

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Aplicación de la fotogrametría en el diseño de una
ampliación por demanda en la red de distribución
eléctrica secundaria**

Marcelo Jesus Vicuña Gaspar

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Jezzy James Humán Rojas
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 8 de Setiembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA EN EL DISEÑO DE UNA AMPLIACIÓN POR DEMANDA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SECUNDARIA

Autores:

1. Marcelo Jesús Vicuña Gaspar – EAP. Ingeniería Eléctrica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas:15
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

ASESOR

Ing. Jezzy James Huamán Rojas

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por otorgarme salud, sabiduría, perseverancia y fortaleza para alcanzar mis objetivos y seguir con mis metas

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de la Universidad Continental, por haber dejado desarrollarme profesionalmente en sus aulas y con los excelentes docentes.

Al Asesor Ing. Jezzy James Huamán Rojas, por su experiencia y sugerencias pude desarrollar este camino de la investigación.

DEDICATORIA

A mis padres que con su ayuda y apoyo incondicional me orientaron al buen camino y cumplir con mis metas propuestas, que a pesar de los momentos difíciles que atravesamos, no dejaron de ayudarme y alcanzar este gran logro en mi vida profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ASESOR	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPITULO I	14
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1 Planteamiento del Problema.....	14
1.2 Formulación del Problema.....	15
1.2.1. Problema General.....	15
1.2.2. Problema Específico	15
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1. Objetivo General	15
1.3.2. Objetivo Específico.....	15
1.4 Justificación e Importancia	15
1.5 Delimitación del proyecto.....	16
1.6 Formulación de Hipótesis	16
1.6.1. Hipótesis General.....	16
1.6.2. Hipótesis Específicas	16
1.7 Descripción de Variables	16
1.7.1. Variable Independiente: Diseño de una ampliación en la red de distribución secundaria	16
1.7.2. Variable Dependiente: Tiempo	16
1.8 Operacionalización de Variables	17
CAPITULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	19
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes Nacionales	20
2.2. Bases Teóricas	21

2.2.1.	Ley Aeronáutica Civil del Perú N°27261 MTC-DGAC	21
2.2.2.	RPA (Aeronave pilotada remotamente) y RPAS (Sistema de Aeronave pilotada remotamente)	21
2.2.3.	Clasificación del RPA	22
2.2.4.	Principales UVA 'S usados en el trabajo de Ingeniería	22
2.2.5.	Componentes del RPAS.....	26
2.2.6.	Fotogrametría con RPAS	27
2.2.6.1.	Fotogrametría Analógica	27
2.2.6.2.	Fotogrametría Analítica	28
2.2.6.3.	Fotogrametría Digital.....	28
2.2.7.	Vuelo Fotogramétrico	29
2.2.8.	Diseño de Proyectos Eléctricos.....	35
2.2.8.1.	Formulación del Proyecto de Distribución	35
2.2.9.	Sistema de Distribución Eléctrica	35
2.2.9.1.	Redes de distribución aéreas	36
2.2.9.2.	Redes de distribución subterránea.....	37
2.2.10.	Clasificación de las redes de distribución de acuerdo a los voltajes nominales	39
2.2.11.	Clasificación de las redes de distribución de acuerdo a su ubicación geográfica	39
2.2.11.1.	Redes de distribución urbanas	39
2.2.11.2.	Redes de distribución rurales.....	40
2.2.12.	Clasificación de las redes de distribución de acuerdo al tipo de cargas...	41
2.2.12.1.	Redes de distribución para cargas residenciales	41
2.2.12.2.	Redes de distribución para cargas comerciales.....	41
2.2.12.3.	Redes de distribución para cargas industriales	41
2.2.12.4.	Redes de distribución para cargas de alumbrado público.....	41
2.2.12.5.	Redes de distribución para cargas mixtas	41
2.2.13.	Distancias Mínimas de Seguridad.....	42
2.2.14.	Levantamiento Topográfico convencional.....	43
2.2.15.	Estación Total	46
2.2.16.	Autocad.....	48
2.2.17.	RedCad.....	48
2.3.	Definición de Términos Básicos	49
CAPITULO III.....		50
METODOLOGÍA		50
3.1.	Métodos, tipo y nivel de investigación	50

3.1.1.	Método de la investigación	50
3.1.2.	Tipo de la investigación	50
3.1.3.	Alcance de la investigación.....	50
3.1.4.	Diseño de la investigación	50
3.2.	Población y muestra de la investigación	51
3.2.1.	Población.....	51
3.2.2.	Muestra	51
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	51
3.3.1.	Técnica.....	51
3.3.2.	Instrumento	51
CAPITULO IV.....		52
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		52
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	52
4.1.1.	Ubicación del área del proyecto de investigación.....	52
4.1.2.	Levantamiento topográfico con estación total	53
4.1.2.1.	Reconocimiento del área seleccionada	53
4.1.2.2.	Georreferenciación.....	54
4.1.2.3.	Recolección de datos.....	55
4.1.2.4.	Recolección de información complementaria.....	55
4.1.2.5.	Procesamiento de información.....	57
4.1.3.	Levantamiento topográfico con dron	57
4.1.3.1.	Reconocimiento de la zona del proyecto	57
4.1.3.2.	Elaboración del plan de vuelo.....	58
4.1.3.3.	Establecimiento de punto de control.....	58
4.1.3.4.	Vuelo y recolección de datos	61
4.1.3.5.	Procesamiento de las fotografías obtenidas	62
4.1.3.6.	Adquisición de los productos digitales	63
4.1.4.	Evaluación de Costos	67
4.1.5.	Evaluación de Alternativas de Solución	69
4.1.6.	Diseño de Alternativas de Solución	69
4.1.7.	Análisis Estadístico de Soluciones.....	71
4.2.	Prueba de Hipótesis.....	76
4.2.1.	Análisis de los Resultados e Hipótesis General	76
4.2.2.	Análisis de los resultados e hipótesis específicas	76
4.3.	Discusión de los Resultados.....	77
CONCLUSIONES		78

RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS	83

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1 Operacionalización de Variables.....	17
Tabla N° 2 Características Técnicas del Drone TRIMBLE UX5	23
Tabla N° 3 Características del drone PHANTHOM 4 RTK.	25
Tabla N° 4 Recomendaciones de configuración de superposición de imágenes	31
Tabla N° 5 Niveles de tensión	39
Tabla N° 6 Distancia Vertical a Nivel del Suelo o Superficies.....	42
Tabla N° 7 Cruces o adyacentes de Conductores en diferentes estructuras de soporte	42
Tabla N° 8 Distancias de Seguridad de conductores a edificaciones y otras instalaciones	43
Tabla N° 9 Tipo y nivel de investigación	50
Tabla N° 10 Ubicación del proyecto.....	52
Tabla N° 11 Puntos de control	59
Tabla N° 12 Costo levantamiento topográfico con drone.....	67
Tabla N° 13 Costo levantamiento topográfico con estación total	68
Tabla N° 14 Factores de la variable independiente.....	69
Tabla N° 15 Matriz de Soluciones	69
Tabla N° 16 Matriz de Tratamientos	70
Tabla N° 17 Matriz de Soluciones	70
Tabla N° 18 Coeficientes codificados.....	74
Tabla N° 19 Resumen del modelo	75
Tabla N° 20 Análisis de Varianza.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Drone TRIMBLE UX5.	23
Figura N° 2. Drone PHANTHOM 4 y mando control.	24
Figura N° 3. Módulo Estación Móvil RTK.	25
Figura N° 4 Proceso de levantamiento topográfico con drone.	33
Figura N° 5. Ubicación del departamento del Proyecto de investigación.	52
Figura N° 6. Ubicación del área del Proyecto de ampliación de red secundaria.	53
Figura N° 7. Zona del área seleccionada.	54
Figura N° 8. Establecimiento de punto Referencial inicial.	54
Figura N° 9. Nivelación la Estación total.	55
Figura N° 10. Personal con prisma para la medición de puntos.	56
Figura N° 11. Prismas con jalón usados en el levantamiento topográfico.	56
Figura N° 12. Pasos para el levantamiento topográfico con drone.	57
Figura N° 13. Plan de vuelo en el programa DRONELINK, altitud de vuelo y GSD.	58
Figura N° 14. Distribución de los puntos de control.	59
Figura N° 15. Medición de puntos de control.	60
Figura N° 16. Estableciendo puntos de control en software PIX4D.	60
Figura N° 17. Despegue del DRONE PHANTOM 4 PRO.	61
Figura N° 18. Fotografías tomadas por el drone.	62
Figura N° 19. Alineamiento de las fotografías.	62
Figura N° 20. Modelo digital de elevaciones.	63
Figura N° 21. Ortomosaico.	64
Figura N° 22. Nube de puntos.	64
Figura N° 23. Nube de puntos.	65
Figura N° 24. Malla 3D – Vista.	65
Figura N° 25. Malla 3D – Vista 2.	66
Figura N° 26. Curvas de nivel.	66
Figura N° 27. Residuos para Eficiencia (S).	71
Figura N° 28. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.	72
Figura N° 29. Gráfica de efectos principales para Eficiencia (S).	73
Figura N° 30. Gráfica de interacción para h.	73
Figura N° 31. Gráfica normal de efectos estandarizados.	74

RESUMEN

TÍTULO: APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA EN EL DISEÑO DE UNA AMPLIACIÓN POR DEMANDA EN LA RED DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SECUNDARIA

AUTOR: Marcelo Jesús Vicuña Gaspar

La tesis tiene como título: “APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA EN EL DISEÑO DE UNA AMPLIACIÓN POR DEMANDA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SECUNDARIA”, el objetivo general es aplicar la fotogrametría con dron para el diseño de una ampliación de una red secundaria, por lo que se seguirá un adecuado proceso en el levantamiento de topografía con dron, mediante una planificación de vuelo, trabajos de campo para vuelo (obtención de datos de campo a nivel de suelo en la zona de estudio) y el post-procesamiento de la información, conocido como fotogrametría, con el fin de demostrar que existe una efectividad y agilidad en el proceso de diseño a comparación del trabajo convencional mediante equipos estáticos electrónicos. La metodología a seguir será cuantitativa, de tipo tecnológico, nivel experimental, tipo de diseño de investigación factorial experimental de 2x2, ya que se dejará intacta las tomas de datos en campo, utilizando las técnicas de recolección de datos por el método de recolección de datos empírica de la observación, realizando contacto directo con entrevistas a ingenieros profesionales con experiencias en los dos métodos de trabajo, con el propósito de comprobar que aplicando la fotogrametría en el desarrollo de un proyecto de ampliación existe una mayor eficiencia, disminuyendo los errores y el tiempo para la culminación de planos.

Palabras claves: Fotogrametría, diseño de una red de distribución secundaria.

ABSTRACT

TITLE: APPLICATION OF PHOTOGRAMMETRY IN THE DESIGN OF AN EXTENSION BY DEMAND OF A SECONDARY DISTRIBUTION NETWORK

AUTHOR: Marcelo Jesús Vicuña Gaspar

The thesis is entitled: "APPLICATION OF PHOTOGRAMMETRY IN THE DESIGN OF AN EXTENSION BY DEMAND OF A SECONDARY DISTRIBUTION NETWORK", the general objective is to apply photogrammetry with drone for the design of an extension of a secondary network, so that an adequate process will be followed in the survey of topography with drone, through flight planning, field work for flight (obtaining field data at ground level in the study area) and the post-processing of information, known as photogrammetry, in order to demonstrate that there is an effectiveness and agility in the design process compared to conventional work using static electronic equipment. The methodology to be followed will be quantitative, technological, experimental level, type of 2x2 experimental factorial research design since the data collection in the field will be left intact, using the data collection techniques by the method of empirical data collection of observation, making direct contact with interviews with professional engineers with experiences in the two working methods. with the purpose of verifying that applying photogrammetry in the development of an expansion project there is greater efficiency, reducing errors and the time for the completion of plans.

Keywords: Photogrammetry, Design of a network secondary

INTRODUCCIÓN

La ampliación de redes secundarias en la localidad de La Perla, en la provincia de Chupaca y en el departamento de Junín será parte del trabajo de tesis, ya que el uso de nuevas herramientas y avances tecnológicos es crucial para agilizar los trabajos, especialmente en el campo, con el fin de poder llevar a cabo un proyecto de calidad.

La planificación del vuelo, la ejecución del vuelo sobre el área a intervenir, la descarga y el postproceso de las imágenes para el debido procesamiento, tener los productos finales, identificar los puntos de la nueva proyección de estructuras y las interferencias que puedan existir en la zona del proyecto, teniendo en cuenta los factores a considerar y las mediciones necesarias, son los procesos que se deben realizar para el levantamiento de información de campo.

Asimismo, con el complemento de programas de diseño que permiten el uso de estos productos que entrega la fotogrametría, colaborando en el avance de realización de planos y la reducción del costo y tiempo en entregar proyectos, son importantes para la continuidad del servicio eléctrico.

En ese contexto, como base fundamental del desarrollo de estos proyectos, el objetivo del trabajo de investigación, es contar con un estudio que permita alcanzar dicho objetivo, por lo que, la presente investigación tiene como propósito realizar el diseño del proyecto “Ampliación de las redes secundarias en la localidad de La Perla, en la provincia Chupaca y departamento de Junín”. Por ello, la tesis tendrá la siguiente división:

Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

Capítulo II: MARCO TEÓRICO

Capítulo III: METODOLOGÍA

Capítulo IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento del Problema

Cada empresa concesionaria de distribución eléctrica tiene la obligación de planificar proyectos que solucionen el suministro necesario para el aumento de la demanda y la duración del suministro eléctrico debido a que los lugares son lejanos y poco accesibles, lo cual complica el problema de electrificación en Perú.

Por lo tanto, en los proyectos se deben cumplir procesos y fases de manera correlativa; en el ámbito del diseño, tiene procesos indispensables, uno de los cuales es la topografía, requieren tiempo y tiene un costo. Debido a la tecnología, el uso de la fotogrametría para el levantamiento de datos está avanzando a nivel mundial. Por lo tanto, los drones, también conocidos como vehículos aéreos no tripulados o Unmanned Aerial Vehicle (UAV), se utilizan para la supervisión de instalaciones existentes y para mejorar la información y los resultados obtenidos después de un trabajo de levantamiento fotogramétrico. Esto ayuda a que se cumplan las normas y se puedan identificar las interferencias que puedan existir en campo.

Para su aplicación en el sector civil, el uso de los drones para el levantamiento topográfico con la fotogrametría está empezando a ser más popular. Por eso, es necesario tener en cuenta los parámetros para realizar una planificación de vuelo adecuada. En el sector eléctrico, el uso del dron se está considerando, como unas de las alternativas de levantamiento de información, para distintas actividades en el ámbito de supervisión y consultoría. (1)

Se están realizando actualmente en todo el país, la metodología convencional, para proyectos de electrificación con el objetivo de obtener información topográfica del terreno, donde se utilizan los equipos topográficos electrónicos, como la estación total, que se limita a tener una visión real, obteniendo datos cuantitativos y el trabajo en áreas no accesibles.

En el Perú, se está empleando esta técnica con el propósito de obtener información de calidad para crear planos precisos y de excelencia. El uso de estos equipos tiene múltiples ventajas, como la reducción de los costos de levantamientos topográficos, la reducción de la cantidad de personal y herramientas, la mejor resolución, precisión y, sobre todo, el aumento de la seguridad.

La fotogrametría se empleará en el diseño de una ampliación de red secundaria, con la evidencia de que aportaría un avance en la parte del desarrollo del proyecto, con la ayuda de profesionales con experiencia con esta metodología. Se utilizarán datos de levantamiento convencional y con el dron.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

- ¿Cómo influye la aplicación de la fotogrametría en la eficiencia del diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria?

1.2.2. Problema Específico

- ¿Cuál es el desarrollo de la fotogrametría en la calidad de datos para el diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria?
- ¿Cuál es el beneficio de la fotogrametría en el tiempo y costo para el diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Demostrar la aplicación de la fotogrametría en la eficiencia del diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria.

1.3.2. Objetivo Específico

- Aplicar la fotogrametría para obtener una buena calidad de datos para el diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria.
- Analizar los beneficios de la fotogrametría en el tiempo y costo para el diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria.

1.4. Justificación e Importancia

La aplicación de la fotogrametría en una red secundaria ampliada, el uso del dron, el sistema de control y comunicación conocido como Sistema Aeronave Piloteada a Distancia o Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) y las ventajas que pueden resultar de las mediciones de datos de campo y la reducción de los errores de diseño son los temas de investigación actuales.

Para solucionar problemas, ya sea en proyectos en crear nuevas redes eléctricas o alumbrado público, el tiempo es un componente crucial en un proyecto. El proceso de recolección y procesamiento de información de campo para comenzar un proyecto requiere tiempo y costo, pero actualmente existe la tecnología que podría solucionar este problema.

Es crucial destacar que este tipo de método requiere una gran precisión, ya que, si falla se producirían incongruencias y fallas en el diseño de un proyecto, pero si se realiza un buen planeamiento de trabajo con la fotogrametría se obtendría mucha información que serviría en el diseño de cualquier proyecto. Esta aplicación es crucial para obtener datos más precisos con la confiabilidad de finalizar correctamente la ampliación de la red secundaria.

1.5. Delimitación del proyecto

Es difícil encontrar profesionales de nuestra facultad que hayan utilizado la fotogrametría en proyectos relacionados con el diseño de redes de distribución, por el motivo que es una tecnología que recién se está integrando para proyectos en el sector eléctrico y por ende existen pocos especialistas mecánico-eléctrico con alguna experiencia y que puedan instruir a otros profesionales de la carrera.

1.6. Formulación de Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

- Aplicando la fotogrametría permitirá una mejor eficiencia en el diseño de un proyecto de ampliación de redes secundarias.

1.6.2. Hipótesis Específicas

- La aplicación de la fotogrametría obtiene una buena calidad de datos para el diseño de un proyecto ampliación de redes secundarias.
- Si aplicamos la fotogrametría existirá una reducción en el tiempo y costo para el diseño de un proyecto ampliación de redes secundarias.

1.7. Descripción de Variables

1.7.1. Variable Independiente: Diseño de una ampliación en la red de distribución secundaria

Las redes de distribución eléctrica secundaria conducen la energía eléctrica desde las subestaciones de distribución hasta los usuarios finales, tanto como viviendas, locales comerciales, residencias, industrias, etc. Lo cual se basa en un principio en la toma de mediciones de campo, proceso de datos y desarrollo en gabinete.

1.7.2. Variable Dependiente: Tiempo

El tiempo en que se demora en realizar el levantamiento de datos en campo, aplicando por el método de la fotogrametría con drone y el tradicional con estación total, para continuar en el proceso de datos y el tiempo en desarrollar el diseño en gabinete,

1.8. Operacionalización de Variables

Tabla N° 1 Operacionalización de Variables

Autor:	Marcelo Jesús Vicuña Gaspar	
Título:	“APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA EN EL DISEÑO DE UNA AMPLIACIÓN POR DEMANDA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SECUNDARIA”	
Problema	¿Cómo influye la aplicación de la fotogrametría en la eficiencia del diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria?	
	Independiente	Dependiente
VARIABLES	Diseño de una ampliación en la red de distribución secundaria	Tiempo
Definición Conceptual	Las redes de distribución eléctrica secundaria conducen la energía eléctrica desde las subestaciones de distribución hasta los usuarios finales, tanto como viviendas, locales comerciales, residencias, industrias, etc. Lo cual se basa en un principio en la toma de mediciones de campo, proceso de datos y desarrollo en gabinete.	El tiempo en que se demora en realizar el levantamiento de datos en campo, por método de tradicional y la aplicación de la fotogrametría con el drone, para proseguir en el proceso de datos y el tiempo en desarrollar el diseño en gabinete.
Definición Operacional	Variable que se manifiesta en la obtención de datos de campo con mayores resoluciones y con mayor rapidez.	Variable que se manifiesta en la conformación del transporte de energía eléctrica entre los parámetros técnicos de baja tensión.
Hipótesis	Aplicando la fotogrametría se mejora la eficiencia en el diseño de un proyecto de ampliación de redes secundarias.	

