y registrar datos en el terreno.

Punto Visado

El punto visado es el lugar donde se coloca la mira y se realizan las lecturas topográficas. La ubicación de este punto varía según el trabajo que se esté realizando, y es crucial para obtener mediciones precisas.

Rumbo

El rumbo es el ángulo que se forma entre el norte magnético y una dirección dada, medido en el sentido de las agujas del reloj. Si se toma en la dirección opuesta, se conoce como rumbo inverso.

Diferencias entre Mapa, Plano y Croquis

Mapa

Un mapa es una representación gráfica de la forma y el aspecto de la Tierra, de un país, una región o una ciudad. Incluye dibujos, signos y palabras escritas que constituyen un esquema de la realidad existente sobre el terreno.

Plano

Un plano es un tipo de mapa que representa una superficie limitada sin considerar la esfericidad de la Tierra como un factor condicionante. Por lo tanto, abarca áreas suficientemente pequeñas para que las distorsiones debidas a la esfericidad sean insignificantes.

Croquis

Un croquis es una representación de la realidad realizada mediante observación directa y a mano alzada. No sigue acuerdos establecidos y no requiere una proporción exacta con la realidad que representa. Es útil para representaciones rápidas y aproximadas del terreno.

Ampliaciones y Aplicaciones

Acimut y Rumbo: Ambos términos son esenciales en la navegación y en los trabajos de campo topográficos. El acimut es particularmente útil en la astronomía para ubicar estrellas y constelaciones.

BM (Banco de Nivel): Además de su uso en topografía, los bancos de nivel son fundamentales en la construcción de grandes infraestructuras como puentes y túneles, donde se necesita un punto de referencia fijo.

Geodesia: Sus aplicaciones se extienden a la determinación de la altitud del satélite para sistemas de navegación global como el GPS, crucial para la aviación y la navegación marítima.

Proyecciones: Las proyecciones cartográficas son esenciales para la creación de mapas de navegación aérea y marítima, así como para la planificación y el desarrollo urbano (GeoGest, 2021).

Importancia y aplicaciones de levantamientos topográficos

Antes de comenzar la construcción de cualquier obra civil, como autopistas, calles o puentes, es crucial realizar un estudio detallado del terreno. Este análisis se efectúa mediante levantamientos topográficos, una práctica esencial tanto en proyectos urbanos como rurales. También se utiliza en la instalación de tendidos eléctricos, la construcción de centros urbanos y la determinación del valor catastral de propiedades. La información obtenida permite a ingenieros civiles y arquitectos contar con datos precisos sobre el terreno para diseñar sus proyectos de manera efectiva (Ramirez, 2022).

Metodología del Levantamiento Topográfico

Para realizar un levantamiento topográfico se utilizan diversas metodologías, entre las cuales destacan:

Métodos Altimétricos

Esta técnica implica medir y comparar la altura o elevación del terreno respecto al plano horizontal. Es fundamental para entender la topografía vertical del área estudiada.

Métodos Planimétricos

Se emplea en terrenos planos y consiste en el levantamiento de poligonales para obtener un plano horizontal del terreno. Este método es esencial para representar la distribución horizontal del área.

Métodos Planialtimétricos

A través de este procedimiento se obtiene un estudio completo de la morfología del terreno, abarcando tanto sus características horizontales como verticales. Este método proporciona una descripción topográfica integral.

Razones para Realizar un Levantamiento Topográfico, antes de iniciar un proyecto de construcción, es imprescindible realizar un análisis exhaustivo del terreno. Esto asegura que el sitio cumpla con las condiciones necesarias para el desarrollo de la estructura. Los datos preliminares obtenidos permiten la elaboración de planos detallados que reflejan las condiciones del suelo donde se pretende edificar.

Importancia de los Levantamientos Topográficos

Conocimiento de la Realidad del Suelo

Los levantamientos topográficos permiten una comprensión profunda de las condiciones del suelo, incluyendo su aridez, el tipo de vegetación presente y los ecosistemas circundantes. Estos factores son cruciales para determinar la viabilidad de cualquier proyecto, ya que influyen directamente en la planificación y ejecución de las obras.

Apoyo en el Cálculo Exacto y Delimitación de Áreas

Estos levantamientos aseguran la precisión en la demarcación de los límites del terreno, lo cual es esencial para evitar conflictos y problemas legales.

La exactitud en la delimitación de áreas es fundamental para garantizar que el proyecto se desarrolle dentro de las coordenadas establecidas, respetando las propiedades colindantes y las normativas vigentes.

Elaboración de Planos Arquitectónicos

Los datos obtenidos a través de levantamientos topográficos detallan las características del terreno, incluyendo alturas y relieves. Esta información es vital para el diseño arquitectónico, ya que permite a los arquitectos crear planos que se adapten perfectamente a las condiciones reales del terreno, optimizando así la funcionalidad y la estética de las estructuras proyectadas.

Medición de Distancias Horizontales y Verticales

La precisión en la medición de distancias horizontales y verticales facilita la ubicación exacta de alturas y relieves en el terreno. Esta información es fundamental para la planificación estructural, ya que asegura que todas las partes del proyecto se alineen correctamente y se mantengan dentro de los parámetros de seguridad y diseño establecidos.

Provisión de Datos Tridimensionales

Los datos tridimensionales obtenidos mediante levantamientos topográficos son esenciales para la elaboración de proyectos utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD). Estos datos permiten una visualización precisa y detallada del terreno, lo que facilita la creación de modelos y planos más exactos y eficientes.

Medición Precisa de Desniveles, Elevaciones y Demarcaciones

La medición precisa de desniveles, elevaciones y demarcaciones permite entender en detalle las características del terreno. Esta información es crucial para la construcción segura y precisa de infraestructuras, ya que asegura que todas las estructuras se diseñen y construyan de acuerdo con las condiciones reales del terreno, evitando problemas durante y después de la construcción.

Base para el Proyecto

Los levantamientos topográficos proporcionan a arquitectos e ingenieros un punto de partida sólido para la construcción de infraestructuras. Con esta información, los profesionales pueden planificar y diseñar sus proyectos con mayor exactitud y seguridad, garantizando que todas las etapas del proyecto se desarrollen de manera eficiente y efectiva.

Método de Nivelación Directa

El método de nivelación directa es una técnica que determina la elevación del terreno entre varios puntos, estableciendo cotas y coordenadas cruciales para la construcción. Este método es fundamental para asegurar que todas las partes del proyecto se encuentren a las alturas correctas, evitando problemas estructurales y asegurando la estabilidad y durabilidad de las construcciones.

Necesidad de los Levantamientos Topográficos

Los levantamientos topográficos son indispensables para asegurar la exactitud y seguridad en los proyectos de construcción. Proveen una referencia precisa para la ubicación de diversos elementos dentro del terreno, evitando errores costosos y riesgos para los involucrados en el proyecto. Contar con esta información precisa es esencial para cumplir con los presupuestos y garantizar la viabilidad y seguridad de las obras civiles. Sin estos datos, los proyectos estarían sujetos a una mayor incertidumbre y potenciales fallos que podrían poner en peligro tanto la integridad de las estructuras como la seguridad de las personas involucradas.

Tipos de levantamientos topográficos

Los levantamientos topográficos son cruciales para representar todos los elementos de un terreno en un plano, facilitando la planificación urbana y la construcción de obras. Además, aportan ventajas significativas en la descripción de cotas, altimetrías y otras particularidades del terreno (Villner, 2022).

El levantamiento topográfico es una técnica esencial en la cartografía que se utiliza para trazar planos o mapas detallados de un área geográfica específica.

Esta técnica abarca la representación de diversos elementos cruciales del terreno, proporcionando una visión precisa y detallada del mismo.

Entre los principales elementos que se dibujan en un levantamiento topográfico se encuentran las características físicas del terreno. Esto incluye la delineación de formaciones rocosas, que son esenciales para comprender la composición geológica del área estudiada. Además, se registra la altura de diversos relieves, lo cual es fundamental para determinar la topografía y la altimetría de la región.

Otro aspecto importante del levantamiento topográfico es la representación de canales de agua. Estos incluyen ríos, arroyos y otros cuerpos de agua que son vitales para el estudio hidrológico y el manejo de recursos hídricos. Además, se miden y documentan las pendientes y colinas, proporcionando información crucial para la planificación de obras civiles y el desarrollo de infraestructuras.

Los caminos, valles y represas también se incluyen en estos levantamientos. La ubicación y características de los caminos son esenciales para la planificación del transporte y la logística. Los valles, con su geografía única, y las represas, que representan intervenciones humanas en el paisaje natural, también son componentes clave que se miden y documentan para diversos fines, desde la ingeniería civil hasta la gestión ambiental.

Figura 6: Levantamiento Topográfico



Fuente: Villner.CLI (2022)

Los levantamientos topográficos tienen diversas aplicaciones, cada una de las cuales se adapta a diferentes necesidades y tipos de terrenos. Entre estas aplicaciones se encuentran:

Levantamientos Catastrales: Estos levantamientos se utilizan para medir los límites de terrenos, y son fundamentales en trabajos catastrales. Permiten definir con precisión las fronteras de las propiedades, lo que es esencial para la administración y gestión de la tierra.

Levantamientos Urbanos: En el ámbito urbano, estos levantamientos certifican gráficamente las superficies que incluyen parcelas o solares. Además, miden elementos detallados en el plano urbano, como edificios, calles y otras infraestructuras, proporcionando información vital para la planificación y el desarrollo urbano.

Levantamientos Forestales o Agrícolas: Estos levantamientos son utilizados para indicar las cotas de terrenos y la altimetría en fincas o campos forestales. También definen las limitaciones y características del terreno, lo cual es crucial para la gestión sostenible de recursos naturales y actividades agrícolas.

Levantamientos para Minas: Permiten conocer la actividad subterránea, evaluando la viabilidad de explotaciones minerales. Estos levantamientos son esenciales para la industria minera, ya que proporcionan datos sobre la estructura y composición del subsuelo.

Levantamientos Hidrográficos: Determinados para el estudio del relieve del fondo de lagos, embalses, ríos, costas y litorales, estos levantamientos son utilizados para elaborar planos detallados sobre el flujo y la cantidad de agua. Son fundamentales para la gestión de recursos hídricos y proyectos de ingeniería hidráulica.

Levantamientos para Proyectos de Ingeniería: Proporcionan una guía esencial para ingenieros, constructores y arquitectos en proyectos de infraestructura. Estos levantamientos aseguran que las obras se realicen sobre bases sólidas y con un entendimiento preciso del terreno.

Métodos Utilizados en Levantamientos Topográficos

Dependiendo del tipo de levantamiento, se pueden emplear varios métodos para asegurar la precisión y la relevancia de los datos recolectados:

Método Planimétrico: Este método se usa principalmente en terrenos planos y requiere levantamientos poligonales. La información recolectada se representa en un plano horizontal, facilitando la interpretación de las características del terreno.

Método Altimétrico: Este enfoque se centra en comparar las alturas de los terrenos desde un plano horizontal, proporcionando un punto de referencia inicial. Es particularmente útil en terrenos montañosos o irregulares donde la altitud es una variable crítica.

Método Planialtimétricos: Realiza un estudio completo de la morfología del terreno tanto en sentido horizontal como vertical. Este método proporciona una descripción detallada de los aspectos topográficos, combinando las ventajas de los métodos planimétrico y altimétrico.

Aplicaciones en Proyectos de Construcción y Planificación Urbana: Los levantamientos topográficos son fundamentales para obtener medidas exactas de viviendas o edificaciones, proporcionando una base sólida para proyectos de construcción y planificación urbana.

Instrumentos Utilizados en Levantamientos Topográficos: Para realizar un levantamiento topográfico eficiente, es indispensable utilizar varias herramientas, tales como:

- Antenas GPS.
- Antenas GNSS.
- Brújula.
- Cinta métrica.
- Estaciones totales.

2.1.6 Métodos de levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es vital en proyectos de construcción, ingeniería civil y cartografía, ya que implica la recopilación de datos precisos sobre la superficie terrestre, incluyendo alturas, pendientes y características del terreno. Con el tiempo, diversas técnicas y herramientas han evolucionado para realizar esta tarea de manera eficiente y precisa.

Métodos Tradicionales

Compararemos los métodos tradicionales, como el uso de estaciones totales y teodolitos, con las tecnologías modernas como drones y escáneres láser. Evaluaremos las ventajas y desventajas de cada enfoque, sus aplicaciones específicas y cómo la combinación de ambos puede optimizar la precisión y eficiencia en topografía.

Estaciones Totales para Mayor Precisión

Las estaciones totales son fundamentales en el levantamiento topográfico, integrando múltiples instrumentos en un solo dispositivo para obtener mediciones detalladas del terreno. Sus ventajas incluyen:

- **Precisión:** Equipadas con tecnología avanzada, como sistemas de medición electrónicos y láser, permiten obtener datos exactos y minimizar errores humanos.
- **Agilidad:** Calculan automáticamente distancias, ángulos y coordenadas, ahorrando tiempo y reduciendo errores.
- **Eficiencia:** Permiten realizar levantamientos de manera más rápida y eficiente.

Utilización del GPS para Coordenadas Exactas

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se ha convertido en una herramienta esencial en topografía, ofreciendo ventajas sobre los métodos tradicionales:

- **Rapidez y precisión:** Los satélites proporcionan coordenadas exactas, eliminando errores humanos y reduciendo tiempos de medición.
- **Mediciones en tiempo real:** Facilitan el trabajo de campo y permiten decisiones rápidas y acertadas.
- **Versatilidad:** Existen diversos dispositivos y aplicaciones para levantamientos sencillos y precisos, con datos fácilmente exportables a programas de diseño y análisis.

Medición con Teodolitos Electrónicos

Los teodolitos electrónicos combinan la funcionalidad tradicional con tecnología moderna, permitiendo:

- Precisión y rapidez en la medición de ángulos y distancias.
- Facilidad de lectura con pantallas digitales.
- Medición láser para distancias horizontales y verticales.
- Niveles Láser para Medir Alturas

Los niveles láser son herramientas modernas que emiten rayos horizontales o verticales como referencia para medir alturas, ofreciendo:

- Mediciones rápidas y precisas.
- Funciones adicionales para medir pendientes y proyectar múltiples rayos.
- Requieren conocimientos específicos para calibración y condiciones ambientales adecuadas.

2.1.7 Fotogrametría Terrestre

La fotogrametría terrestre utiliza fotografías para obtener información precisa sobre la forma y dimensiones de objetos y terrenos, permitiendo:

- Datos detallados y precisos de grandes áreas.
- Reducción de costos y tiempos en comparación con métodos tradicionales.

- Generación de modelos 3D de alta precisión.

Drones para Imágenes Aéreas

Los drones han revolucionado la obtención de información geoespacial, ofreciendo:

- Imágenes detalladas de áreas extensas con cámaras de alta resolución.
- Cobertura y eficiencia superiores en áreas de difícil acceso.
- Generación de modelos 3D para proyectos de construcción y planificación urbana.

Software de Procesamiento de Datos

El uso de software es crucial en el levantamiento topográfico moderno, proporcionando:

- Cálculos automáticos y precisos.
- Visualización gráfica de datos para facilitar la interpretación.
- Generación de informes detallados para decisiones y planificación.

El levantamiento topográfico, mediante el uso de técnicas tradicionales y modernas, es indispensable en la construcción y planificación de proyectos, asegurando precisión, eficiencia y reducción de errores. La integración de diversas tecnologías permite optimizar los resultados en el campo de la topografía (Datum-SI, s.f.).

2.1.8 Levantamientos topográficos con GPS diferencial:

En los levantamientos topográficos, es crucial emplear herramientas precisas para medir ángulos, desniveles, distancias y coordenadas de los terrenos a intervenir. Entre los instrumentos óptico-mecánicos tradicionales se encuentran las brújulas taquimétricas, los teodolitos y los taquímetros. Sin embargo, con el avance de la tecnología, el uso del GPS en levantamientos

topográficos ha permitido obtener una mayor precisión (Global Mediterránea Geomática, 2020).

Los receptores GPS se han convertido en herramientas esenciales para obtener coordenadas exactas de los terrenos, minimizando los márgenes de error.

Proceso de Levantamiento Topográfico con GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) emplea satélites en órbita que proporcionan información precisa sobre puntos en la superficie terrestre. Este proceso se realiza mediante la transmisión y recepción de señales electromagnéticas, lo que permite determinar con exactitud la ubicación de un punto en la Tierra.

Componentes del Sistema GPS

La metodología del GPS se basa en tres componentes principales, que son esenciales para su funcionamiento:

Satélites: Los satélites en órbita son los encargados de transmitir las señales que permiten la geolocalización.

Sistema de control terrestre: Este sistema se encarga de monitorizar y controlar los satélites, asegurando que funcionen correctamente.

Receptores de usuario: Los receptores son los dispositivos que recogen las señales emitidas por los satélites y calculan las coordenadas del punto en estudio.

Procedimiento para el Levantamiento Topográfico con GPS

Para llevar a cabo un levantamiento topográfico utilizando GPS, es necesario seguir una serie de pasos meticulosos:

Estacionar y colocar la base en un trípode: Esto proporciona una plataforma estable para la medición.

Instalar la antena GPS: La antena debe estar correctamente alineada para recibir las señales de los satélites.

Encender la antena y la libreta electrónica: Estos dispositivos son cruciales para la recolección y almacenamiento de datos.

Configurar la libreta electrónica: Se debe seguir cuidadosamente las instrucciones de la guía para aplicar las correcciones del sensor óptico.

Almacenamiento de datos: Los datos crudos se almacenan en una tarjeta de memoria, que luego se transfiere a un software especializado en el ordenador para su análisis.

La precisión del posicionamiento depende significativamente del número de satélites visibles para el GPS. Por lo tanto, es esencial realizar un estudio previo de la situación, elevación, trayectoria y horarios de los satélites antes de comenzar el trabajo de campo. Esto garantiza las mejores condiciones posibles para el levantamiento topográfico.

Métodos de Levantamiento Topográfico con GPS

Existen cuatro métodos principales para realizar levantamientos topográficos con GPS, cada uno con sus propias características y aplicaciones:

Levantamiento Estático: Aunque es el método más lento, ofrece una alta precisión en largas distancias, hasta 20 km. En este método, un receptor de referencia y uno o más receptores móviles registran datos durante un período prolongado. Es comúnmente utilizado en geodesia.

Levantamiento Estático-Rápido: Similar al levantamiento estático, pero se utiliza para distancias más cortas y con tiempos de medición reducidos, lo que agiliza el proceso.

Levantamiento Cinemático: Este método es ideal para levantamientos de detalle, ya que permite medir eficientemente muchos puntos cercanos entre sí.

Levantamiento RTK (Real Time Kinematic)

Similar al levantamiento cinemático, pero con la capacidad de calcular las coordenadas en tiempo real. Es utilizado para levantamientos de alta precisión en áreas pequeñas, proporcionando resultados inmediatos.

Fundamentos del Diferencial GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) ha transformado la navegación y el seguimiento de ubicaciones. Sin embargo, a pesar de su precisión, aún existen errores que pueden afectar la exactitud de las mediciones. Para corregir estos errores y mejorar la precisión del GPS, se emplea el sistema de Diferencial GPS (DGPS). Este sistema utiliza una serie de técnicas avanzadas y estaciones de referencia para proporcionar correcciones en tiempo real a las señales GPS.

En primer lugar, es importante entender cómo funciona el GPS convencional. Este sistema utiliza una constelación de satélites que orbitan la Tierra, enviando señales de radio que son recibidas por los receptores GPS en la superficie terrestre. Los receptores calculan su posición basada en el tiempo que tarda cada señal en llegar desde varios satélites. No obstante, diversos factores como la atmósfera, la ionosfera y los errores de reloj de los satélites pueden introducir errores en estas mediciones, resultando en una precisión limitada que generalmente varía entre 5 y 10 metros.

Aquí es donde entra en juego el DGPS. Este sistema se basa en estaciones de referencia ubicadas en puntos fijos y conocidos cuya posición exacta se determina con alta precisión. Estas estaciones de referencia reciben las mismas señales GPS que los receptores móviles, pero como su posición es conocida, pueden calcular el error en las señales recibidas. Una vez que el error es determinado, la estación de referencia transmite esta información a los receptores GPS móviles en su área de cobertura, permitiéndoles corregir sus propias mediciones y, por lo tanto, mejorar su precisión.

En cuanto a la infraestructura del DGPS, se compone de tres componentes principales: las estaciones de referencia, los transmisores de corrección y los receptores móviles. Las estaciones de referencia están equipadas con receptores GPS de alta precisión y están situadas en ubicaciones geográficamente estratégicas. Estas estaciones calculan las correcciones necesarias en tiempo real. Los transmisores de corrección, por su parte, envían estas correcciones a través de ondas de radio a los receptores móviles, que las aplican para ajustar sus propias mediciones de posición.

Un aspecto crucial del DGPS es la precisión que proporciona. En condiciones óptimas, el DGPS puede reducir los errores de posicionamiento a un rango de centímetros, lo que es esencial para aplicaciones que requieren alta precisión, como la agricultura de precisión, el levantamiento topográfico y la navegación marítima. Además, el uso del DGPS también ha sido crucial en la aviación, donde la exactitud de la ubicación es vital para la seguridad y la eficiencia de las operaciones (GPS).

Receptores GPS diferenciales

El Super RTK K5 Infinity está muy por delante de los receptores GNSS comunes. Su cobertura de trabajo podría ser mucho más grande que otras. Funciona donde otros receptores pierden señal. Le da total libertad: Control de Web UI y SMS, aplicaciones inteligentes, descarga de campo OTG, etc. Incluso, puede transformarse en una estación de referencia de funcionamiento continuo. Superar la limitación, liberar su potencial, es un SUPER RTK.

Con la solución de 336 canales, la usabilidad de los satélites GLONASS y GALILEO se mejora enormemente, por lo que, en entornos hostiles, K5 Infinity puede rastrear más satélites que los receptores de última generación y proporcionar un resultado de posicionamiento más confiable (Geoteknik, s.f.).

Fundamentos de la fotogrametría con drones

El principio fundamental de la fotogrametría es la triangulación. Imaginemos que tomamos fotografías desde al menos dos posiciones distintas

del mismo objeto de estudio. Desde cada cámara se trazan "líneas de vista" hacia puntos específicos del objeto.

Estas líneas de vista, también conocidas como rayos debido a su naturaleza óptica, se cruzan matemáticamente para obtener las coordenadas tridimensionales de los puntos de interés. La triangulación es igualmente el principio utilizado por los teodolitos para medir coordenadas. Si te encuentras familiarizado con estos instrumentos, notarás muchas similitudes (y algunas diferencias) entre la fotogrametría y el uso de teodolitos. De hecho, la triangulación es un sistema común en nuestra vida diaria; por ejemplo, nuestros ojos la utilizan para calibrar la distancia y así obtener la percepción de profundidad. (Iberoptics, s.f.).

Software de fotogrametría para procesamiento de imágenes de drones.

RINEX Converter es una herramienta de software creada por Ashtech, un destacado proveedor de soluciones de posicionamiento de precisión para diversas industrias como la topografía, la construcción, la agricultura y el transporte. Esta herramienta está diseñada para transformar datos GPS sin procesar, recolectados por receptores GNSS, al formato estándar RINEX (Receiver Independent Exchange Format).

El formato RINEX es ampliamente utilizado en la comunidad GNSS como un formato común de intercambio de datos GPS entre diversas herramientas y plataformas de software. Esto permite a los usuarios compartir y procesar fácilmente datos GPS recopilados desde diferentes receptores y aplicaciones de software.

RINEX Converter es compatible con varios formatos de archivo, incluyendo archivos binarios sin procesar, archivos de datos T02 y T04 específicos del receptor, y archivos de registro propietarios del receptor. La herramienta puede convertir uno o varios archivos simultáneamente y ofrece opciones para especificar el directorio de salida y las convenciones de nombres de archivo.

La interfaz de usuario de RINEX Converter es simple e intuitiva, lo que permite a los usuarios seleccionar fácilmente los archivos de datos de entrada, ajustar las configuraciones de conversión e iniciar el proceso de conversión. Además, la herramienta proporciona registros detallados del proceso de conversión, permitiendo a los usuarios resolver cualquier problema que pueda surgir.

RINEX Converter de Ashtech es una herramienta valiosa para quienes trabajan en la industria GNSS y necesitan una solución confiable y eficiente para convertir datos GPS sin procesar al formato estándar RINEX. (UpdateStar, s.f.).

Características y componentes de un dron con módulo RTK

Mavic 3M con módulo RTK para posicionamiento a nivel de centímetros. El control de vuelo, la cámara y el módulo RTK se sincronizan en microsegundos para capturar con precisión la ubicación del centro de imágenes de cada cámara. Esto permite que Mavic 3M realice levantamientos aéreos de alta precisión sin utilizar puntos de control terrestres.

La transmisión O3 integra dos señales de transmisión y cuatro señales de recepción para soportar distancias de transmisión ultra largas de 15 km.

Con el módulo opcional DJI Celular, la transmisión mejorada 4G y la edición industrial de transmisión O3 funcionan simultáneamente para garantizar la estabilidad de la señal y un vuelo más seguro, incluso en lugares donde las montañas o los edificios obstruyen la señal.

La aeronave cuenta con múltiples sensores de visión de amplio campo de visión que detectan con precisión los obstáculos en todas las direcciones para evitarlos en todas las direcciones. La observación aérea con seguimiento del terreno se puede realizar fácilmente en paisajes con pendientes pronunciadas. (Enterprise, s.f.).

Desventajas del uso de drones con RTK para levantamientos topográficos.

El fabricante recomienda las siguientes condiciones:

NO volar en condiciones climáticas adversas, como vientos fuertes (velocidades del viento de 12 m/s o más), nieve, lluvia o relámpagos. NO volar en áreas que estén a 6000 metros o más sobre el nivel del mar. NO volar la aeronave en entornos donde la temperatura sea inferior a -10 °C (14 °F) o superior a 40 °C (104 °F). NO despegar desde objetos en movimiento, como automóviles y barcos. NO volar cerca de superficies reflectantes, como agua o nieve. De lo contrario, el sistema de posicionamiento visual podría no funcionar correctamente. Cuando la señal GNSS sea débil, volar la aeronave en entornos con buena iluminación y visibilidad. El sistema de visión podría no funcionar correctamente en condiciones de poca luz. Tener en cuenta la seguridad del vuelo cuando vuele cerca de fuentes de interferencia electromagnética. Las fuentes comunes de interferencia electromagnética incluyen líneas eléctricas de alto voltaje, estaciones de transmisión de alto voltaje, estaciones de radar, estaciones base de teléfonos celulares, torres de transmisión, puntos de acceso Wi-Fi, enrutadores y dispositivos Bluetooth. (Enterprise, s.f.).

Metodología para levantamientos topográficos con dron equipado con módulo RTK

Antes de partir, revisa las regulaciones locales para asegurarte de que está permitido volar tu dron en el área planeada. Además, asegúrate de que las condiciones climáticas sean favorables, sin lluvia, niebla, nieve o vientos fuertes. Verifica que la batería del dron y los dispositivos conectados, como la tablet, estén completamente cargados, y que la tarjeta de memoria de la cámara del dron tenga suficiente espacio libre para capturar todo el proyecto.

Planifica tu vuelo

Utiliza la aplicación de planificación de vuelos en la tablet para crear el plan de vuelo del levantamiento topográfico. Para ello, simplemente toca y arrastra los puntos alrededor del área que deseas estudiar o importa un archivo KML. Considera los objetos altos en el plan de vuelo, así como las diferencias de altitud. Si es necesario, ajusta la configuración del vuelo, como la altitud, la distancia de muestreo del suelo (GSD), la dirección del vuelo y la superposición de imágenes.

Configura tu vuelo en el campo

En esta etapa, desempaca y ensambla el dron, asegurándote de que esté listo para despegar en condiciones seguras. Utiliza la lista de verificación interactiva para revisar cada parámetro, como limpiar el sensor de distancia y asegurarte de que se haya quitado la tapa de la cámara.

Vuela y recopila imágenes

Una vez que presiones el botón de despegue, el dron despegará de forma autónoma, capturará imágenes y aterrizará de nuevo en el punto de partida. Durante este paso, el operador debe asegurarse de que nadie se acerque al dron durante el despegue o el aterrizaje y que las condiciones climáticas sigan siendo adecuadas para la misión de inspección.

Referencia geográficamente tus imágenes

Después de uno o varios vuelos, importa las imágenes al software WingtraHub para georreferenciarlas. El proceso de georreferenciación asigna información de posición geográfica (X, Y, Z) a las imágenes, ya sea en un archivo CSV separado o en los metadatos de las imágenes (Wingtra, s.f.).

Procesamiento y postprocesamiento de datos fotogramétricos

Durante un levantamiento topográfico con drones, se capturan imágenes del suelo desde múltiples ángulos. Al procesar estas imágenes, un software de fotogrametría puede generar orto mosaicos y modelos 3D, que permiten medir distancias precisas, así como superficies y volúmenes de objetos físicos.

Conjunto de datos generados con el dron

Las imágenes tomadas por el dron se guardan generalmente en una tarjeta de memoria, como una tarjeta SD, similar a cualquier otra cámara. Dependiendo de la tecnología del dron, las imágenes pueden estar ya georreferenciadas o se pueden importar a un software de georreferenciación como WingtraHub. Según el tamaño del sitio del levantamiento topográfico, se

pueden generar desde unos pocos cientos hasta miles de imágenes, cada una con información geográfica (X, Y, Z).

Importar a un software de fotogrametría

Después de importar las imágenes georreferenciadas a un software de fotogrametría como Propeller, Bentley ContextCapture o PIX4D, las imágenes se combinan para crear modelos 2D o 3D del área estudiada. El procesamiento de imágenes puede ser un proceso prolongado dependiendo del número de imágenes y el rendimiento de la computadora. Algunos programas de fotogrametría funcionan en computadoras de escritorio y requieren hardware robusto, mientras que otros están basados en la nube y utilizan servidores potentes para procesar los datos en lugar de la computadora local (Wingtra, s.f.).

Precisión y confiabilidad de los levantamientos topográficos con dron equipado con módulo RTK

El rendimiento y el tipo de dron, la calidad de sus componentes, la resolución de la cámara, la altitud de vuelo, la vegetación y el método, así como la tecnología utilizada para geolocalizar las imágenes aéreas, pueden afectar significativamente la precisión del mapeo en levantamientos topográficos con drones. (Wingtra, s.f.)

Comparación entre Levantamientos Topográficos con Dron PPK y Dron Equipado con Módulo RTK

En RTK

El uso del sistema RTK (Real-Time Kinematic) en drones proporciona una corrección completa de la posición inmediatamente después del vuelo. Este método brinda una posición del dron con alta precisión en tiempo real, lo que reduce o elimina la necesidad de puntos de control terrestres, siempre y cuando las conexiones sean constantes durante todo el levantamiento. RTK es ideal para geoetiquetado con precisión absoluta en tiempo real durante los vuelos, ya que no requiere postprocesamiento GNSS debido a la corrección en tiempo real.

En PPK

Por otro lado, el sistema PPK (Post-Processed Kinematic) para el mapeo con drones disminuye la cantidad de puntos de control terrestre necesarios, lo que ahorra tiempo de preparación en el campo y permite trabajar en áreas más amplias y difíciles. PPK ofrece un flujo de trabajo más confiable y sencillo, ya que no es necesario mantener una conexión constante entre el rover y la base, lo que lo hace ideal para vuelos sobre áreas grandes. Además, la estación base GNSS no necesita estar conectada a una estación terrestre de drones. PPK permite mayores radios de acción; por ejemplo, un receptor GNSS multibanda puede operar hasta 60 km en RTK, pero puede cubrir más de 100 km en PPK. El procesamiento se puede realizar varias veces con diferentes configuraciones, lo que proporciona flexibilidad y precisión adicional.

2.1.9 Aerofotogrametría

La aerofotogrametría consiste en capturar imágenes desde una perspectiva aérea, ya sea con aviones tripulados o drones. Estas imágenes se procesan para generar datos geoespaciales como mapas y modelos tridimensionales, siendo una técnica fundamental en diversas aplicaciones geoespaciales.

Principios Básicos de la Aerofotogrametría

La aerofotogrametría se basa en varios principios clave. En primer lugar, la superposición de imágenes es crucial para obtener una cobertura completa y una interpretación precisa del terreno, lo que se logra capturando imágenes superpuestas desde diferentes ángulos y altitudes. En segundo lugar, se emplea la estereoscopía para obtener información tridimensional, utilizando pares de imágenes desde puntos de vista ligeramente diferentes. Por último, es esencial establecer puntos de referencia precisos en el terreno mediante marcadores o señales GPS para georreferenciar las imágenes y garantizar la exactitud de los datos.

Técnicas y Tecnologías en la Aerofotogrametría

La aerofotogrametría se basa en una variedad de técnicas y tecnologías avanzadas para capturar y procesar imágenes aéreas, con el objetivo de obtener datos geoespaciales de alta precisión. Esta disciplina, fundamental para la cartografía y la geodesia, emplea aeronaves equipadas con cámaras especializadas que capturan imágenes desde diferentes ángulos y altitudes. A través de estos métodos, es posible generar mapas topográficos detallados, modelos digitales del terreno y ortofotos, que son imágenes aéreas corregidas geométricamente.