Variable Independiente		Diseño de una ampliación en la red distribución secundaria		
Dimensiones o Sub variables	Indicador	Unidad	Tipo de variable	Instrumento
AutoCAD	Distribución estructuras	Estructuras / vanos	Numérica Continua	Software
RedCad	Distribución estructuras	Estructuras / vanos	Numérica Continua	Software
Estación total	Punto en un espacio determinado	Coordenadas (x,y,z)	Numérica Continua	Estación total
RPAS (drone)	Recorrido del RPAS	Unidades fotografías Aéreas	Numérica Continua	Drone
Variable dependiente		Tiempo		
Dimensiones o Sub variables	Indicador	Unidad	Tipo de variable	Instrumento
Horas	Cronómetro	Horas	Numérica continua	Entrevista / Intervalo

Nora: Elaboración Propia

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según Agner, en su artículo titulado “Experimenting the use of drones for MW LW”, tiene la siguiente conclusión. En los trabajos de verificación de estado de las estructuras y conductores en redes eléctricas de alta y media tensión, donde se utiliza actualmente la inspección con espejo, el uso de drones agiliza el tiempo, el costo y la prevención de riesgos. Se prevé un crecimiento en la tecnología que emplea el dron para tener un control y mejorar en cuanto a la operación en las redes eléctricas. (2)

Según Díaz y Cáceres, en su artículo titulado “A novel application of drones: thermal diagnosis of electrical and telecommunications infrastructure” tiene la siguiente conclusión, que el uso de drones, un sistema UAS, aumentará las actividades a nivel técnico debido al aumento de los trabajos de revisión y diagnóstico de las infraestructuras de las instalaciones eléctricas. Esta metodología ahorraría mucho tiempo y costos, además de evitar riesgos para el personal técnico. Se deben respetar los reglamentos para implementar esta tecnología, teniendo en cuenta que se requieren inversiones iniciales, mantenimiento y capacitación de personas. (3)

Según Soto y Muñoz, en su artículo titulado “Aplicaciones de la Fotogrametría Aérea, mediante el uso del UAV” tiene la siguiente conclusión, que en comparación con las técnicas y equipos convencionales, la fotogrametría con los equipos UAV ofrece ventajas, como la reducción del tiempo en trabajo de campo y la obtención de fotografías aéreas georreferenciadas. Esto es un complemento para superar las deficiencias de la fotogrametría, como el uso de apoyos de control con equipos como GPS, estación total, etc., por lo que no excluye las técnicas y equipos convencionales. (4)

Según Almeida et al., en su artículo titulado “Modelo digital y fotogrametría a través del uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV). Caso de estudio, entorno del río Tahuando en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura” tiene la siguiente conclusión, de que se requiere una buena planificación y diagnóstico del terreno al realizar un levantamiento topográfico adecuado con UAV. Para ello, se requiere una buena precisión mediante la fotogrametría, junto con equipos topográficos como la estación total, obteniendo del río Tahuando su modelo digital de terreno. Estos equipos deben estar bien calibrados para la

creación de curvas de nivel y un buen resultado de alta calidad, esenciales para un buen desarrollo de proyectos de infraestructuras de acuerdo. (5)

Según Cuque, para optar el Grado de Ingeniero, en su investigación “Determinación del grado de Precisión de un Levantamiento Fotogramétrico respecto a un Procedimiento Topográfico con Teodolito para la Medición de Terrenos y otras Aplicaciones”, tiene la siguiente conclusión, que es un trabajo que ahorra tiempo en el campo y garantiza la confiabilidad de los resultados, comparando el perímetro de polígono del área de estudio, el MDT, las curvas de nivel y las coordenadas georreferenciadas con la metodología utilizando el teodolito; además, incluye la preparación y armado del dron, la planificación del vuelo y la obtención de fotografías aéreas, procesándolas para los productos finales. (6)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Palomino, para optar el Grado de Ingeniero, en su investigación “Aplicación del Sistema de Aeronave Pilotada a distancia para optimizar la Supervisión del alimentador eléctrico de Ingenio – Electrocentro S. A” de la Universidad Nacional del Centro. Tiene la siguiente conclusión, al usar el dron a diferencia del trabajo tradicional, la supervisión de instalaciones de media tensión se optimiza y mejora con la aplicación de aeronaves no pilotadas. En el caso de un alimentador A4504, que cuenta con 2006 estructuras existentes, se pudo lograr con esta tecnología en 49 días y con un costo de S/24, 485.06, mientras que la estructura tradicional tardó 111 días y costó S/34, 255.43, lo que significa que existe una ventaja significativa. (7)

Según Vilca y Chura, para optar el Grado de Ingeniero, en su investigación “Inspección Preventiva mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del Sistema de Distribución” de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Tiene la siguiente conclusión, que el trabajo con drones en la supervisión, tiene imágenes nítidas/térmicas y hasta videos, se realiza con una calidad de información mejorada, lo que contribuye a una toma de decisiones más efectiva. La reducción de costos y tiempo en comparación con el trabajo tradicional, así como la reducción de accidentes que puedan afectar al personal técnico durante la inspección de las líneas eléctricas. (8)

Según Osca y Barreda, para optar el Grado de Ingeniero, en su investigación “Aplicación de dron para elaborar modelos digitales en frente de minado, Unidad Minera Las Bambas”. Tiene la siguiente conclusión que al usar el dron en levantamientos topográficos reduce el tiempo considerablemente, obteniendo modelos digitales de alta

precisión, indicando un error vertical de 21mm en 23734 m de línea de nivelación, donde permite calcular volúmenes de mineral fragmentado en un tiempo y costo menor, con una seguridad alta que garantiza que los riesgos del personal se reduzcan a cero, siendo motivo por la aplicación de la tecnología moderna del dron. (9)

Según Valderrama, para optar el Grado de Ingeniero, en su investigación “Evaluación de la Fotogrametría con el uso del dron en una Empresa Minera, La Libertad, 2023”. Tiene la siguiente conclusión, al comparar el uso del dron Phantom 4 RTK con el GPS diferencial, se obtiene un resultado favorable en la fotogrametría, con un tiempo de obtención de productos digitales para una área de 73,977.703 m y una longitud de 1,632.668 m en menos de una hora, además de la calidad y la precisión que no tiene mucha variación, considerando que en ocasiones se debe decidir cual equipo sería mejor según las necesidades específicas del proyecto y las condiciones externas del área. (10)

Según Romero, para optar el Grado de Ingeniero, en su investigación” Fotogrametría mediante Triangulación Aérea para el Levantamiento Topográfico de Redes Eléctricas en reemplazo del Método Tradicional”. Tiene la siguiente conclusión, al aplicar la fotogrametría a través de la triangulación y el método tradicional, se encontró que tienen diferencias significativas en términos de tiempo; el método tradicional de 8 horas obtuvo un mayor tiempo, en términos de costo, una diferencia de S/.403.78 a favor de la fotogrametría y en términos de precisión, la fotogrametría ofrece confiabilidad en los trabajos de levantamiento topográfico con drones, lo cual presenta ventajas. (11)

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Ley Aeronáutica Civil del Perú N°27261 MTC-DGAC

Las aeronaves pilotadas a distancia tienen la obligación de inscribirse en el Registro Público de Aeronaves, cumpliendo con sus requisitos y procedimientos que se mencionan en la Ley Aeronáutica Civil y su reglamento con el objetivo de otorgarle una matrícula peruana. La Dirección General de Aeronáutica Civil tiene la obligación de otorgar, supervisar, fiscalizar, sancionar y controlar todas las actividades aeronáuticas civiles y ejerciendo la Autoridad Aeronáutica Civil como representante de Ministerio de Transporte, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. (12)

2.2.2. RPA (Aeronave pilotada remotamente) y RPAS (Sistema de Aeronave pilotada remotamente)

El sistema RPA es el subconjunto de vehículos no tripulados UAV (Vehículo aéreo no tripulado) conocido mayormente como drones. El RPA necesariamente tiene que ser controlada por alguien en una estación remota, pueden ser controlada de manera manual,

una manera ya estricta, o por un sistema de vuelo asistido o pilotos automáticos, siempre y cuando con la supervisión de algún personal capaz de ejercer el mando sobre ellos en cualquier instante del vuelo. (13)

Por otro lado, el sistema RPAS es todo ya un sistema completo necesario para la operación de la aeronave, incluye la misma aeronave (RPA), estación de control y mando, los equipos de comunicación necesarios, etc. (13)

2.2.3. Clasificación del RPA

La clasificación de RPA sea por el diseño, peso, características de vuelo y tamaño ha sido necesario agruparlos porque entre ellos existe funciones particulares comunes, por lo cual se estableció dos clasificaciones independientes: (13)

Clasificación por tipo:

Se basa en las características del diseño en cuanto a la forma de la aeronave para el trabajo de vuelo.

- Tipo Avión

Su sustentación es de principio de ala fija. Tiene la ventaja de ser más veloz y mayor autonomía, puede o no contar con hélices o turbinas y la desventaja de no poder detenerse en el aire teniendo limitación de desplazamiento en un solo sentido. (13)

- Tipo Helicóptero

Su sustentación es de principio de alas giratorias. Su composición es de uno o dos rotores, tiene la ventaja de mantenerse un vuelo estacionario y el poder de deslizarse. (13)

- Tipo Multirrotor

Su sustentación es de principio de alas giratorias. Su composición es de más de dos rotores que generan esa sustentación y las palas que se instalan son de paso fijo. La ventaja es que mantiene una estabilidad mayor de vuelo y la desventaja de tener menor autonomía a comparación del avión. (13)

2.2.4. Principales UVA'S usados en el trabajo de Ingeniería

- **Trimble UX5**

El drone (RPAS) Trimble UX5 es un modelo con el fin de tomar datos aéreos rápido y seguro. Su procedimiento de trabajo es automatizado, desde el inicio del despegue hasta el aterrizaje, no requieren de un piloto. Tiene la ventaja ante los trabajos que

anteriormente conllevaba mucho tiempo y complejos, para este equipo es todo lo contrario resultando fácil sin importar las condiciones de trabajo. Entre ellas la cámara de 24 MP y sus elementos particulares que capturan datos de resolución hasta 2cm garantizando, con la alta precisión fotogramétrica, una calidad de imagen excelente. (14)



Figura N° 1. Drone TRIMBLE UX5. Tomada de la página de internet Trimble

Tabla N° 2 Características Técnicas del Drone TRIMBLE UX5

Descripción	Valor requerido
HARDWARE	
Tipo	Ala fija
Peso	2.5 kg
Envergadura	1 m
Superficie alar	34 dm ²
Dimensiones	100 cm x 65 cm x 10.5 cm
Batería	14.8 V, 6000 mAh
Cámara	24 MP sin espejo, sensor APSC con objetivos
Controlador	Robusta Trimble Tablet PC
OPERACIÓN	
Tiempo	50 minutos
Alcance	60 km

Velocidad	80km/h
Altura Vuelo máximo	5000 m
Despegue	Tipo: Catapulta de lanzamiento Ángulo: 30 grados
Aterrizaje	Tipo: de vientre Ángulo: 14 grados
Límite climático	65km/h y lluvia ligera
Comunicaciones y frecuencia de control	24 GHz
Comunicaciones y distancia de control	Hasta 5 km

RENDIMIENTO DE LA ADQUISICIÓN

Resolución (GSD)	De 2 cm a 19.5 cm
Altura sobre la ubicación de despegue (AGL)	De 75 m a 750 m

Nota: Tomada de la página de hojas de datos Trimble.

- **Phanthom 4 RTK**

El equipo drone multirrotor RPAS Phanthom 4 RTK es ideal para trabajos de inspección, cartografía y prospección, tiene la ventaja de ser manejado fácilmente con un cámara de alta resolución, con ayuda de la tecnología RTK es capaz de ofrecer información de posicionamiento con precisión centimétrica en tiempo real y con ayuda de pocos puntos de control.



Figura N° 2. Drone PHANTHOM 4 y mando control. Tomada de la página de internet DJI Phantom



Figura N° 3. Módulo Estación Móvil RTK. Tomada de la página Internet DJI Phantom.

Tabla N° 3 Características del drone PHANTHOM 4 RTK.

Descripción	Valor requerido
AERONAVE	
Tipo	Multirotor
Peso	1.391 kg
Distancia diagonal	350 mm
Techo de servicio máximo sobre el nivel del mar	19685 pies (6000 m)
Máxima velocidad	31 mph (50 kph) (modo P) 36 mph (58 kph) (modo A)
Tiempo máximo de vuelo	Aprox. 30 minutos
Rango de precisión de desplazamiento	RTK habilitado y funcionando correctamente: Vertical: +- 0.1m; Horizontal: +-0.1m RTK desactivado

	Vertical: $\pm 0.1\text{m}$ (con posicionamiento visual);
	$\pm 0.5\text{m}$ (con posicionamiento GNSS)
	Horizontal: $\pm 0.3\text{m}$ (con posicionamiento visual);
	$\pm 1.5\text{m}$ (con posicionamiento GNSS)

CÁMARA

Sensor	CMOS de 1"; Pixeles efectivos: 20M
Rango ISO	Video: 100-3200 (automático) 100-6400 (manual); Foto: 100-3200 (automático) 100-12800 (manual)
Formato de foto	JPEG
Formato de video	MOV

BATERÍA DE VUELO INTELIGENTE

Capacidad	5870 mAh
Voltaje	15.2 V
Tipo de batería	LiPo 4S
Energía	89.2 Wh
Peso neto	468 g
Potencia de carga máxima	160 W

Nota: Tomada de la página de internet especificaciones técnicas DJI

2.2.5. Componentes del RPAS

- Motor

Los motores son la pieza elemental para el funcionamiento del RPA. Aportan por medio de los hélices o rotores, al convertir la energía giratoria del eje de motor en tracción o empuje que provocan la movilización del RPA, de acuerdo a la distribución y calidad de estos elementos en el equipo y según su diseño. (13)

- Hélices

La parte que tiene como cometido proporcionar arrastre o tracción es la hélice que tiene como diseño un perfil dinámico giratorio, en su soporte (buje) está compuesta por dos o más palas implantadas que utiliza la potencia que le transmite el motor. (13)

- Batería

Durante el avance tecnológico, existen varios tipos de baterías que se usaron en la aplicación del RPA, pero el más moderno y el cual se utilizó son las baterías de polímeros de litio, baterías inteligentes que tiene varias ventajas como la acumulación mayor de energía y bajo peso que son las condiciones adecuadas para el trabajo del RPA. Las duraciones de las baterías están en un rango de 30 a 45 min. (13)

- El Gimbal

El gimbal es una plataforma motorizada que estabiliza las cámaras u otros objetos; está compuesto por varios componentes, placas con sensores en general, acelerómetros y compás magnéticos. Es importante para los trabajos del RPA y por el movimiento de éste y factores ambientales que dificultan la toma de datos. (13)

- Mando de Vuelo / Vuelo en primera persona

El mando de vuelo o control remoto son una serie de palancas y elementos de control, que permiten observar el trabajo automático o manual del RPA, teniendo el control de la velocidad, la cámara y las interferencias que puede detectar el equipo. (13)

El mando de vuelo puede estar conectado con un celular, tablet, etc., e incluso instalado en el mismo mando, con tal de observar en la pantalla todos los datos captados por la cámara en tiempo instantáneo, todo ello manejado por un piloto / operador o persona interesada. (13)

2.2.6. Fotogrametría con RPAS

2.2.6.1. Fotogrametría Analógica

Entre los años 1900 y los años 1960. El surgimiento de la estereofotogrametría, también conocida como estereoscopia, y la implementación de plataformas adecuadas para la instalación de sensores (Zepelín y aeroplanos de motor en los años 1900 y 1903, respectivamente) marcan el inicio de una época. (15)

La estereoscopía es una técnica que tiene la función de producir la ilusión de profundidad de una imagen o de recopilar información visual en tres dimensiones. La ilusión de la profundidad abarca a una fotografía, película, u otra imagen de dos dimensiones que

produce una imagen levemente diferente para cada ojo, que acontece en nuestra manera particular de apreciar la realidad. (15)

El concepto de fotogrametría analógica es la precisión exacta de una materia u objeto en el espacio, realizando modelos estereoscópicos por medio del uso directo de imágenes aéreas, rehaciendo el modelo espacial con métodos mecánicos u ópticos. (15)

2.2.6.2. Fotogrametría Analítica

Da inicio con la aparición del primer ordenador en el año 1941, donde se pudo aplicar las teorías confirmadas por Finsterwalder en el año 1899 en Alemania.

Desde los años 1960 a 1980. El modelado geométrico es matemático y el recojo de información es analógico en la fotogrametría analítica. Con la aplicación de una estereocomparadora o un mono comparador integrados en el restituidor, se calculan de los puntos relevantes de las fotografías sus coordenadas “x” y “y”. Mediante los programas del computador del sistema se procesan estas coordenadas. Al final, se gestiona analíticamente la orientación interior y exterior y procesa la recopilación de los datos del modelo que efectúa el operador, para obtener la verdadera posición ortogonal, y, por último, llevar a un almacenamiento de base de datos tipo Computer Aided Design (CAD). (15)

2.2.6.3. Fotogrametría Digital

Desde el año de 1980. A consecuencia del lanzamiento del primer satélite artificial, el Sputnik por la U.R.S.S., y por la utilización del satélite Landsat (EEUU en 1972) es precedido el cuarto ciclo. Otro de los acontecimientos y avances importantes son las cámaras digitales que nos da la facilidad de obtener imágenes digitales para el uso en aplicaciones informáticas de procesamientos o tratamientos de imágenes. (15)

Por consiguiente, el uso de ordenadores es aplicado en los procesos fotogramétricos por la consecuencia del gran desarrollo informático. Con la fotogrametría digital incrementan las ventajas en la utilidad de las imágenes, a la vez que se esquematiza las tecnologías, debido a ello permitir el acceso a la producción automática de orto imágenes, estéreo-imágenes y modelos de altura, visualización y generación de modelos tridimensionales etc. Con el objetivo de la reintegración digital, en el ordenador son importadas las imágenes digitales, y visualizando en la pantalla de las mismas, para realizar el proceso de orientación el operador inserta todos los puntos de apoyo que sean necesarios. Existe la posibilidad de ser ejecutada automáticamente por correlación de imágenes o que se repite la restitución con el operador. La posibilidad de salida en la fotogrametría digital podrá ser en formato vectorial o formato ráster. (15)

En la actualidad, la técnica de fotogrametría digital sigue siendo el mismo, en la plataforma aérea se encuentra el cambio más elocuente. Por cada incremento de uso de los sistemas de UAV, por su funcionalidad y el bajo costo de mantenimiento, a causa de la seguridad y el sencillo manejo, aumentará este tipo de plataformas. (15)

2.2.7. Vuelo Fotogramétrico

Para cumplir con la precisión necesaria de la producción de las ortofotos, nube de puntos, MDT y curvas de nivel, se debe diseñar y planificar el vuelo fotogramétrico, en ello previamente se tiene que hacer todos los cálculos para la ejecución del vuelo, así también si se requiere los trabajos en terreno, depende del equipo a utilizar, para lograr una mayor precisión. (16)

- Seleccionar el sistema de referencia para obtener coordenadas de trabajo:

Es el conjunto de números y parámetros para hallar la ubicación de un punto u objeto en el espacio. (16)

- Escoger la resolución espacial (GSD) de las imágenes:

El GSD es la distancia medida en el suelo entre las dos ubicaciones centrales de píxeles consecutivos (las unidades homogéneas de color que componen una imagen digital). Esto es importante porque determina la altura de vuelo en función de los parámetros técnicos de la cámara utilizada. Cuanto mayor sea el GSD, la resolución espacial de la imagen disminuirá, lo que reduce la percepción de detalles más finos. El GSD se ubica en lo óptimo, a una altura de vuelo de los 80 m a 200 m, un rango de 1 a 10 cm/píxel. (16)

- Planificación del vuelo

La planificación del vuelo es fundamental para el éxito de la misión. Se deben considerar muchos factores para garantizar la calidad de los datos y la seguridad en el vuelo. Se recomienda programar una visita al lugar antes del vuelo para constatar conflictos u obstáculos antes del vuelo. (17)

- Hora del día (condiciones de iluminación):

Las sombras y la iluminación juegan un papel importante para la lograr los mejores resultados, precisamente cuando se mapea o abarca lugares grandes. Las áreas que están sobreexpuestas o en la sombra dificultan en el trabajo de procesamiento, en la coincidencia con características similares, para el software, lo que da como resultado aquellas áreas con datos en blanco. Otro punto a considerar para las tareas de zonas de trabajo de varios días,

como ejemplo, al realizar un vuelo por la mañana y otro por la tarde, el software tendrá dificultades para hacer coincidir los puntos clave en estas zonas y convertirlas en dos áreas de superficies diferentes, pudiendo causar posibles errores en los datos. Una manera de evitar esta consecuencia es volar, sobre las rutas de vuelo, con una iluminación similar o tratar que las zonas a intervenir estén separadas en cada ruta. (17)

Algunas consideraciones que se deben tener en cuenta para los vuelos fotogramétricos durante el día son:

- Espacio aéreo y tráfico aéreo (p. ej., aviones o helicópteros que vuelan a baja altura, aeropuerto cercano): Si se planifica el trabajo de inspección en zonas aéreas controladas, conlleva a que demore tiempo en la autorización de vuelo. Otra alternativa en caso se rechace la autorización de vuelo sería útil. (17)

Al realizar el trabajo de vuelo cerca de un helipuerto o aeropuerto, existe restricciones y dificulta el trabajo de volar con seguridad sin causar problemas en el resto del tráfico aéreo. Los equipos de radio de banda aérea de transmisión automática de vigilancia dependiente (ADS-B) utilizados en estas zonas restringidas para monitorear el tráfico que mitigarán algún problema de seguridad. (17)

- Obstrucciones (p. ej., líneas eléctricas, árboles, estructura): Las distancias suelen a veces ser confusas o engañosas desde el suelo. Antes de culminar un trabajo de vuelo de mapeo autónoma, es importante calcular las alturas reales de los obstáculos sobre el vuelo para prevenir accidentes o problemas. (17)
- Clima y Temperatura: Por motivo a las limitaciones del hardware, el entorno regulatorio y los sensores, alterar el trabajo de capacidad de volar causada por el clima. La temperatura tiende a complicar drásticamente en el rendimiento de las baterías y la aeronave. El rendimiento puede ser comprometido por causa del calor, la altitud de densidad y la refrigeración. (17)
- Sitios adecuados de despegue y aterrizaje: El lugar indicado para el despegue y aterrizaje, es una plataforma de aterrizaje portátil y duradera que se pueda sentar en el terreno es útil y recomendable. Las suciedad o zonas de polvo fino pueden causar que se contamine la lente de la cámara en las actividades de despegue y de aterrizaje, también de que entren partículas en el motor, con la probabilidad disminuir la vida útil del motor y provocar daños. (17)

Al planificar un vuelo, uno o más sitios de aterrizaje alternativos o de respaldo son recomendaciones esenciales, si por ende el lugar principal no sea utilizable.

- Terreno: El terreno puede causar negativamente en la configuración de superposición de las imágenes. Si se reduce la precisión y modifique el GSD, es porque el software no rastrea el terreno y la altura relativa promedio. Dependiendo de cuán drástico sean las variaciones de altitud, con la probabilidad de que sea imposible usar ciertas fotografías. El uso de un software de seguimiento del terreno mantendrá su GSD consistente y mejorará su conjunto de datos. (17)
- Ajustes de superposición: La superposición es un detalle crucial en la configuración del software que produciría un impacto alto negativo en la calidad de la información recopilada. Se requiere una comprensión de la superposición indicada para conseguir los resultados aspirados para el traslape frontal y lateral. Para objetos simples en el espacio de trabajo, use suficientes fotografías para obtener una medida de cuatro ángulos, en cambio los objetos complejos necesitan mediciones de nueve ángulos. (17)

Para vuelos fotogramétricos, Pix4D recomienda los siguientes porcentajes de recubrimientos (Programa utilizado para este trabajo de investigación) que se presenta en la siguiente Tabla N° 4.

Tabla N° 4 Recomendaciones de configuración de superposición de imágenes

Características del Terreno	Frontal (%)	Lateral (%)
Mínimo	75	60
Vegetación densa	85	70
Modelos 3D	90	60 (a diferentes niveles de altura)

Nota: Tomada de Paul Wheeler, Uso de pequeñas antenas no Tripuladas Sistemas para la Apropiación de la Tierra, 2019, p.5.

Cuanto mayor sea la superposición o el porcentaje de superposición, más a menudo el software de procesamiento podrá detectar puntos en común entre las fotografías, lo que llevará a la conclusión de que los puntos 3D son más precisos. Esto es especialmente importante cuando hay puntos distinguibles como nieves, bosque, agua o vegetación densa. (16)

- Apoyo Topográfico

Este elemento es importante porque puede mejorar la precisión de los datos geográficos recopilados, especialmente el eje Z, para verificar y validar la precisión de los resultados, se requiere obligatoriamente utilizar puntos de control terrestre. En esta

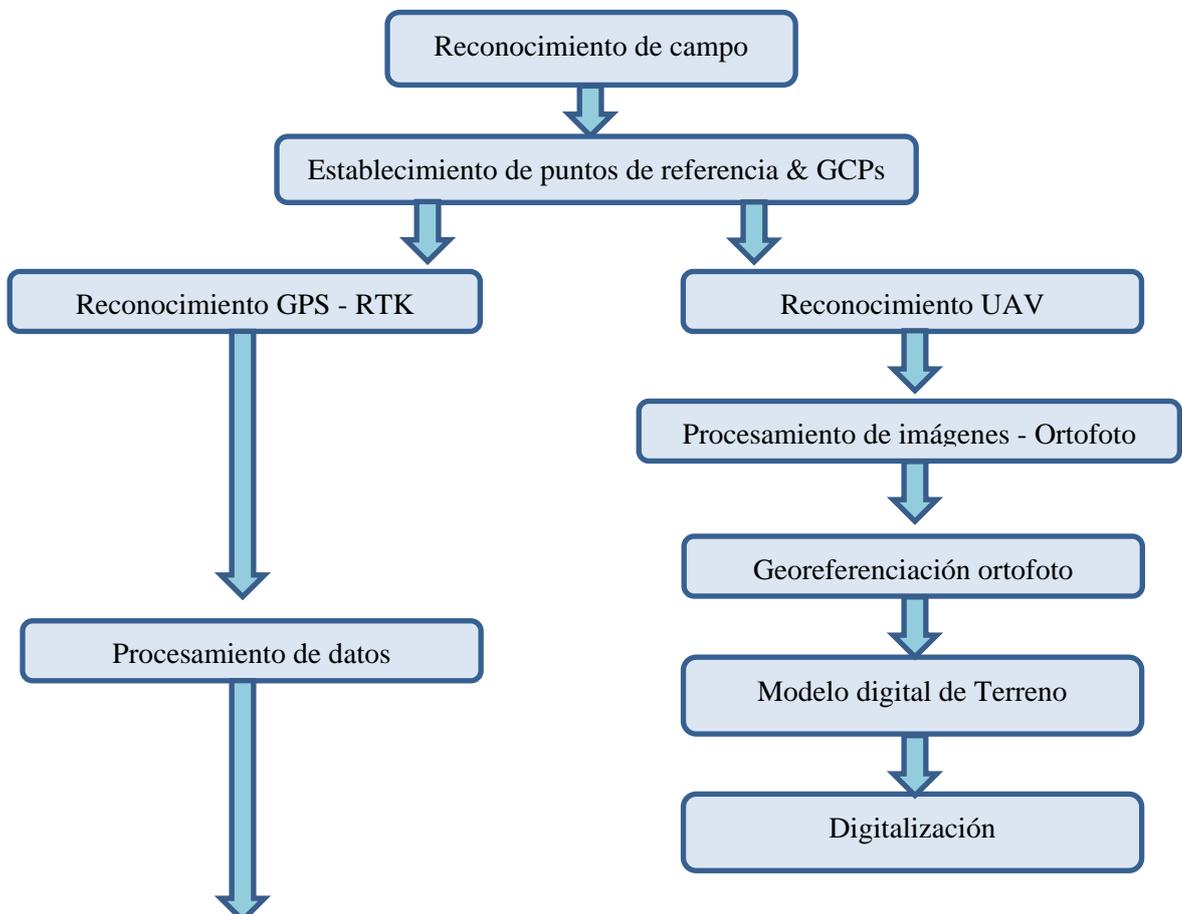
sección los datos de apoyo son tomadas por equipos especializados como GPS (estaciones totales) necesario para tener modelos de terrenos, nube de puntos y ortofotos más exactos. (16)

- Puntos de Control: Los puntos de control son una herramienta complementaria para la topografía, perteneciente a vallas, caminos, estructuras bajas, etc. que no pueden captarse en fotografías aéreas y los datos adquiridos se incorporan al procesamiento. (16)
- Puntos de Apoyo: Los puntos de apoyo terrestre (GCP) y sus coordenadas ayudan al programa de procesamiento a localizar el modelo con una general mayor precisión, es decir, asegurar que la latitud y longitud de cada punto del mapa corresponda exactamente con las coordenadas GPS reales. (16)

El dispositivo de medición debe funcionar con tecnología de posicionamiento RTK que tenga en cuenta las señales de los sistemas globales de navegación por satélite GPS, GLONASS y Galileo. (16)

- **Procesos**

Para el levantamiento topográfico con drone se puede seguir los siguientes métodos y proceso.



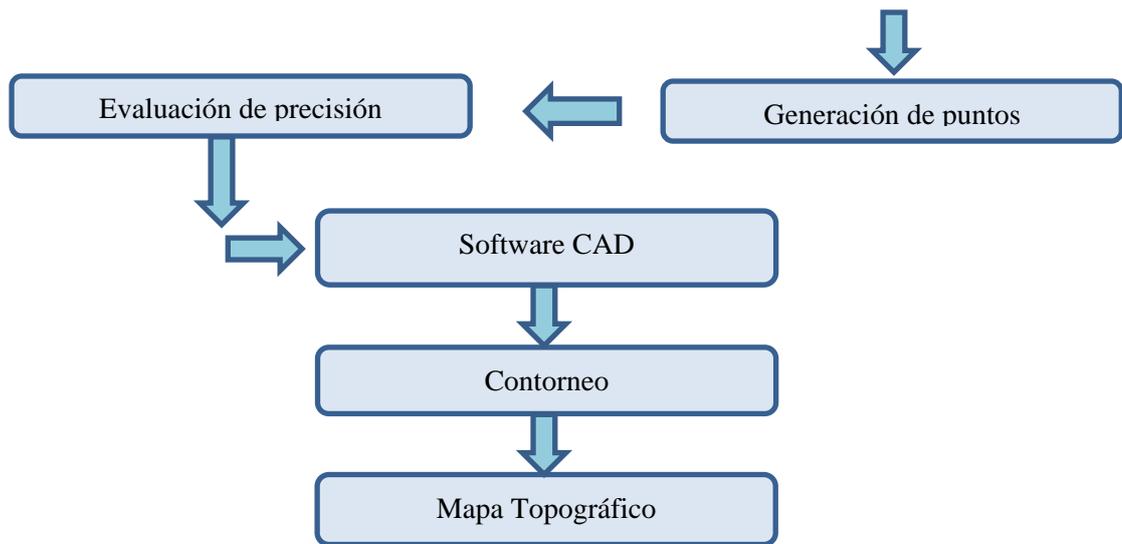


Figura N° 4 Proceso de levantamiento topográfico con dron. Elaboración propia.

- Reconocimiento de campo

Se realizó una visita de campo al área de trabajo para planificar la mejor manera de llevar a cabo el trabajo correspondiente. Se debe realizar una inspección a los puntos geodésicos homologados por el IGN (Instituto Geográfico Nacional) para conocer sus ubicaciones y coordenadas del punto de referencia nacional más cercano a la posición del área de estudio. Se realizó un trabajo en gabinete estudiando Google y los mapas topográficos de Perú. (18)

- Establecimiento de puntos de referencia y GCP

De acuerdo a los puntos de referencia nacionales otorgado por el IGN, se establecieron un total de puntos de referencia temporales utilizando el método de levantamiento GPS estático. Se utilizó material reflectante y pintura la pronta identificación del GCP. Se establecieron tres GCP cerca del área de trabajo de interés a través del método de levantamiento de GPS estático. (18)

- Levantamiento GPS-RTK

El levantamiento RTK-GPS se llevó a cabo con el equipo de Estación Móvil RTK que, vinculada con la aeronave, los datos obtenidos se vinculan en tiempo real a la posición relativa del dron para lograr soluciones de exploraciones precisas. Estos resultados al final garantizan una recopilación de datos de precisión centimétrica. (18)

a) Inspección UAV

Se desarrolla un plan de vuelo para diagnosticar la ruta de vuelo y el área que se seguirá para el estudio con el dron. El UAV se programó en modo 3D avanzado. La altura de vuelo seleccionada fue de sesenta metros con una duración de vuelo de aproximadamente treinta (30) minutos. (18)

- Procesamiento de datos

Los datos RTK-GPS se descargaron y procesaron. Los datos del UAV también se descargaron y procesaron utilizando un software fotogramétrico (PIX 4D) y de procesamiento de imágenes. Las coordenadas GCP se importaron al software para georreferenciar la ortofoto. (18)

Se obtiene un modelo de mosaico de textura de malla de nube densa y se creó un DTM a partir de él. Se compara los puntos de validación de GPS-RTK con los puntos seleccionados en la ortofoto. Se exportaron a un programa especializado en diseño instalado en computadora (CAD) y para la extracción de datos necesarios para el diseño de la ampliación de redes secundarias por la existencia de aumento de usuarios y demanda. (18)

• **Ejecución del Vuelo**

En esta fase se realizan y revisan las actividades de campo planificadas en las dos fases anteriores, las cuales son: (18)

- Las condiciones climáticas hacen imposible el vuelo si la velocidad del viento excede los 10 m/s, lluvia o niebla en el área de estudio.
- Instalación correcta de los componentes del equipo de vuelo.
- La calibración del dron y componentes.
- Entrada correcta para el plan de vuelo en base a los cálculos presentados en las dos fases anteriores.
- El mínimo de números satélites GPS conectados, según recomendación, es 9.

2.2.8. Diseño de Proyectos Eléctricos

2.2.8.1. Formulación del Proyecto de Distribución

El proyecto consiste en toda la documentación técnica y legal requerida en las presentes disposiciones técnicas y normas a respetar, el cual es desarrollado y firmado por un profesional Ingeniero Eléctrico o Electromecánico. (19)

Los documentos técnicos relacionados con proyectos de ventas suelen incluir las siguientes partes:

- Memoria descriptiva
- Las hojas de cálculo (criterios de diseño, orden de cálculo, fórmulas de cálculo básicas).
- Especificaciones técnicas de materiales y equipos.
- Los planos

Todo esto forma parte de la documentación técnica del proyecto, respetando las normas de las distintas empresas concesionarias y el Código Nacional de Electricidad. Los diseñadores deben considerar la necesidad de estandarizar los diseños debido a los beneficios que brindan durante cada fase de planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de distribución de energía. (19)

2.2.9. Sistema de Distribución Eléctrica

El Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) está conformado por las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica. Su objetivo fundamental es transportar la energía eléctrica desde las centrales eléctricas hasta los centros de consumo y, finalmente, hasta el usuario final de manera confiable, segura y con el nivel de calidad indicado en las normas pertinentes. (19)

Aproximadamente dos tercios de la inversión total en un sistema de potencia van designados a lo que conforma la distribución (el gigante invisible), que básicamente necesita un trabajo impecable y meticuloso en el planteamiento, planificación, construcción y operación del sistema de distribución. El Sistema de Distribución Eléctrica comprende desde la salida de la subestación de potencia hasta la acometida de los usuarios finales, mediante redes de media y baja tensión, donde la concesionaria tiene la obligación de otorgar un servicio confiable, continuo y seguro. (19)

2.2.9.1. Redes de distribución aéreas

En este tipo de instalación, los conductores desnudos suelen estar soportados por aisladores sujetos en crucetas, en postes de concreto, metálicos, fibra de vidrio o madera. (19)

Tiene las siguientes ventajas a comparación del sistema subterráneo:

- Costo más bajo en el momento inicial.
- Los materiales son de fácil obtención y son los más utilizados.
- No dificultoso el trabajo de mantenimiento.
- Localizar las fallas de manera sencilla.
- Bajo de tiempo en su construcción.

Y sus desventajas son las siguientes:

- El aspecto estético es pésimo
- Mínima confiabilidad
- Mínima seguridad (brinda riesgos eléctricos para los usuarios y/o terceros)
- Son vulnerables a cortes de energía y fallas debido a la exposición a descargas atmosféricas, polvo, granizo, lluvia, temblores o terremotos, contaminantes, aire salado, viento, contacto con objetos extraños, accidentes vehiculares y vandalismo.

Los elementos principales y esenciales de un sistema aéreo son:

a) Postes

Fabricados con material de madera, concreto o metal, y sus propiedades en cuanto a longitud, peso y resistencia a la rotura varían según el tipo de diseño del circuito. De acuerdo a la zona, los sistemas para zonas urbanas se usan poste de concreto de 13, 11, 9 y 8 (m) con carga de rotura (daN) de 600, 400, 300 y 200, etc. (19)

b) Conductores

Para redes primarios, los circuitos serán de material Aluminio y el ASCR desnudo con los siguientes calibres 240mm², 120mm², 70mm², 50mm² y para redes secundarios, para cables desnudos o aislados (CAAI-S autoportantes) con secciones de 70mm²,

50mm², 35 mm², 25mm² y 16mm². Además, se instalan los conductores de alumbrado público paralelo a los circuitos mencionados. (19)

c) Crucetas

Los tipos de crucetas son usados de materiales de madera inmunizada o de ángulo de Fe galvanizado de 2 metros de longitud para 13.2 kV y 10 kV con de ángulo de Fe (píe de amigo) o diagonales en varilla. (19)

d) Aisladores

Aisladores de tipo ANSI 55.5 para M.T (disco y espigo) y, ANSI 53.3 para B.T (carretes), Existen tipos de aisladores comunes que se instalan en las redes aéreas, los aisladores tipo porcelanas y poliméricos. (19)

e) Herrajes

Los herrajes que se usan en redes aéreas de distribución son fabricados por acero galvanizado, (varillas de anclaje, grapas, collarines, tornillos de máquina, espigas, etc.) (19)

f) Equipos de seccionamiento.

Los seccionadores monopolares y cortacircuitos tienen aplicación con el seccionamiento para operar sin carga (100 A – 200 A). (19)

g) Transformadores y protecciones

En los transformadores de conexión monofásica se aplican con los valores consecuente de potencia nominal: 25-37.5-50-75 kVA, y para los de conexión trifásica de 30-45-75-112.5 y 150 kVA con un sistema de protección conformado por pararrayos. (19)

2.2.9.2. Redes de distribución subterránea

Se utilizan en zonas urbanas donde no es recomendable los sistemas aéreas por motivos de congestión o situaciones de seguridad. Actualmente, en zonas urbanas céntricas es más conveniente aplicar el sistema subterráneo que el sistema aéreo. (19)

Sus ventajas son las siguientes:

- Mayormente los accidentes mencionados en las redes aéreas no perjudican a las redes subterráneas, lo que aporta una mayor confiabilidad.
- Son más seguros que lo convencional.

- No expuesto al vandalismo.

Sus desventajas son las siguientes:

- La inversión inicial tiene un alto costo.
- Dificultad en localizar las fallas.
- Las reparaciones demoran y el mantenimiento es más complicado.
- Están expuestas a la acción de los roedores y a la humedad

Los conductores utilizados constan de cubiertas protectoras y muchas capas aislantes según la tensión de funcionamiento. Estos cables se instalan es enterrada directamente o se colocan en bancos de ductos (dentro de las excavaciones), donde en intervalos regulares se instalan cajas de inspección. (19)

Un sistema subterráneo está conformado por los siguientes elementos:

a) Ductos

Tienden a ser de asbesto de PVC, cemento o conduit metálicos de 4 pulgadas mínimo de diámetro. (19)

b) Cables

Los cables se dividen monoplares o tripolares con aislamiento de polietileno reticulado EPR, en polietileno de cadena cruzada XLPE, en papel impregnado en aceite APLA y en caucho sintético o aislamiento seco elastomérico en secciones de 500 – 400 – 350 – 250 MCM, 4/0 y 2/0 AWG para sistemas en 13.2 kV, 10 kV. (19)

Aunque existe el equipo adecuado, localizar fallas en los cables subterráneos es complejo y requiere de mucho tiempo, y la reparación puede conllevar aún más, Se recomienda aplicar los sistemas en anillo abierto con la finalidad de tener un servicio continuo en tiempo de falla y en seccionadores entrada – salida. (19)

c) Cámaras

Existen muchos tipos, pero los más utilizados son las de empalme e inspección, que se utilizan para reparaciones, conexiones y pruebas. Dos trabajadores podrán ingresar para ejecutar estos trabajos. Aborda uno o más circuitos en los que se pueden instalar dispositivos de maniobras y también se utilizar para la instalación de cables. La distancia entre las cámaras varía, al igual que los tamaños y formas. (19)

d) Empalmes uniones y terminales

Conexiones perfectas entre cables y equipos logrando la continuidad adecuada. (19)

2.2.10. Clasificación de las redes de distribución de acuerdo a los voltajes nominales

Para las redes de distribución se consideran los siguientes voltajes recomendados:

Tabla N° 5 Niveles de tensión

0,38 / 0,22 kV 0,44 / 0,22 kV	De cuatros hilos, punto neutro de transformador puesto a tierra de manera efectiva y neutro con múltiples puestas a tierra
20 kV, 22.9 kV y 33 kV	De tres hilos, punto neutro de transformador puesto a tierra de manera efectiva.
22.9 / 13.2 kV 33 / 19 kV	De cuatros hilos (neutro corrido), y punto neutro de transformador puesto a tierra de manera efectiva.

Fuente: Tomada del Código Nacional de Electricidad, 2011, p. 6.

2.2.11. Clasificación de las redes de distribución de acuerdo a su ubicación geográfica

Para los consumidores ubicados en zonas urbanas, suburbanas, zonas rurales y zonas turísticas está obligado la concesionaria ser el responsable del sistema de distribución y su atención requerida. (19)

2.2.11.1. Redes de distribución urbanas

La concesionaria de energía tiene la obligación de ejecutar programas de distribución urbana en forma individual, que consiste la gran parte en remodelaciones y planes de compensación de pérdidas. La red de distribución en zona urbana tiene las siguientes características principales: (19)

- a) Concentración de clientes o usuarios.
- b) Cargas monofásicas y trifásicas.
- c) Acceso fácil.
- d) Generalmente instalación de poste de concreto.

- e) Coordinación del trazo de ruta de la red eléctrica con otros servicios básicos, redes de comunicaciones, redes de servicio agua y otras redes, también la consideración de la distancia de los edificios.
- f) Se instalan conductores de cobre, aluminio y ACSR.
- g) Fácil acceso de los proveedores de equipos y materiales al área de trabajo de obra.
- h) Mayormente, el uso de transformadores monofásico de dos fases y neutro en zonas de carga moderada y trifásicos para zonas de alta densidad de carga.
- i) El sistema de trabajo, en su mayoría, es mecanizado.
- j) La distancia es baja entre estructuras y conductores en el sistema de baja y media tensión.
- k) Para remodelaciones y mantenimiento es obligatorio el aviso a las concesionarias pertenecientes a la zona el corte de energía.

2.2.11.2. Redes de distribución rurales

Hay grandes beneficios de tener electricidad en las zonas rurales de este país. Es incuestionable la necesidad de atender a estas áreas pobladas, etc. (extensiones o corregimientos territoriales de diversas aglomeraciones urbanas o suburbanas constituidas por áreas de explotación agrícola, ganadera, forestal y áreas que no excedan los 3000 habitantes, teniendo en cuenta la exclusión de los sectores turísticos, residencial e industrial) de un suministro eléctrico confiable y seguro. (19)

Las redes de distribución rural tienen las siguientes principales características:

- a) Clientes muy dispersos.
- b) Generalmente son cargas monofásicas.
- c) Alto costo de transporte y manejo de materiales por el complicado acceso a zonas montañosas, etc.
- d) Instalación de poste de concreto en zonas accesibles.
- e) Instalación postes de madera inmunizado en zonas de difícil acceso.
- f) Generalmente los transformadores son monofásicos de 2 Hilos o 3 Hilos.
- g) Se usan como conductores los de tipo ACSR, mayormente.

h) Se efectúa primordialmente a menudo el desmonte en la zona.

2.2.12. Clasificación de las redes de distribución de acuerdo al tipo de cargas

Dependiendo del fin al que el usuario destine la energía eléctrica, éste lo utilizará como criterio para clasificar las cargas. (19)

2.2.12.1. Redes de distribución para cargas residenciales

Esto aplica a complejos de departamentos, casas multifamiliares, condominio, urbanizaciones, etc. Estas cargas son puramente resistivas (iluminación y calefacción) y tener equipos electrónicos menos reactivos. Dependiendo de la calidad de vida y los hábitos del cliente residencial, por consiguiente, las personas en los centros urbanos se juntan en secciones claramente determinados y definidos por las clases socioeconómica. (19)

2.2.12.2. Redes de distribución para cargas comerciales

Tienen la característica por tener cargas resistivas y realizando actividades comerciales ubicándose en zonas céntricas de las ciudades, edificios de oficina y centro comerciales. Los equipos o artefactos que utilizan se componen por un material inductivo que reducen un poco el factor de potencia. Actualmente, se introducen armónicos a la red por la utilización de cargas sensibles. (19)

2.2.12.3. Redes de distribución para cargas industriales

Las industrias utilizan gran cantidad de motores, por ello cada vez es más importante mejorar el factor de potencia, ya que este es un elemento fundamental de la energía reactiva. Además de las redes separadas para la energía motriz, es importante reconocer entre las redes de iluminación y calefacción. Estas cargas poseen doble tarifa (alta y baja) para impedir que los valores de pico máximo coincidan con los de las cargas residenciales, lo que reduce la gestión de cargas y el consumo de reactivos. (19)

2.2.12.4. Redes de distribución para cargas de alumbrado público

La instalación de lámparas de tipo mercurio, sodio y actualmente se aplica la tecnología LEDs, se instala una red que específicamente energiza a estos equipos, de características resistivas, con la finalidad de disminuir la delincuencia y aumentar la seguridad ciudadana. (19)

2.2.12.5. Redes de distribución para cargas mixtas

Es constituido por varios tipos de estas cargas en una misma red de distribución. No son recomendables pues aumenta la complejidad en el control de pérdidas. (19)

2.2.13. Distancias Mínimas de Seguridad

Las distancias mínimas de seguridad a tomar en cuenta en un proyecto electrificación son las siguientes:

Tabla N° 6 Distancia Vertical a Nivel del Suelo o Superficies

Conductores	Al Cruce (m)		A lo Largo (m)	
	MT Expuesto	MT Aislado, BT Desnudo, BT Aislado y Comunicaciones	MT Expuesto	MT Aislado, BT Desnudo, BT Aislado y Comunicaciones
Carreteras y Avenidas	7,0	6,5	6,5	5,5
Calles, Caminos, Pasajes, callejones, Zona de Parqueo, Cultivos y Huertos transitables por vehículos	6,5	5,5	6,0	5,0
Caminos y Calles en Zonas Rurales	6,5	5,5	5,0	4,5
Zonas Peatonales	5,0	4,0	5,0	4,0

Fuente: Tomada del Código Nacional de Electricidad Suministro, 2011, p. 127.