Entre las tecnologías empleadas en la aerofotogrametría se destacan los sistemas de posicionamiento global (GPS), las unidades de medición inercial (IMU) y los softwares de procesamiento de imágenes. El GPS proporciona datos de ubicación precisos para cada fotografía tomada, mientras que las IMU registran la orientación y el movimiento del avión en el momento de la captura. Estos datos son esenciales para el posterior procesamiento y alineación de las imágenes.

Además, el procesamiento de las imágenes aéreas implica el uso de algoritmos sofisticados y software especializado que permiten corregir distorsiones, realizar mosaicos de imágenes y crear modelos tridimensionales del terreno. Estos procesos incluyen la corrección de errores debido a la inclinación de la cámara y las variaciones en la altura del vuelo, asegurando así que las imágenes resultantes sean lo más precisas y útiles posible para aplicaciones en diversas áreas, como la planificación urbana, la gestión de recursos naturales y la ingeniería civil.

Drones y Fotogrametría Aérea

Los drones son cruciales en la captura de imágenes aéreas de alta resolución de manera rápida y económica. Estos dispositivos se utilizan para fotogrametría aérea, capturando imágenes que se procesan para generar modelos tridimensionales y ortofotos, facilitando la obtención de datos geoespaciales precisos.

Fotogrametría con Satélites

Los satélites de observación de la Tierra capturan imágenes de alta resolución que se procesan para generar modelos tridimensionales y ortofotos. Esta tecnología es útil en cartografía y gestión ambiental, proporcionando datos geospaciales precisos a gran escala.

La aerofotogrametría, una disciplina que utiliza imágenes aéreas para obtener datos geospaciales precisos, tiene una amplia gama de aplicaciones en diversas industrias y campos de estudio. Esta técnica avanzada se ha vuelto indispensable para la cartografía, la agricultura, la conservación del medio ambiente, la ingeniería, la construcción, y la arqueología, entre otros.

Cartografía y Topografía: La aerofotogrametría es esencial en la creación de mapas y modelos topográficos precisos. Estos mapas son fundamentales para la planificación urbana, el diseño de infraestructuras y la gestión de recursos naturales. Las imágenes aéreas permiten la generación de ortofotos y modelos digitales del terreno (MDT), que ofrecen detalles cruciales sobre la topografía de una región. Este nivel de precisión es vital para la toma de decisiones en la construcción de carreteras, puentes, y otras estructuras importantes, así como para la gestión eficaz del uso del suelo y la conservación del agua.

Agricultura de Precisión: En el campo de la agricultura, la aerofotogrametría se utiliza para monitorear y gestionar cultivos de manera eficiente. Mediante el uso de drones equipados con cámaras multispectrales, los agricultores pueden obtener imágenes detalladas de sus campos, identificando patrones de crecimiento, áreas afectadas por plagas o enfermedades, y necesidades específicas de riego o fertilización. Esta información permite una intervención precisa y oportuna, optimizando la producción agrícola y reduciendo costos operativos. Además, contribuye a la sostenibilidad agrícola al minimizar el uso de recursos y mejorar la salud del suelo.

Medio Ambiente y Conservación: La aerofotogrametría juega un papel crucial en el monitoreo y conservación del medio ambiente. Proporciona

información detallada sobre la cobertura vegetal y los cambios en el paisaje, lo que es vital para la preservación de los ecosistemas. Esta tecnología permite a los científicos y conservacionistas rastrear la deforestación, monitorizar la salud de los bosques, y evaluar los impactos de eventos naturales como incendios e inundaciones. Además, es una herramienta invaluable en la gestión de parques nacionales y áreas protegidas, ayudando a identificar zonas vulnerables y planificar acciones de conservación efectivas.

Ingeniería y Construcción: En la ingeniería y construcción, la aerofotogrametría es útil en la planificación y monitoreo de proyectos. Proporciona información precisa sobre el terreno, lo que facilita la toma de decisiones y la gestión de proyectos. Las imágenes aéreas permiten a los ingenieros evaluar las condiciones del sitio, planificar el diseño de infraestructuras, y monitorear el progreso de las obras en tiempo real. Esta capacidad de obtener datos actualizados y detallados reduce los riesgos y costos asociados con los errores de construcción y permite una gestión más eficiente de los recursos.

Arqueología y Patrimonio Cultural: La aerofotogrametría también es invaluable en la documentación y preservación del patrimonio arqueológico y cultural. Permite a los arqueólogos identificar y mapear sitios históricos con precisión, proporcionando una vista detallada del terreno que puede revelar estructuras ocultas y patrones de asentamiento antiguos. Esta tecnología contribuye significativamente a la investigación y conservación del patrimonio, facilitando la creación de registros detallados que son esenciales para la protección de estos sitios contra el desarrollo urbano y otros riesgos.

La aerofotogrametría se ha convertido en una herramienta indispensable en múltiples disciplinas, ofreciendo una combinación de precisión, eficiencia y versatilidad que facilita la toma de decisiones informadas y la gestión eficaz de recursos y proyectos. Para más detalles sobre las aplicaciones de la aerofotogrametría, puedes consultar fuentes como Drone U, MDPI, y Spatial Post.

La Aerofotogrametría es una herramienta indispensable en diversas industrias, proporcionando datos precisos y detallados para la toma de decisiones (Egvuser, 2024).

Aspectos legales y regulatorios

La Dirección General de Aviación Civil emitió el Reglamento para las aeronaves que operan a control remoto (RPA), más conocido como aviones no tripulados. El documento fue publicado en abril de 2020, y noviembre se aplicará a las aeronaves, con un máximo peso de despegue es mayor que 0,25 kg. El documento DGAC obliga a los propietarios a registrar sus drones o aviones no tripulados y la cobertura de seguro de auto por daños a terceros como consecuencia de un vuelo. Esto podría ser de USD 3 000 USD 6 000 USD 12.000 y en base a la masa máxima de despegue.

La ley establece que los drones no pueden utilizarse cerca de aeropuertos, zonas de seguridad del Estado, helipuertos, zonas intangibles, entre otros. La distancia mínima para llamar a este espacio aéreo controlado está a 9 km. La máxima altura de vuelo, el documento es de 400 pies (122 metros) sobre el terreno, y que el tiempo permitido para operar son entre «amanecer y al atardecer», y las condiciones climáticas sean apropiadas para ser visible.

El documento también describe las condiciones de la responsabilidad de la operación y el operador.

Operaciones de Aeronaves Piloteadas a Distancia (RPAs)

Art. 26.- Seguros.

(a) El propietario o el operador de un dron o aeronave no tripulada en jornada de trabajos aéreos, está en la obligación de responder por los daños causados a terceros, como resultado de sus actividades de vuelo, para lo cual deberá contar y presentar ante la AAC los seguros correspondientes que cubra la responsabilidad civil frente a terceros, según los montos mínimos de cobertura que se establecen a continuación:

- De 0,25 kg hasta 25 kg de peso (masa) máximo de despegue (MTOW) por USD 3.000
- De más de 25 kg hasta 50 kg de peso (masa) máximo de despegue (MTOW) por USD 6.000
- De más de 50 kg hasta 150 kg peso (masa) máximo de despegue (MTOW) por USD 12.000
- (b) Las RPAs en actividades recreativas cuyo peso (masa) máximo de despegue (MTOW) sea inferior a 25 kg, no están en la obligación de presentar ante la AAC seguros que cubran la responsabilidad civil frente a terceros; sin embargo, el operador será el responsable civil directo de los daños que cause la aeronave por la operación de la misma, así como responderá por culpa o negligencia de cualquier índole establecida en el artículo 2229 del Código Civil ecuatoriano.

Capítulo E: Autorización de operador RPA

Artículo 35.- Aplicabilidad

Este capítulo establece los requisitos para emitir una autorización de operador de aeronaves pilotadas a distancia (RPA).

Artículo 36.- Requisitos de idoneidad: Generalidades

- Para optar por una autorización de operador de RPA, una persona debe:
- Tener al menos dieciocho (18) años de edad.
- Ser capaz de leer, hablar y entender el idioma español.
- Haber culminado la enseñanza media o equivalente.
- Demostrar de manera aceptable a la AAC, el haber aprobado satisfactoriamente un curso teórico/práctico para operador de RPA, dentro de los últimos veinticuatro (24) meses. (Operación de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAs) , 2020)

2.2. Marco Legal:

2.2.1. Normativa General

En este proyecto se deberá tener en cuenta los siguientes actos normativos:

En Ecuador, para la realización de levantamientos topográficos utilizando GPS diferencial y drones equipados con módulo RTK está regulado por varias leyes, reglamentos y normativas que aseguran la precisión, calidad y seguridad de estos trabajos. Aquí se detallan algunas de las principales normativas y disposiciones aplicables:

Ley de Geo información del Ecuador

La Ley de Geoinformación del Ecuador (2005), establece las normas y procedimientos para la generación, actualización, manejo, y uso de la información geográfica en el país.

Reglamento para el Levantamiento y Gestión de Información Geoespacial

Este reglamento Políticas Nacionales de Información Geoespacial (2010), establece los requisitos técnicos y operativos para la realización de levantamientos topográficos, incluyendo el uso de tecnologías como GPS diferencial y drones con RTK.

Resoluciones del Instituto Geográfico Militar (IGM)

El Instituto Geográfico Militar (2020), emite resoluciones y especificaciones técnicas sobre la ejecución de levantamientos topográficos y el uso de tecnologías geoespaciales.

Normativa de la Dirección General de Aviación Civil (DGAC)

La Normativa de la Dirección General de Aviación Civil (2022), regula el uso de drones en el espacio aéreo ecuatoriano, incluyendo los requisitos para el uso de drones con módulos RTK en levantamientos topográficos.

Manual de Especificaciones Técnicas para Levantamientos Topográficos

Este manual proporciona las especificaciones técnicas detalladas para la realización de levantamientos topográficos con distintas tecnologías, incluyendo GPS diferencial y drones RTK.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3. Metodología de la Investigación

3.1 Enfoque de la investigación: mixto

La metodología de investigación de este proyecto se basa en varios puntos como lo son las revisiones bibliográficas acerca de los levantamientos topográficos con GPS diferencial y drones equipados con módulo RTK. Esta revisión incluye la recopilación y análisis de artículos académicos, encuestas, libros, informes técnicos y normativas relevantes que nos darán paso a definir los principios teóricos, el funcionamiento técnico, las aplicaciones prácticas y las limitaciones de cada metodología. Los sitios de estudio seleccionados, como la Finca Isabel María y las Zonas 1 y 2 de Agrícola del Pacífico, presentan diversas características climáticas y geográficas que se consideran para garantizar una evaluación completa y representativa. La naturaleza mixta del estudio se refleja en el enfoque cualitativo al analizar documentos y encuestas con expertos, y en el enfoque cuantitativo al medir y comparar la precisión, eficiencia y costos de las metodologías.

3.2 Alcance de la investigación: Exploratorio

La tesis se enfoca en la utilización del ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) para comparar y medir variables objetivas como la precisión, exactitud, eficiencia y costo de los levantamientos topográficos realizados con GPS diferencial y drones equipados con módulos RTK en terrenos con características similares, es decir, con abundante vegetación y zonas irregulares. Partiendo de ser una tesis con un enfoque exploratorio debido a que la aplicación de esta metodología es relativamente nueva y no se ha estudiado. En la fase de Planificar (P), se identifica la necesidad de comparar la eficiencia y efectividad de ambas metodologías y se establecen objetivos claros y medibles, como el objetivo general de comparar las metodologías en términos de precisión, exactitud, eficiencia y costo, aplicando el enfoque a procesos (PHVA) para determinar la metodología más adecuada para proyectos de ingeniería civil en

terrenos irregulares. Se contextualizan las metodologías mediante una revisión bibliográfica exhaustiva y se define la metodología de investigación que incluye técnicas de recolección y análisis de datos.

En la fase de Hacer (H), se ejecuta el plan de investigación, implementando ambas metodologías en el proyecto de levantamiento topográfico y recolectando datos sobre precisión, exactitud, eficiencia y costo, documentando detalladamente el proceso de investigación. Durante la fase de Verificar (V), se analizan los datos recopilados y se comparan los resultados obtenidos para ambas metodologías. Finalmente, en la fase de Actuar (A), se redacta un informe final que presenta los resultados de la investigación y se difunden los resultados a la comunidad de ingeniería civil, implementando las recomendaciones en futuros proyectos de levantamiento topográfico en terrenos similares.

El alcance del estudio es de naturaleza exploratoria debido a la realización de los levantamientos planteados: la aplicación de drones con módulos RTK en levantamientos topográficos es relativamente nueva en la ingeniería civil, y se enfoca en un contexto específico y único. Actualmente, existe un conocimiento limitado sobre la efectividad y eficiencia de estas metodologías en terrenos irregulares, y la investigación busca explorar, describir y comprender las diferencias entre ambas metodologías, generando nuevo conocimiento en este campo. En resumen, el enfoque a procesos se utiliza para planificar, ejecutar, verificar y actuar en la investigación.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

Para este proyecto de titulación se pretende realizar un levantamiento topográfico comparativo utilizando dos metodologías: GPS diferencial y drones equipados con módulo RTK, en tres sitios de estudio con distintas características geográficas y climáticas:

1. Se realizará una revisión literaria acerca de las metodologías de levantamientos topográficos con GPS diferencial y drones con módulo

RTK, analizando artículos académicos, encuestas, libros, informes técnicos, normativas relevantes y encuestas a especialistas.

2. Se seleccionarán tres sitios de estudio: Finca Isabel María y dos zonas de Agrícola del Pacífico
3. En la fase de planificación, se definirá el área de estudio y generará polígonos del mismo
4. Durante la fase de ejecución, se llevarán a cabo los levantamientos topográficos en condiciones similares utilizando GPS diferencial cumpliendo con las recomendaciones normadas por el IGM para puntos fijos y puntos móviles además de las normativas y recomendación acerca de aerofotogrametría establecidas como los porcentajes de traslape apropiados que fue de 80 % de acuerdo con el nivel de detalle establecido para los levantamientos.
5. En la fase de control, se revisarán y verificarán los datos recogidos, documentando cada paso del proceso para garantizar la reproducibilidad y transparencia.
6. Se procederá a la cuantificación y comparación de la precisión, eficiencia y costo de cada metodología.
7. La precisión y exactitud se evaluarán mediante la comparación de las coordenadas obtenidas, verificando que la orto imagen georreferenciada corresponda al lindero de los sitios de estudio seleccionados.
8. Se calculará el costo de los levantamientos topográficos utilizando GPS diferencial y drones con RTK, comparándolo con los costos tradicionales.
9. Se establecerán recomendaciones basadas en los resultados obtenidos, considerando factores como la complejidad del terreno, la precisión requerida y el presupuesto disponible, para orientar a los profesionales en la selección del método más adecuado para sus proyectos de ingeniería civil.

3.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para los levantamientos fueron el módulo RTK SinoGNSS RTK Receiver que cuenta con las siguientes especificaciones.

Figura 7: Referencias

Rendimiento	Canales	1590
	GPS	L1C/A, L1C, L2P, L2C, L5
	BDS	B1I, B2I, B3I, B1C, B2a, B2b
	GLONASS	G1, G2, G3
	Galileo	E1, E5a, E5b, E6c, E5 AltBOC
	QZSS	L1C/A, L2C, L5, L1C
	IRNSS	L5
	SBAS	L1C/A
	Recaptura de señal	≤1 segundos
	Tiempo de inicialización de RTK	<10 segundos
	Estático y estático rápido	2,5 mm + 0,5 ppm Horizontal 5 mm + 0,5 ppm Vertical
	SBAS	0,5 m horizontal 0,8m Vertical
	Independiente	1,5 m 3D RMS
	Tasa de actualización de datos	1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz
	fiabilidad	≥99%
	Memoria interna	8 GB (predeterminado), 16 GB / 32 GB (opcional)
Levantamiento de inclinación	Inclinación de hasta 60° con una precisión de 2,5 cm	

Fuente: UTM30 (s.f.)

Dron Mavic 3 M que al ser un dron equipado con módulo RTK se describe las especificaciones técnicas de su cámara RGB que es la que se utilizado para los diversos casos de estudio y de su modulo RTK.

Figura 8: Cámara RGB

Cámara RGB

Sensor de imagen	4/3 CMOS Píxeles efectivos: 20 MP
Lente	Campo de visión (FOV): 84° Longitud focal equivalente: 24 mm Apertura: f/2,8 a f/11 Enfoque: 1 m a ∞
Rango ISO	100-6400
Velocidad de obturación	Obturador electrónico: 8-1/8000 s Obturador mecánico: 8-1/2000 s
Tamaño máximo de imagen	5280×3956
Modo de toma de fotografías	Disparo único: 20 MP Temporizado: 20 MP JPEG: 0,7/1/2/3/5/7/10/15/20/30/60 s JPEG + RAW: 3/5/7/10/15/20/30/60 s Panorama: 20 MP (material original)
Resolución de vídeo	H.264: 4K: 3840 × 2160 a 30 fps FHD: 1920 × 1080 a 30 fps
Velocidad de bits máxima del vídeo	4K: 130 Mbps FHD: 70 Mbps
Sistema de archivos compatible	exFAT
Formato de imagen	JPEG/DNG (sin procesar)
Formato de vídeo	MP4 (MPEG-4 AVC/H.264)

Fuente: DJI (2024)

Figura 9: Módulo RTK

Módulo RTK

Dimensiones	50,2 × 40,2 × 66,2 mm (largo × ancho × alto)
Peso	24 ± 2 gramos
Interfaz	USB-C
Fuerza	Aproximadamente 1,2 vatios
Precisión de posición RTK	RTK fijo: Horizontal: 1 cm + 1 ppm; Vertical: 1,5 cm + 1 ppm

Fuente: DJI (2024)

ENCUESTA

- **¿Cuál es su nivel de experiencia en levantamientos topográficos?**
 - A. Menos de 2 años
 - B. 2-5 años
 - C. 5-10 años
 - D. Más de 10 años

- **¿Con qué frecuencia utiliza GPS diferencial en sus proyectos?**
 - A. Siempre
 - B. Frecuentemente
 - C. Ocasionalmente
 - D. Nunca

- **¿Con qué frecuencia utiliza drones con módulo RTK en sus proyectos?**
 - A. Siempre
 - B. Frecuentemente
 - C. Ocasionalmente
 - D. Nunca

- **¿Cuál considera que es la principal ventaja del uso de drones con módulo RTK sobre el GPS diferencial?**
 - A. Mayor precisión
 - B. Mayor eficiencia en tiempo
 - C. Menor costo
 - D. Facilidad de uso en terrenos difíciles

• **¿Cuál considera que es la principal desventaja del uso de drones con módulo RTK?**

- A. Requiere condiciones climáticas adecuadas
- B. Necesita permisos especiales de vuelo
- C. Costo inicial elevado
- D. Limitaciones en áreas con vegetación densa

• **¿En qué tipo de proyectos encuentra más útil el GPS diferencial?**

- A. Levantamientos urbanos
- B. Proyectos de infraestructura rural
- C. Estudios agrícolas
- D. Proyectos de gran escala (e.g., carreteras, presas)

• **En su experiencia, ¿qué método de levantamiento ofrece mayor precisión?**

- A. GPS diferencial
- B. Drones con módulo RTK
- C. Ambos ofrecen precisiones comparables
- D. Depende del proyecto específico

• **¿Qué método de levantamiento considera más eficiente en términos de tiempo?**

- A. GPS diferencial
- B. Drones con módulo RTK
- C. Ambos son igualmente eficientes
- D. Depende del proyecto específico

• **¿Qué factores considera más críticos al seleccionar una metodología de levantamiento topográfico?**

A. Precisión requerida

B. Eficiencia en tiempo

C. Costo del método

D. Condiciones del terreno

• **¿Qué mejoras tecnológicas le gustaría ver en los métodos de levantamiento topográfico en el futuro?**

A. Mayor precisión y exactitud

B. Reducción de costos

C. Mayor autonomía y facilidad de uso

D. Mejora en la capacidad de operar en condiciones climáticas adversas

3.5 Población y muestra

Población

La población del estudio se compone de dos grupos principales: los sitios de estudio y los profesionales del área de topografía e ingeniería civil.

Sitios de Estudio: La población de sitios de estudio incluye diversas áreas geográficas que presentan distintas características. Los sitios específicos son:

Finca Isabel María: Ubicada en la provincia de Los Ríos con coordenadas 662920.5765, 9817366.9151. Esta finca tiene una altura de 13 metros sobre el nivel del mar, una temperatura que varía entre 27°C y 28°C, velocidad de viento de 10-15 km/h, y una humedad entre 75-88%.

Zona 1 de Agrícola del Pacífico: Coordenadas 661728.29, 9751383.38. Esta zona presenta una temperatura promedio de 24°C, una velocidad de viento de 8-18 km/h, y una humedad de 75-90% y una altura de hasta 28 metros sobre el nivel del mar. La presencia de un bosque de árboles de Teca en el sitio de estudio lo diferencia del resto de estudios de la zona.

Zona 2 de Agrícola del Pacífico: Coordenadas 660462.00, 9752132.00. Con características similares a la Zona 1, esta área tiene una temperatura promedio de 24°C, una velocidad de viento de 8-18 km/h, una humedad de 75-90% y una altura sobre el nivel del mar de hasta 25 metros.

Muestra

Para obtener una muestra representativa de la población, se seleccionarán los siguientes elementos:

Sitios de Estudio: Los tres sitios previamente descritos serán utilizados en su totalidad para los levantamientos topográficos, debido a su diversidad en características climáticas y densidad de vegetación. Esto permitirá una evaluación completa y representativa de las metodologías de levantamiento topográfico en diferentes condiciones.

Ingenieros Civiles: Ingenieros con experiencia en proyectos que requieren levantamientos topográficos precisos.

Expertos en Geomática: Profesionales especializados en tecnologías de información geográfica y técnicas avanzadas de levantamiento.

La selección de estos sitios de estudio y profesionales asegura una diversidad en términos de condiciones geográficas, climáticas y de vegetación, lo que permitirá una evaluación integral de las metodologías de levantamiento topográfico. La inclusión de profesionales experimentados garantizará que los datos cualitativos recolectados sean robustos y proporcionen una visión completa de las prácticas y preferencias actuales en el campo.

CAPÍTULO IV

4. Diagnostico

4.1. Generalidades

Se describe detalladamente el área de estudio, seguido de la explicación de los procedimientos, configuración, captura de datos para ambas metodologías. También se detalla el procesamiento y análisis de los datos recolectados, utilizando software y herramientas específicas. Los resultados de los levantamientos se presentan proporcionando un análisis crítico de estos resultados. Finalmente, se resumen los hallazgos clave, se discuten sus implicaciones prácticas y se ofrecen recomendaciones para la aplicación de estas metodologías en diversos proyectos de ingeniería civil.

Tabla 2: Características de las Áreas de estudio

Característica	Finca Isabel María	Zona 1 Agrícola del Pacífico (Densa vegetación)	Zona 2 Agrícola del Pacífico
Ubicación	Provincia de Los Ríos	Provincia del Guayas	Provincia del Guayas
Coordenadas	662920.576; 9817366.9151	661728.29; 9751383.38	660462.00; 9752132.00
Altura msnm	13 metros	hasta 28 metros	hasta 25 metros
Temperatura	27°C - 28°C	24°C	24°C
Velocidad Viento	10-15 k/h	8-18 k/h	8-18 k/h
Humedad	75-88%	75-90%	75-90%

Elaborado por: Martínez & Vargas (2024)

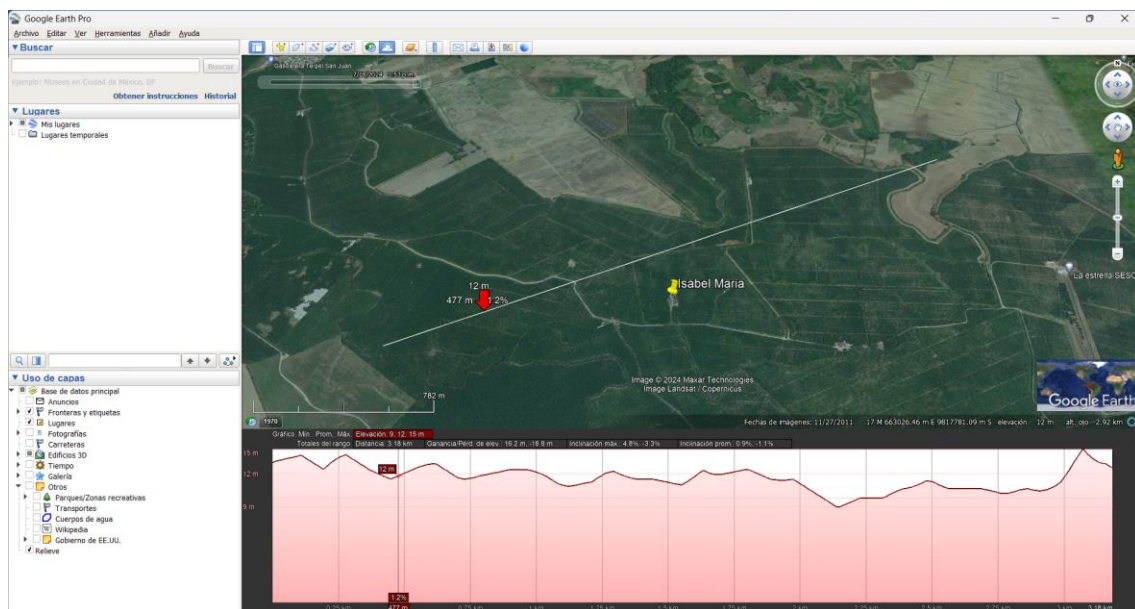
4.2. Procedimiento

4.2.1 Sitios de estudio

A continuación, se detalla los lugares de estudio en las figuras 10,11,12 Con su perfil de elevación.

1.- Finca Isabel María

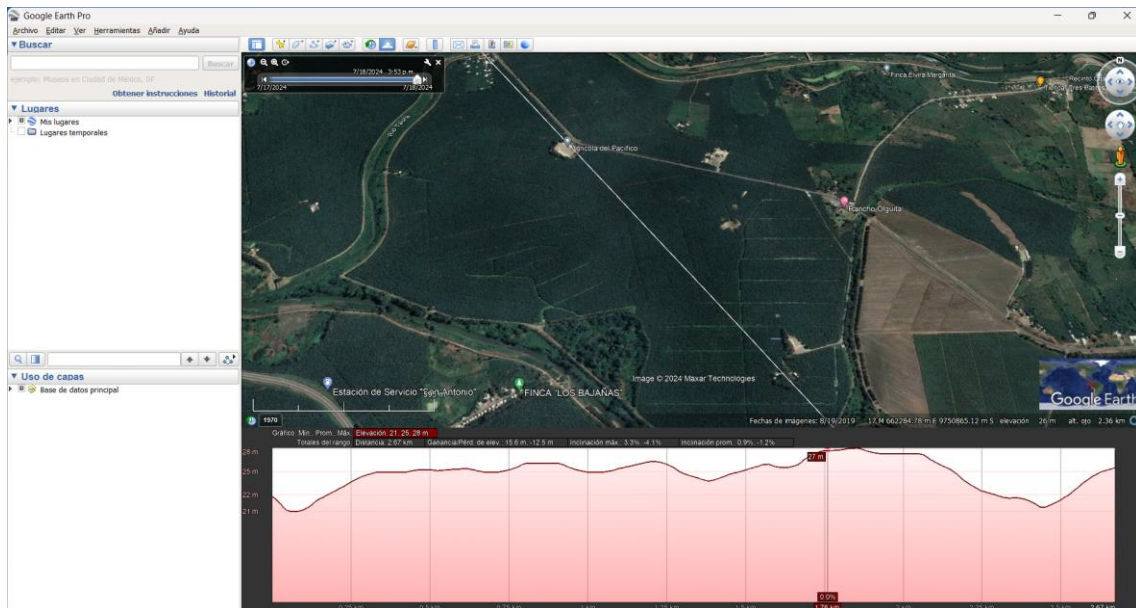
Figura 10: Finca Isabel María



Fuente: Google Earth (2024)

2.- Agrícola del Pacifico Zona 1

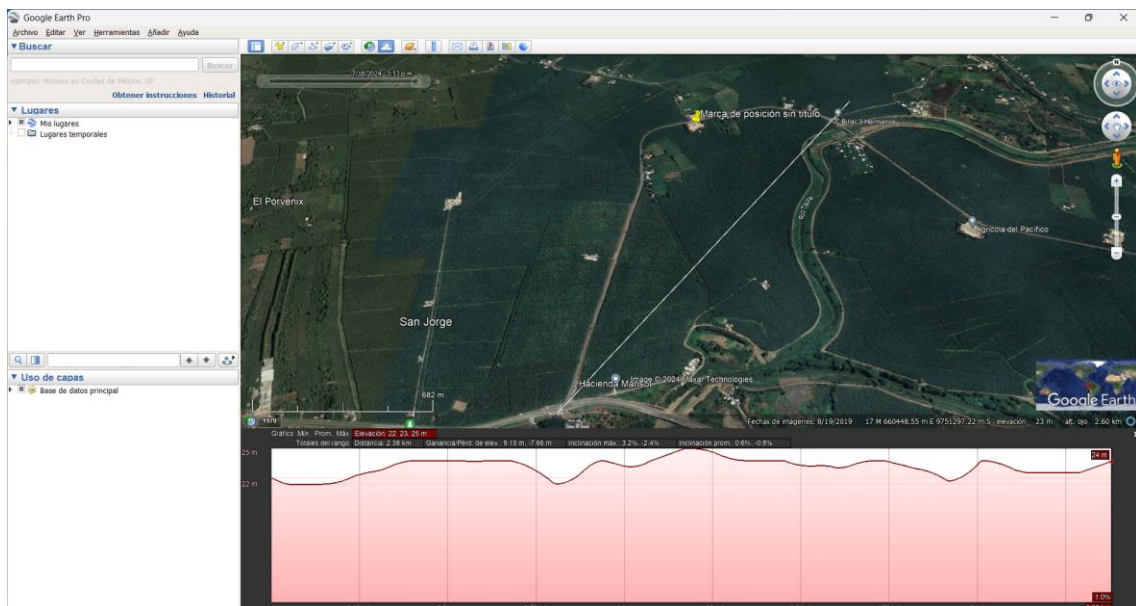
Figura 11: Agrícola del Pacifico Zona 1



Fuente: Google Earth (2024)

3.- Agrícola del Pacifico Zona 2

Figura 12: Agrícola del Pacifico Zona 2



Fuente: Google Earth (2024)

Descripción de metodología de levantamientos topográficos

- **GPS Diferencial y Dron con modulo RTK**

GPS Diferencial

Para la implementación de ambas metodologías se ha realizado un análisis exhaustivo buscando optimizar los tiempos sin perder eficiencia debido a las condiciones de los terrenos levantados por lo cual se ha establecido la siguiente metodología de levantamiento con modulo RTK que es aplicable en cualquier condición de terreno con los ajustes pertinentes de los parámetros establecidos por los fabricantes.

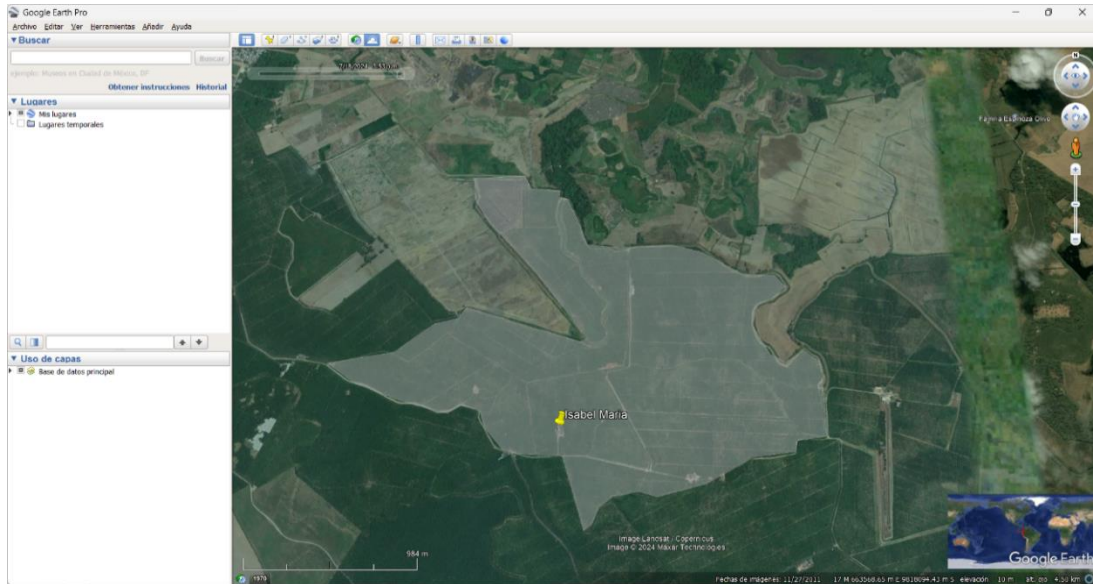
4.2.2 Proceso de Planificación

Para el proceso de planificación se considerara las condiciones existentes del lugar en una visita al campo, el personal necesario para la realización de los levantamientos los cuales se consideró que es necesario un equipo con un guía, un ayudante de guía, un cadenero, el encargado de la toma de los puntos con RTK además de un punto fundamental como el equipo de protección necesario para el personal en campo, el proceso de planificación sirvió para identificar los lugares donde se instala la monumentación para la toma de puntos estáticos.

4.2.3 Proceso de levantamiento

En los 3 lugares previamente establecidos se llevó a cabo un estudio detallado de los linderos existentes con la herramienta de Google Earth, como se muestra en las figuras 13, 14, 15.

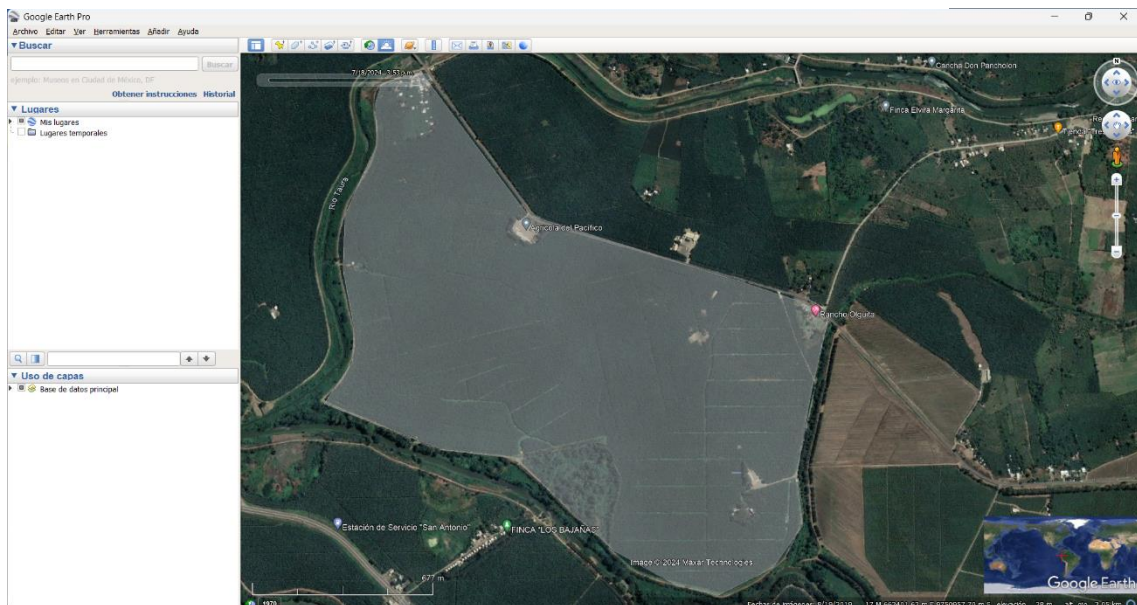
Figura 13: Área Isabel María



Fuente: Google Earth (2024)

Corresponde al primer lugar delimitado para la evaluación de metodologías.

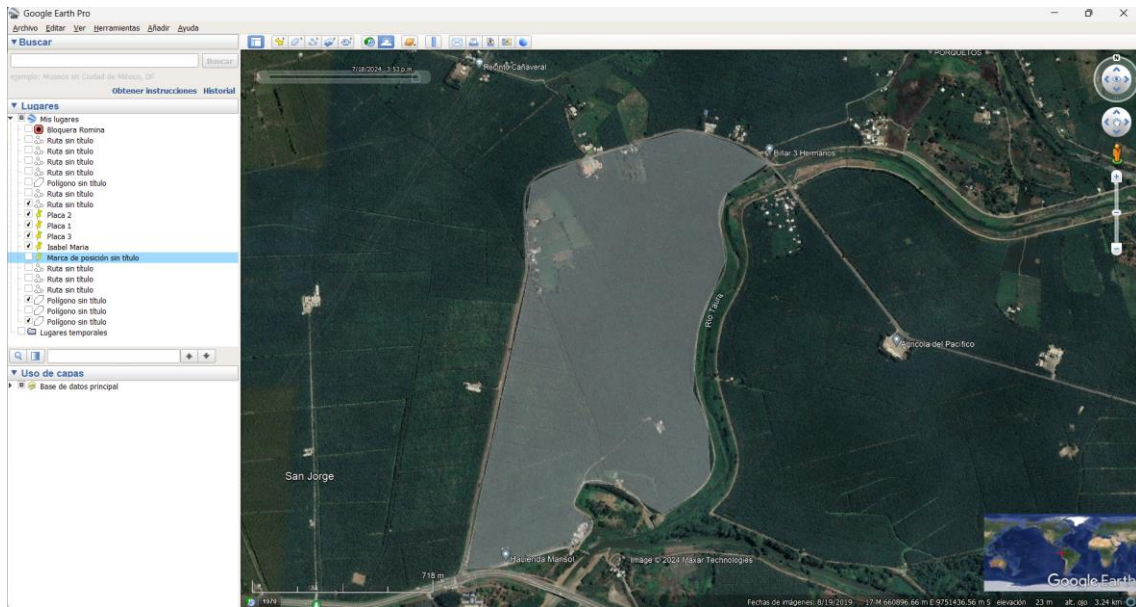
Figura 14: Área Agrícola del Pacifico Zona 1



Fuente: Google Earth (2024)

Corresponde al segundo lugar delimitado para la evaluación de metodologías.

Figura 15: Área Agrícola del Pacífico Zona 2

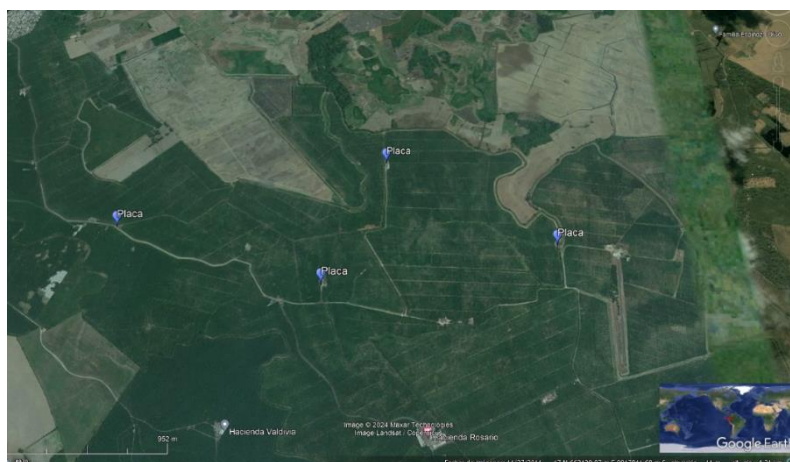


Fuente: Google Earth (2024)

Corresponde al tercer lugar delimitado para la evaluación de metodologías.

Posterior a la evaluación de los sitios de estudio, se procederá a la colocación de puntos estáticos para establecer una red geodésica. Estos puntos servirán posteriormente como bases para la toma de puntos estáticos rápidos en las áreas de estudio. El criterio de ubicación de estos monumentos se basó en la necesidad de cubrir áreas específicas y minimizar interferencias, especialmente debido a la alta vegetación presente en el terreno.

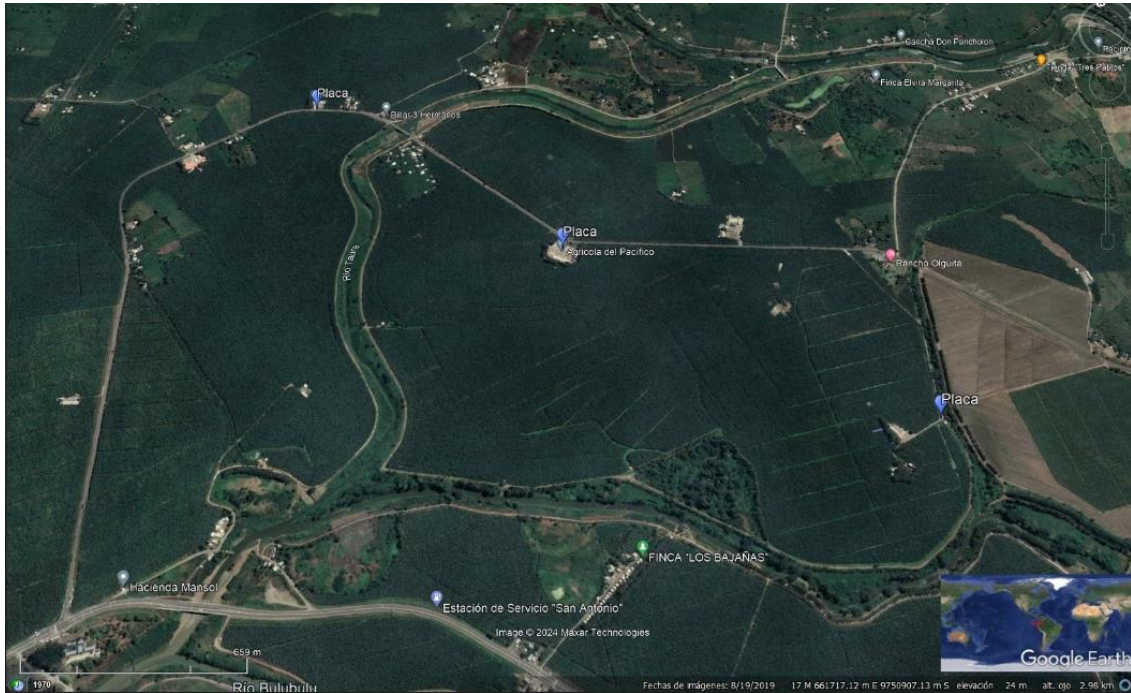
Figura 16: Finca Isabel María: Puntos Estáticos 1



Fuente: Google Earth (2024)

En la siguiente imagen se observa los puntos estáticos tomados en el siguiente caso de estudio.

Figura 17: Agrícola del Pacífico Zona 1 y Zona 2 Puntos Estáticos



Fuente: Google Earth (2024)

A continuación, se detalla los puntos estáticos tomados en la Zona 1 y Zona 2 de Agrícola del Pacífico.

En las Figuras 16, 17, 18,19 se muestra las placas implementadas en los puntos estáticos antes descritos.

Figura 18: Pintura de Placa



Fuente: RTK (2024)

Se instaló el receptor base en un punto estratégico con visibilidad libre del cielo como se observa en la figura 20 . Este receptor se conectó a un sistema de datos, garantizando su funcionamiento continuo y estable. Una vez instalado, el receptor base se conectó a la colectora de campo, donde se configuraron parámetros esenciales como el sistema de referencia, la red RTK (Real-Time kinematic) y la antena utilizada.

Al encender el receptor, se verificó que se conectara correctamente a la red RTK, asegurando una alta precisión en las mediciones.

Figura 19: Punto Estático Placa



Fuente: RTK (2024)

Figura 20: Toma de Punto Estático



Fuente: RTK (2024)

El cálculo del tiempo en los puntos estáticos se calculó en base a la fórmula establecida del IGM que establece que se tiene que tomar en función al tiempo: 30 minutos + 2 minutos (kilómetro) por la distancia a la antena más cercana en este caso debido a las Estaciones permanentes del IGM el tiempo de toma de los puntos estáticos fue de 2 horas.

Simultáneamente, se instaló el receptor móvil en un bastón, asegurando una base firme para las mediciones y se procedió a realizar el levantamiento de los vértices de los lotes obteniendo sus coordenadas como se observa en las Figuras 21, 22, 23.

Figura 21: Toma de puntos estáticos rápidos



Fuente: RTK (2024)

Figura 22: Toma de puntos estáticos rápidos



Fuente: RTK (2024)

Figura 23: Toma de puntos estáticos rápidos



Fuente: RTK (2024)

4.2.4 Proceso de procesamiento

Para empezar el postprocesado de los puntos levantados mediante método de PPK es necesario considerar ciertos parámetros que se utilizaron para la realización de los mismos. Para esto se utiliza el programa RTKlib.

Se ejecuta el comando `rtkpost` seguido de las opciones y argumentos necesarios para procesar los datos.

Algunos argumentos comunes incluyen:

- El archivo RINEX de la base.
- El archivo de salida para los resultados procesados.
- Definir el modelo de efemérides.
- Establecer la posición aproximada de la base

Configurar opciones de procesamiento:

Una vez configurados los parámetros, se inicia el procesamiento de los datos.

El programa generará un informe de salida como se muestra en la figura 24 que contiene las coordenadas corregidas de cada punto RTK medido.

Figura 24: Parámetros de ajuste

Propiedad	
Nombre del proyecto	2024-06-27-00-58
Fecha de creación	2024-06-27 21:45:16
Tipo de ajuste	Gratis, 3D, 2D, H
Nivel de confianza	95.4%
Estaciones	6
Estaciones de control	1
Vectores	7

Coor. sistema	
Nombre de Coor. sistema	WGS84-UTM 17S AG PACIF
Semieje mayor	6378137.0000
Aplanamiento	1/298.25722356
Método de proyección	UTM
Tipo de proyección	UTM
Zona	Zona=17(Sur)
Origen Lat.	B0=0:00:00.00N
Meridiano Central	L0=80:59:59.999999W
Adición al norte	N0=10000000.000000
Adición oriental	E0=500000.000000

Fuente: RTKlib (2024)

Como se muestra en la Figura 25 se indica las coordenadas con su error correspondiente.

Figura 25: Coordenadas en 2D de puntos estáticos con su raíz cuadrada media

Coordenada 2D						
Estación	Norte (x)/RMS (m)	Este(y)/RMS(m)	RMS(m)	E(m)	F(m)	ET (Grado: Minuto: Segundo)
PLACA 01	9751376.2103/0.0017	661755.3113/0.0026	0.0031	0.0027	0.0015	113:59:19
PLACA 02	9752278.8726/0.0025	660973.1727/0.0033	0.0041	0.0034	0.0024	109:29:35
PLACA 03	9750420.5202/0.0018	662801.7522/0.0027	0.0032	0.0028	0.0015	113:46:39

Fuente: RTKlib (2024)

Se examinó la precisión horizontal y vertical de los puntos procesados en el archivo de salida. También se comparó los resultados con la precisión esperada por el equipo RTK los cuales se encuentran en los parámetros establecidos por el fabricante los cuales indican una precisión de 2.5mm+0.5ppm horizontal y 5mm+0.5ppm vertical en puntos estáticos fijos y estáticos rápidos.

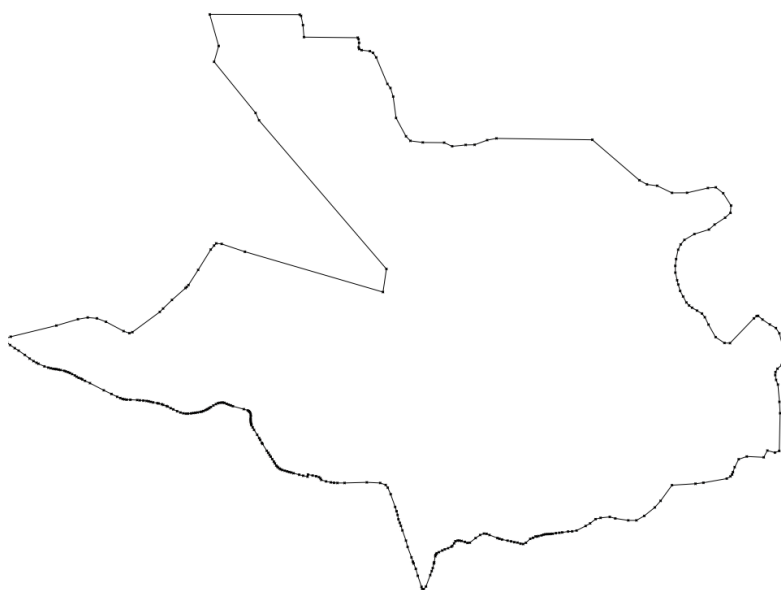
Además de importar las coordenadas corregidas en formato planimétrico con norte y este obtenidas en el anexo 1,2 y 3 que posterior se exporto a formato CAD para visualizar la ubicación de los puntos RTK.

4.2.5 Resultados de Postproceso de puntos con GPS Diferencial

Tras la recopilación y unión de los puntos obtenidos previamente en la Finca Isabel María con el sistema RTK (Real-Time Kinematic), se generó un polígono que abarca un área total de 305.75 hectáreas. Este polígono, representado con precisión en los planos adjuntos, incluye una cantidad total de 350 puntos levantados. Cada uno de estos puntos está detalladamente documentado en el anexo correspondiente, donde se especifican sus coordenadas y características topográficas.

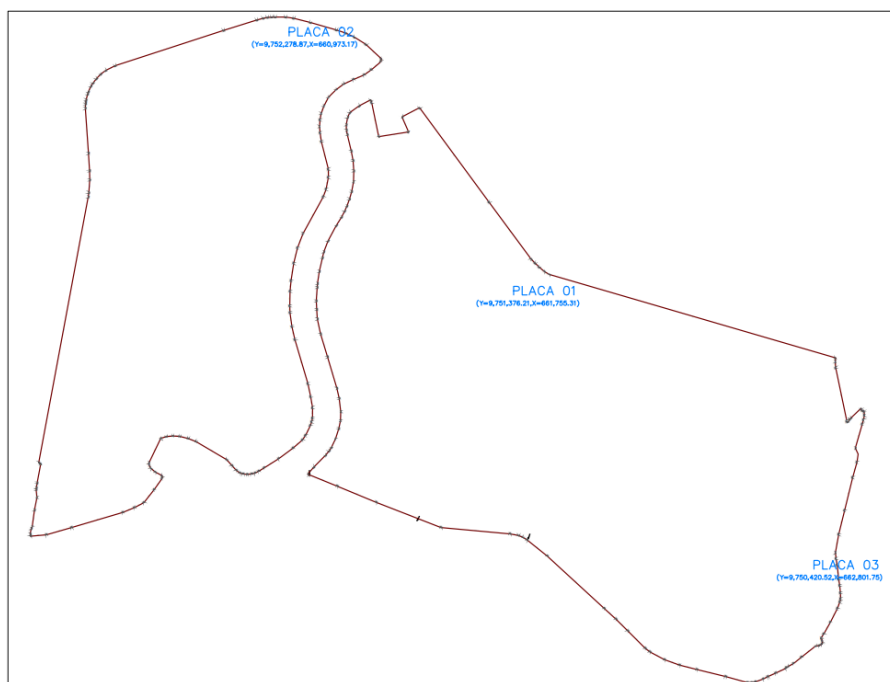
El proceso de levantamiento topográfico con RTK permitió alcanzar una alta precisión en la delimitación de los límites del polígono. Esta metodología asegura la exactitud requerida para proyectos de ingeniería civil, proporcionando datos geoespaciales confiables para su posterior análisis y aplicación manejando un margen de error de entre 2.5 a 3.5mm por punto.

Figura 26: Área levantada con RTK en Finca Isabel María



Fuente: RTKlib (2024)

Figura 27: Área de Agrícola del Pacífico Zona 1



Fuente: RTKlib (2024)

4.2.6 Metodología de vuelo con dron

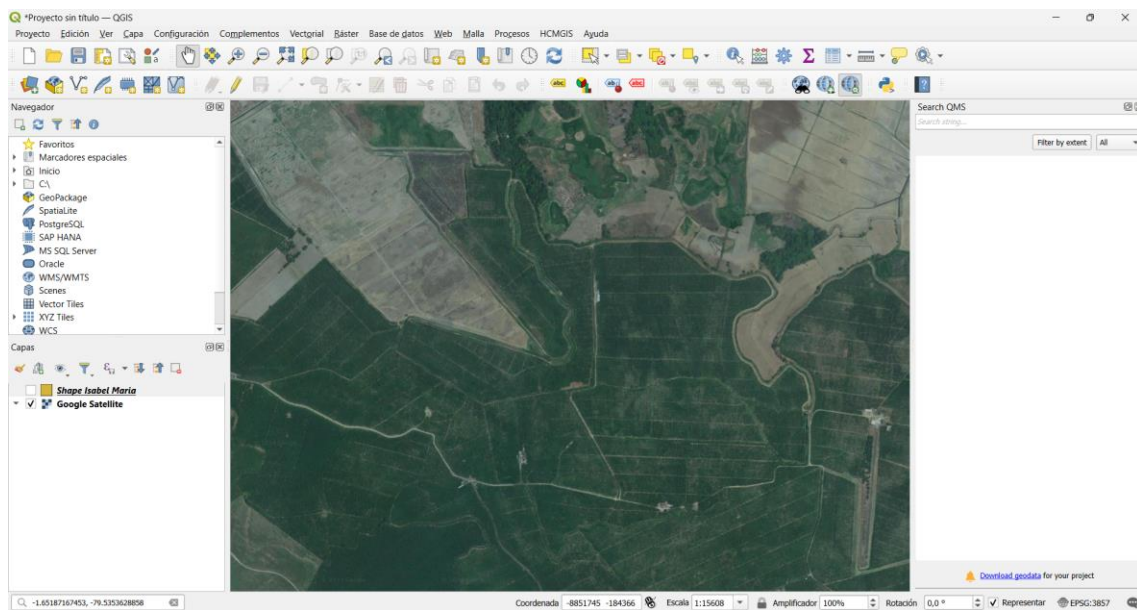
El proceso de planificación previo a la obtención de una orto imagen con el dron Mavic 3M incluye pasos cruciales que aseguran la calidad de los resultados. Este procedimiento, detallado a través de la descripción de la metodología aplicada en diversos casos de estudio, garantiza que las condiciones de levantamiento cumplan con las normativas técnicas requeridas para cada tipo de terreno. La planificación meticulosa abarca la selección de puntos de control geodésicos, la definición de rutas de vuelo y altitudes óptimas, así como la configuración adecuada del dron y sus sensores. Este enfoque riguroso y sistemático asegura que el levantamiento se realice bajo las condiciones más adecuadas, optimizando tanto la precisión como la eficiencia en la obtención del Ortomosaico de alta calidad.

Las condiciones climáticas en los levantamientos realizados se buscaron que fueran optimas (no exista presencia de lluvia), vientos fuertes, luminosidad variada.

Previo a empezar el vuelo en los sitios de estudio se realizan los pasos descritos a continuación:

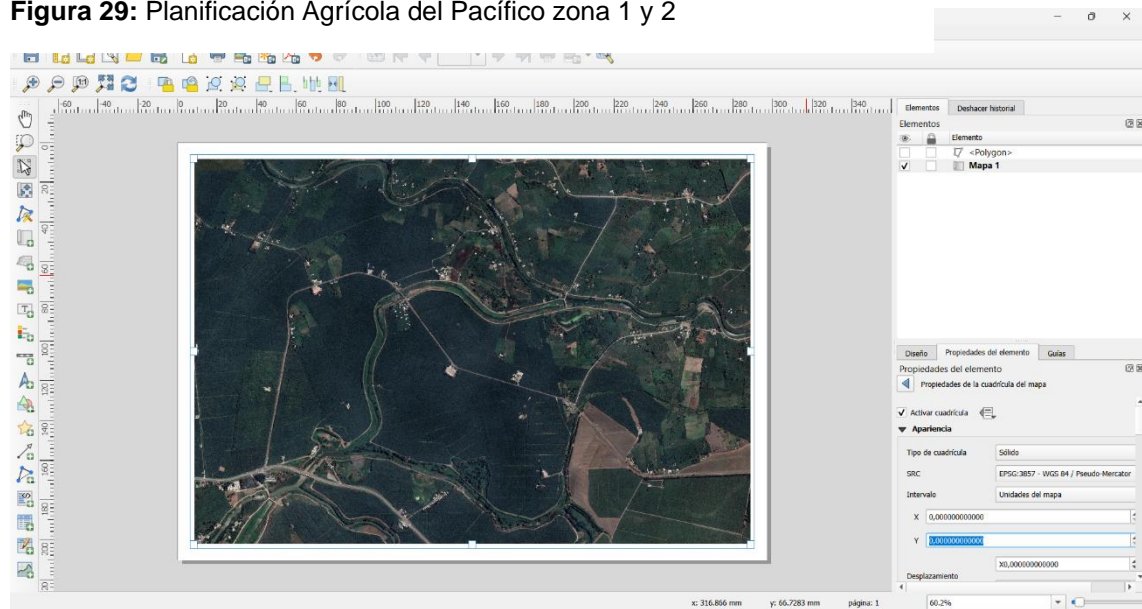
Se insertó las coordenadas en el software QGIS que sirvió de soporte para previsualizar el área del levantamiento como se muestra en las figuras 28,29 en este caso ya existió una visita previa a la utilización del software la misma que sirvió para la obtención de información previa que permite identificar los criterios técnicos a utilizarse. Después de esto se procedió a marcar con un polígono el área que se levantó como se detalla en las figuras 30, 31.

Figura 28: Planificación Isabel María



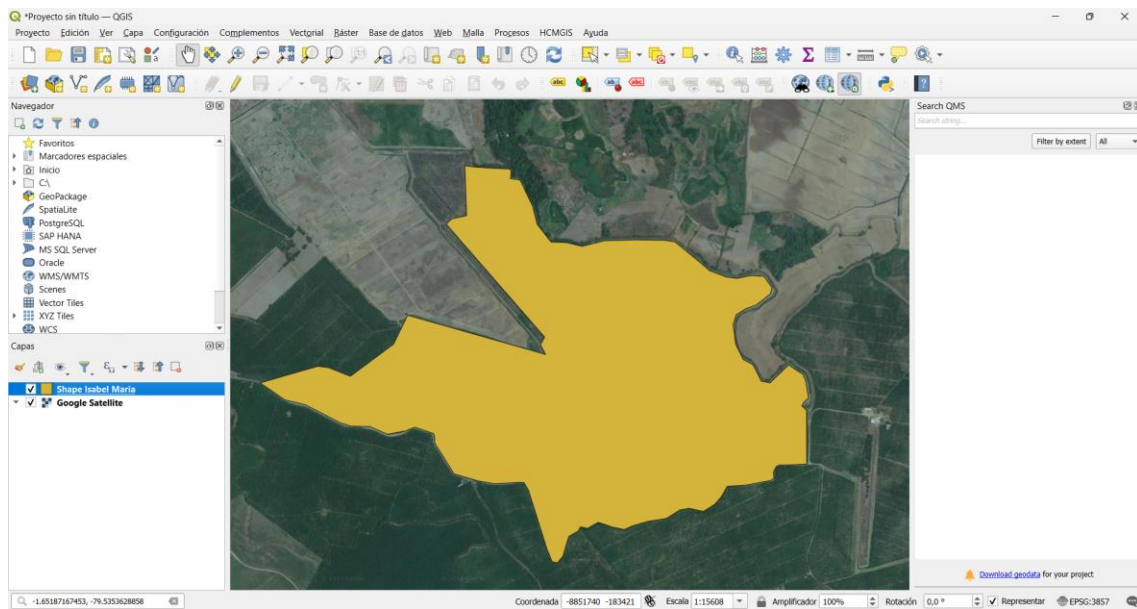
Fuente: QGis (2024)

Figura 29: Planificación Agrícola del Pacífico zona 1 y 2



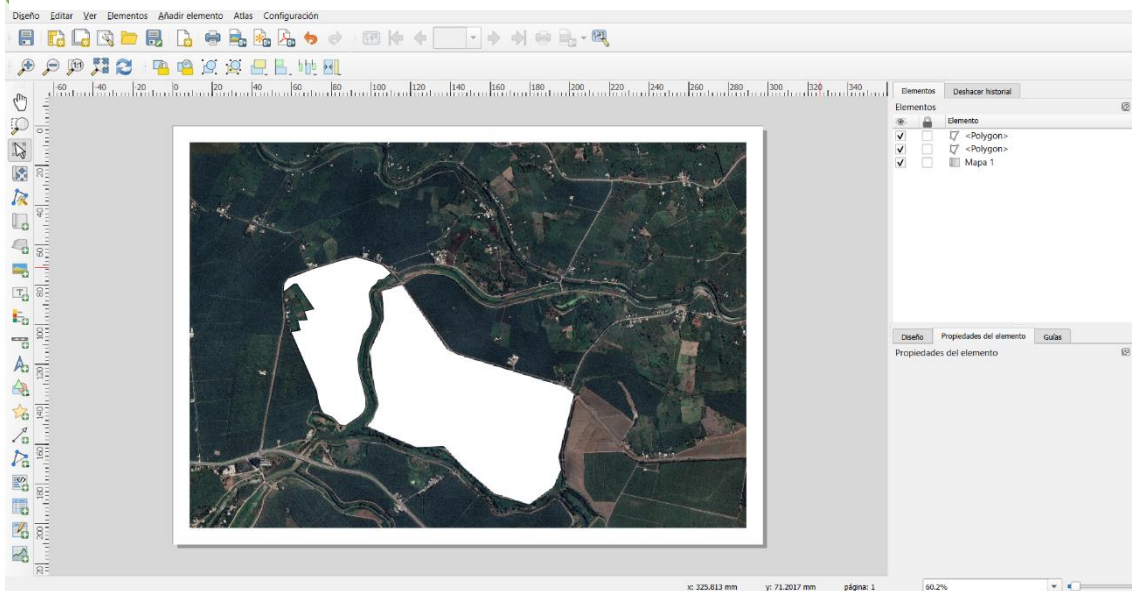
Fuente: QGis (2024)

Figura 30: Área de estudio Isabel María



Fuente: QGis (2024)

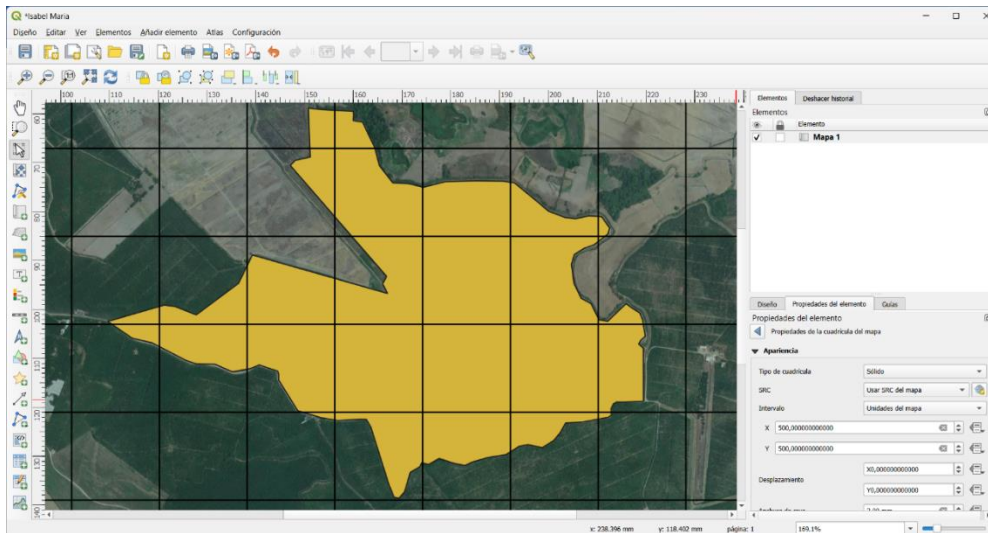
Figura 31: Área de estudio Agrícola del Pacífico zona 1 y 2



Fuente: QGis (2024)

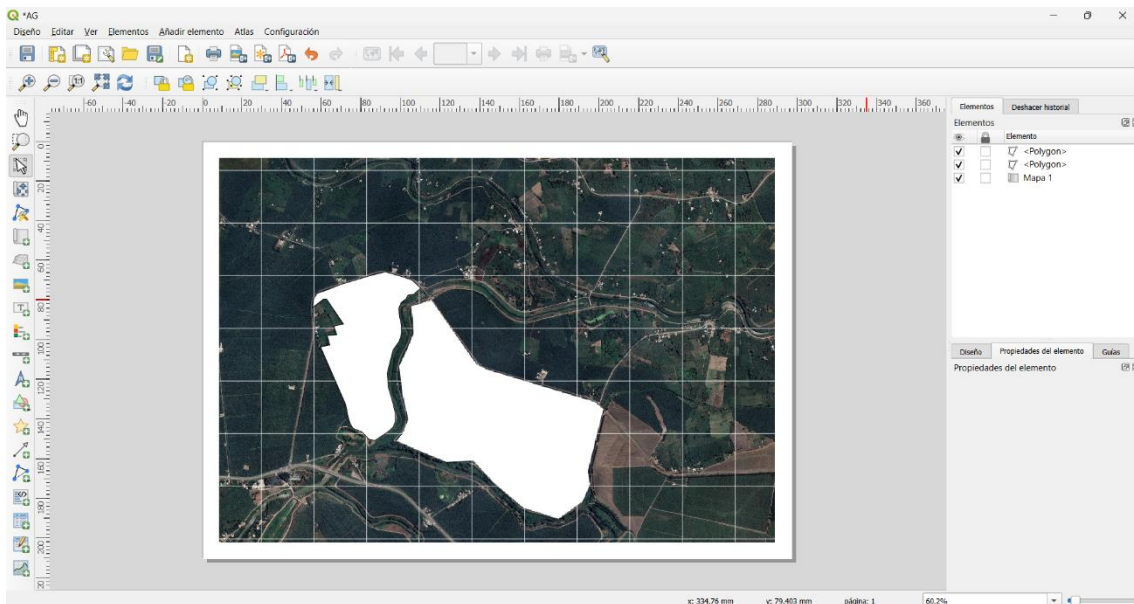
A continuación, se realiza el proceso de planificación del vuelo y la ubicación de los puntos de control. Este procedimiento se inicia con la generación de un mapa cuadriculado mediante el software QGis, una herramienta de Sistema de Información Geográfica (SIG), donde se segmenta el área en cuadros de 500 metros por 500 metros descrito en las figuras 32, 33. Esta segmentación es crucial para determinar con precisión la extensión del terreno a estudiar, así como para la localización exacta de los puntos de control geodésicos. Una vez identificados estos puntos de control, se procede a diseñar el plan de vuelo, que incluirá las rutas de sobrevuelo y la altitud necesaria para garantizar una cobertura completa y detallada del área de interés. Este enfoque sistemático y técnico permite optimizar tanto la precisión del levantamiento topográfico como la eficiencia operativa del vuelo.