Tabla N° 7 Cruces o adyacentes de Conductores en diferentes estructuras de soporte

Conductores en el nivel Superior	MT expuesto	BT expuesto (desnudo y CPI)	MT y BT aislados	Comunicaciones
MT expuesto	1,2	1,2	1,2	1,8
BT expuesto (desnudo y CPI)	1,2	1,0	1,0	1,6
MT y BT aislados	1,2	1,0	0,6	0,6
Comunicaciones	1,8	1,2	0,6	0,6

Fuente: Tomada del Código Nacional de Electricidad Suministro, 2011, p. 143.

Tabla N° 8 Distancias de Seguridad de conductores a edificaciones y otras instalaciones

Distancia de Seguridad		MT	MT	BT	BT	
		expuesto	aislado	expuesto	Aislado	
Horizontal		2,5	1,5	1,0	1,0	
Edificaciones	Vertical	No Accesible	4,0	3,0	3,0	1,8
		Accesible	4,0	3,0	3,0	3,0
Letreros, chimeneas, tanques, etc.	Horizontal	2,5	1,5	1,0	1,0	
	Vertical	No Accesible	3,5	3,0	1,8	1,8
		Accesible	4,0	3,0	3,0	3,0

Fuente: Tomada del Código Nacional de Electricidad Suministro, 2011, p. 154.

2.2.14. Levantamiento Topográfico convencional

El levantamiento topográfico es una tarea importante realizada esencialmente por arquitectos e ingenieros, que cumple un papel importante en la infraestructura sobre diseño y construcción. Los mapas topográficos se usan para la planificación, el desarrollo y el seguimiento de las construcciones. Los ingenieros geomáticos tienen el deber profesional de realizar el levantamiento y estudio topográfico de acuerdo a las reglas éticas y estándares establecidos.

Al realizar levantamiento topográfico, se deben tener en cuenta lo siguiente: uso y propósito del mapa, tamaño, escala y el tipo terreno involucrado, costo del equipo utilizado, experiencia y efectividad del profesional. Los levantamientos cartográficos generalmente se llevan a cabo utilizando técnicas terrestres y fotogramétricos o la combinación de ambos. Los dispositivos más frecuentes el sistema de posicionamiento global (GPS) y la estación total. Para registrar mapeos de áreas inundadas, lugares pantanosos o cualquier área que no esté en contacto con la superficie del suelo, es una actividad desmotivadora con gran costo de riesgo y operación para el topógrafo. La fotogrametría, los datos de escáner, teledetección y las técnicas cartográficas son procedimientos precisos al alcance. (20)

La topografía es fundamental e imprescindible para muchas superficies terrestres, por lo que la topografía local es uno de las técnicas aplicadas para tener información relevantes e importantes. Las mediciones inexactas pueden hacer que los mapas topográficos tergiversen la verdadera zona de construcción, lo que da lugar a inversiones erróneas o sesgadas. Por lo tanto, según las encuestas, las empresas privadas que operan en un ambiente empresarial altamente

competitivo deben demostrar que son superiores a otras condiciones cualitativas y que su percepción estratégica es más centralizada y realista que las posibles estructuras estatales:

- Deben utilizar métodos precisos y rápidos para lograr la experiencia y la confianza del cliente. Por ello, se debe implementar constantemente métodos más recientes, avanzados, precisos y eficientes conforme a las capacidades financieras. El Sistema de posicionamiento global - Cinemática en tiempo real (GPS-RTK) se considera un sistema de levantamiento topográfico más eficiente y práctico entre las tecnologías que se utilizan por uso de los satélites.
- El uso de este marco para estudiar redes de tercer orden multifuncionales y, a veces, detalladas, se ha convertido en el más popular. El factor más desafiante al realizar mediciones con un equipo topográfico RTK en un área determinada es la existencia de interferencias u obstáculos del terreno. Esto limita la comunicación simultánea entre transmisores y receptores móviles e interrumpe la comunicación básica entre los cinco satélites fundamentales para una confiabilidad del GPS al 100% fiable.

En muchos procesos de monitoreo y construcción de edificaciones, los datos de observación se obtienen mediante la ET (estación total). Además, se argumenta que la ET es un método más adecuado que el uso de un teodolito para las empresas privadas, así sea que ejecuten esta actividad de levantamiento topográfico el propietario, contratista o consultor. (20)

Para el análisis de qué forma tiene la tierra y su relieve (Topografía) la ciencia crea y utiliza herramientas según sus necesidades, y la topografía mide principalmente dos variables:

- Ángulos (Horizontales)
- Distancia (Verticales)

El Teodolito implica medir ángulos horizontales con una brújula y utiliza cálculos matemáticos para medir distancias menos precisas. Si se necesitan distancias con detalle minucioso, se debe utilizar una cinta métrica y respetar todas las restricciones. Para solucionar este problema, se desarrolló un dispositivo llamado telémetro láser, que mide el tiempo que tarda un láser en rebotar hacia adelante y hacia atrás desde una superficie. Además, se usa un dispositivo llamado nivel de precisión para medir los ángulos verticales. Las lecturas de estos tres instrumentos deben grabarse y después se deben desarrollar cálculos matemáticos de forma manual en gabinete o el uso de la computadora para poder realizar una gráfica de mediciones. La estación total desempeña el papel más importante en la ingeniería del terreno de alta precisión, construcción de puentes, edificios, carreteras, redes de tuberías, presas, etc. En todos estos

diseños, la precisión es un requisito previo importante para un rendimiento óptimo. En equipos de construcción, la estación tiene dos funciones fundamentales:

- Levantamiento

Representación y medición de todo lo existente físicamente en el terreno.

- Replanteo

Modelar el diseño de una obra ya proyectada y estudiada sobre el terreno.

En zonas urbanas, la utilización de estaciones totales es factible, con respecto al desarrollo del catastro, debido a consideraciones de costo económico y rendimiento, mientras que en áreas rurales ocurre todo lo contrario, lo que los hace menos adecuados. Dada las limitaciones de visibilidad en las esquinas traseras de la propiedad, su uso se puede limitar a las elevaciones frontales de las propiedades en zonas urbanas con una precisión sin precedentes. En esta situación, es fundamental combinar este método con la medición de la geometría interna del inmueble mediante una cinta métrica y un compás. (21)

Para ejecutar el levantamiento topográfico convencional, se tendrá seguir el siguiente proceso:

I. Realización de estación

Teniendo en cuenta que un buen estacionamiento es el pilar de un buen levantamiento topográfico, el trípode debe extenderse de modo que la dirección vertical imaginaria esté lo más cerca posible del lugar de estacionamiento, y sus patas deben estar lo suficientemente abiertas para lograr una buena estabilidad. Si están demasiados cerrados, el trípode se vuelve inestable y por lo tanto propenso a caerse, dificultando el movimiento sobre el trípode, luego de apretar los tornillos de fijación, continúe observando a través de la plomada óptica, observe el nivel esférico y las condiciones de la burbuja y finalmente coloque el nivel de la alidada orientada a los tornillos.

II. Precauciones con la elaboración de las visuales

Necesitarás aflojar los tornillos de ajuste, tanto vertical como horizontal, donde el próximo al ocular se tomará con el antejo y se fijará el sistema de orientación, los tornillos quedarán bien ajustados y necesitarás mirar a través del ocular para ver la imagen este claramente enfocada.

III. Manejo y cuidado de los instrumentos

Tener en consideración lo siguiente:

- El instrumento debe manipularse con mucho cuidado, especialmente cuando se retira o se coloca en un estuche ubicado en el suelo.
- Al instalar el dispositivo, recuerde que el soporte debe ajustarse y fijarse con los tornillos de ajuste.
- Se tomarán todas las precauciones necesarias y deberán mantener las patas juntas y cerradas en una posición vertical.
- Antes de comenzar, verifique que el ángulo vertical debe estar en la posición 0, la extremidad debe estar graduada, no debe haber paralaje y la profundidad horizontal debe ser perfecta.

2.2.15. Estación Total

Una estación total es un instrumento topográfico que combina la medición electrónica de distancias (EDM) con las capacidades de medición de ángulos de un teodolito para determinar distancias horizontales, verticales e inclinadas en puntos específicos. Si se puede establecer una línea de visión entre dos puntos, se utiliza una estación total para determinar las coordenadas del punto desconocido en relación con las coordenadas conocidas. Mida la distancia y el ángulo desde la estación total hasta la brújula, mida las coordenadas (X, Y, Z o Norte, Este, Elevación) del punto de la tabla y calcule la ubicación con la trigonometría. Una estación total debe estar dentro de la línea de visión de un punto conocido o dos o más puntos conocidos para calcular la posición absoluta. La estación total puede ajustarse manualmente o equiparse con un motor para un control muy preciso del telescopio. En la última generación de estaciones totales, éstas facilitan las funciones de operar remotamente y seguir con bastantes niveles de automatización. (22)

Recomienda el Geosistema de Leica para obtener información precisa y resultados de medición para el trabajo diario:

- Ajustar y revisar el instrumento constantemente.
- Tomar medidas de alta precisión en el transcurso de los procedimientos de ajuste y verificación.
- Mida el objetivo en ambos lados. La herramienta tiene algunos errores que se pueden corregir calculando los ángulos promedio de las dos superficies.

Al medir con un láser EDM, los resultados pueden variar debido a la influencia de los objetos que pasan entre el EDM y el objetivo. Por ejemplo, si el área de trabajo prevista es la superficie de la carretera, pero el vehículo aéreo se encuentra entre la señal y la superficie de la carretera objetivo, la distancia al vehículo es lo que se mide, no la superficie de la carretera. Los instrumentos equipados con sensores de reconocimiento automático de objetos (ROA) miden la distancia y el ángulo con respecto al prisma. Mire a través del prisma con la mira óptica. Cuando comienza a medir la distancia, el instrumento apunta y centra automáticamente el prisma. Mida el ángulo horizontal y vertical y la distancia de inclinación hasta el centro del prisma y calcule automáticamente las coordenadas del objetivo. (22)

- Características de la estación total

- a. Precisión

Los cambios en la temperatura, la humedad y la precisión afectan las mediciones de la estación total, pero los cambios en la temperatura, la presión y la humedad relativa se pueden interpolar para corregir los efectos atmosféricos. Los golpes y la presión pueden dificultar las mediciones precisas, lo que reduce la precisión. La precisión de fabricación específica puede verse afectada por roturas del haz, deslumbramiento por calor y objetos en movimiento en la trayectoria del haz. Por lo tanto, es recomendable ajustar y probar el instrumento antes de actuar para solucionar estos problemas, por ejemplo la precisión en la localización del prisma de orientación automática. La precisión interna del RAO, el tipo de prisma, la precisión angular de la herramienta, el procedimiento de medición EDM elegido y las condiciones de medición externas son algunos de los muchos factores que afectan la identificación (RAO). (22)

- b. Tiempo

El tiempo de trabajo del levantamiento topográfico con la estación total suele durar varios meses. Bajo la influencia del clima y de las condiciones profesionales y técnicas, su efecto es pobre y el costo es alto. (23)

El tiempo efectivo es el tiempo necesario para realizar las operaciones de medición necesarias para realizar la tarea requerida, excluyendo retrasos debidos a problemas imprevistos, el tiempo de transporte desde la base del instrumento hasta el lugar de trabajo no está incluido en el tiempo efectivo. Por el contrario, o debido a problemas como descarga de la batería/fuente de alimentación o lecturas incorrectas, etc; por lo general, cada empresa posee su propio tiempo de entrega interno estimado y el

tiempo previsto en la duración de la preparación. En general, la preparación implica que las cuadrillas inspeccionen el área de trabajo para comprender mejor qué enfoque a seguir, preparar las estacas guardadas y otros equipos de soporte para el trabajo. El centrado de la ET y la configuración del trípode se refieren al tiempo dedicado a las tres configuraciones de trípode en cuatro conjuntos de mediciones. (20)

c. Costo

Los costos operativos surgen de costos como equipos, la garantía, el personal, vida útil, etc. El precio de las estaciones totales no es muy bajo, aunque ha pasado mucho tiempo, si hablamos de las marcas más comerciales, entonces el precio de cada estación total está entre 3,000.00 -30,000.00 dólares estadounidenses. Esta enorme diferencia puede provocar disconformidad y desconfianza en más de una persona, pero tiene su propia lógica, el primero se inculca para el trabajo, el segundo para la auscultación, etc. (24)

La utilización de las estaciones totales son caras porque requieren al menos 2 personas, el alquiler del equipo y, en muchos casos, más equipos para realizar mediciones buenas y eficientes. Los costos operativos se pueden reducir dependiendo de si el especialista responsable de la obra tiene un plano con curvas de niveles, pues con esta herramienta tendrá una dirección más dirigida y específica. (23)

2.2.16. Autocad

El software Autocad es un programa de diseño asistido por computadora para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es vendido y desarrollado por Autodesk. Este programa es uno de los más usados por los profesionales de diseño, arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y entre otras profesiones. Permite acceder a comandos a partir de las interfaces de menús y solicitud de comando, además contiene siete conjuntos de herramientas específicas para el diseño de plantas, arquitectónico, mecánico, eléctrico, cartografía en 3D, importar imágenes escaneadas y la conversión de imágenes ráster. (25)

2.2.17. RedCad

El software RedCad es desarrollado únicamente para el diseño de redes de distribución en baja y media tensión (Redes Primarias y Secundarias). El fácil manejo e interfaz de este programa ayuda a trabajar en forma conjunta las redes primarias y secundarias por medio de capas y proporcionando herramientas muy útiles para la facilidad del ingeniero en

agilizar el diseño de redes, más aún de exportar reportes totalmente automatizados de planos, planillas y metrados que perfecciona los recursos del ingeniero y dibujante.

2.3. Definición de Términos Básicos

- **RPAS:** Remotely Piloted Aircraft System o Sistema de Aeronaves pilotadas a distancia.
- **UAV:** Unmanned Aerial Vehicle o Vehículo Aéreo no Tripulado, también llamado dron.
- **Fotogrametría:** Es la metodología que se aplica modelamiento en 3D, generación de planos que permite realizar mediciones con precisión a base de fotografías aéreas.
- **Plan de Vuelo:** La ubicación del área a intervenir en un espacio y cálculo de tamaño, tiempo, altura, etc. Para obtener las fotografías aéreas por el dron.
- **RTK:** Real Time Kinematic, es un Sistema de posicionamiento o navegación que permite la precisión centimétrica a los drones que lo obtienen (Posicionamiento en tiempo real).
- **GNSS:** Global Navigation Satellite System es un conjunto de sistemas de navegación por satélite, capaz de proporcionar cualquier punto en el posicionamiento espacial y temporal.
- **PPK:** Kinematic post procesado o Cinemática post procesada trabaja con datos del sistema global de navegación, por satélite (GNSS), para calcular con precisión la posición y trayectoria de un UAV.
- **Ortofoto:** Resultado del procesamiento de fotografías aéreas, donde se corrigen las deformaciones causadas por el relieve del terreno, estando en una misma escala.
- **Nube de puntos:** Sistema de representación de cualquier objeto o superficie en un sistema tridimensional.
- **MDE:** Modelo digital de Elevaciones.
- **MDT:** Modelo digital de Terreno.
- **PIX4D:** Software de procesamiento de imágenes georrefenciadas otorgadas por drones y equipos móviles.
- **RedCad:** Software especializado para diseños de proyectos de distribución eléctrica de baja y media tensión.
- **AutoCAD:** Software especializado para dibujo en 2D y modelado en 3D.
- **COGO:** Coordinate Geometry o Geometría de coordenadas.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos, tipo y nivel de investigación

3.1.1. Método de la investigación

La metodología a utilizar en la investigación es cuantitativa, ya que la investigación aplicará datos obtenidos por el método convencional y fotogrametría; validando la mejora, profesionales expertos emitiendo su opinión, en el desarrollo del proyecto de ampliación de redes secundarias.

3.1.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación será tecnológica, ya que se empleará la fotogrametría con la tecnología del dron (RPAS) para el diseño de una ampliación de red de distribución secundaria, obteniendo mejores datos de campo de calidad y solucionar el problema de tiempo.

Tabla N° 9 Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación	Nivel de Investigación
Investigación básica	Investigación descriptiva
	Investigación explicativa
Investigación tecnológica	Investigación experimental
	Investigación aplicada

Nota: Tomada de Ciro Espinoza Montes, Metodología de la investigación tecnológica, 2014, p. 76.

3.1.3. Alcance de la investigación

El alcance de la investigación será experimental, ya que se manipulará las variables que tiene relación causal para transformarlo, mediante la prueba de hipótesis. En el caso de aplicación de la fotogrametría (Dron) y concluir que existe una mejor eficiencia y disminución de tiempo a comparación del uso de la metodología tradicional (Estación total) en el diseño de un proyecto de distribución.

3.1.4. Diseño de la investigación

El diseño de investigación es de tipo factorial experimental (2x2) que manipulará dos variables independientes con dos niveles de presencia en cada variable independiente.

La estructura básica de un diseño factorial es que todos los niveles de cada variable independiente se combinan con todos los niveles de las otras variables.

3.2. Población y muestra de la investigación

3.2.1. Población

La población para la investigación son los profesionales mecánicos-electricistas o electricistas que tengan experiencias en el desarrollo de proyectos.

3.2.2. Muestra

El tamaño de muestra para esta investigación fue a todos los ingenieros electricistas colegiados, en el área de proyectos electromecánicos de la empresa DESSAU S&Z, especializados en realización de expedientes técnicos de distribución aplicando fotogrametría.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnica

La técnica aplicada para la recolección de datos es la empírica, que accede con la entrevista para el almacenamiento de testimonios que permitan cotejar información sobre el tiempo que conlleva al aplicar la data de ambas metodologías.

3.3.2. Instrumento

Como instrumento se aplicó una ficha de entrevista a profesionales especializados en el tema, por motivo que son profesionales claves con experiencia ya que sus aportaciones son novedosos y complementarios (adjuntado en el anexo 8).

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

En esta sección se detalla el procedimiento y resultados del levantamiento topográfico, fotogrametría y diseño del proyecto.

4.1.1. Ubicación del área del proyecto de investigación

A continuación, se presentan los datos de la ubicación del área del proyecto, en la siguiente Tabla N°10 y Figura N°6.

Tabla N° 10 Ubicación del proyecto

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad
Junín	Chupaca	Huamancaca	La Perla

Fuente: Elaboración propia

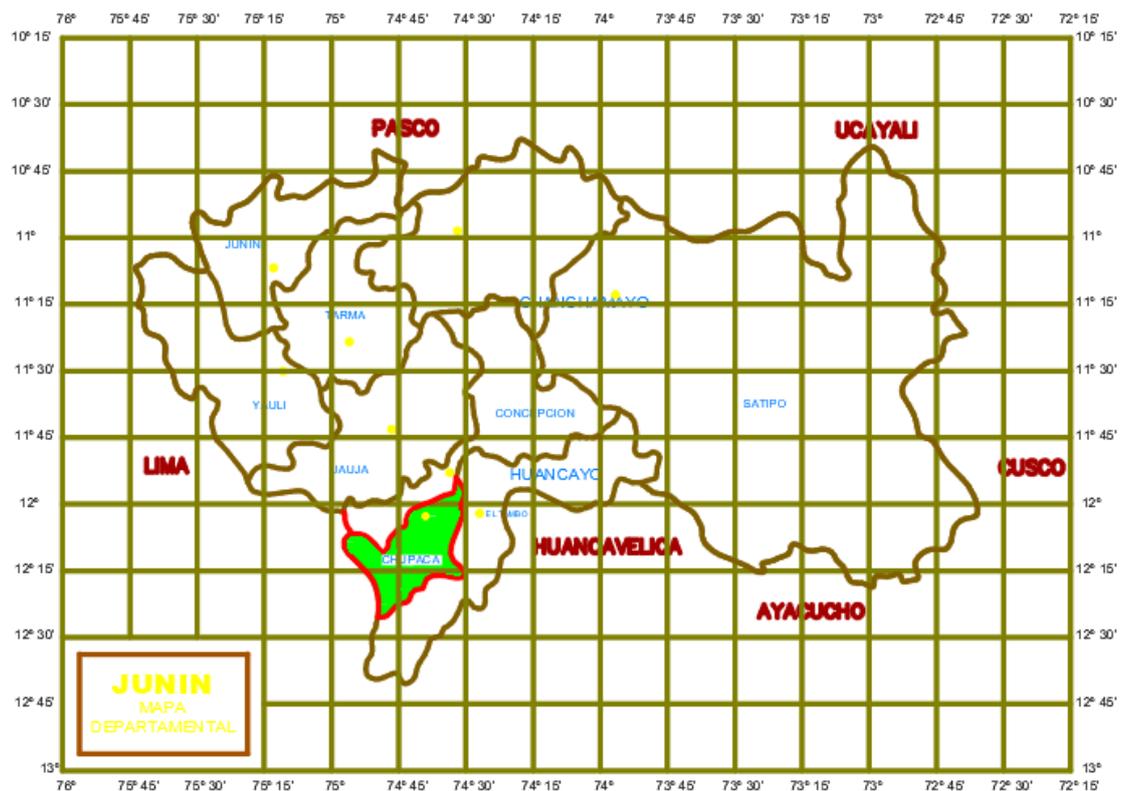


Figura N° 5. Ubicación del departamento del Proyecto de investigación. Elaboración Propia



Figura N° 6. Ubicación del área del Proyecto de ampliación de red secundaria. Elaboración Propia

4.1.2. Levantamiento topográfico con estación total

Para el uso de este método se siguió distintos pasos para obtener los datos de campo. Para este método convencional se utilizó la estación total marca KOLIDA MODELO KTS – 442RLC y con la ayuda de puntos de apoyo en el área del proyecto.

4.1.2.1. Reconocimiento del área seleccionada

Esta sección debe identificar las características del terreno, caminos de acceso, propiedades, límites y posiblemente permisos necesarios para realizar trabajos de reconocimiento en el área del proyecto. Se debe proporcionar el personal y tiempo necesario para realizar los trabajos antes mencionados.



Figura N° 7. Zona del área seleccionada. Elaboración Propia

4.1.2.2. Georreferenciación

Para los levantamientos con estaciones totales se establece un punto de referencia inicial para posicionar el equipo utilizando las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) proporcionadas por el sistema WGS 84 (World Geodetic System 1984) utilizando GPS en una ubicación estratégicamente ventajosa. El objetivo del posicionamiento es facilitar la medición y acelerar el trabajo.