Figura 32: Malla cuadriculada 500m x 500m Isabel María



Fuente: QGis (2024)

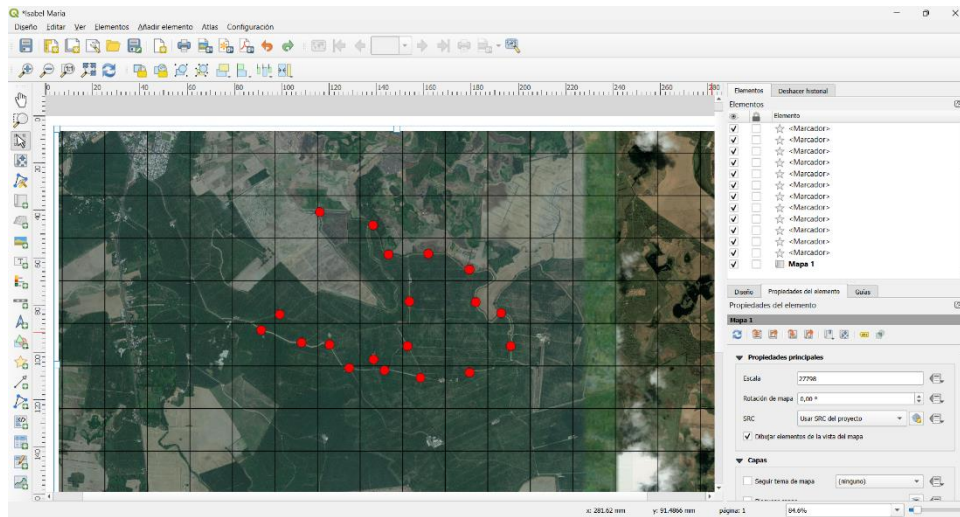
Figura 33: Malla cuadriculada 500m x 500m Agrícola del Pacífico zona 1 y 2



Fuente: QGis (2024)

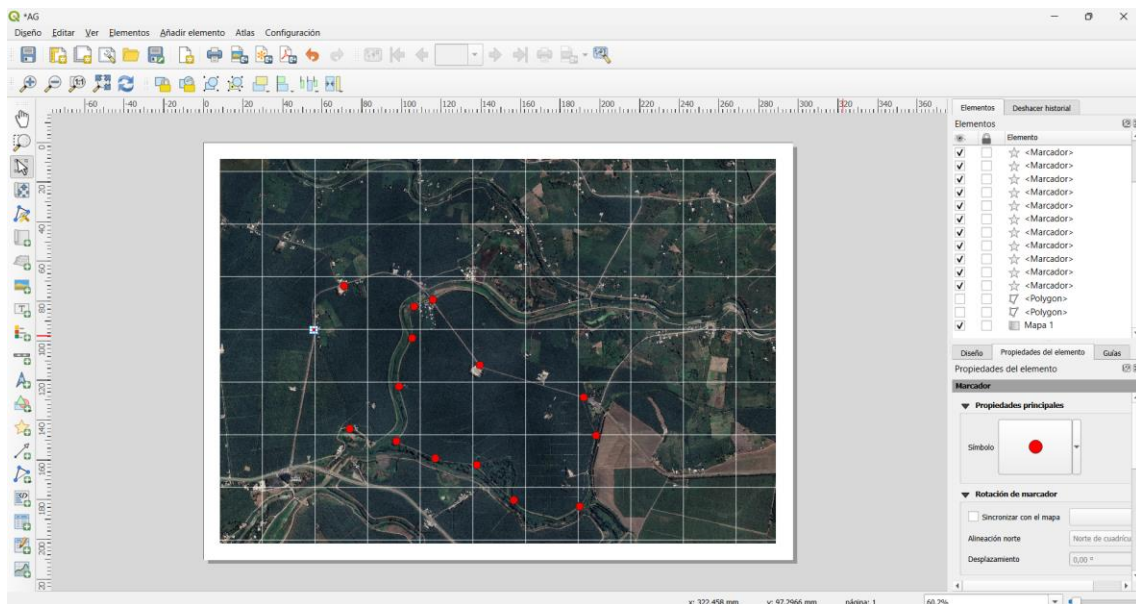
El criterio técnico para marcar puntos de apoyo consiste en realizar un mallado de 500 x 500 metros debido a que se considera la distancia óptima para poder realizar ajustes en la imagen en caso de ser necesario, asegurando la presencia de un punto de control en cada cuadrícula en ubicaciones visible como se detalla en las figuras 34, 35. Esto permite, tras la obtención de la imagen, verificar su precisión, de ahí el nombre "puntos de control".

Figura 34: Puntos de apoyo Isabel María



Fuente: QGis (2024)

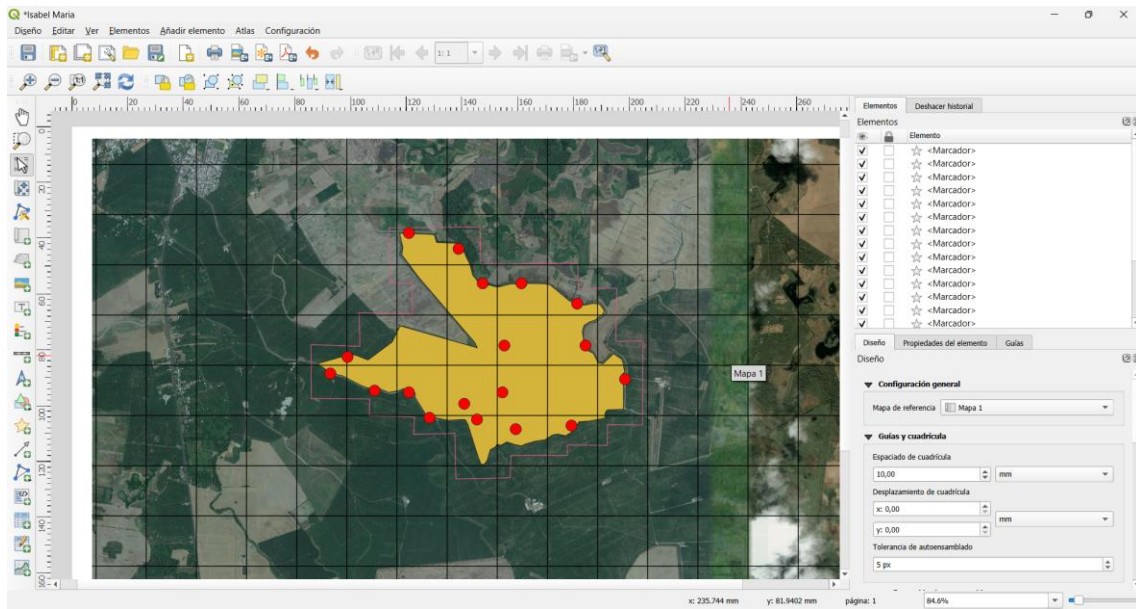
Figura 35: Puntos de apoyo Agrícola del Pacífico zona 1 y 2



Fuente: QGis (2024)

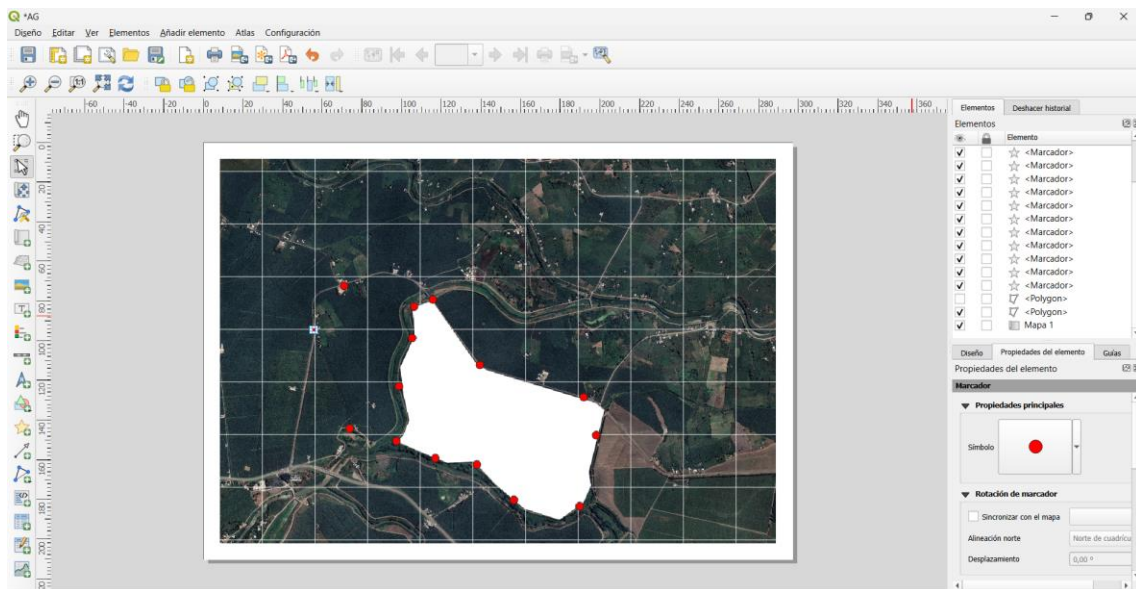
Después de la obtención del vuelo con el dron se hace la demarcación del plan de vuelo del mismo en el cual las recomendaciones son que se vuelen en polígonos regulares debido a que esto facilitara el post proceso de la imagen y segmentándolo para los sitios de estudio los cuales se observa en las figuras 36, 37, 38 como es el proceso antes mencionado.

Figura 36: Puntos de apoyo en área de estudio Isabel María



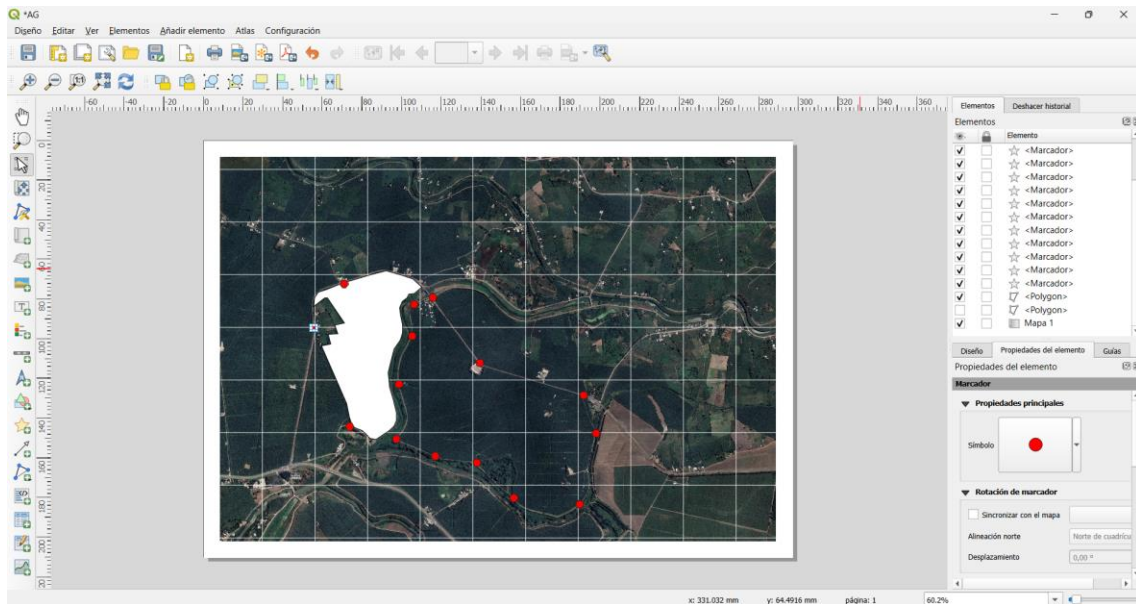
Fuente: QGis (2024)

Figura 37: Puntos de apoyo en área de estudio Agrícola del Pacífico zona 1



Fuente: QGis (2024)

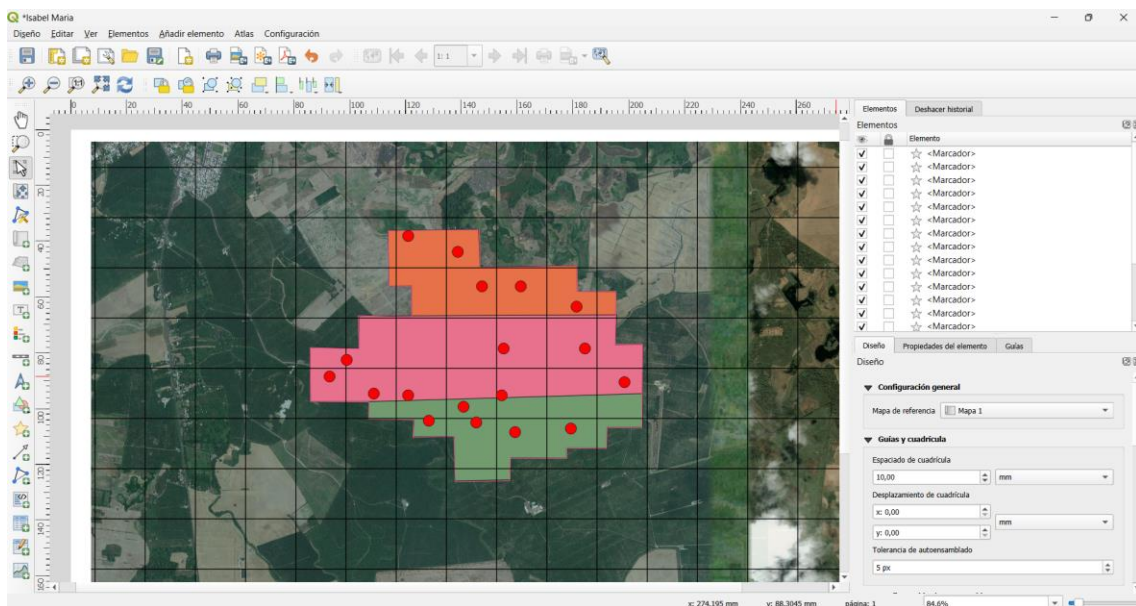
Figura 38: Puntos de apoyo en área de estudio Agrícola del Pacífico zona 2



Fuente: QGis (2024)

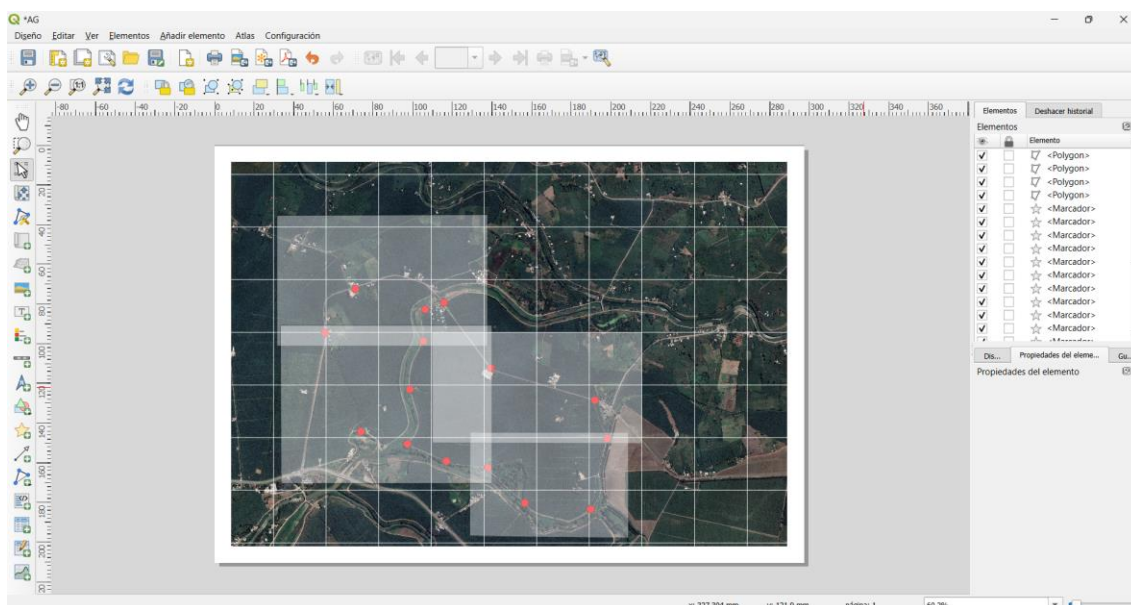
Después de haber definido todos los pasos a seguir para determinar el área de vuelo se encontró conveniente distribuir en polígonos regulares el vuelo que se realizara con el dron en las figuras 39, 40.

Figura 39: Planes de vuelo Isabel María



Fuente: QGis (2024)

Figura 40: Planes de vuelo Agrícola del Pacifico zona 1 y 2



Fuente: QGis (2024)

4.2.7 Proceso de levantamiento

1. Revisión de las condiciones climáticas: Es crucial verificar el pronóstico del tiempo para la zona de vuelo, considerando factores como la temperatura, la velocidad del viento, la nubosidad y la precipitación. Se recomienda evitar volar en condiciones climáticas adversas que puedan afectar la seguridad del dron y la calidad de los datos adquiridos.

2. Selección del área de vuelo: Se definió con precisión los límites del área que se mapeo, utilizando la herramienta QGIS y Google Earth.

3. Planificación de la misión de vuelo:

Utilizar DJI Pilot: Esta aplicación permite planificar la ruta de vuelo del Mavic 3M de manera automatizada.

Considerar diferentes tipos de misiones: DJI Pilot ofrece diversas opciones de vuelo, como "Vuelo libre", "Ruta de vuelo", "Punto de interés" y "Vuelo de área". Para los casos de estudio después de tener los archivos subidos al controlador en todos los casos se consideró la opción Ruta de vuelo.

Establecer los parámetros de la cámara: Se mantuvo los ajustes de la cámara automáticos en cuanto a luminosidad, el GSD se calcula automáticamente en el

software mediante la altura de vuelo y la apertura focal del sensor que en este caso se voló a 120 metros de altura y el GSD fue de 5.53

4. Carga de archivos y preparación del dron:

1. Insertar la tarjeta microSD: Se utilizó una tarjeta microSD de alta velocidad y con capacidad suficiente para almacenar los datos del vuelo y además de los archivos que contienen los planes de vuelo que realizara el dron.

2. Conectar el dron a su radiocontrol: Se procede a encender el dron y posteriormente a encenderse el radiocontrol y verificar conexión con la aplicación del mismo.

5. Ejecución del Vuelo

1. Llegada al sitio de vuelo: Se definió una ubicación central en los polígonos marcados en la planificación, teniendo en cuenta la línea de visión directa con el dron.

2. Despegue del dron: El despegue se realiza a la altura de 120 metros previamente configurado en línea recta hasta alcanzar la altura máxima y de forma automática.

3. Monitoreo del vuelo: Se observa atentamente el dron durante el vuelo y se verifica que mantenga una conexión estable con el controlador remoto.

4. Aterrizaje del dron: El aterrizaje se realiza de forma automática en el mismo sitio de donde parte.

4.2.8 Procesamiento de Ortomosaico (Agisoft Metashape)

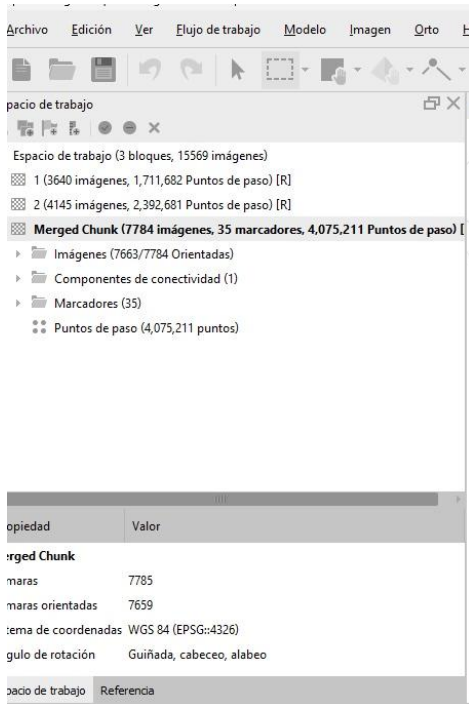
El proceso de postprocesamiento de una orto imagen obtenida por el Mavic 3M se segmenta en los siguientes pasos:

Importación de Datos

Importar las imágenes y los datos de posición (GNSS y RTK) en Agisoft Photoscan.

Verificar la cantidad y calidad de las imágenes y eliminar las que estén borrosas o mal conectadas como se aprecia en la figura 41.

Figura 41: Imágenes subidas en Agisoft

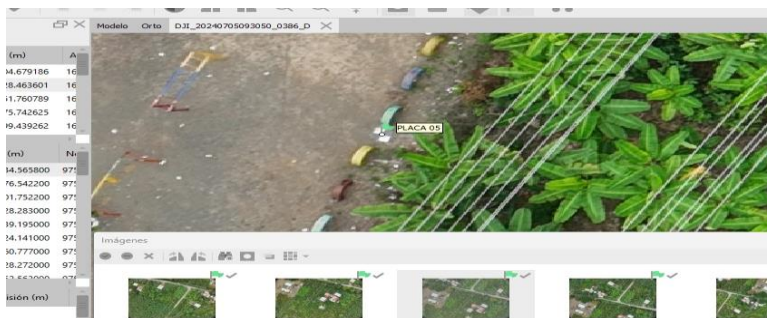


Fuente: Mavic 3M (2024)

4.2.9 Alineación de Imágenes

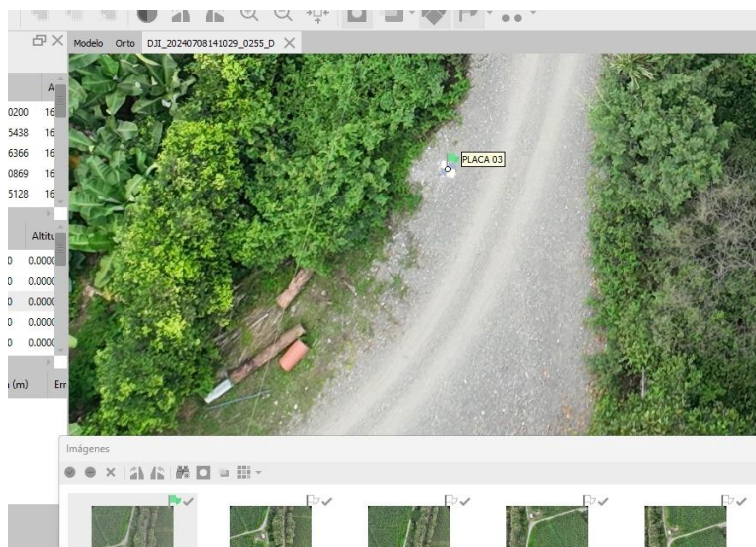
Ejecutar la alineación de imágenes utilizando los datos obtenidos del módulo RTK del dron adicional de los puntos de control instalados previamente como se muestra a continuación en las figuras 42, 43, 44, 45.

Figura 42: Procesamiento de puntos de control en Agisoft



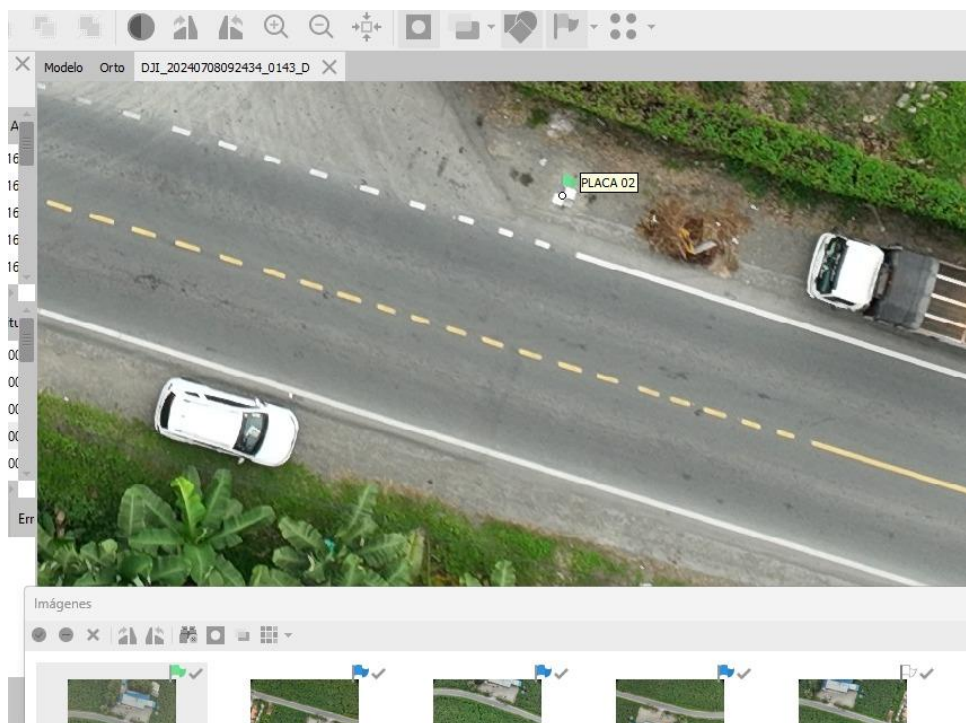
Fuente: Dron (2024)

Figura 43: Procesamiento de puntos de control en Agisoft



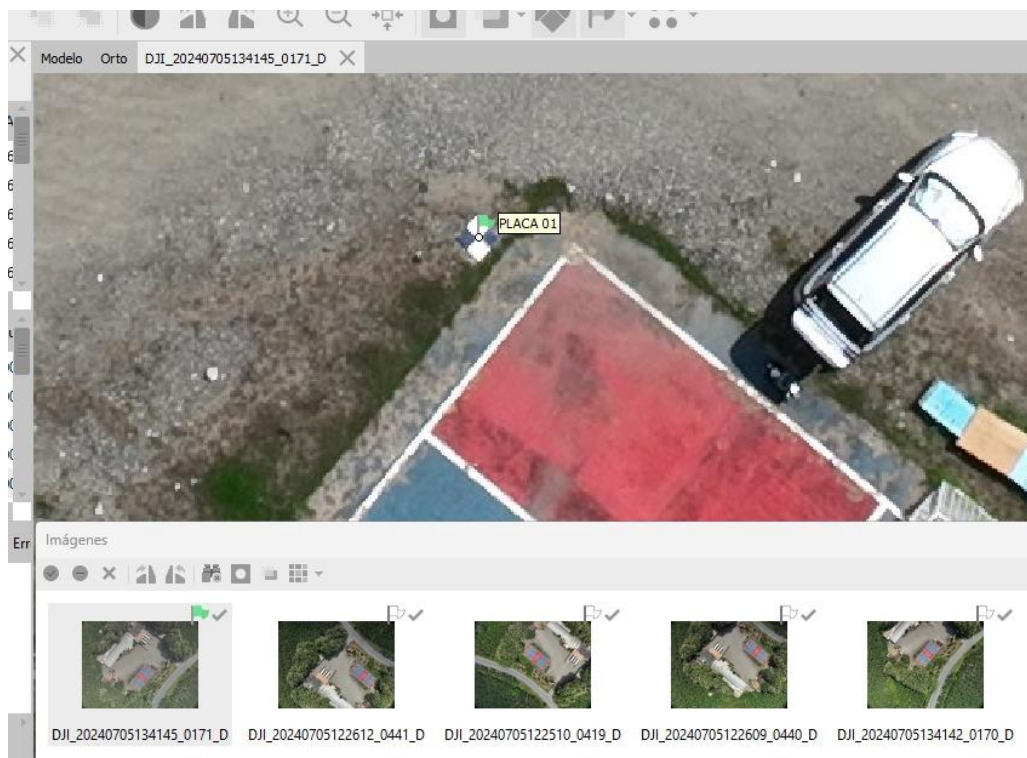
Fuente: Dron (2024)

Figura 44: Procesamiento de puntos de control en Agisoft



Fuente: Dron (2024)

Figura 45: Procesamiento de puntos de control en Agisoft



Fuente: Dron (2024)

4.2.10 Calibración de la Cámara

Realizar la calibración de la cámara utilizando los datos de calibración internos proporcionados por el fabricante o mediante la generación de un modelo de cámara personalizado.

Verificar la precisión de la calibración y ajustar los parámetros si es necesario.

4.2.11 Densificación de Puntos

Ejecutar la densificación de puntos para generar una nube de puntos densa a partir de las imágenes alineadas.

Ajustar la calidad de la densificación y la resolución de la nube de puntos según sea necesario como se muestra en la figura 46.

Figura 46: Densificación de puntos en Agisoft



Fuente: Dron (2024)

4.2.12 Generación de Malla Poligonal

Generar una malla poligonal a partir de la nube de puntos clasificada.

Ajustar la resolución y la calidad de la malla según sea necesario.

4.2.13 Generación del Ortomosaico

Generar un Ortomosaico a partir de la malla poligonal y las imágenes originales.

4.2.14 Resultados de Postproceso de Ortomosaico

Se obtuvo un Ortomosaico georreferenciado de todos los sitios de estudio como se observa en las figuras 47, 48. Este Ortomosaico está completamente georreferenciado, asegurando que cada punto de la imagen corresponde con exactitud a su posición en el terreno.

La obtención de este Ortomosaico, implicó el uso de técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes, asegurando que los detalles capturados sean fieles a la realidad topográfica del sitio de estudio. La georreferenciación precisa garantiza que puedan ser utilizada con confianza para diversas aplicaciones, incluyendo el análisis geoespacial, la planificación y el diseño de proyectos de ingeniería civil, Jobs de vuelo o cualquier uso relacionado a la topografía de alta precisión.

Figura 47: Ortomosaico Isabel María



Fuente: Dron (2024)

Figura 48: Ortomosaico Agrícola del Pacifico Zona 1 y Zona 2



Fuente: Dron (2024)

4.2.15 Metodología de instalaciones de una red Geodésica en la ULVR

La instalación de puntos estáticos en placas georreferenciadas es un proceso crucial en el ámbito topográfico de la ingeniería civil, ya que proporciona datos precisos y confiables para la elaboración de planos, diseños y proyectos de infraestructura. Para llevar a cabo esta tarea de manera eficiente y con altos estándares de calidad, es necesario considerar una serie de criterios técnicos y seguir una metodología específica.

4.2.16 Criterios técnicos:

Selección del sitio: La ubicación del punto estático ha sido evaluada minuciosamente en base a las necesidades requeridas por la Universidad, en la cual hemos considerado factores como la visibilidad del cielo, la estabilidad del terreno, la ausencia de interferencias y la accesibilidad para el personal y el equipo.

4.3. Metodología:

4.3.1. Planificación: Se ha elaborado un plan de trabajo que define la ubicación de los puntos estáticos

4.3.2. Reconocimiento de campo: Se realizó una evaluación en campo para verificar la viabilidad de la instalación de la placa permanente, identificar posibles obstáculos y seleccionar los lugares más adecuados para su colocación. Cumpliendo con los principios básicos establecidos para la instalación y el futuro uso que se le dará a la placa. A continuación, se detalla el lugar de instalación en la Figura 49.

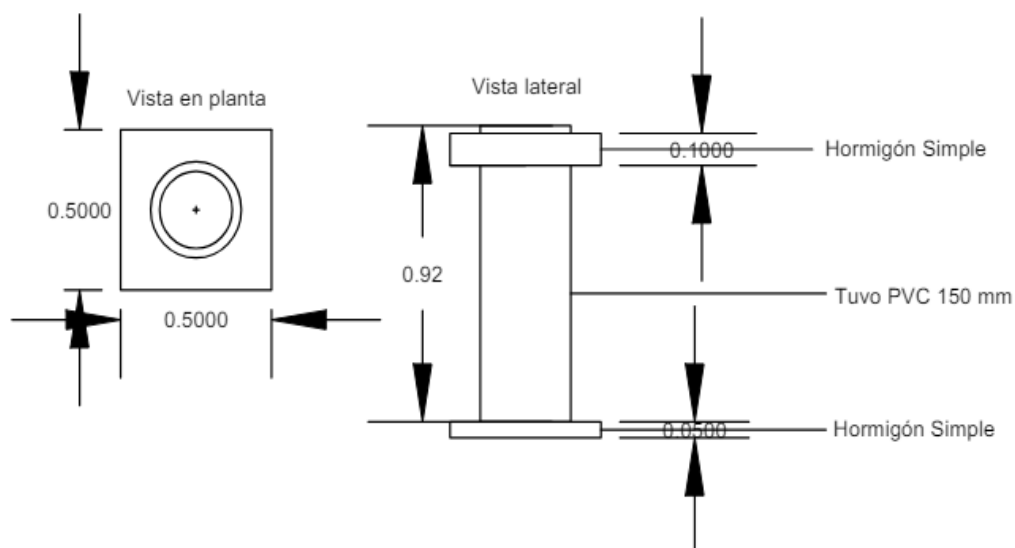
Figura 49: Ubicación de: Placa permanente ULVR



Fuente: Dron (2024)

4.3.3. Materialización de los monumentos: Se construirán el monumento permanente que sirva como base para el punto estático acotando que se encontrara a nivel de suelo. El cuales tendrá la siguiente forma serán placas de hormigón de 50 cm x 50cm las cuales tendrán un anclaje de entre 80 y 90 cm, una vez evaluada la condición de suelo en campo como se muestra en la figura 50.

Figura 50: Modelado de placa permanente



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)


4.3.4. Recolección de datos: Se necesita utilizar el módulo RTK para tomar las mediciones de posición (coordenadas X, Y, Z) de cada punto estático, siguiendo los procedimientos establecidos por el fabricante.

Además de las recomendaciones técnicas descritas por el IGM (Instituto Geográfico Militar) los cuales recomiendan los procesos para la toma de los puntos.


Debido a que la actividad a realizar para la georreferenciación de las placas a instalarse son la toma de puntos estáticas la cual esta normada por el IGM mediante la siguiente formula, la cual establece el tiempo de toma del punto estático en base a la distancia que exista entre la placa más cercana al punto de toma del mismo:

“La fórmula para calcular el tiempo de observación GPS = 30minutos + (2minutos * Distancia en km) ” a continuación se muestra la siguiente Figura 51 de la ubicación de la Estación permanente del IGM de Guayaquil.

Figura 51: Ficha de estación permanente



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR



Ficha de Estación Permanente – REGME

abril-2023 Vers 5.0

Situación:

Código..... QOEC	Cantón: Guayaquil
Nombre..... Guayaquil	Provincia: Guayas
Código IERS.....	
Instalación...: 13-sep-2020	

Localización.: Terraza de las oficinas de Interagua Planta Progreso.

Construcción: Pilar de concreto de 1.5 m de altura. Sobre esta se ubica el centrado forzoso (CF-IGM-v2) en el cual se encuentra la antena.


Coordenadas ITRF2008:

Latitud.....: 2° 10' 02.5873" S	X.....: 1120058.127 m.
Longitud.....: 79° 52' 43.2367" W	Y.....: -6274444.466 m.
Altitud elipsoidal: 27.284 m.	Z.....: -239602.095 m.
Este UTM.....: 624694.515 m.	Altitud sobre el nivel medio del mar:
Norte UTM.....: 9760391.497m.	Época de referencia: 2016.4
Zona.....: 17 Sur	

Instrumentación:

Receptor: TRIMBLE ALLOY
 Antena: GNSS Choise w/SCIS Dome Altura: 0.0000 m. (BPA)
 Nombre RINEX: TRM59800.00 SCIS

Esquema antena



Información adicional:

Esta estación permanente pertenece a la REGME, y también a:
 - Red SIRGAS Sistema de Referencia Geodésico para Las Américas:
<https://sirgas.jpgh.org/>




Disponibles datos diarios crudos a 1 segundo y RINEX a 30 segundos:
<http://www.geoportaligm.gov.ec/geodesia/>

Para registro de usuarios REGME y descarga de datos:
<https://www.geoportaligm.gov.ec/downloads/public/>

Servicio posicionamiento tiempo real REGME-IP NTRIP:
 Principal: <http://regme-ip.igm.gov.ec:2101>
 Backup: <http://regme-ip.espoch.ec:2101>

Para registro de usuarios y credenciales del servicio NTRIP:
<https://www.geoportaligm.gov.ec/ntrip/public/register>

E-mail de contacto: IGM. proceso.geodesia@geograficomilitar.gov.ec

Observaciones:

Disponible log file:
<https://sirgas.jpgh.org/red-gnss/estaciones/log-files/>

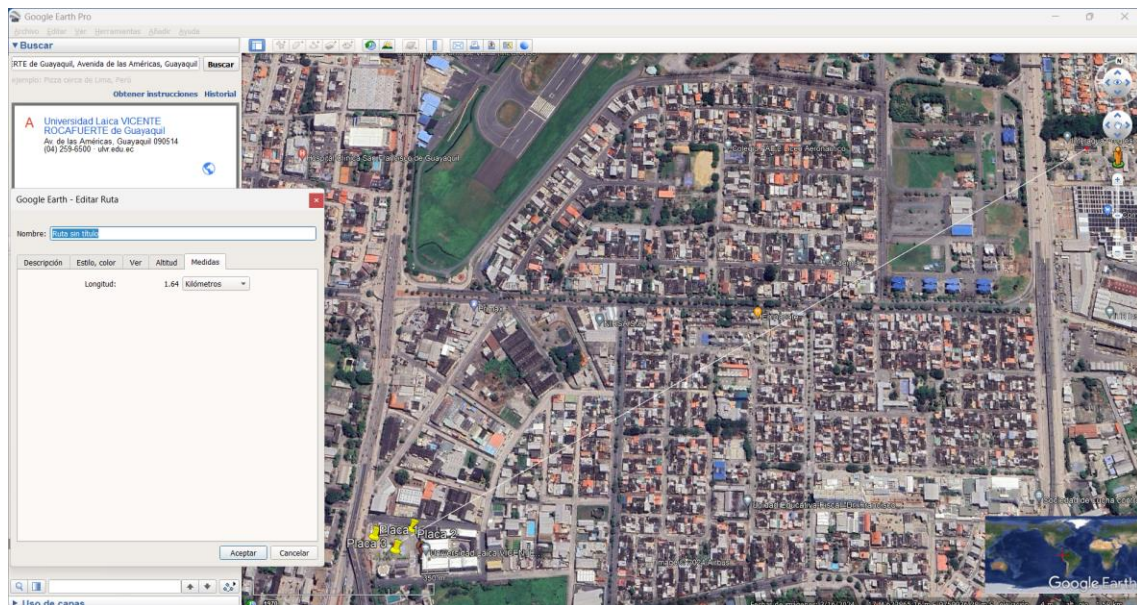
Visor geográfico REGME:
<https://www.geoportaligm.gov.ec/geodesia/>

Visor geográfico REGME-IP NTRIP:
<https://www.geoportaligm.gov.ec/ntrip/public/visor>

Fuente: Instituto Geográfico Militar (2024)

La distancia entre la Estación Permanente del IGM y la Universidad Laica Vicente Rocafuerte es de 1.64 Km como se observa en la siguiente Figura 52.

Figura 52: Distancia entre Ficha de estación permanente y ULVR



Fuente: Dron (2024)

Por ende el tiempo de cálculo estaría delimitado por Tiempo de observación GPS=30min+2min(2)=35m.

4.4 Presentación y análisis de resultados

Los resultados obtenidos de las encuestas fueron cruciales para el desarrollo de la investigación como se muestra a continuación.

Figura 53: Pregunta 1



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

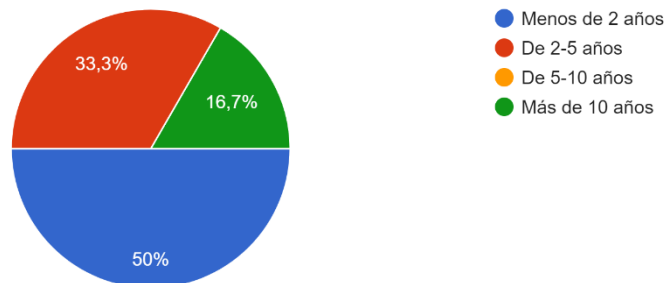
Conocer el nivel de experiencia de los encuestados es esencial para contextualizar sus respuestas y entender cómo la experiencia influye en la percepción y uso de las metodologías de levantamiento topográfico. Profesionales con más años de experiencia pueden tener una visión más crítica y fundamentada basada en una amplia gama de proyectos, mientras que aquellos con menos experiencia pueden ofrecer perspectivas frescas y estar más abiertos a adoptar nuevas tecnologías. Esta información ayudará a segmentar las opiniones y analizar tendencias y patrones específicos según el nivel de experiencia.

Además, este dato permitirá correlacionar la experiencia con la preferencia por ciertos métodos, lo que puede revelar si hay una inclinación natural hacia una tecnología particular en diferentes etapas de la carrera profesional. Por ejemplo, los profesionales más experimentados podrían confiar más en métodos tradicionales como el GPS diferencial, mientras que los más nuevos podrían estar más inclinados hacia el uso de drones con RTK debido a su familiaridad con tecnologías emergentes. Esta correlación será útil para

identificar y explicar variaciones en la adopción de metodologías de levantamiento.

Figura 54: Pregunta 2

¿Cuál es su nivel de experiencia en levantamientos topográficos?
12 respuestas



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

El gráfico de la encuesta muestra que la frecuencia de uso del GPS diferencial en los proyectos topográficos varía significativamente entre los profesionales encuestados. De las 12 respuestas, el 41.7% utiliza el GPS diferencial ocasionalmente, el 25% lo usa frecuentemente, el 25% siempre lo emplea, y solo el 8.3% nunca lo utiliza.

El hecho de que la mayoría de los encuestados (91.7%) utiliza el GPS diferencial, ya sea ocasionalmente, frecuentemente o siempre, indica una alta adopción de esta tecnología en la práctica profesional. Esto sugiere que el GPS diferencial sigue siendo una herramienta valiosa y confiable para muchos profesionales en el campo de los levantamientos topográficos. Esta popularidad puede estar basada en su reputación de precisión y fiabilidad, aspectos que son cruciales en los proyectos de ingeniería civil.

Dado que un objetivo clave de la tesis es comparar las metodologías de levantamiento utilizando GPS diferencial y drones con módulo RTK, esta distribución de uso es significativa. La alta frecuencia de uso del GPS diferencial puede reflejar su establecida confiabilidad y el hábito de uso entre los profesionales. Contrastar estos resultados con la frecuencia de uso de los drones con módulo RTK permitirá evaluar si esta nueva tecnología está siendo adoptada al mismo ritmo, y en qué contextos los profesionales prefieren uno sobre el otro.

El hecho de que una mayoría lo use ocasionalmente (41.7%) puede indicar que, aunque el GPS diferencial es una herramienta estándar, los profesionales recurren a él cuando las condiciones específicas del proyecto lo requieren. Este uso ocasional podría estar influenciado por factores como la complejidad del terreno, la necesidad de alta precisión, o la disponibilidad de otros recursos tecnológicos. Evaluar estas condiciones ayudará a entender mejor los escenarios en los que el GPS diferencial es preferido sobre otras tecnologías, como los drones con RTK.

Estos resultados subrayan la importancia de desarrollar una metodología de selección que considere no solo la precisión y eficiencia de las tecnologías, sino también la frecuencia de uso y la familiaridad de los profesionales con estas herramientas. El uso ocasional o frecuente del GPS diferencial debe ser analizado en función de la experiencia y el tipo de proyectos en los que se emplea, proporcionando una base sólida para recomendaciones sobre la elección de la metodología más adecuada.

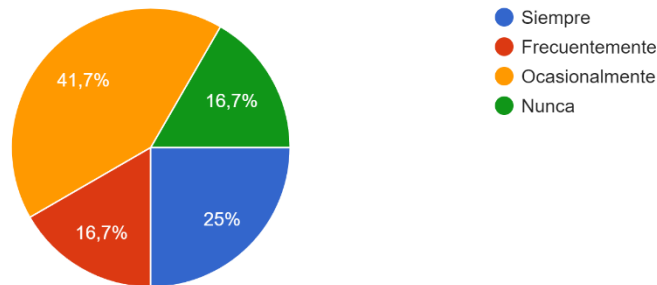
La distribución de uso también proporciona una base para recomendaciones prácticas. Por ejemplo, en proyectos donde la precisión es crítica y los profesionales están más acostumbrados al GPS diferencial, esta metodología podría ser preferida. Sin embargo, para proyectos que pueden beneficiarse de la eficiencia y la rapidez de los drones con módulo RTK, es importante considerar cómo estas tecnologías pueden complementarse y mejorar la metodología de levantamiento topográfico en general.

En conclusión, el análisis de la frecuencia de uso del GPS diferencial en los proyectos topográficos revela su alta aceptación y uso en la práctica profesional. Esta información es fundamental para comparar y evaluar las metodologías de levantamiento topográfico en términos de precisión, eficiencia y aplicabilidad, contribuyendo significativamente a los objetivos y conclusiones del estudio.

Figura 55: Pregunta 3

¿Con qué frecuencia utiliza drones con módulo RTK en sus proyectos?

12 respuestas



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

El gráfico muestra la frecuencia de uso de drones con módulo RTK en proyectos topográficos entre 12 encuestados. Los resultados indican que el 25% utiliza drones con RTK siempre, el 16.7% los usa frecuentemente, el 41.7% ocasionalmente y el 16.7% nunca los emplea.

La adopción de drones con módulo RTK no es tan uniforme como la del GPS diferencial. Solo el 25% de los encuestados utiliza drones con RTK de manera constante, mientras que una mayor proporción (41.7%) los utiliza ocasionalmente. Esta variabilidad sugiere que, aunque los drones con RTK son reconocidos por sus beneficios, aún no han alcanzado la misma popularidad o confiabilidad que el GPS diferencial entre los profesionales del levantamiento topográfico.

Al comparar estos resultados con los del GPS diferencial, se observa que el uso de drones con RTK es menos frecuente. Mientras que el GPS diferencial es utilizado frecuentemente o siempre por el 50% de los encuestados, los drones con RTK alcanzan esta frecuencia en solo el 41.7% de los casos. Esto puede indicar que los drones con RTK están en una fase de adopción más temprana y que los profesionales aún están evaluando su eficacia y aplicabilidad en diferentes tipos de proyectos.

El uso ocasional y la proporción de profesionales que nunca utilizan drones con RTK (16.7%) podrían estar relacionados con desafíos específicos, como la necesidad de condiciones climáticas adecuadas, permisos especiales

de vuelo, o la percepción de un costo inicial elevado. Estos factores deben ser considerados en la tesis al evaluar las limitaciones y barreras para la adopción más amplia de esta tecnología.

La variabilidad en la frecuencia de uso sugiere que la selección de drones con RTK está condicionada por el tipo de proyecto y las circunstancias específicas. Proyectos que benefician más de la flexibilidad y capacidad de los drones para operar en terrenos difíciles pueden ser los más adecuados para esta tecnología. Identificar estos contextos específicos es crucial para formular recomendaciones prácticas sobre la mejor metodología de levantamiento topográfico según las características del proyecto.

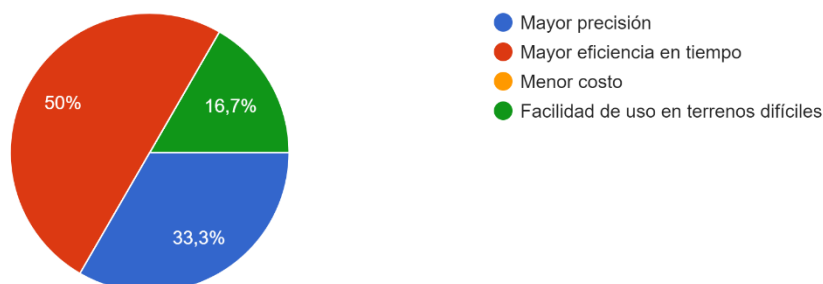
Dado que los drones con RTK no son usados de manera uniforme, es importante formular recomendaciones que ayuden a superar las barreras percibidas y maximizar los beneficios de esta tecnología. Por ejemplo, promover el entrenamiento y la capacitación en el uso de drones RTK, así como desarrollar protocolos para su implementación en diferentes condiciones climáticas y legales, puede aumentar su adopción y eficacia en la práctica profesional.

En resumen, el análisis de la frecuencia de uso de drones con módulo RTK revela que, aunque esta tecnología tiene un uso significativo, aún enfrenta barreras para su adopción más amplia. Estos resultados son esenciales para evaluar la eficacia comparativa de drones con RTK y GPS diferencial en diferentes contextos y formular recomendaciones informadas para la metodología de levantamiento topográfico en proyectos de ingeniería civil.

Figura 56: Pregunta 4

¿Cuál considera que es la principal ventaja del uso de drones con módulo RTK sobre el GPS diferencial?

12 respuestas



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

El gráfico muestra las percepciones de los profesionales sobre la principal ventaja del uso de drones con módulo RTK sobre el GPS diferencial. De los 12 encuestados, el 50% considera que la mayor ventaja es la eficiencia en tiempo, el 33.3% valora la mayor precisión, el 16.7% destaca la facilidad de uso en terrenos difíciles, y ninguno considera el menor costo como la principal ventaja.

La mayor eficiencia en tiempo, señalada por el 50% de los encuestados como la principal ventaja de los drones con módulo RTK, es un aspecto crucial en proyectos de ingeniería civil. La capacidad de los drones para cubrir grandes áreas rápidamente y generar datos en tiempo real puede reducir significativamente los plazos de los proyectos. Este factor es particularmente relevante cuando se considera la necesidad de cumplir con cronogramas estrictos y minimizar el tiempo de campo. En el contexto de la tesis, esta ventaja subraya la importancia de evaluar la eficiencia temporal de ambas metodologías de levantamiento y cómo esta puede impactar en la elección de la tecnología para diferentes tipos de proyectos.

El 33.3% de los encuestados considera que la mayor precisión es la principal ventaja de los drones con módulo RTK. Esto resalta la capacidad de los drones para proporcionar datos geospaciales extremadamente precisos, lo cual es vital en proyectos que requieren alta exactitud, como la planificación urbana o la construcción de infraestructuras críticas. Este resultado refuerza uno de los

objetivos específicos de la tesis, que es cuantificar y comparar la precisión de los levantamientos realizados con ambas tecnologías. Al evaluar esta precisión, se puede determinar en qué contextos los drones con módulo RTK superan al GPS diferencial y ofrecer recomendaciones basadas en estos hallazgos.

La facilidad de uso en terrenos difíciles, mencionada por el 16.7% de los encuestados, indica que los drones con módulo RTK son valorados por su capacidad de operar en áreas inaccesibles o complicadas para el equipo terrestre. Esta ventaja es significativa en proyectos que abarcan terrenos montañosos, boscosos o urbanos densos, donde los métodos tradicionales podrían ser menos eficientes o más peligrosos. La tesis puede explorar cómo esta facilidad de uso influye en la selección de metodología y en la eficiencia global del proyecto, particularmente en entornos adversos.

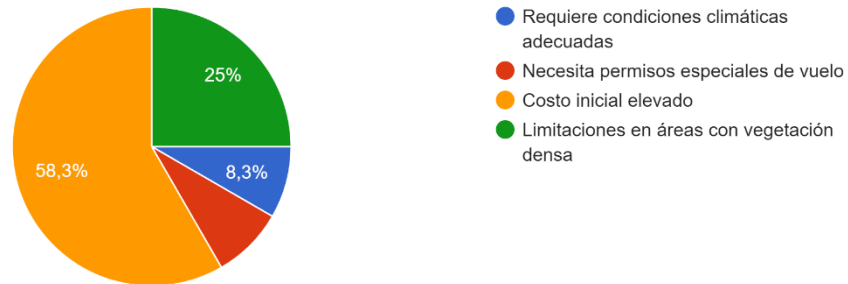
Es notable que ningún encuestado considera el menor costo como la principal ventaja de los drones con módulo RTK sobre el GPS diferencial. Esto sugiere que, aunque los drones pueden ofrecer beneficios significativos en términos de precisión y eficiencia, el costo inicial y operativo sigue siendo una barrera. En el contexto de la tesis, este resultado puede guiar una discusión sobre la relación costo-beneficio de cada metodología y cómo el presupuesto del proyecto puede influir en la elección de tecnología. Evaluar el impacto del costo en la adopción y aplicación de drones con RTK será esencial para formular recomendaciones prácticas.

En resumen, la percepción de las ventajas de los drones con módulo RTK, como la eficiencia en tiempo y la precisión, destaca su potencial para mejorar los levantamientos topográficos en diversos contextos. Estos resultados son fundamentales para evaluar las metodologías comparativas y ofrecer recomendaciones basadas en las necesidades específicas de los proyectos de ingeniería civil. La tesis puede utilizar estos insights para desarrollar una guía comprensiva sobre la selección de tecnología de levantamiento topográfico, considerando tanto las ventajas como las limitaciones percibidas.

Figura 57: Pregunta 5

¿Cuál considera que es la principal desventaja del uso de drones con módulo RTK?

12 respuestas



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

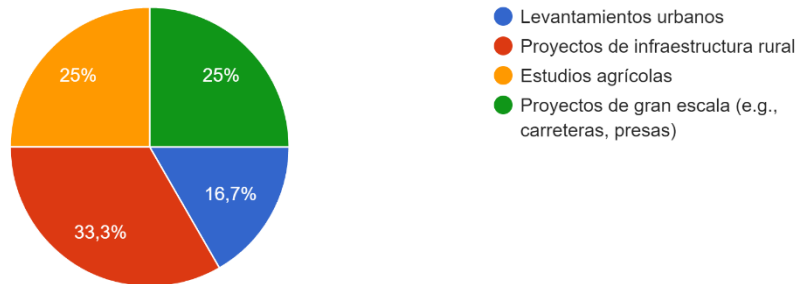
La gráfica presenta los resultados de una encuesta sobre la principal desventaja percibida en el uso de drones equipados con módulo RTK. Los datos revelan que la mayor limitación señalada con un 58.3% menciona el costo inicial elevado como una desventaja, señalando que, aunque la tecnología ha avanzado, la adquisición de drones con módulo RTK sigue siendo una inversión considerable.

La segunda desventaja considerando una parte significativa de la población identificada con un 25% de las respuestas puede ser debido a que en vegetaciones densas la realización de modelos tridimensionales de suelo es ineficiente. La necesidad de permisos especiales de vuelo en conjunto con las condiciones climáticas adecuadas representa un 8.3% lo que indica que las regulaciones y requisitos legales para operar drones pueden ser una barrera importante, especialmente en áreas urbanas o cerca de infraestructuras críticas además de las condiciones climáticas como una limitación, viento y lluvias lo que indica que, aunque estos factores pueden afectar las operaciones no son las principales limitantes.

Figura 58:Pregunta 6

¿En qué tipo de proyectos encuentra más útil el GPS diferencial?

12 respuestas



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

Los resultados de la encuesta sobre en qué tipo de proyectos los profesionales encuentran más útil el GPS diferencial muestran una distribución diversificada de preferencias. Un 16.7% de los encuestados considera que el GPS diferencial es más útil en levantamientos urbanos, un 33.3% en proyectos de infraestructura rural, un 25% en estudios agrícolas y otro 25% en proyectos de gran escala, como carreteras y presas.

Levantamientos Urbanos (16.7%): El menor porcentaje de encuestados que considera útil el GPS diferencial para levantamientos urbanos puede reflejar las dificultades que presenta este método en entornos densamente construidos, donde los edificios altos y otras estructuras pueden interferir con la señal GNSS. Sin embargo, este dato también indica que hay un segmento de profesionales que aún encuentra valor en la precisión y la capacidad de detalle que ofrece el GPS diferencial en áreas urbanas, posiblemente debido a su confiabilidad en situaciones donde la cobertura de la señal de los drones podría ser problemática.

Proyectos de Infraestructura Rural (33.3%): El mayor porcentaje de encuestados que prefieren el GPS diferencial para proyectos de infraestructura rural destaca su utilidad en áreas donde el terreno es menos complejo y la cobertura de señal es más constante. En el contexto del estudio, esto sugiere que el GPS diferencial sigue siendo una herramienta valiosa para proyectos de infraestructura en áreas rurales, donde la tecnología puede operar sin las

interferencias típicas de los entornos urbanos y proporcionar los datos precisos necesarios para la planificación y ejecución de estos proyectos.

Estudios Agrícolas (25%): La preferencia del 25% de los encuestados por el GPS diferencial en estudios agrícolas subraya su capacidad para proporcionar datos precisos y detallados en campos y áreas extensas. Esta elección refleja la necesidad de exactitud en la medición de parcelas, análisis del terreno y monitoreo de cultivos. Esto refuerza la relevancia del GPS diferencial en la agricultura de precisión, donde su precisión y confiabilidad pueden ser cruciales para la gestión efectiva de recursos agrícolas.

Proyectos de Gran Escala (25%): El mismo porcentaje de encuestados considera útil el GPS diferencial para proyectos de gran escala, como carreteras y presas. Esto indica que, a pesar del avance de los drones con RTK, el GPS diferencial sigue siendo una opción viable para proyectos que requieren una cobertura extensa y una precisión robusta. Esta preferencia puede ser interpretada como una indicación de la estabilidad y confiabilidad del GPS diferencial en proyectos de infraestructura de gran envergadura, donde la precisión y la consistencia de los datos son críticas para el éxito del proyecto.

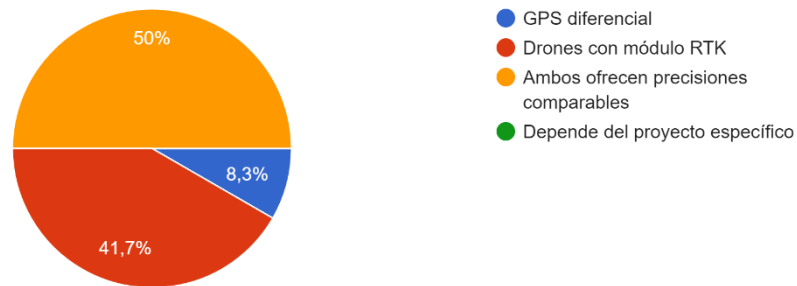
Los resultados de la encuesta reflejan una diversidad de aplicaciones del GPS diferencial en diferentes tipos de proyectos, subrayando su versatilidad y relevancia en múltiples contextos. Estos datos pueden ser utilizados para fortalecer el análisis comparativo de las metodologías de levantamiento topográfico.

La utilidad percibida del GPS diferencial en proyectos rurales, agrícolas y de gran escala destaca sus ventajas específicas y su capacidad para cumplir con los requisitos de precisión y confiabilidad en estos entornos. Al contrastar estos hallazgos con las capacidades de los drones con módulo RTK, puede ofrecer una visión comprensiva sobre las condiciones y escenarios en los que cada tecnología es más adecuada, proporcionando recomendaciones fundamentadas para la selección de metodologías en proyectos de ingeniería civil.

Figura 59:Pregunta 7

En su experiencia, qué método de levantamiento ofrece mayor precisión?

12 respuestas



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

Los resultados de la encuesta sobre qué método de levantamiento ofrece mayor precisión según la experiencia de los profesionales indican que el 8.3% de los encuestados considera que el GPS diferencial ofrece mayor precisión, mientras que el 41.7% prefiere los drones con módulo RTK. Además, el 50% de los encuestados opina que ambos métodos ofrecen precisiones comparables, y ningún encuestado cree que la precisión depende del proyecto específico.

Preferencia por Drones con Módulo RTK (41.7%): El hecho de que un 41.7% de los encuestados considere que los drones con módulo RTK ofrecen mayor precisión destaca la confianza creciente en esta tecnología. Este resultado sugiere que los avances en la tecnología de drones RTK han mejorado significativamente su precisión, lo que los hace comparables o incluso superiores al GPS diferencial en términos de exactitud. Este hallazgo puede ser utilizado para argumentar que los drones RTK son una herramienta valiosa en levantamientos topográficos, especialmente en proyectos donde la velocidad y la cobertura de áreas amplias son cruciales.

Comparabilidad de Precisiones (50%): El hecho de que el 50% de los encuestados considere que ambos métodos ofrecen precisiones comparables indica que, en la práctica, la diferencia en precisión entre el GPS diferencial y los drones RTK puede no ser significativa. Este resultado sugiere que, aunque cada método tiene sus ventajas y desventajas, ambos pueden cumplir con los requisitos de precisión necesarios para la mayoría de los proyectos de ingeniería

civil. De esta manera este punto puede ser utilizado para argumentar que la elección entre GPS diferencial y drones RTK debería basarse más en otros factores, como la eficiencia en tiempo, el costo y las condiciones del terreno, en lugar de una diferencia percibida en precisión.

Preferencia por GPS Diferencial (8.3%): El menor porcentaje de encuestados que prefiere el GPS diferencial puede reflejar una percepción de que esta tecnología, aunque precisa, puede estar siendo superada por los avances en los drones RTK. Sin embargo, esta preferencia también puede indicar que hay ciertos contextos o tipos de proyectos donde el GPS diferencial aún es visto como más confiable o adecuado. Debido a eso este dato puede ser explorado para identificar escenarios específicos donde el GPS diferencial podría tener una ventaja, como en áreas con alta vegetación o en proyectos que requieren una robustez particular en la señal GNSS.

Conclusión: La interpretación de estos resultados resalta varios puntos clave:

Adopción de Tecnología Avanzada: La preferencia significativa por los drones con módulo RTK indica una tendencia hacia la adopción de tecnologías más avanzadas y eficientes, lo que puede ser un indicador de la dirección futura del campo de levantamientos topográficos.

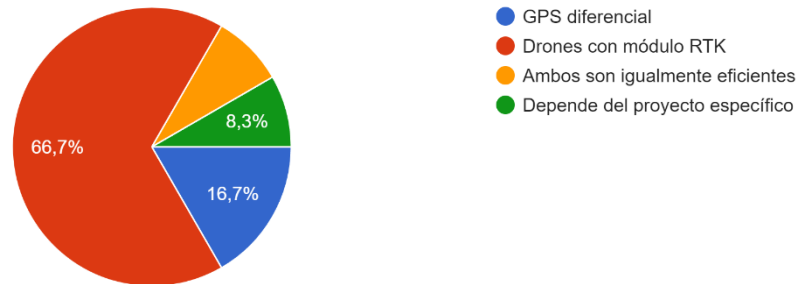
Equivalencia de Precisiones: La opinión de que ambos métodos ofrecen precisiones comparables sugiere que los profesionales valoran otros factores además de la precisión pura al seleccionar una metodología de levantamiento. Esto puede llevar a una discusión más amplia sobre la eficiencia operativa, los costos y las condiciones del terreno.

Contexto Específico: La baja preferencia por el GPS diferencial, aunque aún presente, subraya que hay contextos específicos donde esta tecnología sigue siendo relevante. Por lo que puede ser un punto de discusión importante para recomendar cuándo y dónde es más adecuado utilizar el GPS diferencial frente a los drones con RTK.

Figura 60: Pregunta 8

¿Qué método de levantamiento considera más eficiente en términos de tiempo?

12 respuestas



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

Los resultados de la encuesta sobre cuál método de levantamiento son considerado más eficiente en términos de tiempo muestran que el 16.7% de los encuestados cree que el GPS diferencial es más eficiente, el 66.7% prefiere los drones con módulo RTK, el 8.3% considera que ambos son igualmente eficientes, y otro 8.3% opina que la eficiencia depende del proyecto específico.

Preferencia por Drones con Módulo RTK (66.7%): La clara preferencia por los drones con módulo RTK como el método más eficiente en términos de tiempo sugiere que esta tecnología permite completar levantamientos topográficos de manera más rápida y efectiva en comparación con el GPS diferencial. Por ende este hallazgo es crucial ya que respalda la noción de que los drones con modulos RTK pueden ofrecer ventajas significativas en términos de productividad y ahorro de tiempo. Este dato puede ser utilizado para argumentar que, especialmente en proyectos donde el tiempo es un factor crítico, los drones RTK son la opción preferida por la mayoría de los profesionales.

Preferencia por GPS Diferencial (16.7%): Aunque una minoría, el 16.7% de los encuestados que consideran el GPS diferencial como más eficiente indica que hay ciertos contextos o tipos de proyectos donde esta tecnología aún es vista como competitiva en términos de eficiencia temporal. Debido a esto la información puede ser utilizada para explorar los escenarios específicos donde el GPS diferencial puede ofrecer ventajas temporales, posiblemente en situaciones donde la configuración inicial y el uso de drones puedan ser menos

prácticos o donde el terreno o las condiciones específicas favorezcan el uso del GPS diferencial.

Equivalencia de Eficiencias (8.3%): El 8.3% de los encuestados que consideran que ambos métodos son igualmente eficientes sugiere que, en algunos casos, la diferencia en eficiencia temporal entre el GPS diferencial y los drones RTK puede ser mínima. Este dato puede ser útil para argumentar que, aunque los drones RTK son generalmente más rápidos, hay contextos donde la elección del método puede depender más de otros factores, como el costo y las condiciones del terreno, en lugar de una diferencia significativa en eficiencia temporal.