Figura N° 8. Establecimiento de punto Referencial inicial. Elaboración Propia

4.1.2.3. Recolección de datos

Esta sección comienza con la operación del equipo, incluyendo la medición de toda el área del proyecto (coordenadas X, Y, Z), esencialmente la recopilación de puntos de los límites de propiedades (usuarios antiguos y nuevos) que se aprecian en el área del proyecto y la identificación de instalaciones existentes. Se obtiene la información primordial para su procesamiento y la continuación del diseño.



Figura N° 9. Nivelación la Estación total. Elaboración Propia

Equipo utilizado: Estación total KOLIDA MODELO KTS – 442RLC de precisión de 2 mm, ofrece una larga distancia de medición de hasta 5000 m y con 2 prismas. El dispositivo tiene una variedad de programas de medición que incluyen opciones de configuración de parámetros y almacenamiento de datos, según el tipo de trabajo.

4.1.2.4. Recolección de información complementaria

En el trabajo de levantamiento topográfico del área del proyecto de investigación, localidad de La Perla, se identificó las instalaciones existentes, del punto de diseño que partirá la ampliación de redes secundarias y la subestación a repotenciar.



Figura N° 10. Personal con prisma para la medición de puntos. Elaboración Propia



Figura N° 11. Prismas con jalón usados en el levantamiento topográfico. Elaboración Propia

4.1.2.5. Procesamiento de información

En esta sección se cargan los datos de medición de la estación total y se insertan los puntos Coordinate Geometry o Geometría de coordenadas (COGO), que son la geométrica de coordenadas, toda información necesaria para las mediciones del terreno (lista de puntos con UTM, coordenadas norte y este, elevación y descripción) en el software TOPOMAGIC para continuar con la creación del catastro donde se realizará la ampliación de red secundaria.

El procesamiento consiste en:

- Importación de puntos.
- Descripción de puntos localizados
- Creación de catastro

4.1.3. Levantamiento topográfico con dron

Para el levantamiento topográfico con dron se respeta los siguientes pasos.

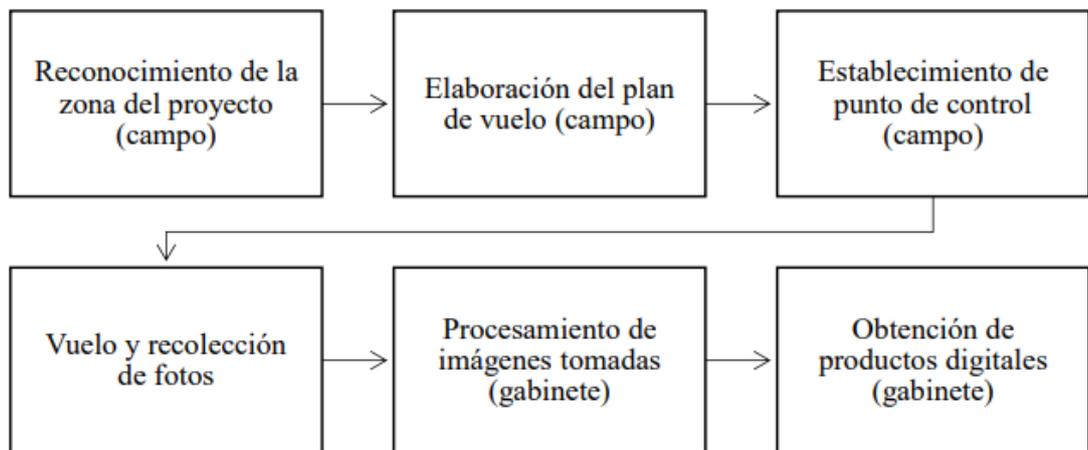


Figura N° 12. Pasos para el levantamiento topográfico con dron. Elaboración Propia.

4.1.3.1. Reconocimiento de la zona del proyecto

Para acceder posteriormente al sitio de investigación, es necesario realizar un reconocimiento utilizando Google Earth para verificar y determinar las características del terreno, el clima, el viento y la altitud de algunos obstáculos y ubicaciones alternativas para el despegue del dron y posibles ubicaciones de puntos de control.

4.1.3.2. Elaboración del plan de vuelo

De acuerdo a la información obtenida durante el reconocimiento de la zona del proyecto y la comprobación de posibles fenómenos atmosféricos, se pudo planificar el vuelo utilizando el software DRONELINK de DJI.

La zona del proyecto se definió como el área de estudio y se establecieron parámetros fundamentales, como una altitud de vuelo programada de 80 m, con un GSD de 2,4 cm/píxel, superposición vertical y horizontal según las pautas de relieve de colinas del IGN. Lo recomendado son 65% y 25% respectivamente, mientras que para este proyecto de investigación los traslapes verticales y horizontales son 70 y 80% respectivamente.

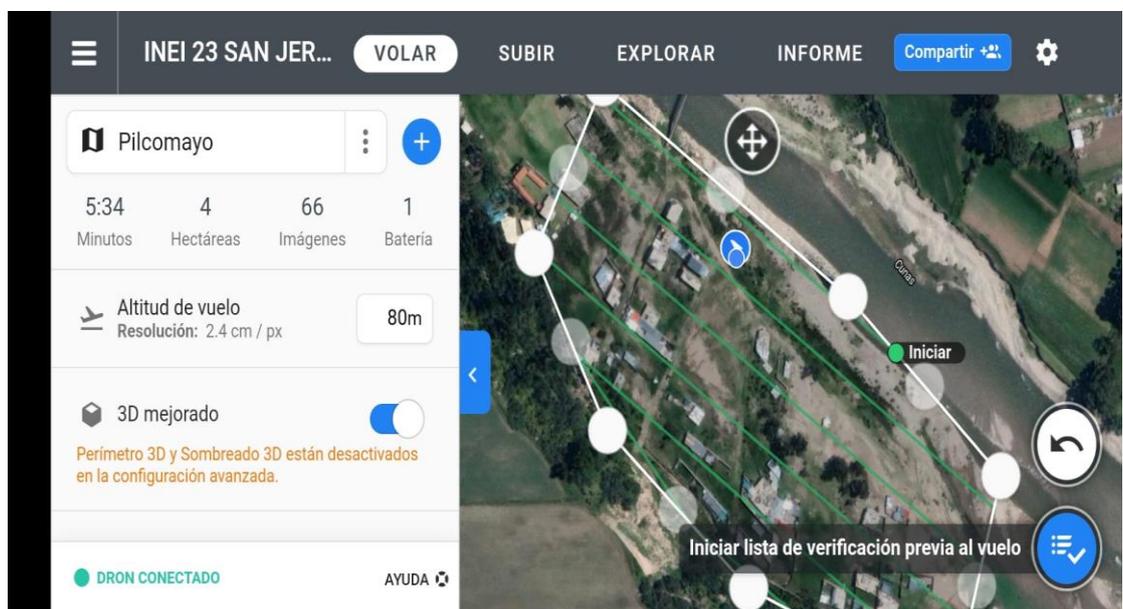


Figura N° 13. Plan de vuelo en el programa DRONELINK, altitud de vuelo y GSD. Elaboración Propia.

4.1.3.3. Establecimiento de punto de control

Se instalaron 4 puntos de control con coordenadas UTM con el sistema WGS 84, a partir del cual se inició la medición de los puntos de control fotogramétrico ubicados en el área de trabajo, con la estación total se considera los puntos resultantes obtenidos (X, Y, Z).

Tabla N° 11 Puntos de control

ETIQUETA	ESTE	NORTE	ALTITUD
PC-1	472484.46	8666661.11	3254.79
PC-2	472479.20	8666606.43	3255.04
PC-3	472448.17	8666668.87	3255.54
PC-4	472364.21	8666723.65	3255.84

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 14. Distribución de los puntos de control. Elaboración Propia

En las siguientes imágenes se presentan la Figura N°16 y Figura N°17 donde se establecieron y midieron los puntos de control.

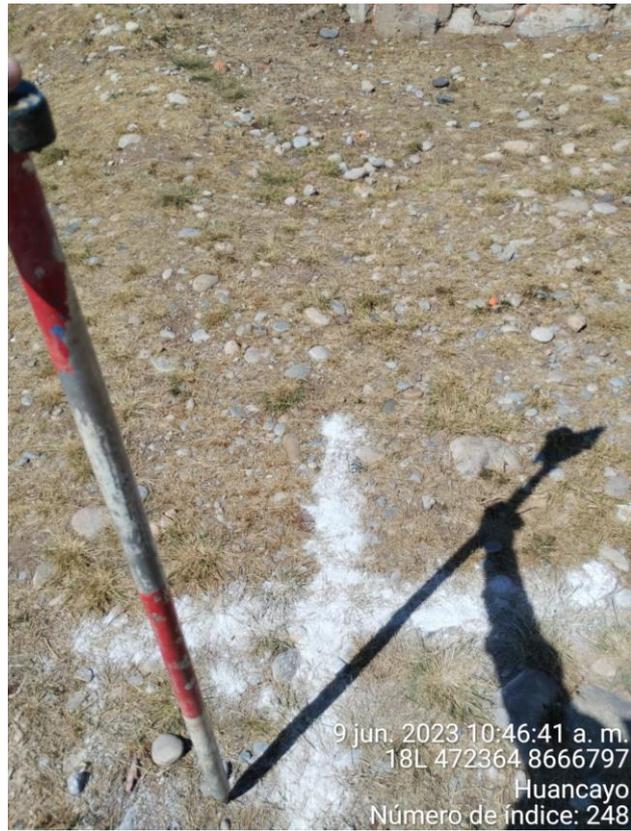


Figura N° 15. Medición de puntos de control. Elaboración Propia.

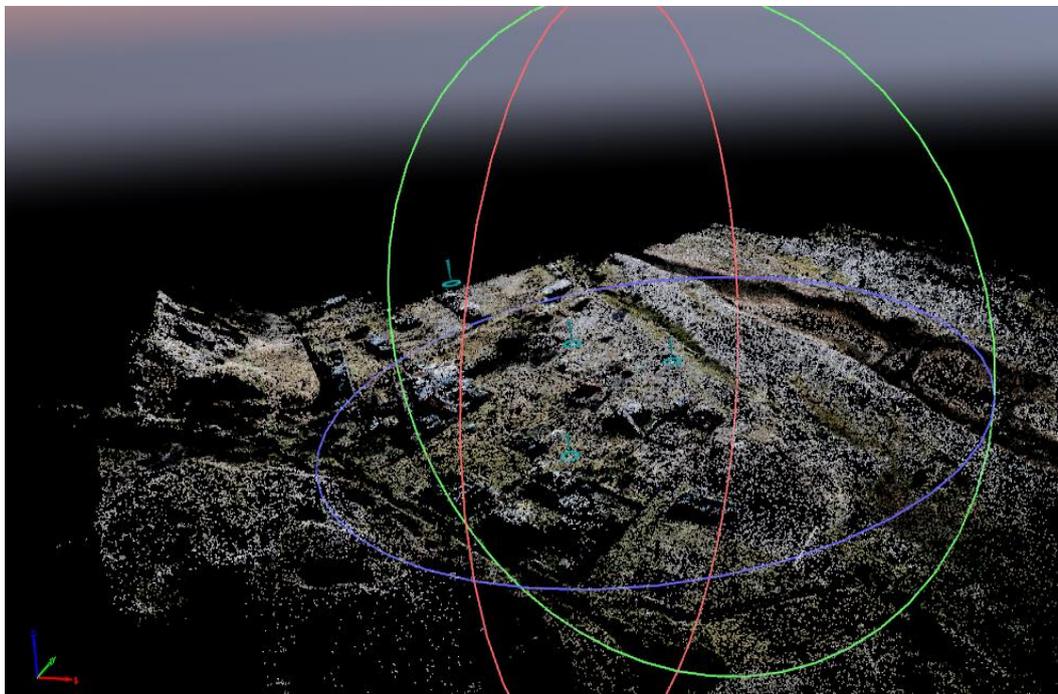


Figura N° 16. Estableciendo puntos de control en software PIX4D. Elaboración Propia.

4.1.3.4. Vuelo y recolección de datos

El inicio de las operaciones del dron comienza con el despegue, durante el cual se eleva a la altitud planificada, y comienza con fotografiar la trayectoria de vuelo y cubrir el área del proyecto, evitando varios obstáculos, como árboles, estructuras electromecánicas, entre otras cosas durante el despegue. Para una altura de 80 m. En la Figura N°18, Figura N°19 y Figura N°20 se presentan la fotografía del despegue, las que captó la cámara del dron y el alineamiento de estas respectivamente.



Figura N° 17. Despegue del DRONE PHANTOM 4 PRO. Elaboración Propia.

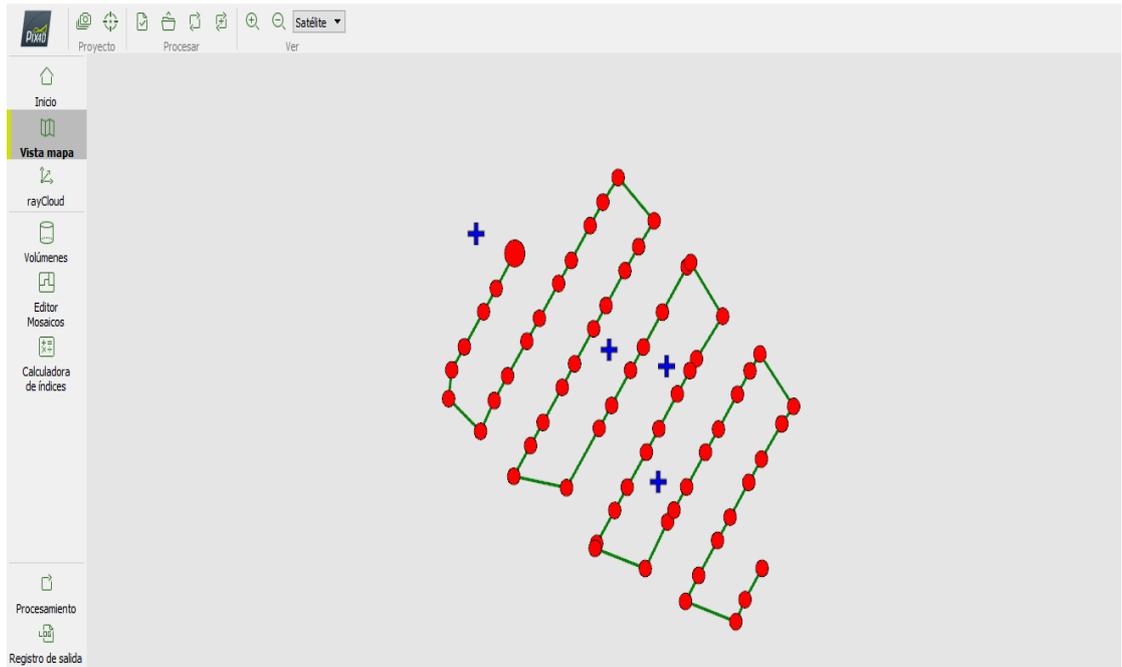


Figura N° 18. Fotografías tomadas por el drone. Tomada software PIX4D. Elaboración Propia.

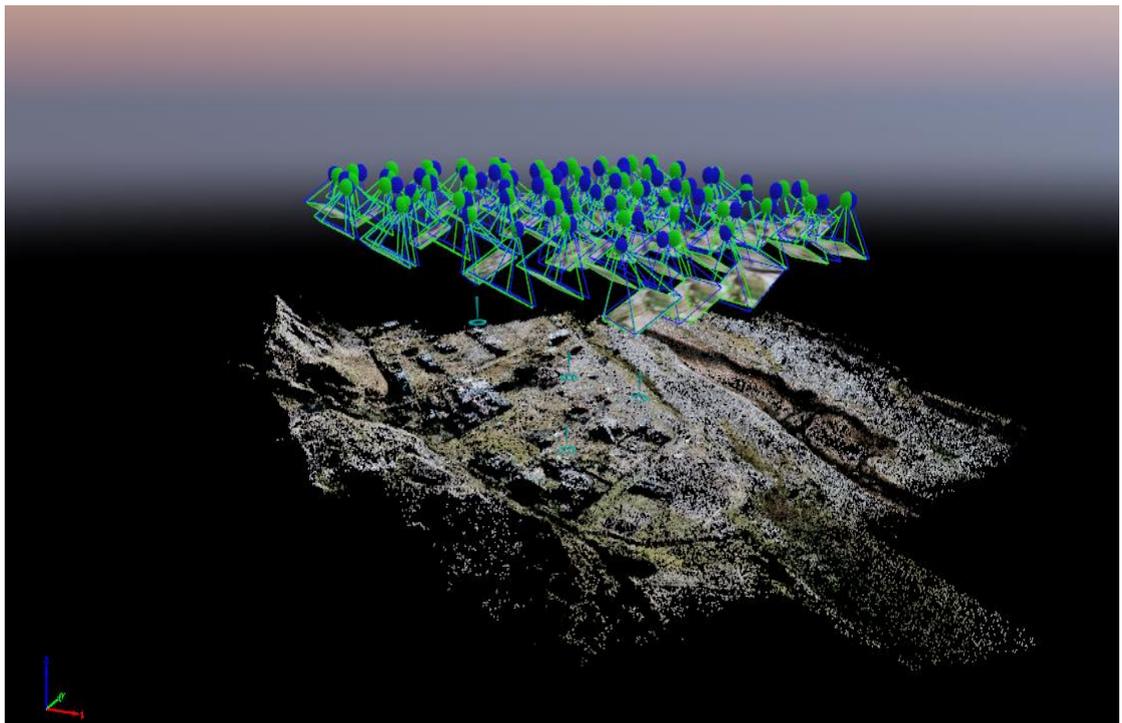


Figura N° 19. Alineamiento de las fotografías. Tomada software PIX4D. Elaboración Propia.

4.1.3.5. Procesamiento de las fotografías obtenidas

En esta sección se insertaron todas las fotografías al software PIX4D y se cumplió con el procedimiento formulada por el programa:

- Orientación de fotografías.
- Importación y ajuste de los puntos de control.
- Creación de nube de puntos.
- Creación de malla de la nube de puntos.
- Creación del modelo digital de elevaciones.
- Creación del ortomosaico.

4.1.3.6. Adquisición de los productos digitales

Para implementar productos digitales, modelos de elevación digitales, nubes de puntos y, en última instancia, adquisición de ortofotos.

En la Figura N°21 a la Figura N°26, se presentan imágenes relacionadas al modelo digital de elevaciones, nube de puntos y los distintos productos digitales de la zona de ubicación del proyecto.

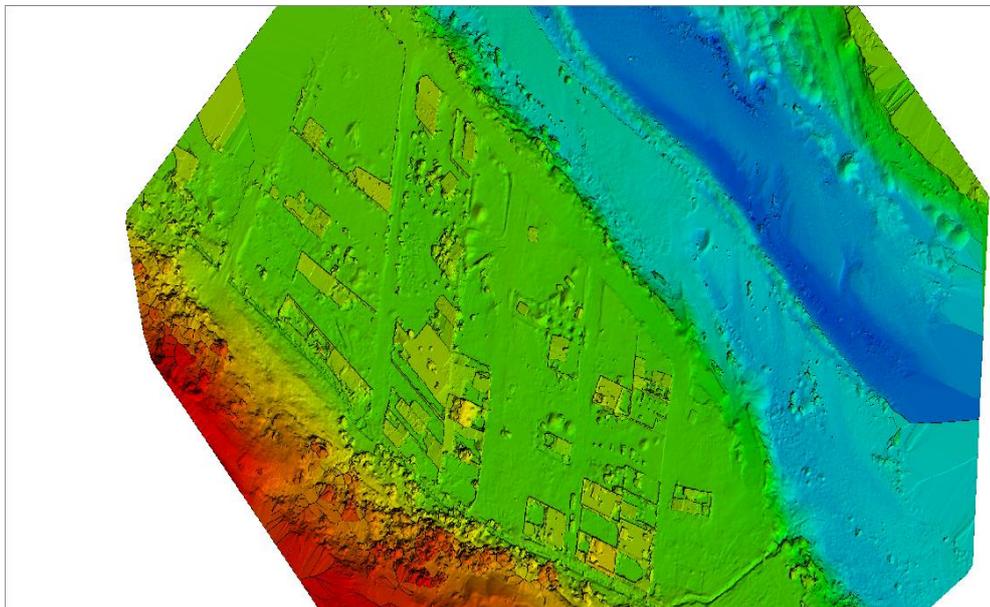


Figura N° 20. Modelo digital de elevaciones. Tomada software PIX4D. Elaboración Propia.



Figura N° 21. Ortomosaico. Tomada software PIX4D. Elaboración Propia.

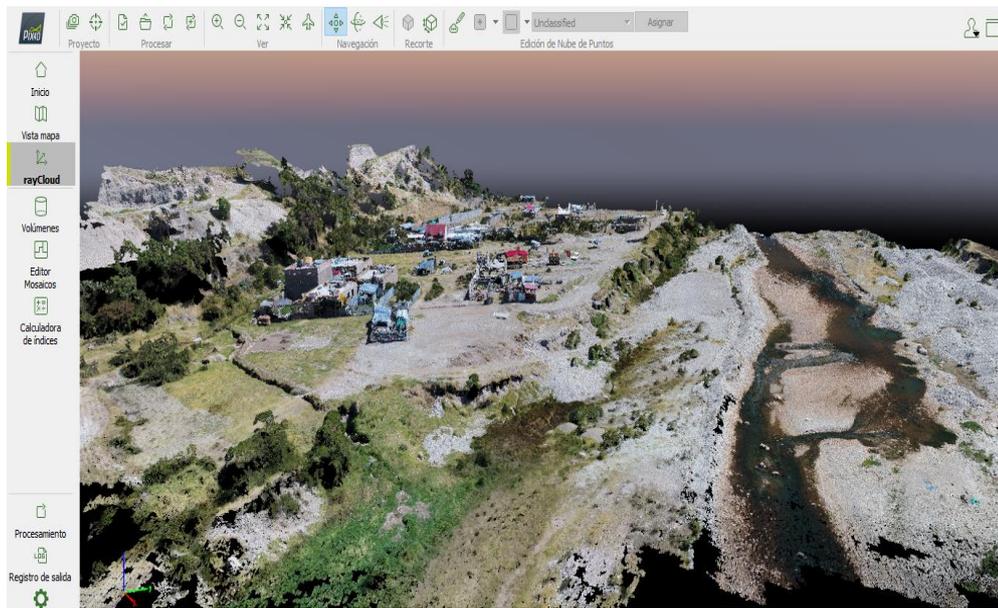


Figura N° 22. Nube de puntos. Tomada software PIX4D. Elaboración Propia.