Dependencia del Proyecto Específico (8.3%): El mismo porcentaje de encuestados que opina que la eficiencia depende del proyecto específico subraya la importancia de considerar las características únicas de cada proyecto al seleccionar una metodología de levantamiento. Este resultado es valioso, ya que resalta la necesidad de un análisis contextual y detallado para determinar el método más eficiente para cada tipo de proyecto, teniendo en cuenta factores como la escala, la complejidad del terreno y los requisitos específicos del levantamiento.

La interpretación de estos resultados proporciona varios puntos clave para el análisis y la discusión:

Dominio de los Drones RTK: La clara preferencia por los drones con módulo RTK como el método más eficiente en términos de tiempo refuerza la idea de que esta tecnología es altamente valorada por su capacidad para completar levantamientos rápidamente. Este punto puede ser utilizado para destacar las ventajas operativas de los drones RTK en proyectos de ingeniería civil donde el tiempo es un factor crítico.

Relevancia del GPS Diferencial: Aunque menos preferido, el GPS diferencial sigue siendo considerado más eficiente en ciertos contextos, lo que sugiere que no debe ser descartado como una opción viable. Esto puede llevar a una discusión sobre los escenarios específicos donde el GPS diferencial puede

ser más adecuado, posiblemente en terrenos difíciles o proyectos que requieren configuraciones más detalladas y controladas.

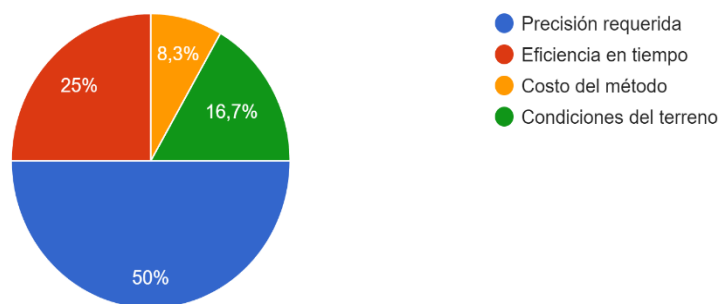
Análisis Comparativo: La percepción de que ambos métodos son igualmente eficientes o que la eficiencia depende del proyecto específico subraya la importancia de realizar un análisis comparativo detallado. Esto implica considerar no solo la eficiencia temporal, sino también otros factores como la precisión, el costo y las condiciones del terreno para hacer recomendaciones informadas sobre la selección de la metodología más adecuada.

Utilizando estos resultados, se ofrece una visión comprensiva y equilibrada sobre la eficiencia temporal de los métodos de levantamiento topográfico, respaldada por la experiencia práctica de los profesionales del sector. Esto permitirá hacer recomendaciones fundamentadas para la selección de tecnologías en proyectos de ingeniería civil, optimizando tanto la eficiencia operativa como otros factores críticos para el éxito del levantamiento.

Figura 61: Pregunta 9

¿Qué factores considera más críticos al seleccionar una metodología de levantamiento topográfico?

12 respuestas



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

Los resultados de la encuesta sobre los factores considerados más críticos al seleccionar una metodología de levantamiento topográfico indican que el 50% de los encuestados considera la precisión requerida como el factor más importante, el 25% valora la eficiencia en tiempo, el 8.3% prioriza el costo del método, y el 16.7% se enfoca en las condiciones del terreno.

Precisión Requerida (50%): La mitad de los encuestados considera que la precisión es el factor más crítico al seleccionar una metodología de levantamiento topográfico. Esto subraya la importancia de obtener datos altamente precisos en proyectos de ingeniería civil, donde la exactitud de los levantamientos puede impactar significativamente en la calidad y éxito de las construcciones. Este resultado justifica un análisis detallado de la precisión que ofrecen tanto el GPS diferencial como los drones con módulo RTK. Estos datos se utilizan para argumentar que cualquier metodología seleccionada debe cumplir con altos estándares de precisión, especialmente en proyectos donde la exactitud es crítica, como en la construcción de infraestructuras o proyectos de gran escala.

Eficiencia en Tiempo (25%): La eficiencia en tiempo es el segundo factor más valorado, con un cuarto de los encuestados destacando su importancia. Esto indica que, aunque la precisión es primordial, la velocidad con la que se puede completar un levantamiento también es un factor significativo. Este resultado puede ser utilizado para destacar las ventajas operativas de los drones con módulo RTK, que son conocidos por su capacidad para cubrir grandes áreas de manera rápida y eficiente. En proyectos donde el tiempo es un factor limitante, los drones RTK pueden ofrecer una solución más efectiva en comparación con el GPS diferencial.

Condiciones del Terreno (16.7%): Las condiciones del terreno son consideradas críticas por el 16.7% de los encuestados. Esto refleja la realidad de que no todos los métodos de levantamiento son igualmente efectivos en todos los tipos de terreno. El resultado es utilizado para analizar cómo las diferentes metodologías se comportan en diversos entornos, como áreas con alta vegetación, terrenos accidentados o zonas urbanas densamente construidas.

Costo del Método (8.3%): El costo del método es el factor menos crítico, con solo el 8.3% de los encuestados priorizándolo. Esto sugiere que, aunque el costo es un factor importante, no es el principal determinante para la mayoría de los profesionales.

La interpretación de estos resultados proporciona varios puntos clave para el análisis y la discusión:

Primacía de la Precisión: La alta prioridad dada a la precisión subraya la necesidad de evaluar y comparar detalladamente la exactitud de los métodos de levantamiento topográfico. Este enfoque puede justificar la utilización de metodologías avanzadas como los drones RTK, que ofrecen alta precisión.

Importancia de la Eficiencia: La eficiencia en tiempo es crucial para muchos profesionales, lo que respalda la adopción de métodos que puedan completar levantamientos rápidamente sin comprometer la precisión. Este punto puede ser utilizado para destacar las ventajas operativas de los drones RTK en tu análisis comparativo.

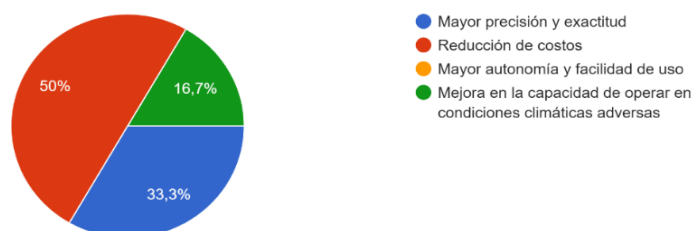
Adaptabilidad al Terreno: Las condiciones del terreno deben ser cuidadosamente consideradas al seleccionar una metodología. Este factor permite argumentar que no existe una solución única y que la elección del método debe ser adaptativa, basada en las características específicas del proyecto y el entorno.

Consideración del Costo: Aunque menos crítico, el costo sigue siendo un factor a considerar. Este resultado puede ser utilizado para justificar la inversión en tecnologías avanzadas mediante un análisis detallado de costo-beneficio, demostrando cómo la inversión inicial puede ser compensada por ahorros en tiempo y recursos.

Figura 62: Pregunta 10

¿Qué mejoras tecnológicas le gustaría ver en los métodos de levantamiento topográfico en el futuro?

12 respuestas



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

Los resultados de la encuesta sobre las mejoras tecnológicas deseadas en los métodos de levantamiento topográfico muestran que la mayoría de los encuestados (50%) desea una reducción de costos, mientras que el 33.3% busca

una mayor precisión y exactitud, y el 16.7% valora una mejora en la capacidad de operar en condiciones climáticas adversas. La autonomía y la facilidad de uso no recibieron ninguna mención.

Reducción de Costos (50%): La mayoría de los encuestados (50%) señala que la reducción de costos es la mejora tecnológica más deseada para los métodos de levantamiento topográfico. Este resultado refleja una preocupación significativa por los gastos asociados con las tecnologías actuales, como el GPS diferencial y los drones con módulo RTK. En el contexto de tu tesis, este hallazgo subraya la necesidad de evaluar no solo la precisión y eficiencia de las metodologías, sino también su viabilidad económica. Puedes utilizar este resultado para argumentar la importancia de realizar un análisis costo-beneficio detallado que incluya no solo los costos de adquisición y operación, sino también el impacto económico a largo plazo. Además, este dato puede justificar la exploración de tecnologías emergentes o métodos híbridos que puedan ofrecer soluciones más rentables sin comprometer la calidad del levantamiento.

Mayor Precisión y Exactitud (33.3%): Un tercio de los encuestados (33.3%) considera que mejorar la precisión y exactitud de los métodos de levantamiento topográfico es crucial. Este resultado resalta la continua demanda por obtener datos de alta calidad, esenciales para proyectos de ingeniería civil donde la exactitud de los levantamientos puede impactar significativamente en el diseño y la ejecución de las obras. Este resultado puede ser utilizado para justificar la inversión en tecnologías avanzadas como los drones con módulo RTK, que ya ofrecen altos niveles de precisión.

Mejora en la Capacidad de Operar en Condiciones Climáticas Adversas (16.7%): Un 16.7% de los encuestados desea ver mejoras en la capacidad de los métodos de levantamiento para operar en condiciones climáticas adversas. Este resultado indica que, aunque no es la principal preocupación, las limitaciones impuestas por el clima pueden afectar la eficiencia y la continuidad de los trabajos de levantamiento.

Mayor Autonomía y Facilidad de Uso (0%): Curiosamente, ningún encuestado considera la mayor autonomía y facilidad de uso como una mejora tecnológica crítica. Esto sugiere que los profesionales ya encuentran las

tecnologías actuales suficientemente autónomas y fáciles de usar, o que estas características no son vistas como áreas prioritarias de mejora en comparación con la precisión y el costo.

4.5. Resultados de Levantamientos.

En el presente capítulo se exponen y analizan los resultados obtenidos de los levantamientos topográficos realizados en los sitios de estudio demarcados previamente, utilizando dos metodologías distintas: el GPS diferencial y el dron equipado con módulo RTK. Estos métodos fueron seleccionados debido a sus capacidades de proporcionar datos precisos y detallados, esenciales para el desarrollo de proyectos de ingeniería civil.

La implementación de estas metodologías se llevó a cabo de manera rigurosa, siguiendo protocolos establecidos para asegurar la consistencia y la comparabilidad de los datos obtenidos. En el caso del GPS diferencial, se realizaron levantamientos estáticos fijos y estáticos móviles. Por otro lado, el dron con módulo RTK permitió la captura de datos geospaciales de alta resolución de manera rápida y eficiente, utilizando vuelos planificados y ajustados a las condiciones del terreno.

El objetivo principal de este análisis es evaluar y comparar la precisión, eficiencia y costo de ambos métodos, proporcionando una base sólida para determinar la metodología más adecuada en función de las características del proyecto y del entorno. Se presentarán resultados detallados que abarcan tanto los aspectos técnicos como operativos,

Se empezará detallando las áreas levantadas con el GPS diferencial y con el Dron con modulo RTK en la siguiente tabla.

Tabla 3: Áreas de los sitios de estudio con metodología de levantamiento de GPS Diferencial y Dron con módulo RTK

Sitio de Estudio	GPS diferencial (ha)	Dron con modulo RTK (ha)	%De variación
Isabel María	305.87	306.59	0.24%
Agrícola del Pacífico Zona 1	210.32	210.35	0.01%
Agrícola del Pacífico Zona 2	131.35	131.24	0.08%

Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

La tabla de resultados muestra una comparación detallada de las áreas medidas utilizando dos tecnologías diferentes: GPS diferencial y dron con módulo RTK.

Los resultados presentados en esta tabla muestran que las diferencias entre las áreas medidas con GPS diferencial y dron equipado con módulo RTK son muy pequeñas, con variaciones porcentuales que van desde 0.01% hasta 0.24%.

Se adjudica un % de variación diferente en el primer sitio de estudio debido a que las condiciones de vuelo tanto como de levantamiento al ser un terreno más grande hicieron que se generen escenarios diferentes en cuanto a condiciones de vuelo, y el levantamiento con GPS diferencial de igual forma se ve afectado debido a que al ser una zona más grande con escenarios complejos para el levantamiento incrementan el % de error humano, por la complejidad del mismo es causante de que la toma de los puntos pueda no ser exactamente en los lugares delimitados como linderos en los casos de estudio.

Se calculo la desviación estándar de que es de un 0.096% lo que indica la variabilidad de las diferencias porcentuales entre las áreas levantadas con GPS diferencial y las áreas levantadas con el dron con módulo RTK.

La desviación estándar baja (0.096%) sugiere que las diferencias porcentuales entre las áreas levantadas con las dos tecnologías son muy consistentes y cercanas entre sí. Esto implica que ambas tecnologías ofrecen resultados muy similares en términos de área medida.

Una baja desviación estándar indica que ambas tecnologías son igualmente precisas para las mediciones de área en los sitios de estudio mencionados. Esto es positivo, ya que sugiere que las diferencias en costos pueden ser evaluadas sin preocuparse por grandes discrepancias en la precisión del área medida.

Los datos son confiables y la comparación de costos puede ser realizada con mayor seguridad, ya que la variabilidad en las mediciones es mínima.

La baja desviación estándar de las diferencias porcentuales en las áreas medidas indica que tanto el GPS diferencial como el dron con módulo RTK ofrecen mediciones de área muy consistentes.

4.6. Costos de levantamientos

La realización de levantamientos topográficos no solo requiere una precisión técnica elevada, sino también una gestión eficiente de los costos asociados. En esta sección de la tesis, se analiza detalladamente el costo económico de los levantamientos topográficos realizados mediante GPS diferencial y drones equipados con módulo RTK.

Los costos de estos levantamientos incluyen una variedad de componentes más allá del precio de los equipos. Entre ellos se encuentran el personal técnico capacitado, el tiempo de operación, el mantenimiento y calibración de los equipos, así como el procesamiento y análisis de los datos obtenidos. Además, factores como la accesibilidad del terreno y las condiciones climáticas pueden influir significativamente en los costos totales, lo cual se

detalla en la tabla 4 en conformidad con el anexo 4,5,6,7,8 y 9 de los Apus correspondientes a cada proyecto

Tabla 4: Presupuesto referencial para levantamientos con metodología de GPS Diferencial y Dron con módulo RTK

Sitio de Estudio	GPS diferencial	Dron con módulo RTK	%De variación
Isabel María	\$11,137.73	\$17,031.24	53%
Agrícola del Pacifico Zona 1	\$3,752.02	\$11,311.23	202%
Agrícola del Pacifico Zona 2	\$3,502.90	\$8,965.99	156%

Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

Para evaluar los resultados de la tabla sobre la comparativa de precios es importante considerar las diferencias porcentuales en el costo.

Evaluación de Resultados

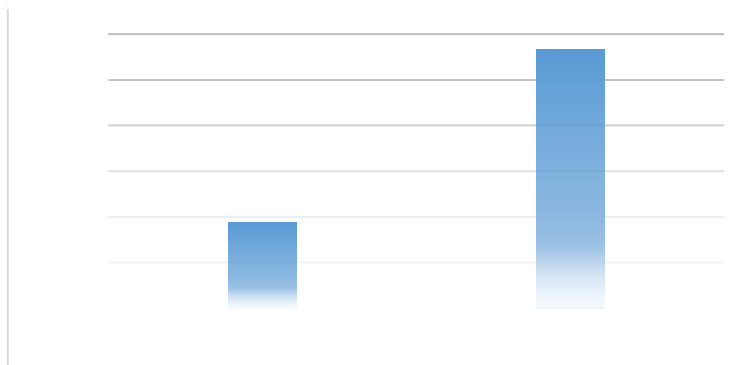
Isabel María

GPS diferencial: \$11,137.73

Dron con módulo RTK: \$17,031.24

En la siguiente grafica se puede apreciar la diferencia porcentual del 53%

Figura 63: Comparación de precio de levantamientos



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

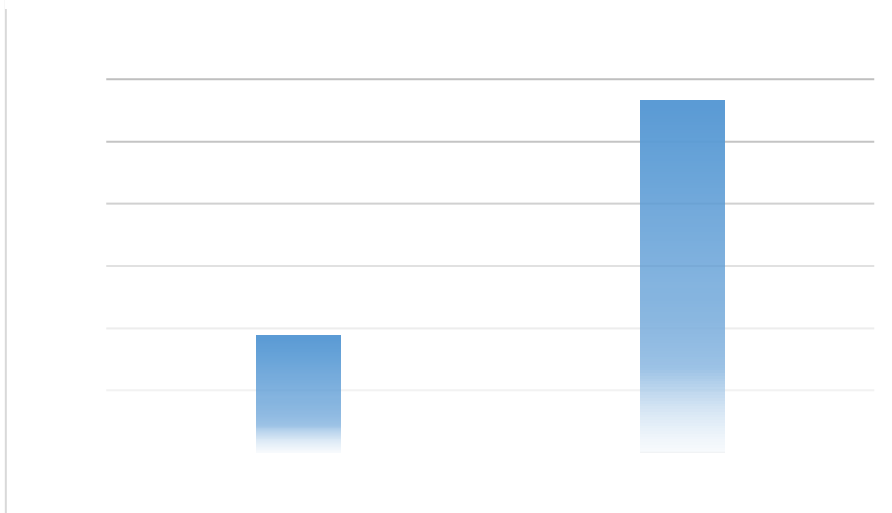
Agrícola del Pacífico, Zona 1

GPS diferencial: \$3,752.02

Dron con módulo RTK: \$11,311.23

En la siguiente grafica se puede apreciar la diferencia porcentual del 202%

Figura 64: Comparación de precio de levantamiento



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

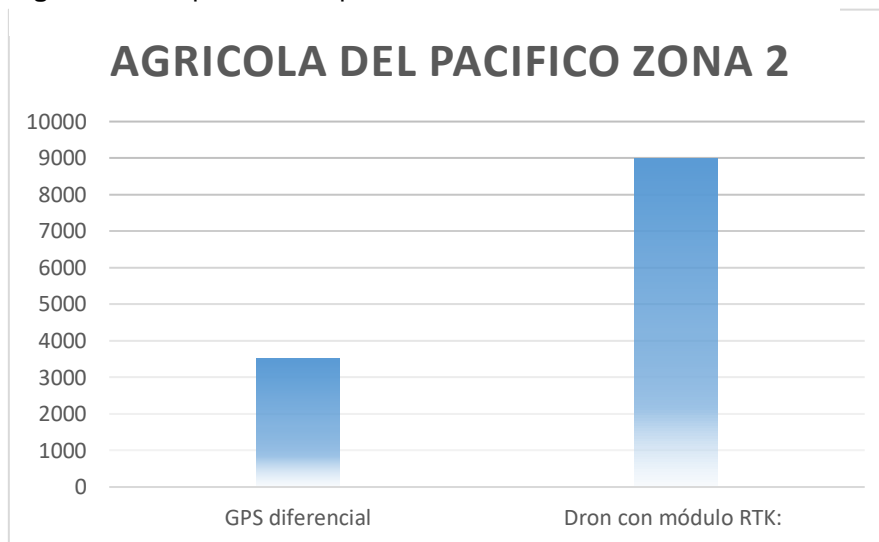
Agrícola del Pacífico, Zona 2

GPS diferencial: \$3,502.90

Dron con módulo RTK: \$8,965.99

En la siguiente grafica se puede apreciar la diferencia porcentual del 156%

Figura 65: Comparación de precio de levantamiento



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

La desviación estándar de aproximadamente respecto al % de variación de costos es de 62.3%

La desviación estándar es una medida de cuánto se desvían los valores individuales (en este caso, los % de variación de precios) del promedio (137%). Una desviación estándar alta indica que hay una gran dispersión en los datos. 62.3% es bastante alto, lo que sugiere que hay una variabilidad significativa en los % de variación de precios entre los diferentes sitios de estudio.

La variabilidad observada podría ser un factor crítico a considerar al elegir la metodología más adecuada para un proyecto específico. La alta variabilidad en los costos sugiere que puede haber circunstancias en las que un método sea significativamente más costoso o menos preciso que el otro.

4.7. Tiempo de Ejecución

La comprensión de los tiempos de ejecución es esencial para los profesionales de la ingeniería civil y la topografía, ya que permite tomar decisiones informadas sobre qué metodología adoptar en función de las necesidades específicas del proyecto. Este análisis no solo proporciona una

base sólida para la selección de métodos, sino que también ayuda a prever posibles retrasos y a planificar de manera más efectiva la utilización de recursos.

El apartado de resultados de esta tesis incluye un análisis detallado de los tiempos de ejecución de dos metodologías de levantamiento topográfico: el GPS diferencial y el dron equipado con módulo RTK. Este análisis se centra en evaluar no solo la rapidez con la que cada método puede capturar los datos necesarios, sino también en cómo estas diferencias de tiempo afectan la eficiencia global del proyecto, incluyendo la planificación, ejecución y procesamiento de datos. Como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5: Tiempo de ejecución en semanas

Sitio de Estudio	GPS diferencial	Dron con modulo RTK (ha)	%De variación
Isabel María	4	2	50%
Agrícola del Pacífico Zona 1	3	1	66.6%
Agrícola del Pacífico Zona 2	2	1	50%

Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

La Desviación estándar respecto al % de variación es de 9.58% lo que indica la variabilidad de los % de variación de precios entre los diferentes sitios de estudio. Una desviación estándar más baja sugiere que los valores de variación están más cerca de la media (55.53%).

La desviación estándar del 9.58% en los % de variación de precios muestra una variabilidad moderada, lo que indica que los costos entre las metodologías de GPS diferencial y dron con módulo RTK varían, pero de manera relativamente consistente.

4.8. Metodología PHVA

La metodología PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) es una herramienta de gestión de calidad y mejora continua que se adapta

perfectamente a la estructura y objetivos esta tesis. A continuación, se destacan los puntos clave sobre su importancia en el contexto de tu investigación:

1. Estructura y Organización

Claridad en el Proceso: PHVA proporciona una estructura clara y organizada para la planificación y ejecución de los levantamientos topográficos. Esto ayuda a mantener el enfoque en los objetivos y asegura que cada etapa del proceso esté bien documentada y justificada.

Transparencia: Al describir cada fase de la metodología, se aumenta la transparencia del estudio, permitiendo a los lectores comprender cómo se llevaron a cabo los levantamientos y cómo se tomaron las decisiones a lo largo del proyecto.

2. Mejora Continua

Evaluación y Ajuste: La fase de "Verificar" permite una evaluación continua de los resultados obtenidos, identificando áreas de mejora. Esto es crucial para ajustar las metodologías y mejorar la precisión y eficiencia de los levantamientos topográficos en futuros proyectos.

Adaptabilidad: La fase de "Actuar" facilita la implementación de cambios y mejoras basadas en las evaluaciones realizadas. Esto asegura que el proceso se adapte y mejore continuamente, aumentando la eficacia y reduciendo errores y costos.

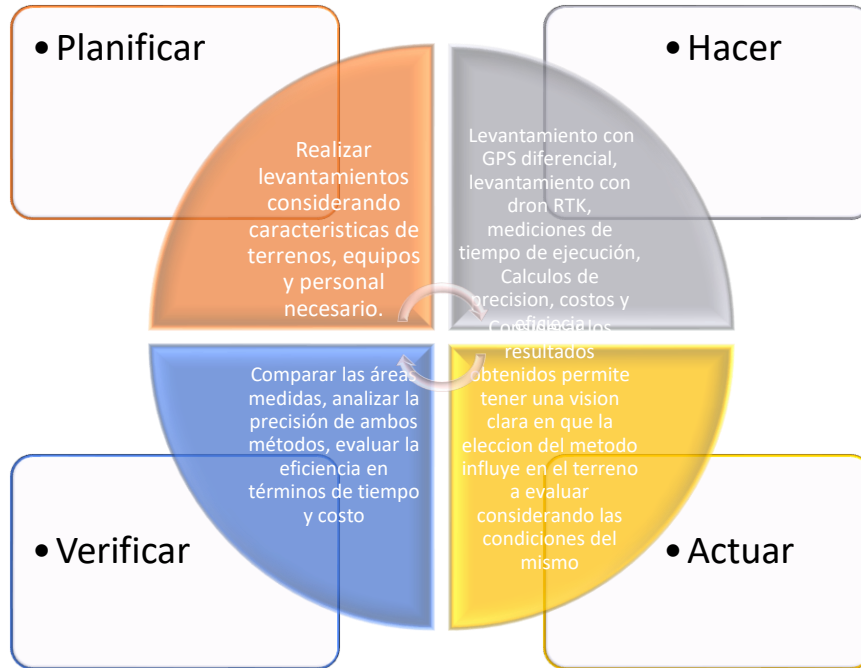
3. Comparación de Metodologías

Base para Comparaciones: La metodología PHVA proporciona una base sólida para comparar los métodos de levantamiento topográfico utilizando GPS diferencial y dron con módulo RTK. Cada fase permite una comparación sistemática y objetiva de los diferentes enfoques, destacando sus ventajas y desventajas.

La metodología PHVA es ampliamente utilizada en proyectos de ingeniería civil para asegurar la calidad y eficiencia de los procesos. Al aplicar esta

metodología se muestra la relevancia y aplicabilidad práctica de tus hallazgos en el campo profesional.

Figura 66: Enfoque de procesos PHVA para metodología de levantamientos



Elaborado por: Martínez & Jhonn (2024)

4.9. Red Geodésica ULVR

En un estudio previo realizado para la instalación de una red geodésica en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, se determinó que eran necesarias tres placas geodésicas para establecer una base precisa y confiable. Además, se concluyó que el tiempo óptimo para la toma de datos en cada uno de estos puntos debía ser de 35 minutos. Este intervalo de tiempo fue establecido con el objetivo de garantizar la obtención de mediciones precisas y consistentes, minimizando los errores potenciales asociados con la captura de datos geodésicos.

CONCLUSIONES

- La revisión bibliográfica exhaustiva realizada sobre las metodologías de levantamiento topográfico utilizando GPS diferencial y dron con módulo RTK ha permitido contextualizar y comprender en profundidad sus principios, funcionamiento, aplicaciones y limitaciones. Se ha evidenciado que el GPS diferencial, basado en correcciones precisas de las señales satelitales, proporciona una alta precisión y exactitud en las mediciones, siendo ampliamente utilizado en proyectos donde la precisión es crítica. Por otro lado, el uso de drones equipados con módulo RTK ha emergido como una metodología innovadora que ofrece ventajas significativas en términos de eficiencia y cobertura de áreas extensas en menor tiempo, aunque presenta limitaciones en condiciones meteorológicas adversas y requiere una inversión inicial considerable en tecnología y formación.
- La implementación y documentación detallada de los procesos de planificación y ejecución de las metodologías de levantamiento topográfico con GPS diferencial y dron con módulo RTK en los sitios de estudio han proporcionado una visión técnica y práctica crucial para cada método. Durante la fase de planificación, se establecieron criterios importantes en la fase preliminar de la planificación como: la determinación e instalación de puntos estáticos, para la posterior toma de puntos estáticos rápidos, la creación de los planes de vuelo, así como en la creación polígonos de vuelo.
- La implementación de las metodologías de levantamiento topográfico ha revelado importantes descubrimientos como que su desviación estándar en cuestiones de precisión es de 0.096% lo que indica que en términos

son muy parecidos obteniendo resultados similares en este apartado, en cuestión de costo se ve la mayor diferencia teniendo como media de variación de los precios estimados un 62.3% más en utilización de Drones con modulo RTK respecto a la utilización de GPS diferencial, considerando que en terrenos extensos se reduce hasta en un 53%, en términos de tiempo determinamos que la eficiencia puede variar entre un 50% y 66% de optimización del mismo en el proceso de obtención de un Ortomosaico.

- La evaluación técnica de las metodologías de levantamiento topográfico con GPS diferencial y dron con módulo RTK ha revelado factores clave para su selección en proyectos de ingeniería civil. Ambas metodologías tienen una precisión comparable con una desviación estándar de 0.096%, pero difieren significativamente en costo y eficiencia. El dron con módulo RTK, aunque más costoso (62.3% mayor), reduce y optimiza el tiempo de levantamiento entre un 50% y 66%. El GPS diferencial es ideal para áreas pequeñas y con terrenos accesibles para el personal topográfico, mientras que el dron es más eficiente en grandes extensiones y terrenos sin importar las dificultad que presenten estos.
- El estudio para la creación de una placa permanente propia en el campus de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte (ULVR) ha resultado en la creación de la misma. Esta servirá como referencia para las prácticas de campo en topografía de los estudiantes, proporcionando una base sólida y confiable para sus actividades académicas y de investigación.

RECOMENDACIONES

- Continuar investigando y actualizando el conocimiento sobre las metodologías de levantamiento topográfico, particularmente en el uso de drones con módulo RTK, para estar al tanto de las últimas innovaciones y mejoras tecnológicas. Además, es importante realizar estudios comparativos en diferentes condiciones ambientales y tipos de terreno para evaluar la versatilidad y adaptabilidad de cada metodología.
- Es crucial estandarizar los procesos de planificación y ejecución documentados, y desarrollar manuales de procedimientos que puedan ser utilizados como guías prácticas en futuros proyectos. Además, la capacitación continua del personal en estas metodologías asegurará una implementación efectiva y precisa en diversos contextos.
- Considerando la significativa diferencia en costos y eficiencia entre el uso de drones con módulo RTK y GPS diferencial, se sugiere realizar un análisis de costo-beneficio antes de seleccionar la metodología a utilizar en cada proyecto. Para proyectos de gran extensión, se recomienda priorizar el uso de drones con módulo RTK para optimizar el tiempo, mientras que para áreas pequeñas y accesibles, el GPS diferencial puede ser más económico.
- Desarrollar una guía de criterios técnicos y económicos que facilite la selección de la metodología más adecuada según las características específicas del proyecto. Además, fomentar la adquisición y actualización de equipos tecnológicos para garantizar que se dispone de herramientas modernas y eficientes para los levantamientos topográficos.

- Para asegurar el mantenimiento y actualización de la placa permanente instalada se recomienda establecer un programa de monitoreo y revisión periódica. Asimismo, promover la integración de esta infraestructura en el currículo académico para que los estudiantes puedan aprovechar al máximo las oportunidades prácticas y de investigación que ofrece esta placa permanente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaraz, D. P. (2015). Levantamiento mediante GPS. Universidad Politécnica de Cartagena. *repositorio.upct.es*. Obtenido de *repositorio.upct.es*: <https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/b8489d5d-bd10-4fe8-8dc8-f98f974a4144/content>
- Blanco Suárez, M. A. (2022). *Vuelo en área montañosa con vehículo aéreo no tripulado equipado con GNSS L1: análisis de la precisión fotogramétrica*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Cevallos. (2021). *Evaluación de costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado con dron en la carreta Pillco Marca distrito de Cayran 2019*.
- Claudio Antonio Ramirez Soto. Importancia de los levantamientos topográficos. (11 de marzo de 2022). Obtenido de <https://claudioantonioramirezsoto.com/construccion/importancia-de-los-levantamientos-topograficos/>
- Darum-sl. (s.f.). Técnicas de levantamiento topográfico: métodos tradicionales vs. tecnología moderna. Obtenido de <https://datum-sl.com/tecnicas-de-levantamiento-topografico-metodos-tradicionales-vs-tecnologia-moderna/>
- Dgac. (04 de noviembre de 2020). Sistemas de imágenes altamente integrado. Obtenido de <https://enterprise.dji.com/mavic-3-m>
- Dji . (2024). *Mavic 3M - Specifications* . Obtenido de <https://ag.dji.com/mavic-3-m/specs>
- Dji Enterprise. (s.f.). *Dji Enterprise*. Obtenido de *Dji Enterprise*: <https://enterprise.dji.com/mavic-3-m>
- Dji Mavic 3M*. (s.f.). Sistemas de imágenes altamente integrado. Obtenido de <https://enterprise.dji.com/mavic-3-m>
- Egvuser. (05 de febrero de 2024). Aerofotogrametría. *Egv*. Obtenido de <https://www.egv.cl/noticia/que-es-la-aerofotogrametria/>

El Vuelo del Dron. (s.f.). *El Vuelo del Dron*. Obtenido de El Vuelo del Dron:
<https://elvuelodeldrone.com/drones-profesionales/drones-dji/mavic-3-multiespectral/#:~:text=EL%20dron%20Mavic%203M%20cuenta,de%20i m%C3%A1genes%20de%20cada%20c%C3%A1mara>.