Figura N° 23. Nube de puntos. Tomada software RECAP. Elaboración Propia.



Figura N° 24. Malla 3D – Vista. Tomada software PIX4D. Elaboración Propia.



Figura N° 25. Malla 3D – Vista 2. Tomada software PIX4D. Elaboración Propia.

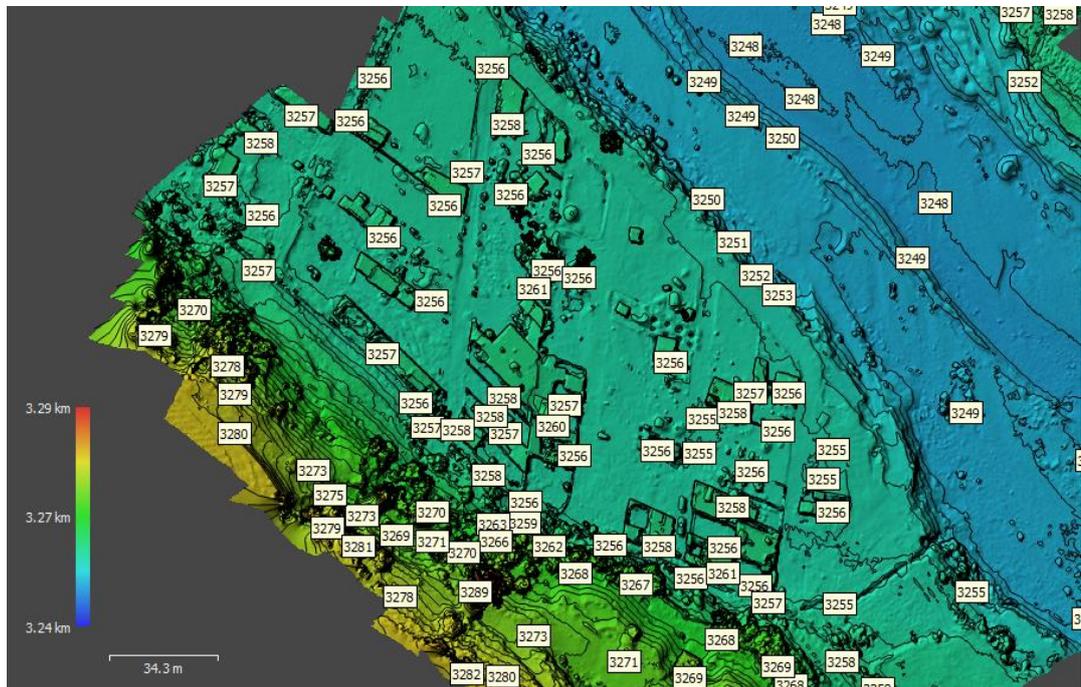


Figura N° 26. Curvas de nivel. Tomada software PIX4D. Elaboración Propia.

4.1.4. Evaluación de Costos

Para el levantamiento topográfico aplicado con el drone y la estación total, se detalla los costos utilizados respectivamente.

Tabla N° 12 Costo levantamiento topográfico con drone

DESCRIPCIÓN	Und.	Cantidad	P. Unitario	Parcial
			S/	S/
MATERIALES				
Materiales varios (Yeso, cordel, pintura, etc., útiles y equipos de gabinete)	%MO	5.00	149.42	7.47
			Sub-total	7.47
MANO DE OBRA				
Topógrafo Operador de DRONE	1.00 h-h	2.00	30.58	61.16
Dibujante en AutoCAD	1.00 h-h	2.00	24.56	49.12
Ayudante 1	1.00 h-h	2.00	19.57	39.14
			Sub-total	149.42
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
Camioneta Pick-Up 4x4 de 135 HP	0.25 h-m	0.50	169.99	85.00
Drone y Accesorios (incluido GPS navegador o RTK)	0.50 h-m	1.00	50.00	50.00
Equipo de Comunicación	1.50 h-m	3.00	4.42	13.26
Herramientas 5% mano de obra	%	5.00	149.42	7.47
			Sub-total	155.73
TOTAL			S/	312.62

Nota: Elaboración Propia

Tabla N° 13 Costo levantamiento topográfico con estación total

DESCRIPCIÓN	Und.	Cantidad	P. Unitario	Parcial
			S/	S/
MATERIALES				
Materiales varios (Estaca, wincha metálica de 50 m., yeso, cordel, pintura, etc., útiles y equipos de gabinete)	%MO	5.00	188.56	9.43
			Sub-total	9.43
MANO DE OBRA				
Topógrafo Operador de Estación Total	1.00 h-h	2.00	30.58	61.16
Dibujante en AutoCAD	1.00 h-h	2.00	24.56	49.12
Ayudante 1	1.00 h-h	2.00	19.57	39.14
Ayudante 2	1.00 h-h	2.00	19.57	39.14
			Sub-total	188.56
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
Camioneta Pick-Up 4x4 de 135 HP	0.35 h-m	0.70	169.99	118.99
Equipo de Estación Total y accesorios	1.00 h-m	2.00	25.38	50.76
Equipo de Comunicación	2.00 h-m	4.00	4.42	17.68
Herramientas 5% mano de obra	%	5.00	188.56	9.43
			Sub-total	196.86
TOTAL			S/	394.85

Nota: Elaboración Propia

El levantamiento topográfico con el drone es S/. 312.62 y con la estación total S/. 394.85, resultando existir una diferencia de S/.82.23, además de comparar con el costo total al usar el drone, abarca que es el 26.30%. Esto indica que existe un claro beneficio a comparación con la estación total, ya que el método convencional tiene los costos más alto en materiales, mano de obra, equipos y herramientas. Cabe mencionar que este análisis se aplica en una pequeña área de 4 hectáreas aproximadamente, por lo que en proyectos grandes se aprecia que el beneficio es más grande al utilizar el método de la fotogrametría.

4.1.5. Evaluación de Alternativas de Solución

En esta parte se han identificado los factores y niveles de las variables independientes para continuar con la matriz de solución.

Por lo cual, se utilizaron los datos obtenidos por las entrevistas a profesionales que tuvieron experiencia con estas dos metodologías de trabajo, estos datos se adjuntan en el anexo 8.

Tabla N° 14 Factores de la variable independiente

Factor	Representación	Nivel 1 (-1)	Nivel 2 (1)
Diseño de red secundaria	A	Autocad	RedCad
Medición	B	Estación Total	Fotogrametría (Drone)

Nota: Elaboración Propia

Tabla N° 15 Matriz de Soluciones

MATRIZ DE SOLUCIONES

Variable Independiente		Combinaciones de tratamientos
A	B	
A1	B1	A₁B₁
	B2	A₁B₂
A2	B1	A₂B₁
	B2	A₂B₂

Fuente: Elaboración Propia

4.1.6. Diseño de Alternativas de Solución

La siguiente tabla resume las opciones de tratamientos presentadas en entrevistas a ingenieros mecánicos-eléctricos profesionales según la matriz de solución presentada en la sección anterior.

Tabla N° 16 Matriz de Tratamientos

MATRIZ DE TRATAMIENTOS		
Variable Independiente		Variable dependiente
Medición y diseño del proyecto ampliación		
Diseño de una red secundaria	Medición	Tiempo en el diseño de la ampliación red secundaria
A	B	
Autocad	Estación Total	Autocad-Estación Total
	Fotogrametría (drone)	Autocad-Fotogrametría (drone)
RedCad	Estación Total	RedCad-Estación Total
	Fotogrametría (drone)	RedCad-Fotogrametría (drone)

Nota: Elaboración Propia

La matriz de soluciones consta de dos factores y ocho réplicas, que son agrupados con datos obtenidos por la entrevista realizada a cada profesional, donde realizaron el diseño de la ampliación de la red secundaria mediante la información de campo (fotogrametría y estación total) que se les proporcionó, realizando la siguiente tabla.

Tabla N° 17 Matriz de Soluciones

Variabes Indep.		Combinación de tratamientos	Repetición (horas)							
A	B		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
A ₁	B ₁	A ₁ B ₁	58	42	32	38	24	37	22	60
	B ₂	A ₁ B ₂	34	26	22	18	17	25	16	35
A ₂	B ₁	A ₂ B ₁	19	13	10	12	15.5	14	5	21
	B ₂	A ₂ B ₂	15	9	8	8	8.5	11	5	16

Nota: Elaboración Propia

4.1.7. Análisis Estadístico de Soluciones

Para elegir la mejor solución y conseguir que la fotogrametría sea más eficiente y reduzca el tiempo requerido, es importante realizar un trabajo estadístico que ayudará a visualizar la interacción de los factores y encontrar la combinación que le permita encontrar la solución óptima. Por tal motivo, se usó el software Minitab, herramienta que ayudo a crear las gráficas y ecuaciones necesarias. A continuación, se detalla el informe estadístico.

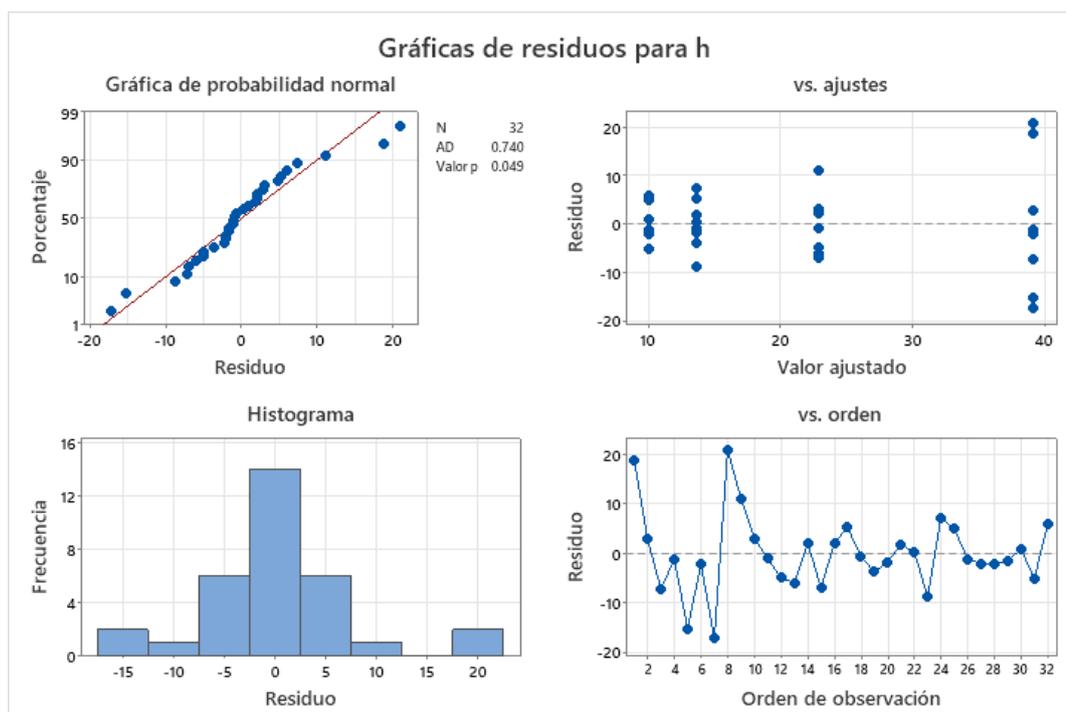


Figura N° 27. Residuos para Eficiencia (S). Tomada software Minitab. Elaboración Propia.

El gráfico de probabilidad normal sugiere que los residuos se distribuyen aproximadamente de manera normal, dado que la mayoría de los puntos se alinean estrechamente con la línea oblicua de referencia. Sin embargo, algunas desviaciones menores, con dos puntos que se alejan en la parte inferior y otros dos en la parte superior, indican posibles observaciones atípicas o influencias en los datos.

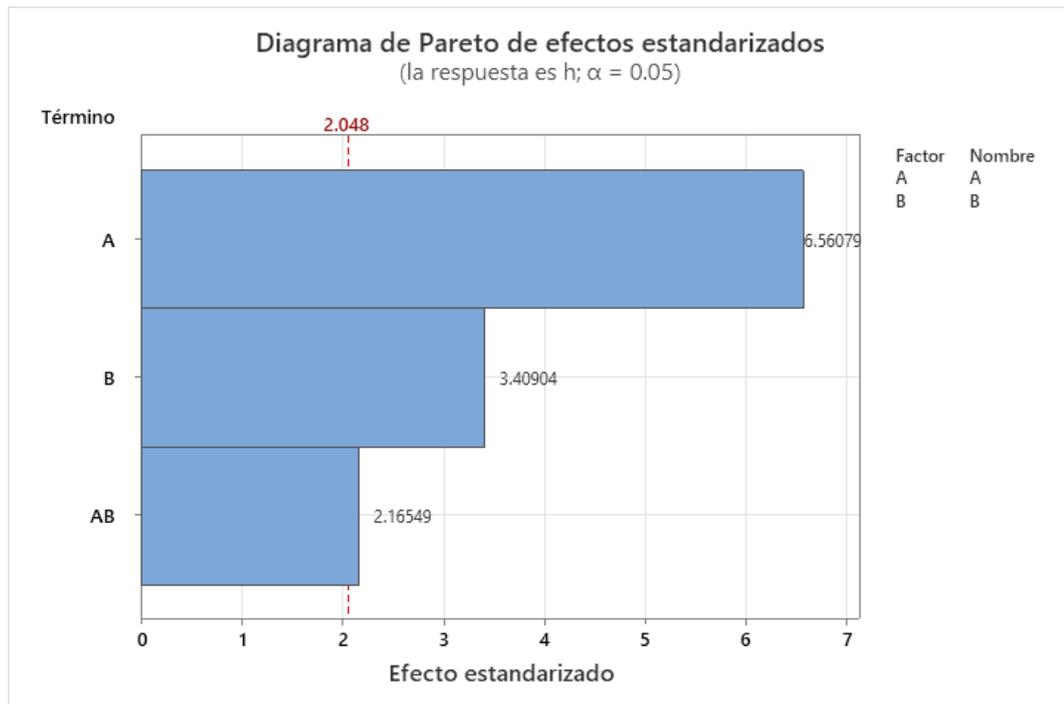


Figura N° 28. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados. Tomada software Minitab. Elaboración Propia.

En el Diagrama de Pareto presentado, los términos correspondientes a los factores se destacan por su significancia estadística, en relación con el umbral representado por una línea roja con un valor de 2.048, que corresponde al nivel de confianza del 95%. El factor A, que representa el "Diseño de una red" con niveles "Autocad" y "Redcad", tiene un efecto estandarizado de 6.561, mostrando la mayor influencia sobre la variable de respuesta. Por otro lado, el factor B, que aborda la "Medición" con niveles "Estación total" y "Fotogrametría", tiene un efecto estandarizado de 3.409. Aunque la interacción entre estos dos factores, AB, tiene un valor estandarizado de 2.165, ligeramente por encima del umbral, su impacto es menor en comparación con los factores individuales A y B. Se deduce, entonces, que mientras los factores "Diseño de una red" y "Medición" son altamente significativos en el modelo, la interacción entre ambos tiene una relevancia estadística marginal.

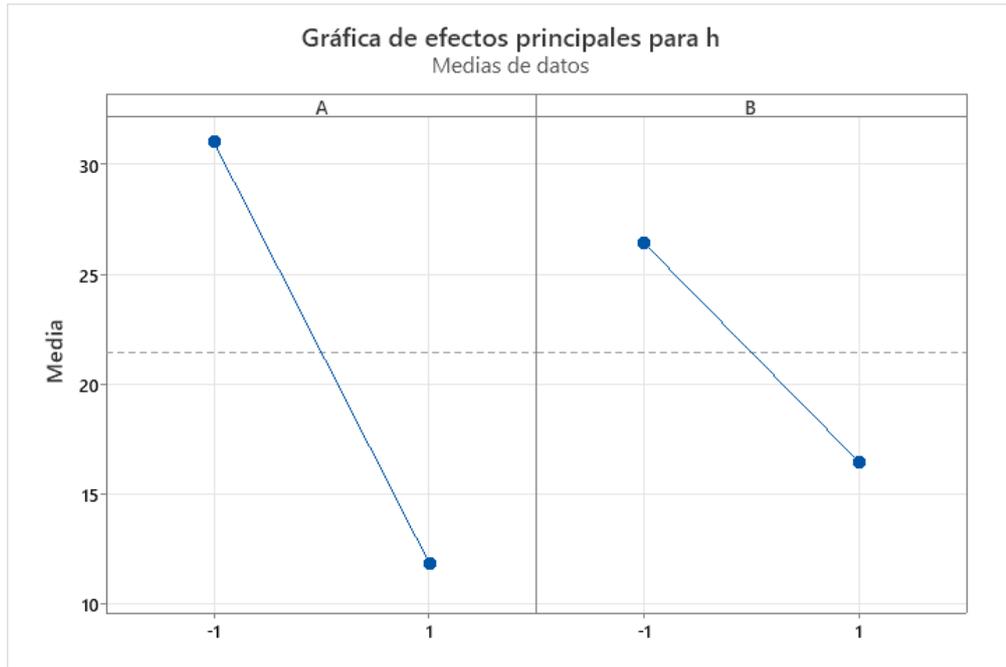


Figura N° 29. Gráfica de efectos principales para Eficiencia (S). Tomada software Minitab. Elaboración Propia.

En la gráfica de efectos principales se observa que en factor A (Diseño de una red), el nivel de Redcad disminuye el Tiempo en el diseño de una ampliación de red secundaria. En el caso del factor B (Medición) en el nivel Fotogrametría también se evidencia una reducción del Tiempo.

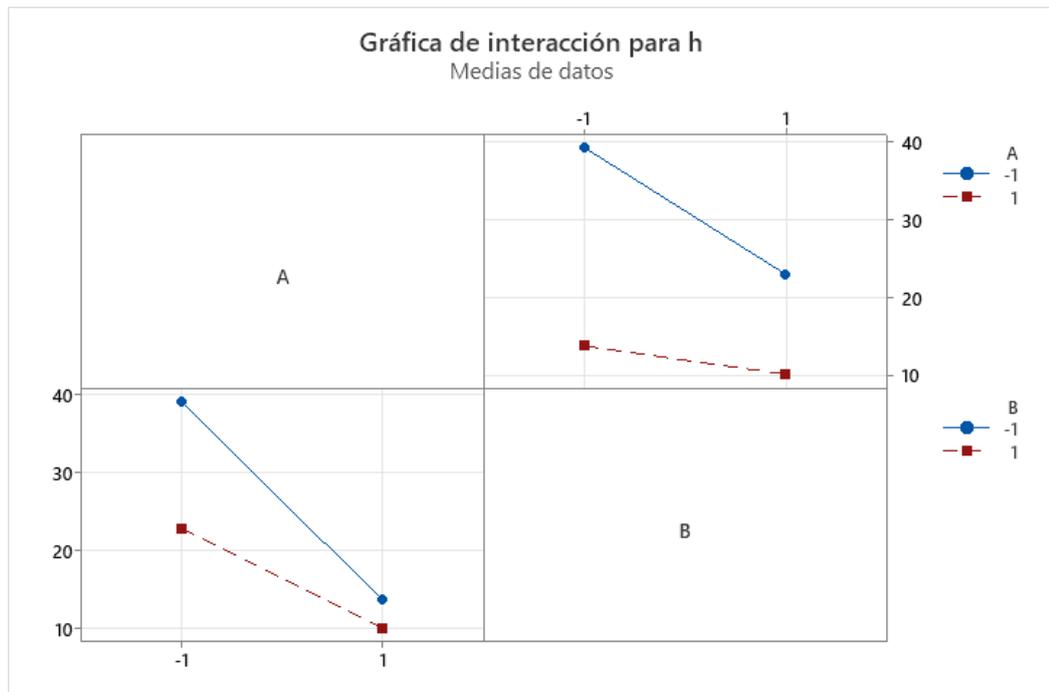


Figura N° 30. Gráfica de interacción para h. Tomada software Minitab. Elaboración Propia.

En la gráfica de interacción se evidencia que para el factor A la interacción es fuerte cuando se trabaja con Autocad, pero muy leve con Redcad. Por otro lado, la influencia en la interacción en cuanto a la Medición es más marcada. En ambos niveles se ve la influencia del “Diseño de una red”, pero es más pronunciado cuando se trabaja con Estación Total.

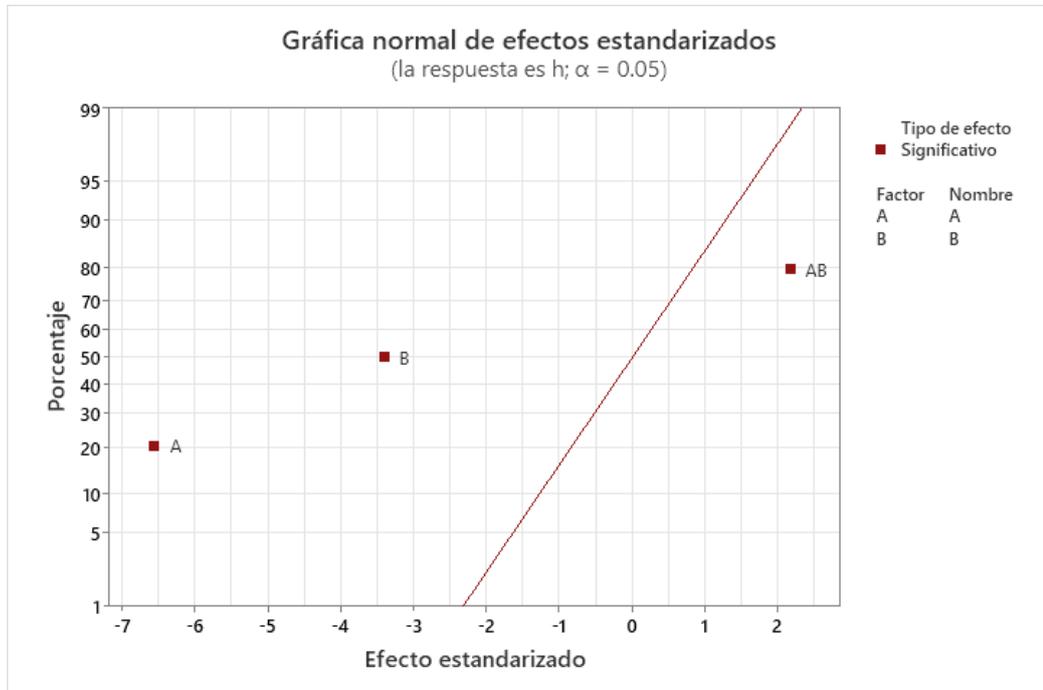


Figura N° 31. Gráfica normal de efectos estandarizados. Tomada software Minitab. Elaboración Propia.