Eml Yd. (s.f.). *EMLYD*. Sistemas de imágenes altamente integrado. Obtenido de <https://docs.emlid.com/reach/es/tutorials/basics/rtk-introduction/>

GeoGest. (17 de agosto de 2021). Conceptos fundamentales en topografía. Obtenido de <https://geogest.es/conceptos-fundamentales-en-topografia/>

GeoPortal. (s.f.). *Geoportal*. Geodesia- Ecuador. Obtenido de https://www.geoportaligm.gob.ec/portal_geodesia/

Geoteknik S.A.C. (s.f.). Receptor GPS Diferencial. Obtenido de https://geoteknik.com.pe/producto/rec_gps_dif/

Gerhard (16 de septiembre de 2005). *ION*. PPP-RTK: posicionamiento preciso de puntos mediante representación en espacio de estados en redes RTK. Obtenido de Institute of Navigation:
<https://www.ion.org/publications/abstract.cfm?articleID=6467>

Global Mediterránea Geomática. (11 de diciembre de 2020). Obtenido de <https://www.globalmediterranea.es/levantamiento-topografico-con-gps/>

Gps (s.f.). Fundamentos del sistema GPS. Obtenido de https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual/pluginfile.php/8894/mod_resource/content/0/Manual_GPS_Rev01.pdf

Guandique (2 de febrero de 2015). Fundamentos básicos de fotogrametría. Obtenido de oldri.ues.edu.sv:
<https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/6277>

Iberoptics. (s.f.). Fundamentos básicos de fotogrametría. Obtenido de https://www.iberoptics.com/es/content/fundamentos-basicos-de-fotogrametria3d_18#:~:text=La%20fotogrametr%C3%ADa%20como%20su%20nombre,la%20fotogrametr%C3%ADa%20es%20la%20triangulaci%C3%B3n.

- Ingeoexpert. (2021). Topografía. Obtenido de <https://ingeoexpert.com/2021/11/24/que-es-la-topografia-y-cuales-son-sus-objetivos/>
- Instituto Geográfico Militar. (2020). *Registro Oficial*. Obtenido de http://www.geograficomilitar.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/06/Resolucion_013.pdf
- Instituto Geografico Nacional. (S.F). *Ign.es*. Obtenido de <https://www.ign.es/web/gds-teoria-geodesia#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20Geodesia%3F,la%20tierra%20en%20el%20espacio.>
- Jiménez Granizo, M. J., & Yamasqui Sarmiento, J. D. (18 de marzo de 2022). *Evaluación y valoración de levantamientos topográficos mediante aerofotogrametría y métodos tradicionales, utilizando estación total o GPS diferencial*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9089>
- Latitud-19. (S.F). *Latitud 19*. Levantamiento geodesico. Obtenido de Latitud 19: <https://latitud-19.com/levantamiento-geodesico/>
- Ley de Geoinformación del Ecuador. (2005). *Registro Oficial* . Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/RO45.pdf>
- McCormac, J. (2003). *Topografía*. Madrid: Prentice Hall Internacional.
- Mettatec*. (s.f.). Comparación entre los sistemas de corrección. Obtenido de <https://mettatec.com/es/comparacion-entre-los-sistemas-de-correccion-ppk-y-rtk/>
- Normativa de la Dirección General de Aviación Civil . (2022). *Registro Oficial* . Obtenido de <https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/09/Reglamento-215-FINAL.pdf>
- Pérez, J., & Ana, G. (2019). Definición de Geodesia.
- POLÍTICAS NACIONALES DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL (CONAGE). (2010). *Registro Oficial*. Obtenido de

https://www.ipgh.gob.ec/portal/images/imagenes/descargas/documentos/Políticas_Nacionales_de_Informacion_Geospacial.pdf

Rodenas Chivichón, S. (2023). *Análisis comparativo de los métodos fotogramétricos utilizando vehículos aéreos tripulados y no tripulados de uso civil o drones. Licenciatura thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.*

Silva Velarde, E. O. (2024). *Generación de ortofotografía y modelo digital de elevación (MDE) de alta resolución con puntos de control RTK (Real-Time Kinematic Positioning).* Quito: Universidad Politécnica Salesiana Ecuador .

Toposervis. (S.F). *Toposervis.* Obtenido de Toposervis:
<https://toposervis.com/topografia-en-proyectos-obra-civil/>

UpdateStar. (s.f.). Equipos de Topografía. Obtenido de <https://rinex-converter.updatestar.com/es>

Utm30. (s.f.). *Equipos de Topografía.* Obtenido de
<https://www.utm30.com/producto/sinognss-t20-palm/>

Villner. (16 de diciembre de 2022). Tipos de levantamientos topográficos y su aplicación en la construcción y planificación urbana. Obtenido de <https://villner.cl/tipos-de-levantamientos-topograficos-y-su-aplicacion-en-la-construccion-y-planificacion-urbana/>

Villner.Cl. (2022). *Tipos de levantamientos topográficos y su aplicación en la construcción y planificación urbana.*

Wingtra AG. (s.f.). Aplicaciones cartograficas. Obtenido de
<https://wingtra.com/es/drones-aplicaciones-cartograficas/topografia-sig/>

Zevallos , E. O. (2021). *Evaluación de costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado con dron en la carretera Pillco Marca distrito de Cayran 2019.* Registro Nacional de Trabajo de Investigación.

ANEXO 1

1. Isabel María puntos levantados con RTK

CUADRO DE CONSTRUCCION					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	91.06	277°39'7"	662962.2304	9817973.3010
P2	P2 - P3	764.30	229°14'6"	662975.8300	9818063.3355
P3	P3 - P4	31.76	164°11'25"	662477.9793	9818643.2542
P4	P4 - P5	257.06	194°14'13"	662464.6383	9818672.0794
P5	P5 - P6	64.44	124°58'16"	662302.6147	9818871.6435
P6	P6 - P7	127.84	211°44'55"	662320.3280	9818933.5967
P7	P7 - P8	351.50	74°3'12"	662285.5354	9819056.6113
P8	P8 - P9	7.14	139°22'38"	662637.0327	9819055.6670
P9	P9 - P10	36.86	141°47'44"	662642.4420	9819051.0016
P10	P10 - P11	46.90	173°58'43"	662649.4870	9819014.8210
P11	P11 - P12	210.18	264°25'31"	662653.5723	9818968.0988
P12	P12 - P13	6.67	119°20'28"	662863.7421	9818965.9795
P13	P13 - P14	14.43	157°58'39"	662866.9530	9818960.1301
P14	P14 - P15	17.61	168°34'19"	662868.6463	9818945.8036
P15	P15 - P16	7.01	201°56'25"	662867.2071	9818928.2508
P16	P16 - P17	10.65	228°25'16"	662869.2867	9818921.5545
P17	P17 - P18	32.59	197°24'27"	662878.9916	9818917.1673
P18	P18 - P19	13.76	157°47'16"	662911.3414	9818913.2419
P19	P19 - P20	21.40	154°2'26"	662923.3570	9818906.5455
P20	P20 - P21	112.67	168°5'23"	662935.6037	9818888.9966
P21	P21 - P22	19.86	193°32'56"	662979.6262	9818785.2820
P22	P22 - P23	34.76	161°16'57"	662991.4529	9818769.3273
P23	P23 - P24	84.71	169°56'26"	663002.0968	9818736.2359
P24	P24 - P25	80.94	200°41'20"	663013.5506	9818652.3060
P25	P25 - P26	24.75	195°35'21"	663052.1240	9818581.1436
P26	P26 - P27	49.10	218°18'57"	663069.3336	9818563.3530
P27	P27 - P28	83.21	187°10'24"	663117.9955	9818556.8298
P28	P28 - P29	34.52	156°6'52"	663201.2054	9818556.1590
P29	P29 - P30	53.08	210°7'4"	663232.6576	9818541.9265
P30	P30 - P31	35.02	175°12'0"	663285.4734	9818547.2637
P31	P31 - P32	52.13	199°35'7"	663320.4862	9818547.8568
P32	P32 - P33	36.78	169°39'35"	663369.3011	9818566.1618
P33	P33 - P34	374.78	168°59'39"	663405.5007	9818572.6850
P34	P34 - P35	242.24	140°7'53"	663780.2405	9818567.5137
P35	P35 - P36	34.03	191°54'24"	663963.9993	9818409.6831
P36	P36 - P37	39.87	201°14'3"	663993.8342	9818393.3134
P37	P37 - P38	64.55	161°51'27"	664033.3663	9818388.0958
P38	P38 - P39	58.93	206°1'25"	664091.5457	9818360.1446
P39	P39 - P40	83.53	192°29'48"	664150.4710	9818360.5173
P40	P40 - P41	31.06	171°57'30"	664231.9037	9818379.1067

P41	P41 - P42	36.63	136°48'56"	664262.8581	9818381.7155
P42	P42 - P43	56.98	160°49'39"	664291.5748	9818358.9818
P43	P43 - P44	28.78	143°4'50"	664322.1563	9818310.9057
P44	P44 - P45	27.99	136°11'56"	664319.9186	9818282.2092
P45	P45 - P46	49.10	171°34'47"	664299.0337	9818263.5750
P46	P46 - P47	29.60	187°34'28"	664258.0026	9818236.6020
P47	P47 - P48	59.33	156°16'35"	664235.6259	9818217.2225
P48	P48 - P49	45.03	193°17'50"	664178.9383	9818199.7064
P49	P49 - P50	23.29	199°42'24"	664140.1263	9818176.8735
P50	P50 - P51	22.75	194°32'12"	664125.2085	9818158.9847
P51	P51 - P52	37.35	193°11'9"	664115.4921	9818138.4191
P52	P52 - P53	26.75	184°54'0"	664107.6602	9818101.8961
P53	P53 - P54	26.46	188°0'37"	664104.3060	9818075.3556
P54	P54 - P55	30.65	192°33'42"	664104.6790	9818048.8951
P55	P55 - P56	16.96	180°37'16"	664111.7649	9818019.0805
P56	P56 - P57	26.08	182°37'40"	664115.8649	9818002.6245
P57	P57 - P58	24.51	191°8'38"	664123.3237	9817977.6331
P58	P58 - P59	26.75	180°38'26"	664134.7409	9817955.9434
P59	P59 - P60	15.98	195°3'49"	664147.4647	9817932.4135
P60	P60 - P61	14.21	189°55'9"	664158.4561	9817920.8173
P61	P61 - P62	22.49	185°43'58"	664169.8637	9817912.3407
P62	P62 - P63	22.35	180°38'36"	664189.1688	9817900.7950
P63	P63 - P64	18.39	157°58'59"	664208.4740	9817889.5415
P64	P64 - P65	32.21	169°1'23"	664219.7317	9817874.9990
P65	P65 - P66	56.06	182°31'19"	664234.2372	9817846.2420
P66	P66 - P67	41.62	207°28'4"	664261.6614	9817797.3512
P67	P67 - P68	21.72	211°16'10"	664296.4688	9817774.5366
P68	P68 - P69	134.42	228°4'52"	664318.1765	9817773.7886
P69	P69 - P70	14.08	173°28'60"	664411.3703	9817870.6570
P70	P70 - P71	5.66	147°59'55"	664422.2242	9817879.6332
P71	P71 - P72	22.56	132°8'18"	664427.8382	9817880.3812
P72	P72 - P73	34.32	186°26'49"	664445.0548	9817865.7949
P73	P73 - P74	27.66	183°48'35"	664473.5696	9817846.6875
P74	P74 - P75	24.90	152°46'10"	664497.5230	9817832.8492
P75	P75 - P76	46.45	162°11'16"	664510.9968	9817811.9047
P76	P76 - P77	44.39	174°45'56"	664522.9735	9817767.0236
P77	P77 - P78	17.88	171°10'27"	664530.4589	9817723.2645
P78	P78 - P79	10.85	163°53'46"	664530.7338	9817705.3895
P79	P79 - P80	10.95	145°26'21"	664527.8846	9817694.9190
P80	P80 - P81	20.99	180°11'39"	664519.5206	9817687.8468
P81	P81 - P82	15.45	199°29'16"	664503.5384	9817674.2398
P82	P82 - P83	11.55	205°58'50"	664495.7904	9817660.8746
P83	P83 - P84	19.27	194°16'50"	664494.9603	9817649.3529
P84	P84 - P85	19.59	190°45'59"	664498.3592	9817630.3857
P85	P85 - P86	67.38	164°5'51"	664505.3562	9817612.0873

P86	P86 - P87	44.58	178°17'33"	664511.2564	9817544.9636
P87	P87 - P88	147.13	175°29'34"	664513.8353	9817500.4536
P88	P88 - P89	18.39	111°52'24"	664510.7766	9817353.3577
P89	P89 - P90	30.51	144°4'23"	664493.5715	9817346.8626
P90	P90 - P91	29.97	257°7'16"	664464.1316	9817354.8860
P91	P91 - P92	66.21	115°28'41"	664450.0059	9817328.4573
P92	P92 - P93	33.49	201°16'31"	664383.8618	9817331.5138
P93	P93 - P94	34.35	224°13'8"	664352.1279	9817320.8160
P94	P94 - P95	20.87	188°27'14"	664336.4521	9817290.2506
P95	P95 - P96	10.35	177°20'50"	664329.7608	9817270.4793
P96	P96 - P97	9.30	160°55'51"	664325.9925	9817260.8390
P97	P97 - P98	16.79	160°42'56"	664319.9631	9817253.7594
P98	P98 - P99	92.78	159°41'44"	664305.4666	9817245.2898
P99	P99 - P100	31.05	177°19'28"	664214.0898	9817229.1919
P100	P100 - P101	92.03	176°11'14"	664183.2954	9817225.2385
P101	P101 - P102	75.58	230°20'40"	664091.4393	9817219.6155
P102	P102 - P103	34.32	174°53'1"	664046.8513	9817158.5876
P103	P103 - P104	52.86	169°58'30"	664024.2143	9817132.7923
P104	P104 - P105	35.04	171°15'29"	663982.9604	9817099.7345
P105	P105 - P106	31.91	150°2'9"	663952.6037	9817082.2334
P106	P106 - P107	51.19	171°15'36"	663920.6903	9817082.2334
P107	P107 - P108	22.56	173°45'18"	663870.0959	9817090.0117
P108	P108 - P109	35.92	200°44'1"	663848.3014	9817095.8454
P109	P109 - P110	20.65	188°47'28"	663812.5636	9817092.2476
P110	P110 - P111	26.54	203°52'37"	663792.5703	9817087.0621
P111	P111 - P112	20.71	171°9'13"	663771.7747	9817070.5698
P112	P112 - P113	39.31	177°0'7"	663753.7654	9817060.3514
P113	P113 - P114	17.57	164°26'14"	663718.6061	9817042.7661
P114	P114 - P115	15.73	170°39'27"	663701.3599	9817039.4108
P115	P115 - P116	23.49	187°17'57"	663685.6400	9817038.9533
P116	P116 - P117	11.17	177°59'27"	663662.4416	9817035.2930
P117	P117 - P118	13.66	179°4'25"	663651.3583	9817033.9405
P118	P118 - P119	12.99	184°21'16"	663637.7722	9817032.5051
P119	P119 - P120	7.26	173°51'55"	663624.9987	9817030.1640
P120	P120 - P121	6.14	181°54'0"	663617.7568	9817029.6258
P121	P121 - P122	8.74	174°38'0"	663611.6520	9817028.9679
P122	P122 - P123	7.25	185°52'30"	663602.9138	9817028.8483
P123	P123 - P124	6.91	185°19'24"	663595.7170	9817028.0080
P124	P124 - P125	8.26	188°48'11"	663588.9539	9817026.5726
P125	P125 - P126	11.71	169°51'15"	663581.2332	9817023.6420
P126	P126 - P127	5.33	193°53'44"	663569.7252	9817021.4800
P127	P127 - P128	6.54	151°47'34"	663564.8773	9817019.2671
P128	P128 - P129	11.48	211°41'9"	663558.3536	9817019.6858
P129	P129 - P130	11.46	172°46'26"	663548.2207	9817014.2949
P130	P130 - P131	22.52	201°53'14"	663537.5075	9817010.2279
P131	P131 - P132	12.14	161°4'12"	663520.9521	9816994.9643
P132	P132 - P133	10.12	148°22'19"	663509.8413	9816990.0766
P133	P133 - P134	12.97	168°52'11"	663499.8175	9816991.4645
P134	P134 - P135	12.38	192°0'8"	663487.5594	9816995.6884

P135	P135 - P136	12.63	172°3'15"	663475.2768	9816997.1989
P136	P136 - P137	14.31	183°16'31"	663463.0791	9817000.4574
P137	P137 - P138	22.01	180°27'0"	663449.0699	9817003.3538
P138	P138 - P139	10.51	174°53'23"	663427.4768	9817007.6416
P139	P139 - P140	8.44	175°50'48"	663417.3926	9817010.5984
P140	P140 - P141	32.98	179°43'11"	663409.4822	9817013.5552
P141	P141 - P142	12.70	178°44'36"	663378.6489	9817025.2524
P142	P142 - P143	10.16	196°32'36"	663366.8772	9817030.0161
P143	P143 - P144	16.08	206°45'41"	663356.7593	9817030.9883
P144	P144 - P145	21.29	192°54'25"	663341.7771	9817025.1552
P145	P145 - P146	28.57	184°34'44"	663324.1681	9817013.1973
P146	P146 - P147	9.53	145°55'26"	663301.8863	9816995.3087
P147	P147 - P148	11.30	155°10'4"	663292.3928	9816994.5311
P148	P148 - P149	13.01	183°15'20"	663281.7807	9816998.4250
P149	P149 - P150	9.01	189°47"	663269.3302	9817002.2063
P150	P150 - P151	6.17	186°41'30"	663260.4029	9817003.4332
P151	P151 - P152	9.39	196°57'58"	663254.2387	9817003.5552
P152	P152 - P153	10.04	221°48'42"	663245.2060	9817000.9936
P153	P153 - P154	11.52	177°28'55"	663239.8352	9816992.5162
P154	P154 - P155	5.16	167°26'52"	663233.2468	9816983.0627
P155	P155 - P156	13.84	162°16'28"	663229.4493	9816979.5740
P156	P156 - P157	13.67	173°24'44"	663216.8933	9816973.7594
P157	P157 - P158	11.13	186°54'43"	663203.9086	9816969.4750
P158	P158 - P159	14.82	181°3'32"	663193.8389	9816964.7425
P159	P159 - P160	8.98	181°4'46"	663180.5480	9816958.1935
P160	P160 - P161	3.55	199°3'58"	663172.5728	9816954.0753
P161	P161 - P162	5.05	192°59'56"	663170.1228	9816951.5046
P162	P162 - P163	5.01	198°37'8"	663167.5504	9816947.1590
P163	P163 - P164	23.75	182°1'30"	663166.5092	9816942.2626
P164	P164 - P165	5.06	172°11'49"	663162.3925	9816918.8683
P165	P165 - P166	18.50	184°49'19"	663160.8476	9816914.0517
P166	P166 - P167	12.19	174°2'39"	663156.6990	9816896.0262
P167	P167 - P168	16.20	178°20'51"	663152.7455	9816884.4901
P168	P168 - P169	47.61	180°0'25"	663147.0525	9816869.3192
P169	P169 - P170	13.86	162°12'34"	663130.3291	9816824.7383
P170	P170 - P171	6.37	119°36'7"	663121.7278	9816813.8677
P171	P171 - P172	8.98	115°37'40"	663115.4311	9816814.8370
P172	P172 - P173	45.61	181°39'52"	663112.8246	9816823.4288
P173	P173 - P174	27.75	178°3'18"	663098.3196	9816866.6759
P174	P174 - P175	22.51	185°29'49"	663090.3941	9816893.2679

P175	P175 - P176	7.45	180°54'10"	663081.9289	9816914.1222
P176	P176 - P177	17.86	173°58'11"	663079.0185	9816920.9799
P177	P177 - P178	43.49	183°37'7"	663073.8064	9816938.0643
P178	P178 - P179	25.32	174°15'43"	663058.5152	9816978.7799
P179	P179 - P180	42.40	184°10'20"	663052.0271	9817003.2564
P180	P180 - P181	18.39	178°42'25"	663038.2093	9817043.3444
P181	P181 - P182	12.94	183°58'28"	663032.6119	9817060.8567
P182	P182 - P183	14.57	179°9'1"	663027.8269	9817072.8812
P183	P183 - P184	17.19	169°22'48"	663022.6399	9817086.5000
P184	P184 - P185	15.22	186°28'34"	663019.5877	9817103.4124
P185	P185 - P186	17.58	180°47'52"	663015.2124	9817117.9904
P186	P186 - P187	52.80	181°55'22"	663009.9238	9817134.7599
P187	P187 - P188	27.60	184°29'45"	662992.3636	9817184.5504
P188	P188 - P189	13.74	193°24'3"	662981.1719	9817209.7792
P189	P189 - P190	22.91	213°23'6"	662972.8431	9817220.7030
P190	P190 - P191	52.04	196°39'56"	662951.2149	9817228.2736
P191	P191 - P192	87.10	184°16'38"	662899.2342	9817230.6576
P192	P192 - P193	27.67	177°52'15"	662812.1676	9817228.1478
P193	P193 - P194	13.55	177°45'26"	662784.5019	9817228.3786
P194	P194 - P195	12.46	175°18'26"	662770.9642	9817229.0220
P195	P195 - P196	19.11	176°11'44"	662758.6048	9817230.6301
P196	P196 - P197	19.44	173°30'10"	662739.8562	9817234.3485
P197	P197 - P198	7.29	136°28'19"	662721.3408	9817240.2629
P198	P198 - P199	6.97	202°52'4"	662717.8334	9817246.6543
P199	P199 - P200	11.81	200°35'7"	662712.3659	9817250.9840
P200	P200 - P201	14.05	185°52'43"	662701.1214	9817254.5921
P201	P201 - P202	18.51	180°40'19"	662687.3764	9817257.4915
P202	P202 - P203	8.37	271°18'23"	662669.2202	9817261.0996
P203	P203 - P204	17.95	87°39'46"	662667.7760	9817252.8525
P204	P204 - P205	15.66	177°48'15"	662650.2388	9817256.6668
P205	P205 - P206	22.90	179°47'24"	662635.0713	9817260.5798
P206	P206 - P207	9.91	178°15'37"	662612.9185	9817266.3817
P207	P207 - P208	7.83	182°30'16"	662603.4162	9817269.1813
P208	P208 - P209	8.40	175°54'31"	662595.8175	9817271.0634
P209	P209 - P210	9.48	182°55'48"	662587.8291	9817273.6595
P210	P210 - P211	10.15	179°24'16"	662578.6717	9817276.1257
P211	P211 - P212	6.54	171°39'48"	662568.9022	9817278.8660
P212	P212 - P213	5.19	169°44'13"	662562.9272	9817281.5269
P213	P213 - P214	6.57	179°20'29"	662558.6407	9817284.4474
P214	P214 - P215	4.91	169°24'42"	662553.2502	9817288.2117
P215	P215 - P216	6.32	179°54'22"	662549.8080	9817291.7163
P216	P216 - P217	9.57	167°45'52"	662545.3839	9817296.2356
P217	P217 - P218	8.85	179°49'37"	662540.2930	9817304.3337
P218	P218 - P219	11.58	180°35'10"	662535.6080	9817311.8365
P219	P219 - P220	11.13	179°32'56"	662529.3742	9817321.5958
P220	P220 - P221	8.20	181°58'23"	662523.4568	9817331.0228
P221	P221 - P222	9.62	178°20'29"	662518.8584	9817337.8170
P222	P222 - P223	9.49	180°39'5"	662513.7014	9817345.9333
P223	P223 - P224	31.55	179°36'31"	662508.5218	9817353.8841
P224	P224 - P225	4.98	177°6'29"	662491.4812	9817380.4362
P225	P225 - P226	13.46	179°53'21"	662489.0051	9817384.7597
P226	P226 - P227	8.26	179°44'58"	662482.3362	9817396.4569
P227	P227 - P228	14.53	180°39'58"	662478.2775	9817403.6488
P228	P228 - P229	22.97	182°20'6"	662470.9903	9817416.2177
P229	P229 - P230	11.42	177°59'22"	662458.6677	9817435.6057
P230	P230 - P231	9.19	175°51'14"	662452.8853	9817445.4502
P231	P231 - P232	3.47	169°57'34"	662448.8163	9817453.6897
P232	P232 - P233	2.70	179°0'30"	662447.8465	9817457.0185
P233	P233 - P234	5.18	177°9'36"	662447.1356	9817459.6258
P234	P234 - P235	3.93	174°28'34"	662446.0233	9817464.6805
P235	P235 - P236	4.51	175°40'44"	662445.5523	9817468.5809
P236	P236 - P237	4.53	178°17'13"	662445.3504	9817473.0865
P237	P237 - P238	4.51	179°8'52"	662445.2830	9817477.6163
P238	P238 - P239	7.90	175°6'41"	662445.2830	9817482.1219
P239	P239 - P240	4.59	189°56'5"	662445.9559	9817489.9899

P240	P240 - P241	6.38	187°48'17"	662445.5522	9817494.5627
P241	P241 - P242	5.49	198°7'51"	662444.1337	9817500.7806
P242	P242 - P243	4.43	192°11'28"	662441.3073	9817505.4880
P243	P243 - P244	5.30	193°45'39"	662438.2790	9817508.7159
P244	P244 - P245	16.07	196°15'25"	662433.8376	9817511.6075
P245	P245 - P246	44.00	181°45'32"	662418.4584	9817516.2536
P246	P246 - P247	9.18	173°20'14"	662375.9721	9817527.6781
P247	P247 - P248	8.23	182°10'17"	662367.4389	9817531.0762
P248	P248 - P249	8.46	178°7'37"	662359.6858	9817533.8281
P249	P249 - P250	9.56	176°59'31"	662351.8056	9817536.9187
P250	P250 - P251	5.74	193°22'10"	662343.1012	9817540.8713
P251	P251 - P252	5.47	191°56'28"	662337.4664	9817541.9721
P252	P252 - P253	7.35	183°24'24"	662332.0011	9817541.8874
P253	P253 - P254	6.92	189°55'42"	662324.6717	9817541.3371
P254	P254 - P255	9.33	189°53'0"	662317.9628	9817539.6366
P255	P255 - P256	11.16	183°42'25"	662309.4471	9817535.8263
P256	P256 - P257	11.32	185°5'50"	662299.5756	9817530.6189
P257	P257 - P258	7.47	178°8'51"	662290.0714	9817524.4680
P258	P258 - P259	6.75	180°50'19"	662283.6740	9817520.6153
P259	P259 - P260	4.44	172°56'25"	662277.9428	9817517.0484
P260	P260 - P261	6.16	180°49'54"	662273.9179	9817515.1856
P261	P261 - P262	8.59	178°15'51"	662268.3679	9817512.5184
P262	P262 - P263	6.83	175°36'49"	662260.5158	9817509.0335
P263	P263 - P264	5.37	174°35'27"	662254.0760	9817506.7473
P264	P264 - P265	10.85	175°58'48"	662248.8649	9817505.4349
P265	P265 - P266	9.21	178°5'53"	662238.1799	9817503.5284
P266	P266 - P267	8.59	179°9'3"	662229.0630	9817502.2123
P267	P267 - P268	8.44	180°28'19"	662220.5473	9817501.1116
P268	P268 - P269	11.82	176°53'20"	662212.1822	9817499.9602
P269	P269 - P270	8.32	175°51'18"	662200.4042	9817498.9864
P270	P270 - P271	9.90	172°32'31"	662192.0852	9817498.9020
P271	P271 - P272	11.85	170°54'51"	662182.2562	9817500.0875
P272	P272 - P273	13.78	175°14'36"	662170.8595	9817503.3474
P273	P273 - P274	16.67	174°37'12"	662157.9677	9817508.2239
P274	P274 - P275	11.34	181°50'53"	662142.9951	9817515.5588
P275	P275 - P276	13.17	176°27'23"	662132.6576	9817520.2158
P276	P276 - P277	5.21	182°23'19"	662121.0071	9817526.3572
P277	P277 - P278	13.27	186°20'45"	662116.3036	9817528.5914
P278	P278 - P279	6.03	173°55'3"	662103.7609	9817532.9251
P279	P279 - P280	12.70	191°12'35"	662098.3059	9817535.4855
P280	P280 - P281	5.24	179°44'25"	662085.9759	9817538.5446
P281	P281 - P282	16.71	184°58'38"	662080.8995	9817539.8285
P282	P282 - P283	9.44	175°6'15"	662064.4027	9817542.5052
P283	P283 - P284	8.36	179°5'49"	662055.2494	9817544.8064
P284	P284 - P285	8.53	185°50'27"	662047.1711	9817546.9733
P285	P285 - P286	12.46	182°28'26"	662038.7527	9817548.3329
P286	P286 - P287	14.07	182°42'43"	662026.3760	9817549.7868
P287	P287 - P288	10.39	177°59'0"	662012.3400	9817550.7654
P288	P288 - P289	26.52	183°26'24"	662002.0033	9817551.8527
P289	P289 - P290	14.37	181°15'50"	661975.5098	9817553.0395
P290	P290 - P291	9.06	173°44'45"	661961.1473	9817553.3657
P291	P291 - P292	7.35	175°7'35"	661952.1689	9817554.5565

P292	P292 - P293	9.79	171°33'28"	661944.9891	9817556.1389
P293	P293 - P294	12.92	178°54'54"	661935.8389	9817559.6278
P294	P294 - P295	25.21	176°2'1"	661923.8514	9817564.4604
P295	P295 - P296	33.12	179°53'4"	661901.1776	9817575.4813
P296	P296 - P297	60.66	178°35'2"	661871.4183	9817590.0205
P297	P297 - P298	21.16	183°24'53"	661817.5900	9817617.9873
P298	P298 - P299	11.61	175°47'33"	661798.2643	9817626.6078
P299	P299 - P300	6.47	176°27'59"	661788.0368	9817632.1025
P300	P300 - P301	9.53	192°56'24"	661782.5382	9817635.5093
P301	P301 - P302	9.05	170°16'57"	661773.5204	9817638.5864
P302	P302 - P303	8.96	175°1'51"	661765.5723	9817642.9124
P303	P303 - P304	11.61	186°50'14"	661758.1053	9817647.8598
P304	P304 - P305	9.99	179°55'10"	661747.7321	9817653.0748
P305	P305 - P306	7.80	182°27'49"	661738.8165	9817657.5727
P306	P306 - P307	9.20	186°13'31"	661731.7043	9817660.7851
P307	P307 - P308	7.20	177°42'1"	661722.9619	9817663.6395
P308	P308 - P309	13.31	188°30'38"	661716.2103	9817666.1480
P309	P309 - P310	7.85	179°4'32"	661703.1893	9817668.8851
P310	P310 - P311	8.44	181°47'43"	661695.5315	9817670.6243
P311	P311 - P312	5.95	184°42'38"	661687.2441	9817672.2352
P312	P312 - P313	7.70	177°50'41"	661681.3266	9817672.8874
P313	P313 - P314	9.43	176°57'19"	661673.7122	9817674.0179
P314	P314 - P315	9.99	176°36'58"	661664.4752	9817675.8954
P315	P315 - P316	15.91	177°40'26"	661654.8158	9817678.4607
P316	P316 - P317	25.96	173°25'12"	661639.6202	9817683.1644
P317	P317 - P318	8.36	176°33'24"	661615.8635	9817693.6321
P318	P318 - P319	13.32	179°29'22"	661608.4314	9817697.4554
P319	P319 - P320	17.93	173°44'46"	661596.6456	9817703.6518
P320	P320 - P321	23.43	176°25'16"	661581.7769	9817713.6759
P321	P321 - P322	29.66	183°4'28"	661563.2076	9817727.9587
P322	P322 - P323	17.93	183°6'51"	661538.7584	9817744.7568
P323	P323 - P324	21.71	176°29'44"	661523.4528	9817754.0912
P324	P324 - P325	16.01	176°10'44"	661505.6453	9817766.5055
P325	P325 - P326	10.62	178°27'3"	661493.1532	9817776.5147
P326	P326 - P327	5.31	183°53'13"	661485.0502	9817783.3749
P327	P327 - P328	4.84	180°50'48"	661480.7736	9817786.5239
P328	P328 - P329	4.96	45°31'24"	661476.8347	9817789.3354
P329	P329 - P330	27.64	188°11'46"	661481.7172	9817790.1968
P330	P330 - P331	183.57	175°34'24"	661507.9742	9817798.8301
P331	P331 - P332	87.52	182°39'5"	661686.2651	9817842.5373
P332	P332 - P333	38.95	173°30'7"	661770.2175	9817867.2863
P333	P333 - P334	36.23	164°34'50"	661808.5833	9817874.0010
P334	P334 - P335	38.00	164°47'47"	661844.6496	9817870.5332
P335	P335 - P336	77.37	172°38'24"	661880.1976	9817857.1038
P336	P336 - P337	24.24	188°37'42"	661948.4757	9817820.7144
P337	P337 - P338	12.61	218°28'22"	661971.3325	9817812.6529
P338	P338 - P339	133.11	197°19'49"	661983.2541	9817816.7684
P339	P339 - P340	18.54	190°1'29"	662090.4250	9817895.7109
P340	P340 - P341	48.12	177°29'6"	662103.2136	9817909.1404
P341	P341 - P342	70.13	177°22'35"	662137.8946	9817942.4973
P342	P342 - P343	6.15	178°50'25"	662190.6103	9817988.7466
P343	P343 - P344	10.63	188°33'10"	662195.3176	9817992.7107
P344	P344 - P345	69.77	188°37'50"	662202.3393	9818000.6905
P345	P345 - P346	93.63	180°54'12"	662240.0478	9818059.3939
P346	P346 - P347	20.50	171°37'60"	662289.4040	9818138.9609
P347	P347 - P348	11.65	176°58'24"	662302.6323	9818154.6264
P348	P348 - P349	21.57	127°12'1"	662310.6087	9818163.1190
P349	P349 - P350	95.88	167°28'31"	662332.0652	9818160.8620
P350	P350 - P1	561.67	182°17'17"	662422.9727	9818130.3927