Basado en la gráfica normal de efectos estandarizados, el factor A (Diseño de una red) muestra un efecto estandarizado de -6.5 con un 20% en la escala de probabilidad, lo que indica un decrecimiento significativo en el tiempo de diseño al transaccionar de Autocad a Redcad. El factor B (Medición) tiene un efecto estandarizado de -3.5 y un 50% en dicha escala, señalando también una reducción notable en el tiempo al cambiar de Estación total a Fotogrametría. La interacción AB presenta un efecto estandarizado de 2 y un 80%, lo que sugiere una influencia combinada de los dos factores previamente mencionados en el tiempo de diseño. Todos estos efectos se alejan de la línea roja oblicua que representa la expectativa bajo la suposición de no efectos reales, destacando su relevancia y significancia en el proceso en estudio.

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		21.44	1.46	14.71	0.000	
A	-19.13	-9.56	1.46	-6.56	0.000	1.00
B	-9.94	-4.97	1.46	-3.41	0.002	1.00
A*B	6.31	3.16	1.46	2.17	0.039	1.00

Nota: Minitab

La tabla muestra la relación entre cada factor y la respuesta en horas, con términos estandarizados para facilitar la interpretación. La constante (21.44 horas) representa el tiempo promedio estimado de diseño cuando todos los factores están en su nivel base (cero). El coeficiente de -9.56 para A indica que, al cambiar de Autocad a Redcad (mientras todos los demás factores permanecen constantes), se prevé una disminución de 9.56 horas en el tiempo de diseño. De manera similar, el cambio de Estación total a Fotogrametría (B) reduce el tiempo de diseño en 4.97 horas. La interacción entre A y B añade un incremento de 3.16 horas al tiempo de diseño. Todos estos efectos son estadísticamente significativos, ya que los valores p están por debajo del umbral típico de 0.05.

Tabla N° 19 Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
8.24499	67.95%	64.51%	58.13%

Nota: Minitab

El R-cuadrado de 67.95% indica que el modelo explica aproximadamente el 68% de la variabilidad en el tiempo de diseño. El R-cuadrado ajustado de 64.51% tiene en cuenta el número de predictores en el modelo, proporcionando una medida más precisa de la calidad del ajuste. El R-cuadrado predictivo de 58.13% sugiere que el modelo podría explicar alrededor del 58% de la variabilidad en nuevos datos en términos de horas de diseño. Estos valores sugieren que el modelo es razonablemente bueno en predecir el tiempo de diseño en horas, pero aún hay variabilidad no capturada por el modelo.

Tabla N° 20 Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	4034.9	1344.98	19.78	0.000
Lineal	2	3716.2	1858.08	27.33	0.000
A	1	2926.1	2926.12	43.04	0.000
B	1	790.0	790.03	11.62	0.002
Interacciones de 2 términos	1	318.8	318.78	4.69	0.039
A*B	1	318.8	318.78	4.69	0.039
Error	28	1903.4	67.98		
Total	31	5938.4			

Nota: Minitab

El modelo en su totalidad es altamente significativo con un valor p muy cercano a cero. Los efectos lineales de A y B son ambos significativos, con A teniendo un impacto más considerable en el tiempo de diseño que B (evidenciado por los valores MC Ajustados). Además, la interacción entre A y B es también significativa, aunque menos que los efectos principales, con un valor F de 4.69 y un valor p de 0.039. Esto implica que la relación entre el diseño de red y la medición no es simplemente aditiva; su combinación tiene un impacto único en horas.

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$h = 21.44 - 9.56 A - 4.97 B + 3.16 A*B$$

Esta ecuación proporciona una representación matemática del modelo y se puede usar para predecir el tiempo de diseño (h) en horas, basándose en los valores de A y B. En términos prácticos, para cualquier combinación dada de Diseño de una red (A) y Medición (B), esta ecuación puede ayudar a estimar cuántas horas se necesitarían para el diseño. Por ejemplo, si se selecciona Redcad como diseño de red y Fotogrametría como método de medición, se podría usar esta ecuación para obtener una estimación del tiempo requerido en horas.

4.2. Prueba de Hipótesis

4.2.1. Análisis de los Resultados e Hipótesis General

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la prueba estadística, se determina que la fotogrametría aumenta la eficiencia al desarrollar un proyecto eléctrico, en este caso una ampliación de redes secundarias por motivo de incremento de demanda en la localidad de La Perla – Huamancaca, se puede afirmar que los datos correspondientes no permiten rechazar la Hipótesis nula (H₀).

Por lo general, la buena calidad de datos, reducción de tiempo y costo produce la ventaja de optimizarse, con la fotogrametría, al diseñar el proyecto de ampliación de redes secundarias.

4.2.2. Análisis de los resultados e hipótesis específicas

- a. El trabajo realizado al momento de levantar datos con el drone y la estación total, establece que, con la fotogrametría, abarca mucha información donde se puede identificar interferencias, realizar mediciones, etc. Asimismo, con el apoyo de puntos de control permiten tener la misma precisión, por lo que se obtiene una buena calidad de datos.
- b. Con los datos obtenidos de entrevistas a Ingenieros Profesionales, con experiencia en trabajo de diseños y la fotogrametría, comparten información que al usar

distintos programas de diseño de ingeniería (AutoCAD y RedCad) y con la metodología de levantamiento de información de campo (Estación Total y Fotogrametría-drone), se obtiene la disminución de tiempo al usar ambos programas y una reducción del costo, comparados en el levantamiento topográfico de ambas tecnologías, para el diseño de un proyecto de ampliación de redes secundarias.

4.3. Discusión de los Resultados

- Respecto a los resultados obtenidos con el objetivo general: Demostrar la aplicación de la fotogrametría en la eficiencia del diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria. Existe una mejor eficiencia con la fotogrametría, abarcando una buena calidad de datos, la reducción del tiempo en diseñar y el costo al usar ambas tecnologías.
- Respecto a los resultados obtenidos con el objetivo específico: Aplicar la fotogrametría para obtener una buena calidad de datos para el diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria. Se obtuvo de las 66 fotografías aéreas georreferenciadas del drone y con 4 puntos de control de apoyo, el modelo digital de elevaciones y de terreno, curvas de nivel, la nube de puntos clasificados, y la ortofoto.
- Respecto a los resultados obtenidos con el objetivo específico: Analizar los beneficios de la fotogrametría en el tiempo y costo para el diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria. El levantamiento con la fotogrametría, incluyendo su procesamiento, se realizó en 3 horas mientras el levantamiento convencional, con la estación total, se realizó en 10 horas. Usando los programas de diseño Autocad, el tiempo no disminuye de las 15 horas en gabinete y con el RedCad no menos de 10 horas, utilizando la información de la fotogrametría. En la comparación de costos se gastó con el drone S/. 312.62 y con la estación total S/394.85.

CONCLUSIONES

1. En cuanto al levantamiento fotogramétrico, el uso del dron brinda la ventaja de recopilar una gran cantidad de información de campo sobre el área del proyecto. Entre los resultados se obtuvo la nube de puntos, el modelo digital de terreno y elevaciones, curvas de nivel del área de La Perla, en aquellos productos finales se tiene un panorama completo y se pueden realizar las mediciones necesarias, pero ya en gabinete; lo cual ayuda a los profesionales en el diseño a terminar satisfactoriamente la etapa de diseño de planos.
2. Al combinar la tecnología de la fotogrametría y la estación total con programas de diseño de ingeniería utilizados por los profesionales, se puede verificar que existe una reducción de tiempo, con la fotogrametría, y al combinar con AutoCAD o RedCad. Además, que también se produce una reducción del costo con la fotogrametría a comparación del método tradicional. Por ende, la fotogrametría trae beneficios al aplicar en un proyecto de distribución.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que, antes de realizar el levantamiento de información de campo con el drone, se realice una inspección en el lugar para determinar si hay interferencias que puedan afectar su rutina laboral. Además, se debe programar en un horario de buen clima. Si no hay tecnología avanzada como el RTK, es necesario distribuir puntos de control de manera equitativa en el área para que, después del post proceso, no haya problemas y se tenga una mayor precisión.
2. Para el uso de las exportaciones de la fotogrametría, se recomienda usar distintos programas, como el AutoCAD Civil, que importa la ortofoto y curvas de nivel a extensiones .dwg para así poder trabajar con los programas de diseño de ingeniería eléctrica sin ningún problema. Los programas de procesamiento de fotografías aéreas, como el Agisoft Metashape y el PIX4D, que realizan mediciones mediante la ortofoto, y si se requieren acotaciones mediante la nube de puntos, se utilizan para realizar mediciones en caso de encontrar interferencias o vanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **GONZALES, V.** Uso de Drones para Redes Eléctricas de Alta Tensión (en línea). Lima : CITE Energía, 2020.
2. **WAGNER, T.** Experimenting the use of drones for MW LW. [En línea] 12th International Conference on Live Maintenance (ICOLIM), Strasbourg, France, 2017. [Citado el: 13 de agosto de 2023].
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7964150&isnumber=7964099>.
3. **DIAZ, M. y JUAN, C.** A novel application of drones: thermal diagnosis of electrical and telecommunications infrastructure. [En línea] IEEE 38 th Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXVIII), 2018. [fecha de consulta: 15 de junio de 2023].
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8596591&isnumber=8596322>.
4. **SOTO, M. y E. MUÑOZ.** Aplicación de la Fotogrametría Aérea, mediante el uso del UAV. [En línea] 12 de 2018. [fecha de consulta: 15 de marzo de 2024].
<https://tesis.ucsc.cl/handle/25022009/3624>.
5. **ALMEIDA, F., ALVAREZ, J., y CEVALLOS, F.** *Modelo digital y fotogrametría a través del uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV). Caso de estudio, entorno del río Tahuando en la ciudad Ibarra provincia de Imbabura.* Quito : Revista Científica de Arquitectura y Urbanismo-EIDOS, 01 de 07 de 2023. 1390-5007.
6. **CUQUE, J.** Determinación del grado de Precisión de un levantamiento Fotogramétrico respecto a un procedimiento Topográfico con teodolito para la medición de terrenos y otras aplicaciones. [En línea] Universidad de San Carlos de Guatemala, octubre de 2020. [fecha de consulta: 17 de marzo de 2024].
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_4440_C.pdf.
7. **PALOMINO, R.** Aplicación del Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia para Optimizar la Supervisión del Alimentador Eléctrico de Ingenio - Electrocentro S.A. *Tesis (Título de Ingeniero Electricista)*. [En línea] 2020. [fecha de consulta: 25 de junio de 2023].
<http://hdl.handle.net/20.500.12894/6345>.
8. **VILCA, E. y OIVER, C.** Inspección preventiva mediante el uso del Vehículo Aéreo no Tripulado (Drone), para evitar Interrupciones del Suministro de Energía en los Elementos del Sistema de Distribución. *Tesis (Título de Ingeniero Electricista)*. [En línea] 2021. [fecha de consulta: 20 de junio de 2023].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15408>.
9. **OCSA, M. y M. BARREDA.** Aplicación de dron para elaborar modelos digitales en frente de minado, Unidad Minera Las Bambas. [En línea] Universidad Continental, 2022. [fecha de consulta: 17 de marzo de 2024].
<https://hdl.handle.net/20.500.12394/12090>.

10. **VALDERRAMA, L.** Evaluación de la Fotogrametría con el uso del Drone en una Empresa Minera, La Liebrtad, 2023. [En línea] Universidad Privada del Norte, 2023. [fecha de consulta: 18 de marzo de 2024]. <https://hdl.handle.net/11537/36073>.
11. **ROMERO, V.** Fotogrametría mediante Triangulación Aérea para el Levantamiento Topográfico de Redes Eléctricas en reemplazo del Método Tradicional. [En línea] 2022. [fecha de consulta: 19 de marzo de 2024]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/8501>.
12. **DGCA.** Ley que Regula el manejo y las Operaciones de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia RPAS. *Ley N°30740*. 2018.
13. **VERGARA, M. et al.** *Piloto de drone (RPAS)*. Madrid, España : Ediciones Paraninfo, SA, 2016. 978-84-283-3873-8.
14. **TRIMBLE, NAVIGATION.** Vehículo aéreo no tripulado Trimble UX5. [En línea] TRIMBLE, 2015. [fecha de consulta: 19 de julio de 2023]. https://help.trimblegeospatial.com/TALegacy/Help%20Files/AI_2_0/Espanol/UX5AerialImagingUserGuide.pdf.
15. **SANTOS, D.** Fotogrametría usando plataforma aérea UAV. *Proyecto*. [En línea] Universidad Politécnica de Catalunya, julio de 2014. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2023]. <http://hdl.handle.net/2099.1/24892>.
16. **DIAZ, M.** Aplicación de Fotogrametría y Termografía Aérea como herramientas para la gestión de un tramo de río. *Tesis (Magister en Ingeniería Agrícola)*. [En línea] Chillan: Universidad de Concepción, 2019. [fecha de consulta: 18 de julio de 2023]. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/1154>.
17. **WHEELER, P.** Use of Small Unmanned Aerial Systems for Land Surveying. [En línea] Wahington, U.S. Departament of Transportation , diciembre de 2019. [fecha de consulta: 23 de agosto de 2023]. <https://www.fhwa.dot.gov/uas/resources/hif20034.pdf>.
18. **QUAYE, N., GYAMBIBI, D. y QUAYE, J.** Unmanned Aerial Vehicle for Topographical Mapping of Inaccessible Land Areas in Ghana: A cost-Effective Approach. [En línea] Ghana, 2020. https://www.fig.net/resources/monthly_articles/2020/August_2020/10476.pdf.
19. **RAMIREZ, S.** Redes de Distribución de Energía. [En línea] Universidad Nacional de Colombia, 2009.[fecha de consulta: 10 de agosto de 2023]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7095>.
20. **MOHAMMAD, I.** *Evaluation of GPS-RTK and Total Station for Topographic Survey and Strategic Decision in Private Companies*. Indonesia : The 1st International Conference on Geodesy, Geomatics, and Land Administration 2019, 2019, Vols. KnE Engineering, pages 323-332.
21. **HERNANDEZ, L.** Manual de operación de la estación total. *Manual de operación de la estación total*. Ciudad de Mexico : Abreco, 2011.

22. **DARGIE, S.** *Surveying with GPS, total station and terrestrial laser scanner: a comparative study*. Stockholm, Sweden : School of Architecture and the Built Environment Royal Institute of Technology (KTH), 2014.
23. **DEL RIO, S. et al.** *Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones*. 2, Cuba : Revista de Arquitectura e Ingeniería, 2020, Vol. 14. 1990-8830.
24. **LOGANX.** Cranes and Machines. *Cranes and Machines*. [En línea] 9 de Julio de 2019. [fecha de consulta: 15 de marzo de 2023]. https://gruasyaparejos.com/topografia/estacion-total-topografia/#levantamiento_topografico.
25. **AUTODESK.** Autodesk AutoCAD: Software de diseño y dibujo en el que confían millones de usuarios. [En línea] Autodesk . [fecha de consulta: 15 de agosto de 2023]. <https://www.autodesk.com/mx/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.
26. **ARIAS, F.** *El proyecto de Investigación*. Caracas - Venezuela : Episteme C.A, 2006. 980-07-8529-9.
27. **LABORAL, M.** *Empresarial & Laboral*. [En línea] E-commerce, 2017. [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. <https://revistaempresarial.com/marketing/e-commerce/7-aplicaciones-profesionales-dron/>.

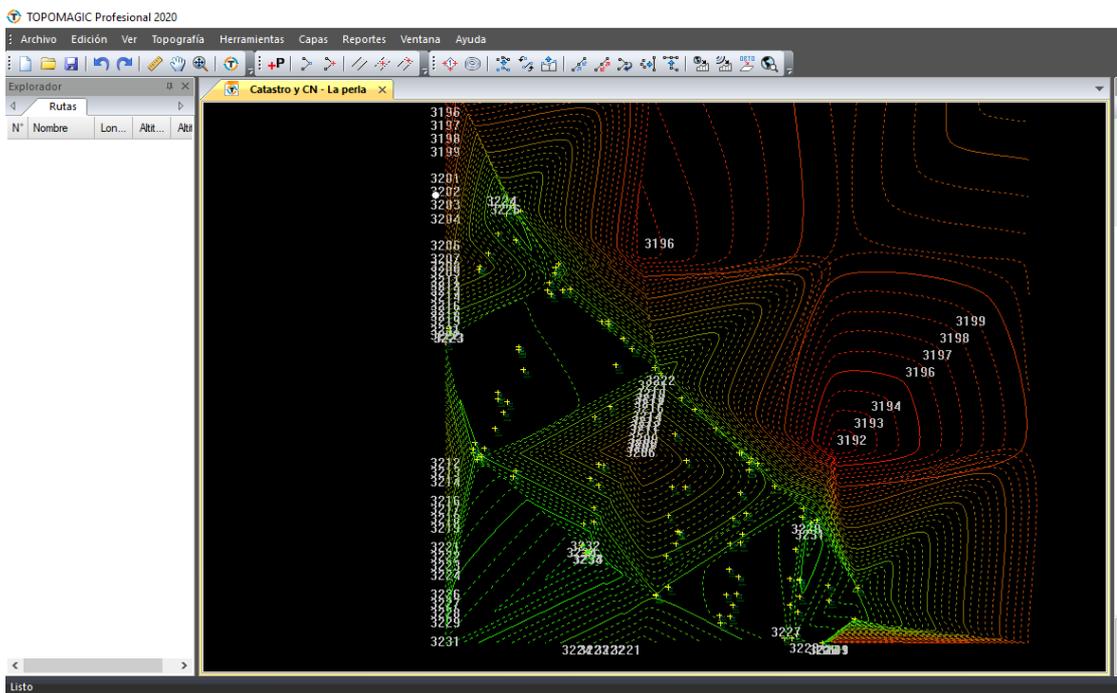
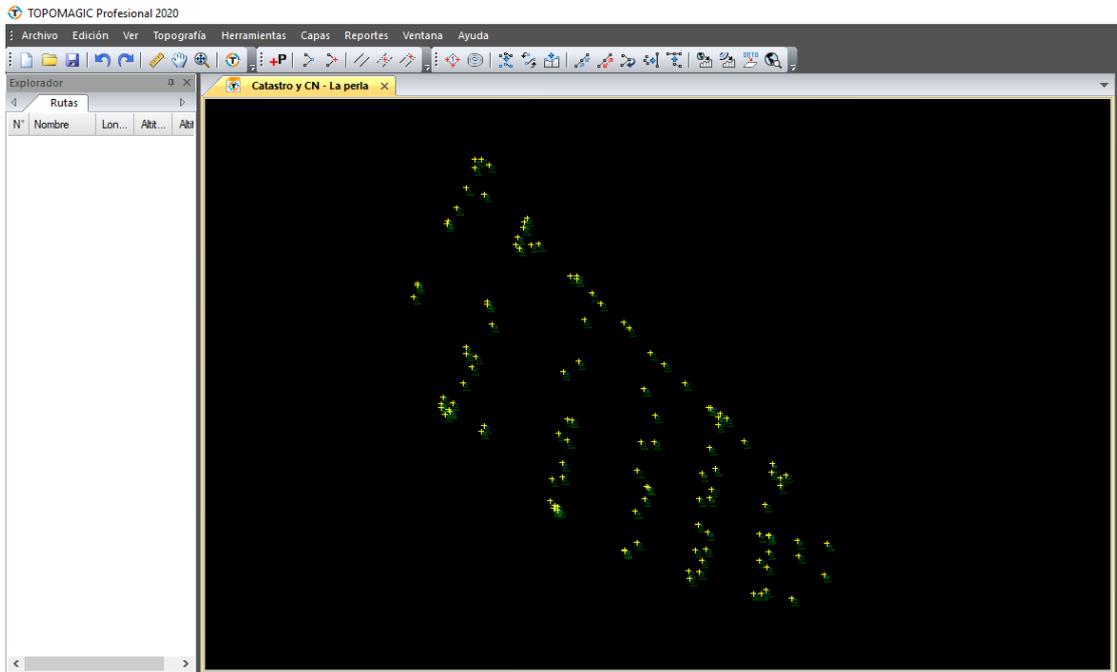
ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