ANEXO 2

CUADRO DE CONSTRUCCION					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	14.39	99°59'1"	662808.9629	9751098.3998
P2	P2 - P3	20.33	191°11'41"	662807.3914	9751084.0934
P3	P3 - P4	189.82	186°54'20"	662809.1372	9751063.8370
P4	P4 - P5	2.81	176°37'50"	662848.0565	9750878.0519
P5	P5 - P6	2.71	267°3'40"	662848.4701	9750875.2719
P6	P6 - P7	6.59	233°29'31"	662851.1653	9750875.5326
P7	P7 - P8	9.71	167°2'57"	662854.5561	9750881.1792
P8	P8 - P9	49.56	177°37'46"	662861.2942	9750888.1723
P9	P9 - P10	10.35	75°55'8"	662897.1254	9750922.4056
P10	P10 - P11	3.94	269°38'47"	662902.2412	9750913.4047
P11	P11 - P12	3.67	91°36'31"	662905.6758	9750915.3289
P12	P12 - P13	13.55	156°33'44"	662907.5590	9750912.1783
P13	P13 - P14	16.59	160°13'16"	662909.3108	9750898.7442
P14	P14 - P15	15.57	177°20'7"	662905.7617	9750882.5336
P15	P15 - P16	87.16	178°49'21"	662901.7293	9750867.4995
P16	P16 - P17	11.83	221°25'41"	662877.4243	9750783.7961
P17	P17 - P18	11.18	180°0'0"	662882.4692	9750773.0927
P18	P18 - P19	28.80	146°35'31"	662887.2355	9750762.9803
P19	P19 - P20	54.84	172°30'48"	662883.1414	9750734.4700
P20	P20 - P21	118.32	181°50'49"	662868.3410	9750681.6689
P21	P21 - P22	85.68	180°0'0"	662840.0955	9750566.7735
P22	P22 - P23	65.02	183°38'8"	662819.6406	9750483.5683
P23	P23 - P24	21.33	195°54'11"	662808.1535	9750419.5728
P24	P24 - P25	22.98	185°14'15"	662810.2819	9750398.3503
P25	P25 - P26	48.99	174°40'46"	662814.6527	9750375.7898
P26	P26 - P27	22.71	184°0'44"	662819.4706	9750327.0375
P27	P27 - P28	25.21	175°11'12"	662823.2801	9750304.6475
P28	P28 - P29	20.43	178°12'46"	662825.4086	9750279.5248
P29	P29 - P30	11.28	163°26'60"	662826.4975	9750259.1251
P30	P30 - P31	24.61	172°53'56"	662823.8648	9750248.1547
P31	P31 - P32	54.36	173°41'48"	662815.2072	9750225.1166
P32	P32 - P33	46.79	177°26'12"	662790.6128	9750176.6367
P33	P33 - P34	17.33	175°43'30"	662767.5985	9750135.8969
P34	P34 - P35	10.83	242°37'8"	662757.9754	9750121.4881
P35	P35 - P36	11.89	141°37'32"	662763.2045	9750112.0083
P36	P36 - P37	10.22	129°46'30"	662761.2429	9750100.2770
P37	P37 - P38	13.95	156°18'44"	662752.4214	9750095.1258
P38	P38 - P39	61.62	211°40'58"	662738.5589	9750093.5232
P39	P39 - P40	36.02	180°47'38"	662690.1850	9750055.3511
P40	P40 - P41	22.19	168°55'47"	662662.2172	9750032.6458
P41	P41 - P42	8.83	195°12'27"	662642.6266	9750022.2289
P42	P42 - P43	39.69	161°32'56"	662636.1924	9750016.1850
P43	P43 - P44	30.20	179°48'31"	662600.1460	9749999.5619
P44	P44 - P45	17.16	182°36'56"	662572.6816	9749987.0075
P45	P45 - P46	30.31	172°56'22"	662557.4188	9749979.1697

2. Agrícola del Pacífico Zona 1 Puntos levantados con RTK

P46	P46 - P47	12.49	170°58'59"	662528.9612	9749968.7438	
P47	P47 - P48	15.87	168°22'4"	662516.7024	9749966.3378	
P48	P48 - P49	77.62	164°52'48"	662500.8317	9749966.4841	
P49	P49 - P50	104.10	181°51'17"	662426.0885	9749987.4205	
P50	P50 - P51	62.10	179°26'3"	662324.9874	9750012.2408	6.6457
P51	P51 - P52	55.60	174°28'19"	662264.8295	9750027.6409	9.8994
P52	P52 - P53	57.22	172°3'2"	662212.5486	9750046.5530	6.2489
P53	P53 - P54	20.65	169°51'56"	662161.9526	9750073.2705	1.8994
P54	P54 - P55	85.64	173°0'35"	662145.6732	9750085.9761	0.7206
P55	P55 - P56	58.63	180°3'57"	662085.0748	9750146.4928	6.9223
P56	P56 - P57	55.56	182°36'19"	662043.5445	9750187.8718	3.5963
P57	P57 - P58	269.29	179°42'7"	662002.4439	9750225.2574	6.5071
P58	P58 - P59	90.11	183°48'25"	661804.1805	9750407.4942	8.0321
P59	P59 - P60	15.85	186°47'49"	661733.9335	9750463.9363	7.8328
P60	P60 - P61	18.06	188°52'50"	661720.4928	9750472.3299	9.5296
P61	P61 - P62	29.81	192°56'7"	661703.8786	9750479.4178	5.9330
P62	P62 - P63	241.41	184°55'38"	661674.5321	9750484.6814	8.6227
P63	P63 - P64	242.86	163°58'19"	661434.1274	9750506.7351	0.4353
P64	P64 - P65	146.31	178°39'36"	661207.8141	9750594.8320	1.5519
P65	P65 - P66	111.26	180°30'49"	661072.7490	9750651.0804	2.3850
P66	P66 - P67	32.40	71°2'30"	660969.6620	9750692.9310	8.9640
P67	P67 - P68	58.32	176°32'57"	660990.9431	9750717.3655	5.0460
P68	P68 - P69	20.48	185°31'20"	661031.8252	9750758.9601	9.6368
P69	P69 - P70	13.35	185°56'15"	661044.7110	9750774.8825	9.1983
P70	P70 - P71	32.85	187°5'38"	661051.9914	9750786.0738	
P71	P71 - P72	38.23	188°1'59"	661066.3674	9750815.6126	
P72	P72 - P73	27.73	185°52'23"	661078.1281	9750851.9846	
P73	P73 - P74	31.72	190°21'32"	661083.9144	9750879.1021	
P74	P74 - P75	46.86	188°33'14"	661084.8478	9750910.8110	
P75	P75 - P76	36.06	186°0'47"	661079.2440	9750957.3380	
P76	P76 - P77	114.53	183°42'0"	661071.2050	9750992.4922	
P77	P77 - P78	82.88	180°10'9"	661038.5207	9751102.2620	
P78	P78 - P79	54.19	175°27'36"	661014.6356	9751181.6227	
P79	P79 - P80	32.50	171°9'32"	661003.1737	9751234.5902	
P80	P80 - P81	29.90	180°12'41"	661001.2634	9751267.0388	
P81	P81 - P82	46.94	172°14'17"	660999.3958	9751296.8855	
P82	P82 - P83	13.67	180°13'0"	661002.8183	9751343.7001	
P83	P83 - P84	42.83	175°14'51"	661003.7637	9751357.3413	
P84	P84 - P85	48.52	176°4'4"	661010.2547	9751399.6750	
P85	P85 - P86	21.49	179°37'24"	661020.8807	9751447.0208	
P86	P86 - P87	40.96	171°54'49"	661025.7253	9751467.9611	
P87	P87 - P88	61.22	172°54'60"	661040.4776	9751506.1675	
P88	P88 - P89	34.02	175°51'58"	661069.4044	9751560.1249	
P89	P89 - P90	24.26	185°7'22"	661087.5992	9751588.8730	
P90	P90 - P91	18.69	182°57'27"	661098.6929	9751610.4526	
P91	P91 - P92	25.37	184°6'53"	661106.3710	9751627.4976	
P92	P92 - P93	27.69	184°27"	661115.1044	9751651.3177	
P93	P93 - P94	34.60	185°5'15"	661122.7823	9751677.9188	
P94	P94 - P95	38.28	189°46'33"	661129.3913	9751711.8800	
P95	P95 - P96	36.59	185°18'29"	661130.2174	9751750.1521	

ANEXO 3

3. Agrícola del Pacifico Zona 2 Puntos levantados con RTK

CUADRO DE CONSTRUCCION					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	73.89	127°41'5"	661225.9812	9752141.4758
P2	P2 - P3	45.77	169°11'33"	661171.8370	9752191.7526
P3	P3 - P4	34.40	173°11'12"	661133.0550	9752216.0535
P4	P4 - P5	34.77	173°14'50"	661101.9450	9752230.7312
P5	P5 - P6	93.66	177°26'53"	661068.9704	9752241.7678
P6	P6 - P7	60.35	178°14'27"	660978.9162	9752267.5112
P7	P7 - P8	27.93	174°29'39"	660920.4099	9752282.3094
P8	P8 - P9	36.06	171°18'42"	660892.7957	9752286.5293
P9	P9 - P10	12.42	180°0'0"	660856.7348	9752286.5293
P10	P10 - P11	14.84	174°36'32"	660844.3145	9752286.5293
P11	P11 - P12	14.87	174°57'12"	660829.5427	9752285.1352
P12	P12 - P13	23.29	174°38'11"	660814.9186	9752282.4412
P13	P13 - P14	121.19	178°25'17"	660792.5115	9752276.1000
P14	P14 - P15	397.18	179°19'43"	660676.8516	9752239.8984
P15	P15 - P16	37.30	171°37'17"	660299.2172	9752116.8227
P16	P16 - P17	21.88	169°34'58"	660265.8166	9752100.2207
P17	P17 - P18	21.11	169°49'21"	660248.3060	9752087.0985
P18	P18 - P19	18.55	175°46'38"	660233.9151	9752071.6528
P19	P19 - P20	14.02	174°2'44"	660222.3009	9752057.1831
P20	P20 - P21	20.38	172°17'24"	660214.7087	9752045.4014
P21	P21 - P22	9.81	173°34'33"	660206.0671	9752026.9437
P22	P22 - P23	21.23	176°9'15"	660202.9271	9752017.6475
P23	P23 - P24	9.09	174°18'14"	660197.4983	9751997.1266
P24	P24 - P25	4.50	177°2'25"	660196.0574	9751988.1531
P25	P25 - P26	14.86	176°22'43"	660195.5749	9751983.6840
P26	P26 - P27	157.06	173°24'18"	660194.9161	9751968.8392
P27	P27 - P28	62.18	180°36'60"	660206.0197	9751812.1720
P28	P28 - P29	31.50	182°1'47"	660209.7478	9751750.1056
P29	P29 - P30	44.53	185°49'48"	660210.5217	9751718.6106
P30	P30 - P31	15.39	183°1'11"	660207.0880	9751674.2131
P31	P31 - P32	942.47	183°5'46"	660205.0945	9751658.9516
P32	P32 - P33	7.91	106°57'48"	660032.7241	9750732.3756
P33	P33 - P34	67.64	253°20'43"	660039.7399	9750728.7232
P34	P34 - P35	17.04	178°23'20"	660027.0108	9750662.2889
P35	P35 - P36	5.94	177°35'45"	660024.2755	9750645.4670
P36	P36 - P37	28.15	167°12'37"	660023.5686	9750639.5662
P37	P37 - P38	44.55	197°9'47"	660026.4905	9750611.5710
P38	P38 - P39	58.95	176°35'28"	660017.8338	9750567.8694
P39	P39 - P40	7.30	201°59'36"	660009.8380	9750509.4641
P40	P40 - P41	19.50	160°27'4"	660006.2126	9750503.1309

P40	P40 - P41	19.50	160°27'4"	660006.2126	9750503.1309
P41	P41 - P42	7.36	158°54'38"	660002.7455	9750483.9391
P42	P42 - P43	55.29	95°43'16"	660004.1318	9750476.7060
P43	P43 - P44	91.38	169°10'17"	660059.2040	9750481.6482
P44	P44 - P45	186.44	179°24'33"	660147.0615	9750506.7691
P45	P45 - P46	43.78	174°12'4"	660325.7758	9750559.8678
P46	P46 - P47	37.05	174°31'56"	660366.2725	9750576.5150
P47	P47 - P48	57.88	156°15'34"	660399.0409	9750593.8021
P48	P48 - P49	48.30	176°40'22"	660435.0273	9750639.1322
P49	P49 - P50	9.23	144°52'55"	660462.8104	9750678.6372
P50	P50 - P51	26.93	117°55'47"	660462.8104	9750687.8704
P51	P51 - P52	19.99	192°3'21"	660439.0172	9750700.4840
P52	P52 - P53	13.25	200°10'26"	660423.7020	9750713.3284
P53	P53 - P54	8.27	209°50'26"	660417.1095	9750724.8209
P54	P54 - P55	93.90	205°34'41"	660417.1095	9750733.0898
P55	P55 - P56	20.12	227°16'23"	660457.6502	9750817.7882
P56	P56 - P57	23.32	191°28'6"	660476.8759	9750823.7207
P57	P57 - P58	23.35	189°4'6"	660500.0844	9750826.0293
P58	P58 - P59	30.29	190°26'52"	660523.3943	9750824.6495
P59	P59 - P60	30.17	187°44'8"	660552.8030	9750817.4067
P60	P60 - P61	124.11	188°50'31"	660580.8632	9750806.3133
P61	P61 - P62	27.82	198°35'9"	660687.8953	9750743.4856
P62	P62 - P63	22.04	178°29'19"	660706.1484	9750722.4887
P63	P63 - P64	14.95	169°39'46"	660721.0445	9750706.2397
P64	P64 - P65	12.61	159°29'13"	660732.9619	9750697.2103
P65	P65 - P66	14.23	168°22'5"	660745.0488	9750693.5985
P66	P66 - P67	15.67	170°4'41"	660759.2255	9750692.3569
P67	P67 - P68	12.96	169°15'29"	660774.8409	9750693.7003
P68	P68 - P69	13.39	168°1'56"	660787.3232	9750697.1992
P69	P69 - P70	22.62	176°48'13"	660799.1841	9750703.4070
P70	P70 - P71	59.87	178°15'15"	660818.6069	9750714.9958
P71	P71 - P72	61.95	176°2'36"	660869.0663	9750747.2270
P72	P72 - P73	43.04	175°36'25"	660918.8451	9750784.0956
P73	P73 - P74	19.42	164°59'11"	660951.3668	9750812.2851
P74	P74 - P75	37.68	172°28'14"	660962.2442	9750828.3705
P75	P75 - P76	14.53	172°5'31"	660979.0808	9750862.0832
P76	P76 - P77	13.16	172°48'46"	660983.7219	9750875.8500
P77	P77 - P78	36.08	169°1'3"	660986.3325	9750888.7473
P78	P78 - P79	39.21	170°0'26"	660986.6225	9750924.8306
P79	P79 - P80	46.62	177°35'9"	660980.1285	9750963.5041
P80	P80 - P81	160.32	175°24'39"	660970.4777	9751009.1173

P81	P81 - P82	46.23	183°50'16"	660924.8485	9751162.8097
P82	P82 - P83	49.20	184°57'32"	660914.6866	9751207.9101
P83	P83 - P84	22.92	185°22'32"	660908.0612	9751256.6628
P84	P84 - P85	50.86	183°42'15"	660907.1160	9751279.5672
P85	P85 - P86	37.58	184°5'16"	660908.3061	9751330.4107
P86	P86 - P87	61.38	183°12'26"	660911.8608	9751367.8173
P87	P87 - P88	55.10	185°16'30"	660921.0774	9751428.5020
P88	P88 - P89	53.15	187°5'26"	660934.3237	9751481.9840
P89	P89 - P90	146.25	187°54'2"	660953.3730	9751531.6053
P90	P90 - P91	28.56	171°13'33"	661024.0573	9751659.6387
P91	P91 - P92	42.45	170°40'0"	661033.8850	9751686.4540
P92	P92 - P93	27.57	169°12'20"	661041.8347	9751728.1496
P93	P93 - P94	100.28	165°48'56"	661041.8347	9751755.7203
P94	P94 - P95	30.15	186°18'24"	661017.2621	9751852.9419
P95	P95 - P96	21.59	182°47'8"	661013.1304	9751882.8031
P96	P96 - P97	24.22	188°40'17"	661011.2143	9751904.3064
P97	P97 - P98	21.68	186°27'38"	661012.7262	9751928.4779
P98	P98 - P99	28.56	190°5'17"	661016.5059	9751949.8267
P99	P99 - P100	34.64	187°51'14"	661026.3337	9751976.6420
P100	P100 - P101	36.87	197°2'31"	661042.5872	9752007.2340
P101	P101 - P102	33.09	188°30'53"	661068.6686	9752033.2939
P102	P102 - P103	37.13	191°35'26"	661095.2792	9752052.9572
P103	P103 - P104	40.59	181°44'43"	661128.9659	9752068.5734
P104	P104 - P105	30.52	167°34'39"	661166.2942	9752084.5150
P105	P105 - P106	44.47	175°13'33"	661191.1295	9752102.2614
P106	P106 - P1	10.48	135°30'59"	661225.0322	9752131.0356

ANEXO 4

4. Presupuesto referencial Vuelo con Dron Isabel María y APUS

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	Vuelo con Dron	Ha	306.00	\$ 35.79	\$ 10,951.74
2	Ortomosaico	Ha	450.00	\$ 13.51	\$ 6,079.50
TOTAL					\$ 17,031.24

CÓDIGO : 1
 RUBRO : Vuelo con Dron

HOJA : 1 DE 1
 UNIDAD : Ha

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
DRON MAVIJ 3M	1.00	\$ 200.00	\$ 200.00	0.07	\$ 14.0000
BASE RTK	1	\$ 60.00	\$ 60.00	0.07	\$ 4.2000
SUBTOTAL M					\$ 18.2000

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1.00	4.14	\$ 4.14	0.1	\$ 0.4140
CADENERO	1.00	4.19	\$ 4.19	0.1	\$ 0.4190
TOPOGRAFO	1.00	4.65	\$ 4.65	0.2	\$ 0.9300
					\$ -
SUBTOTAL N					\$ 1.7630

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
MOQUETA DE CAUCHO DE 1X1	U	1.00	\$ 5.60	\$ 5.6000	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
SUBTOTAL O				\$ 5.6000	

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B
SUBTOTAL P				\$ -

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 25.5630
INDIRECTOS (%)	15.00%	\$ 3.8345
UTILIDAD (%)	25.00%	\$ 6.3908
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 35.79

CÓDIGO : 2
 RUBRO : Ortomosaico

HOJA : 1 DE 2
 UNIDAD : Ha

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
EQUIPO PARA PROCESAMIENTO DE DATOS	1.00	\$ 5.00	\$ 5.00	1.00	\$ 5.0000
SUBTOTAL M					\$ 5.0000

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
TOPOGRAFO	1.00	4.65	\$ 4.65	1	\$ 4.6500
SUBTOTAL N					\$ 4.6500

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
SUBTOTAL O					\$ -

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
SUBTOTAL P					\$ -

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 9.6500
INDIRECTOS (%)	15.00%	\$ 1.4475
UTILIDAD (%)	25.00%	\$ 2.4125
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 13.51

ANEXO 5

5. Presupuesto referencial levantamiento con GPS Diferencial Isabel

María y APUS

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	Levantamiento de puntos estáticos método PPK	u	5.00	\$ 284.41	\$ 1,422.05
2	Puntos estáticos rápidos	u	351.00	\$ 27.68	\$ 9,715.68
TOTAL					\$ 11,137.73

RUBRO: Levantamiento de puntos estáticos método PPK

UNIDAD : u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% M.O.	0.05	\$ 0.47	\$ 0.02	1.00	\$ 0.0235
EQUIPO TOPOGRAFICO RTK	1.00	\$ 60.00	\$ 60.00	2.00	\$ 120.0000
SUBTOTAL M					\$ 120.0235

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1.00	4.14	\$ 4.14	2	\$ 8.2800
CADENERO	1.00	4.19	\$ 4.19	2	\$ 8.3800
TOPOGRAFO	1.00	4.65	\$ 4.65	2	\$ 9.3000
SUBTOTAL N					\$ 25.9600

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
PLACA DE ALUMINIO NORMADA POR EL IGM	U	1.00	\$ 50.00	\$ 50.0000	
AGUA	M3	0.05	\$ 0.74	\$ 0.0370	
ARENA	M3	0.021	\$ 8.25	\$ 0.1733	
RIPIO	M3	0.014	\$ 14.55	\$ 0.2037	
ADITIVO PLASTIFICANTE	KG	0.058	\$ 2.70	\$ 0.1566	
CEMENTO	SACO	0.017	\$ 8.50	\$ 0.1445	
CLAVOS DE 2"	KG	0.1	\$ 2.13	\$ 0.2130	
TIRA DE 7CM	M	2	\$ 0.50	\$ 1.0000	
TUBO PVC 6"	M	1	\$ 5.24	\$ 5.2400	
SUBTOTAL O				\$ 57.1681	

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B
SUBTOTAL P				\$ -

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 203.1516
INDIRECTOS (%)	15.00%	\$ 30.4727
UTILIDAD (%)	25.00%	\$ 50.7879
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 284.41

RUBRO : Puntos Moviles

UNIDAD : u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% M.O.	0.05	\$ 0.47	\$ 0.02	1.00	\$ 0.0235
EQUIPO TOPOGRAFICO RTK	1.00	\$ 80.00	\$ 80.00	0.20	\$ 16.0000
SUBTOTAL M					\$ 16.0235

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	2.00	4.14	\$ 8.28	0.2	\$ 1.6560
CADENERO	1.00	4.19	\$ 4.19	0.2	\$ 0.8380
TOPOGRAFO	1.00	4.65	\$ 4.65	0.2	\$ 0.9300
			\$ -		\$ -
SUBTOTAL N					\$ 3.4240

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
CLAVOS TOPOGRAFICOS	U	1	\$ 0.30	\$ 0.3000	
PINTURA EN SPARY	M3	0.01	\$ 2.50	\$ 0.0250	
SUBTOTAL O				\$ 0.3250	

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B
SUBTOTAL P				\$ -

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 19.7725
INDIRECTOS (%)	15.00%	\$ 2.9659
UTILIDAD (%)	25.00%	\$ 4.9431
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 27.68

ANEXO 6

6. Presupuesto referencial levantamiento con Vuelo de Dron Agrícola

Del Pacifico Zona 1 y APUS

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	Vuelo con Dron	Ha	210.35	\$ 35.79	\$ 7,528.43
2	Ortomosaico	Ha	280.00	\$ 13.51	\$ 3,782.80
TOTAL					\$ 11,311.23

CÓDIGO : 1
 RUBRO : Vuelo con Dron

HOJA : 1 DE 1
 UNIDAD : Ha

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
DRON MAVIJ 3M	1.00	\$ 200.00	\$ 200.00	0.07	\$ 14.0000
BASE RTK	1	\$ 60.00	\$ 60.00	0.07	\$ 4.2000
SUBTOTAL M					\$ 18.2000

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1.00	4.14	\$ 4.14	0.1	\$ 0.4140
CADENERO	1.00	4.19	\$ 4.19	0.1	\$ 0.4190
TOPOGRAFO	1.00	4.65	\$ 4.65	0.2	\$ 0.9300
					\$ -
SUBTOTAL N					\$ 1.7630

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
MOQUETA DE CAUCHO DE 1X1	U	1.00	\$ 5.60	\$ 5.6000	
				\$ -	
				\$ -	
SUBTOTAL O				\$ 5.6000	

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B
				\$ -
SUBTOTAL P				\$ -

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 25.5630
INDIRECTOS (%)	15.00%	\$ 3.8345
UTILIDAD (%)	25.00%	\$ 6.3908
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 35.79

CÓDIGO : 2
 RUBRO : Ortomosaico

HOJA : 1 DE 2
 UNIDAD : Ha

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
EQUIPO PARA PROCESAMIENTO DE DATOS	1.00	\$ 5.00	\$ 5.00	1.00	\$ 5.0000
SUBTOTAL M					\$ 5.0000

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
TOPOGRAFO	1.00	4.65	\$ 4.65	1	\$ 4.6500
SUBTOTAL N					\$ 4.6500

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
SUBTOTAL O					\$ -

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
SUBTOTAL P					\$ -

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 9.6500
INDIRECTOS (%)	15.00%	\$ 1.4475
UTILIDAD (%)	25.00%	\$ 2.4125
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 13.51

ANEXO 7

7. Presupuesto referencial levantamiento con GPS Diferencial Agrícola

Del Pacifico Zona 1 y APUS

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	Levantamiento de puntos estáticos método PPK	u	2.00	\$ 284.41	\$ 568.82
2	Puntos estáticos rápidos	u	115.00	\$ 27.68	\$ 3,183.20
TOTAL					\$ 3,752.02

RUBRO: Levantamiento de puntos estáticos método PPK

UNIDAD: u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% M.O.	0.05	\$ 0.47	\$ 0.02	1.00	\$ 0.0235
EQUIPO TOPOGRAFICO RTK	1.00	\$ 60.00	\$ 60.00	2.00	\$ 120.0000
SUBTOTAL M					\$ 120.0235

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1.00	4.14	\$ 4.14	2	\$ 8.2800
CADENERO	1.00	4.19	\$ 4.19	2	\$ 8.3800
TOPOGRAFO	1.00	4.65	\$ 4.65	2	\$ 9.3000
SUBTOTAL N					\$ 25.9600

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
PLACA DE ALUMINIO NORMADA POR EL IGM	U	1.00	\$ 50.00	\$ 50.0000	
AGUA	M3	0.05	\$ 0.74	\$ 0.0370	
ARENA	M3	0.021	\$ 8.25	\$ 0.1733	
RIPIO	M3	0.014	\$ 14.55	\$ 0.2037	
ADITIVO PLASTIFICANTE	KG	0.058	\$ 2.70	\$ 0.1566	
CEMENTO	SACO	0.017	\$ 8.50	\$ 0.1445	
CLAVOS DE 2"	KG	0.1	\$ 2.13	\$ 0.2130	
TIRA DE 7CM	M	2	\$ 0.50	\$ 1.0000	
TUBO PVC 6"	M	1	\$ 5.24	\$ 5.2400	
SUBTOTAL O				\$ 57.1681	

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B
SUBTOTAL P				\$ -

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 203.1516
INDIRECTOS (%)	15.00%	\$ 30.4727
UTILIDAD (%)	25.00%	\$ 50.7879
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 284.41

RUBRO: Puntos estáticos rápidos

UNIDAD: u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% M.O.	0.05	\$ 0.47	\$ 0.02	1.00	\$ 0.0235
EQUIPO TOPOGRAFICO RTK	1.00	\$ 80.00	\$ 80.00	0.20	\$ 16.0000
SUBTOTAL M					\$ 16.0235

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	2.00	4.14	\$ 8.28	0.2	\$ 1.6560
CADENERO	1.00	4.19	\$ 4.19	0.2	\$ 0.8380
TOPOGRAFO	1.00	4.65	\$ 4.65	0.2	\$ 0.9300
			\$ -		\$ -
SUBTOTAL N					\$ 3.4240

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
CLAVOS TOPOGRAFICOS	U	1	\$ 0.30	\$ 0.3000	
PINTURA EN SPARY	M3	0.01	\$ 2.50	\$ 0.0250	
SUBTOTAL O				\$ 0.3250	

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
SUBTOTAL P				\$ -	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 19.7725
INDIRECTOS (%)	15.00%	\$ 2.9659
UTILIDAD (%)	25.00%	\$ 4.9431
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 27.68

ANEXO 8

8. Presupuesto referencial Vuelo con Dron Agrícola del Pacifico Zona 2 y APUS

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	Vuelo con Dron	Ha	131.35	\$ 35.79	\$ 4,701.02
2	Ortomosaico	Ha	315.69	\$ 13.51	\$ 4,264.97
TOTAL					\$ 8,965.99

CÓDIGO : 1
 RUBRO : Vuelo con Dron

HOJA : 1 DE 1
 UNIDAD : Ha

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
DRON MAVIJ 3M	1.00	\$ 200.00	\$ 200.00	0.07	\$ 14.0000
BASE RTK	1	\$ 60.00	\$ 60.00	0.07	\$ 4.2000
SUBTOTAL M					\$ 18.2000

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1.00	4.14	\$ 4.14	0.1	\$ 0.4140
CADENERO	1.00	4.19	\$ 4.19	0.1	\$ 0.4190
TOPOGRAFO	1.00	4.65	\$ 4.65	0.2	\$ 0.9300
					\$ -
SUBTOTAL N					\$ 1.7630

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
MOQUETA DE CAUCHO DE 1X1	U	1.00	\$ 5.60	\$ 5.6000	
				\$ -	
				\$ -	
SUBTOTAL O				\$ 5.6000	

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B
SUBTOTAL P				\$ -

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 25.5630
INDIRECTOS (%)	15.00%	\$ 3.8345
UTILIDAD (%)	25.00%	\$ 6.3908
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 35.79

CÓDIGO : 2
 RUBRO : Ortomosaico

HOJA : 1 DE 2
 UNIDAD : Ha

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
EQUIPO PARA PROCESAMIENTO DE DATOS	1.00	\$ 5.00	\$ 5.00	1.00	\$ 5.0000
SUBTOTAL M					\$ 5.0000

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
TOPOGRAFO	1.00	4.65	\$ 4.65	1	\$ 4.6500
SUBTOTAL N					\$ 4.6500

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
SUBTOTAL O					\$ -

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
SUBTOTAL P					\$ -

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 9.6500
INDIRECTOS (%)	15.00%	\$ 1.4475
UTILIDAD (%)	25.00%	\$ 2.4125
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 13.51

ANEXO 9

9. Presupuesto referencial levantamiento con GPS Diferencial Agrícola del Pacifico Zona 2 y APUS

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	Levantamiento de puntos estáticos método PPK	u	2.00	\$ 284.41	\$ 568.82
2	Puntos estáticos rápidos	u	106.00	\$ 27.68	\$ 2,934.08
TOTAL					\$ 3,502.90

RUBRO: Levantamiento de puntos estáticos método PPK

UNIDAD : u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% M.O.	0.05	\$ 0.47	\$ 0.02	1.00	\$ 0.0235
EQUIPO TOPOGRAFICO RTK	1.00	\$ 60.00	\$ 60.00	2.00	\$ 120.0000
SUBTOTAL M					\$ 120.0235

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1.00	4.14	\$ 4.14	2	\$ 8.2800
CADENERO	1.00	4.19	\$ 4.19	2	\$ 8.3800
TOPOGRAFO	1.00	4.65	\$ 4.65	2	\$ 9.3000
SUBTOTAL N					\$ 25.9600

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B
PLACA DE ALUMINIO NORMADA POR EL IGM	U	1.00	\$ 50.00	\$ 50.0000
AGUA	M3	0.05	\$ 0.74	\$ 0.0370
ARENA	M3	0.021	\$ 8.25	\$ 0.1733
RIPIO	M3	0.014	\$ 14.55	\$ 0.2037
ADITIVO PLASTIFICANTE	KG	0.058	\$ 2.70	\$ 0.1566
CEMENTO	SACO	0.017	\$ 8.50	\$ 0.1445
CLAVOS DE 2"	KG	0.1	\$ 2.13	\$ 0.2130
TIRA DE 7CM	M	2	\$ 0.50	\$ 1.0000
TUBO PVC 6"	M	1	\$ 5.24	\$ 5.2400
SUBTOTAL O				\$ 57.1681

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B
SUBTOTAL P				\$ -

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 203.1516
INDIRECTOS (%)	15.00%	\$ 30.4727
UTILIDAD (%)	25.00%	\$ 50.7879
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 284.41

RUBRO: Puntos estáticos rápidos

UNIDAD: u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% M.O.	0.05	\$ 0.47	\$ 0.02	1.00	\$ 0.0235
EQUIPO TOPOGRAFICO RTK	1.00	\$ 80.00	\$ 80.00	0.20	\$ 16.0000
SUBTOTAL M					\$ 16.0235

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	2.00	4.14	\$ 8.28	0.2	\$ 1.6560
CADENERO	1.00	4.19	\$ 4.19	0.2	\$ 0.8380
TOPOGRAFO	1.00	4.65	\$ 4.65	0.2	\$ 0.9300
			\$ -		\$ -
SUBTOTAL N					\$ 3.4240

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
CLAVOS TOPOGRAFICOS	U	1	\$ 0.30	\$ 0.3000	
PINTURA EN SPARY	M3	0.01	\$ 2.50	\$ 0.0250	
SUBTOTAL O				\$ 0.3250	

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO	COSTO D=A*B	
SUBTOTAL P				\$ -	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 19.7725
INDIRECTOS (%)	15.00%	\$ 2.9659
UTILIDAD (%)	25.00%	\$ 4.9431
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 27.68