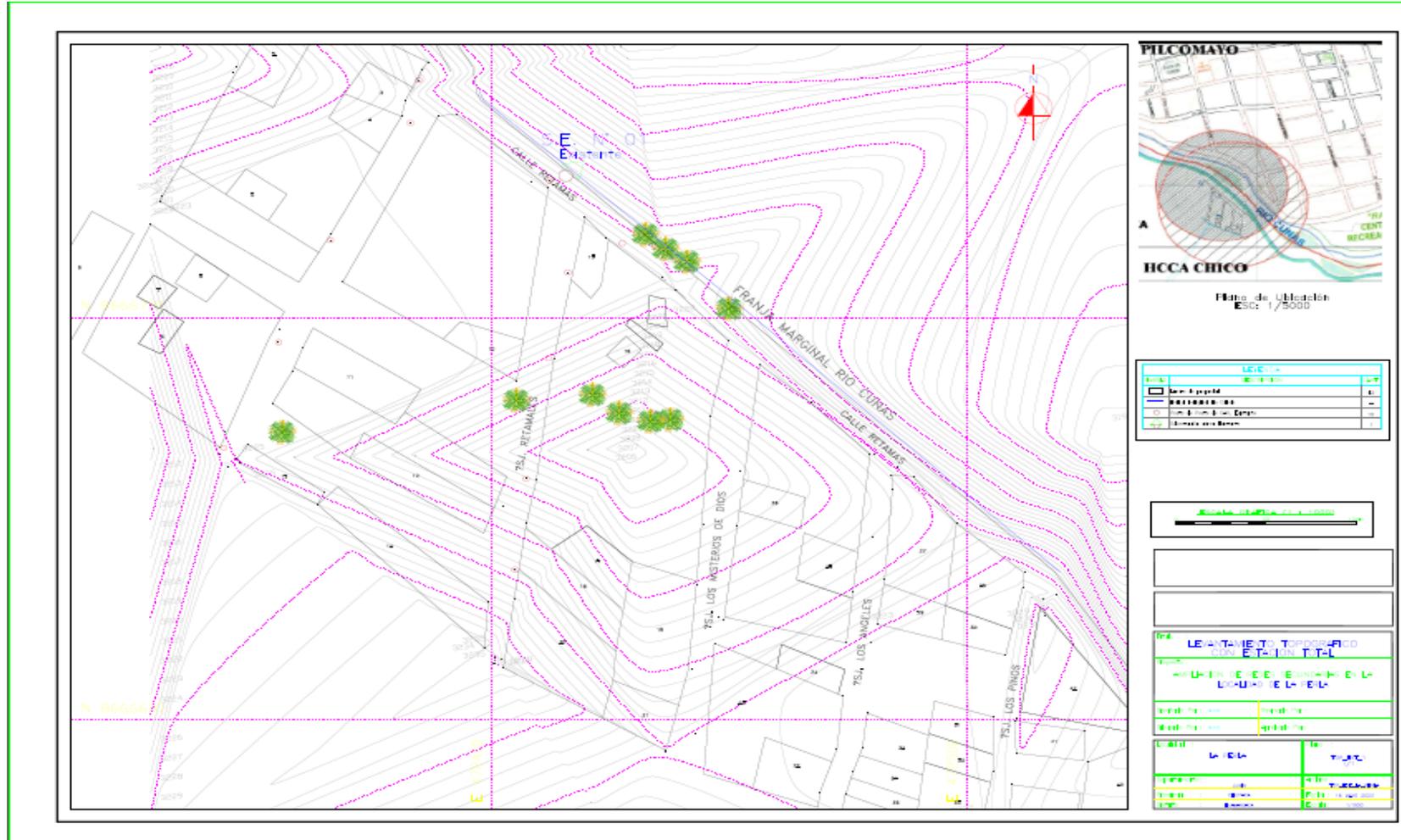
Título: Aplicación de la Fotogrametría en el diseño de una ampliación por demanda en la red de distribución eléctrica secundaria.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Marco Teórico	Variables	Dimensión	Diseño Metodológico
<p>General</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo influye la aplicación de la fotogrametría en la eficiencia del diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria? <p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el desarrollo de la fotogrametría en la calidad de datos para el diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria? • ¿Cuál es el beneficio de la fotogrametría en el tiempo y costo para el diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria? 	<p>General</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demostrar la aplicación de la fotogrametría en la eficiencia del diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria. <p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar la fotogrametría para obtener una buena calidad de datos para el diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria. • Analizar los beneficios de la fotogrametría en el tiempo y costo para el diseño de un proyecto de ampliación por demanda en la red de distribución secundaria. 	<p>General</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicando la fotogrametría permitirá una mejor eficiencia en el diseño de un proyecto de ampliación de redes secundarias. <p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • La aplicación de la fotogrametría obtiene una buena calidad de datos para el diseño de un proyecto ampliación de redes secundarias. • Si aplicamos la fotogrametría existirá una reducción en el tiempo y costo para el diseño de un proyecto ampliación de redes secundarias. 	<p>Fotogrametría</p> <p>Definición:</p> <p>Es la metodología que se aplica modelamiento en 3D, generación de planos que permite realizar mediciones con precisión a base de fotografías aéreas</p>	<p>V₁: Diseño de una ampliación de red distribución secundaria.</p> <p>V₂: Tiempo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • AutoCAD • RedCad • Estación Total • RPAS (drone) <ul style="list-style-type: none"> • Horas 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Estudio: La presente investigación es de tipo cualitativo. • Diseño: Se aplica el diseño factorial experimental (2x2). • Población: Todos los profesionales de la facultad con experiencia en diseño de proyectos • Muestra: Ingenieros de la facultad que tengan experiencia con la fotogrametría en el área electromecánica de la empresa DESSAU S&Z.

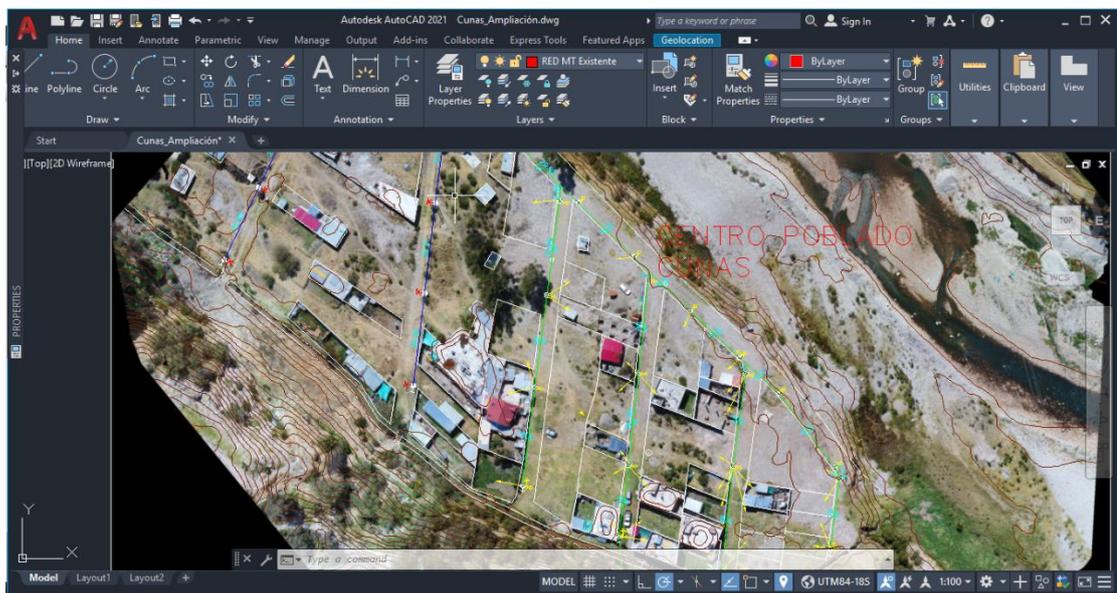
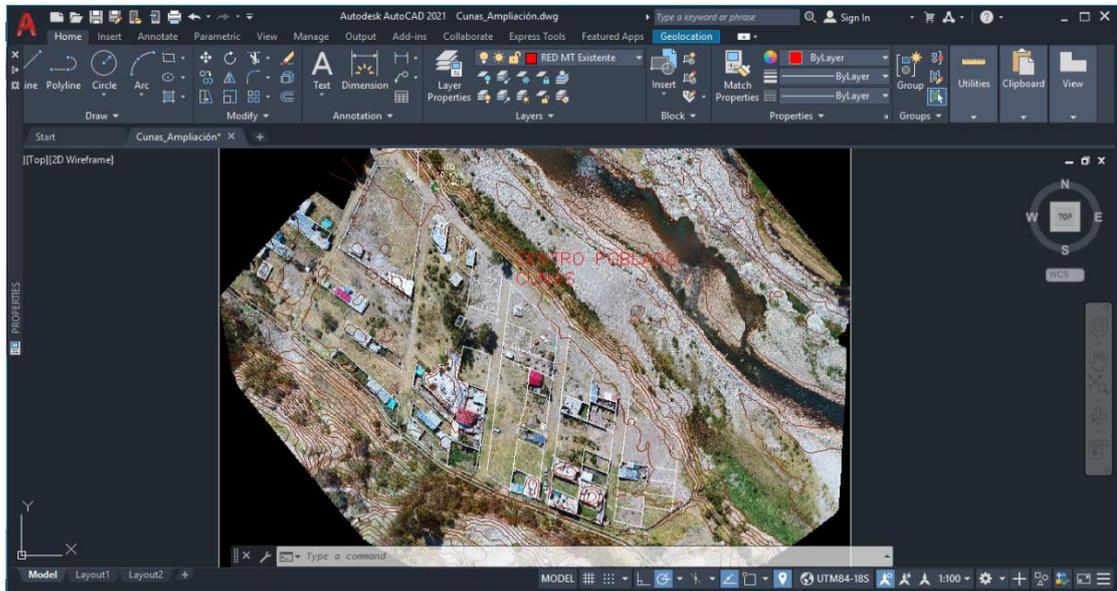
ANEXO 02: GRAFICOS DEL PROCESAMIENTO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON AL ESTACION TOTAL



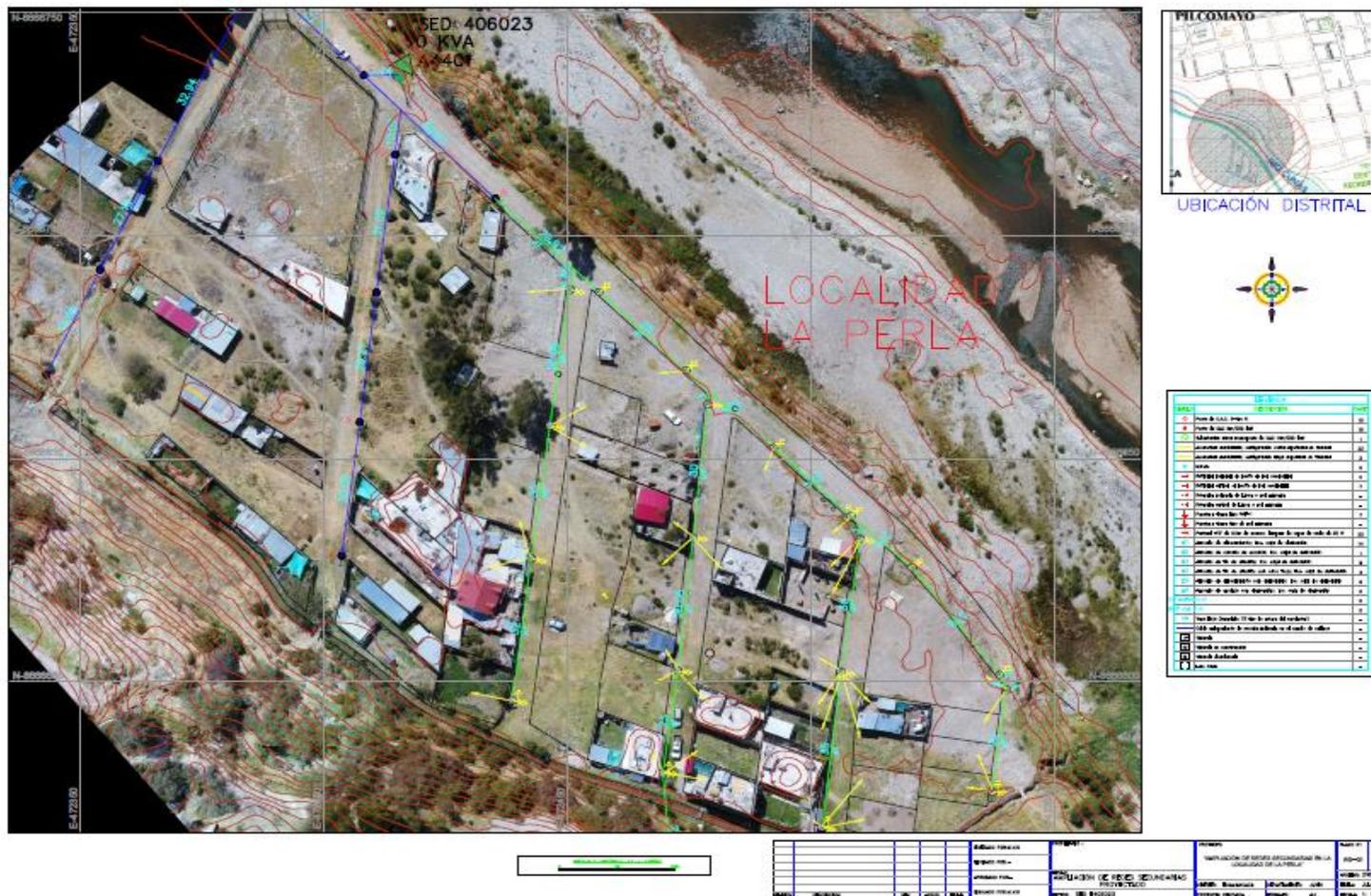
ANEXO 03: PLANO FINAL DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON LA ESTACION TOTAL



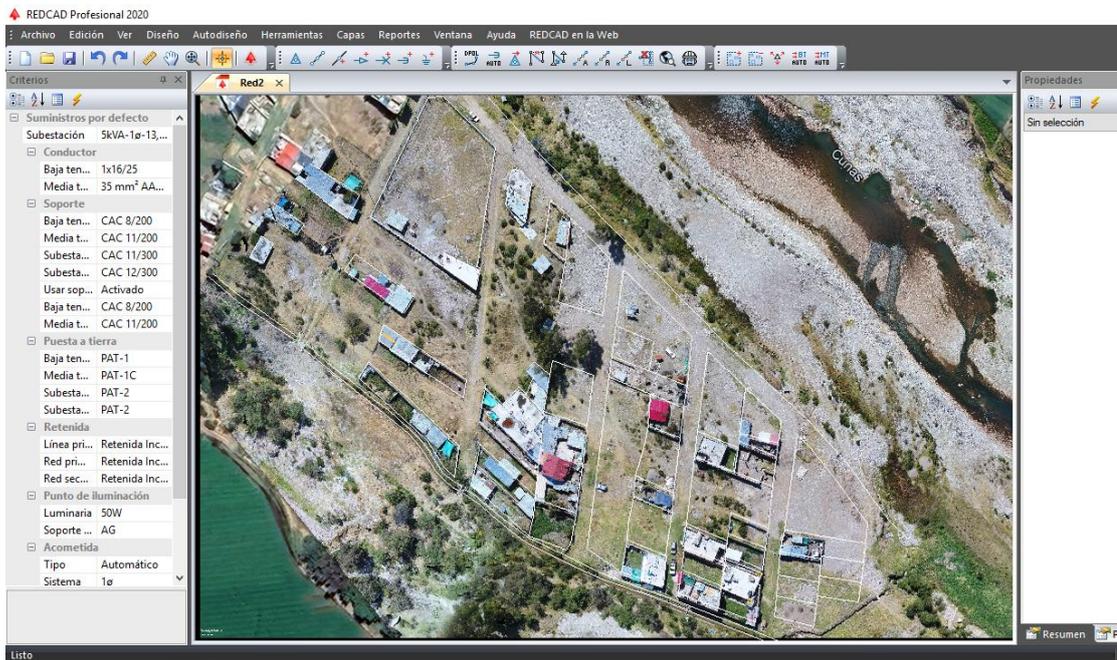
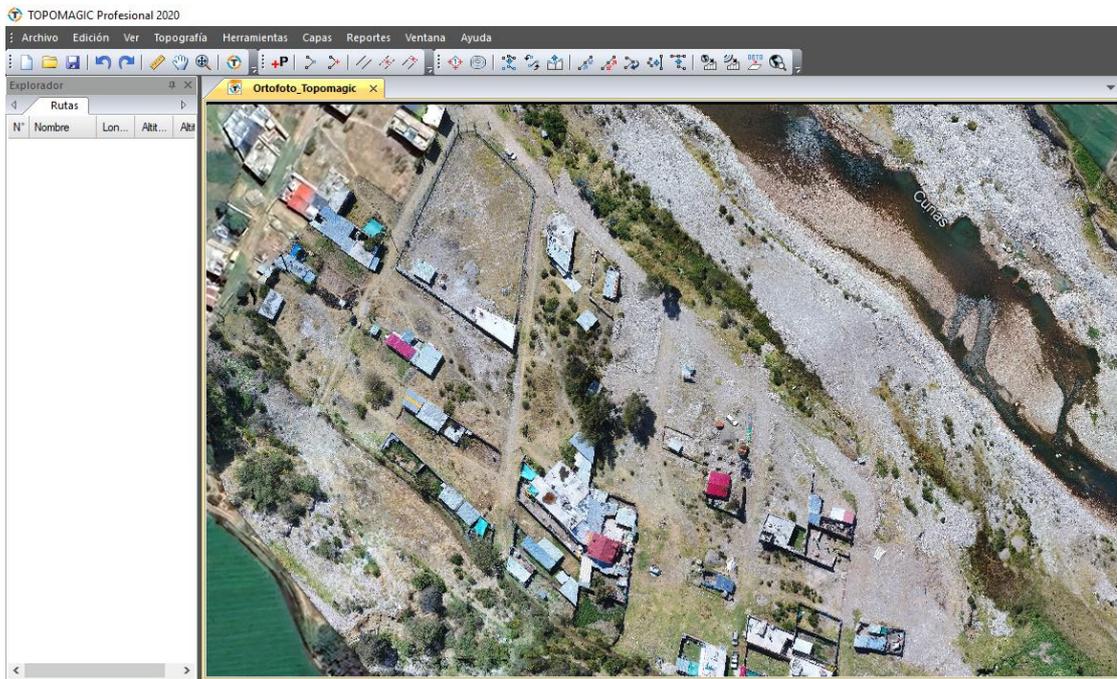
ANEXO 04: GRÁFICOS DEL PROCESAMIENTO DE DISEÑO CON LA INFORMACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA CON EL PROGRAMA AUTOCAD

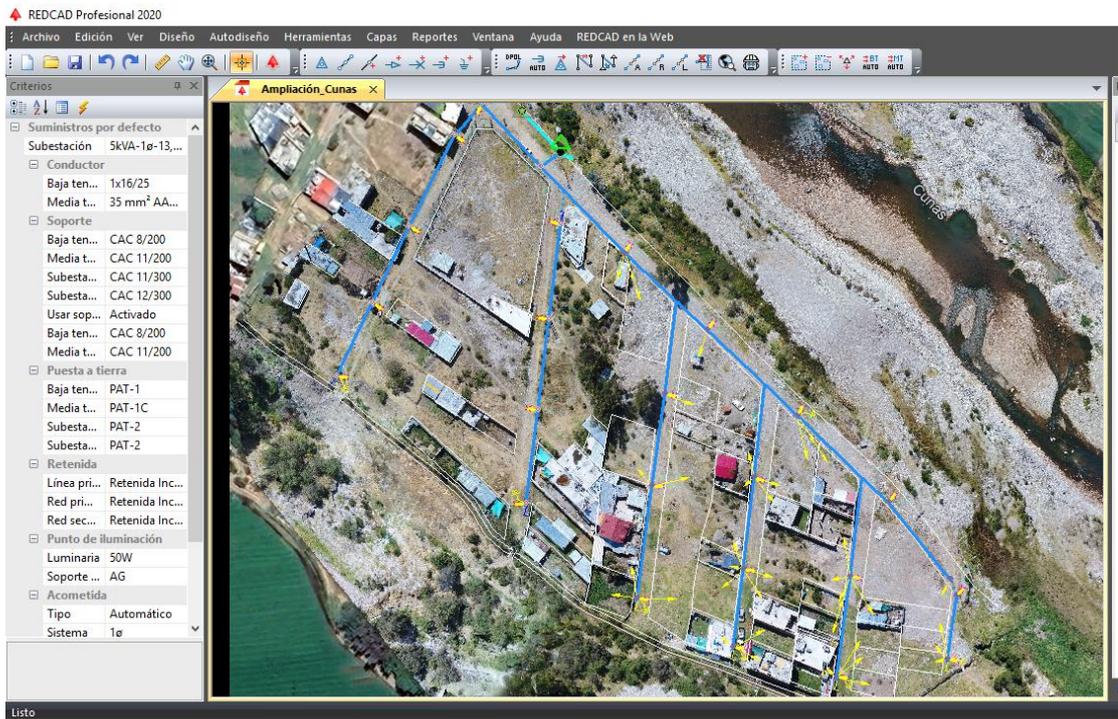


ANEXO 05: PLANO FINAL CON LA DISTRIBUCIÓN DE LAS REDES SECUNDARIAS Y LA INFORMACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA CON EL PROGRAMA AUTOCAD



ANEXO 6: GRÁFICOS DEL PROCESAMIENTO DE DISEÑO CON LA INFORMACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA CON EL PROGRAMA TOPOMAGIC Y RED CAD





ANEXO 07: PLANO FINAL CON LA DISTRIBUCIÓN DE LAS REDES SECUNDARIAS Y LA INFORMACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA CON EL PROGRAMA AUTOCAD



ANEXO 08: ENTREVISTA A LOS INGENIEROS PROFESIONALES CON EXPERIENCIA EN LAS DOS METODOLOGÍAS

 **Universidad Continental**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INTRODUCCIÓN:

El objetivo del presente trabajo de investigación es comprobar que el tiempo en el diseño de un proyecto de ampliación de redes secundarias mejora aplicando la fotogrametría en la localidad La Perla, situada en la Provincia de Chupaca y Departamento de Junín, en este sentido se pide la valiosa colaboración de los profesionales con experiencia en este tema y que su respuesta sea lo más objetiva posible en cada una de las preguntas complementando las interrogantes.

Agradecemos anticipadamente su colaboración en este cuestionario.

CUESTIONARIO:

1. Variable Independiente:

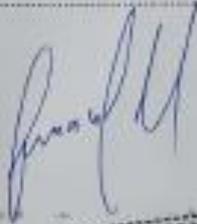
- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la estación total, el área a intervenir del proyecto de investigación?
Respuesta: 10 horas
- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la fotogrametría (drone), el área a intervenir del proyecto de investigación?
Respuesta: 03 horas

2. Variable dependiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la estación total?
Respuesta: 32 horas
- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la fotogrametría (drone)?
Respuesta: 16 horas
- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la estación total?
Respuesta: 10 horas
- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la fotogrametría (drone)?
Respuesta: 6 horas

NOMBRES Y APELLIDOS:

FIRMA Y SELLO CIP:



BRIAN GUEVARA URBINA
INGENIERO
MECANICO ELECTRICISTA
Reg. CIP Nº 219880

INTRODUCCIÓN:

El objetivo del presente trabajo de investigación es comprobar que el tiempo en el diseño de un proyecto de ampliación de redes secundarias mejora aplicando la fotogrametría en la localidad La Perla, situada en la Provincia de Chupaca y Departamento de Junín, en este sentido se pide la valiosa colaboración de los profesionales con experiencia en este tema y que su respuesta sea lo más objetivo posible en cada una de las preguntas complementando las interrogantes.

Agradecemos anticipadamente su colaboración en este cuestionario.

CUESTIONARIO:

1. Variable independiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la estación total, el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta: 10 HORAS

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la fotogrametría (drone), el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta: 03 HORAS

2. Variable dependiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la estación total?

Respuesta: 48 HORAS

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta: 24 HORAS

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la estación total?

Respuesta: 16 HORAS

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta: 12 HORAS

NOMBRES Y APELLIDOS:

FIRMA Y SELLO CIP:


Jonathan Cayue-Hallajos
ING. MECÁNICO Y ELECTRICISTA
91897

INTRODUCCIÓN:

El objetivo del presente trabajo de investigación es comprobar que el tiempo en el diseño de un proyecto de ampliación de redes secundarias mejora aplicando la fotogrametría en la localidad La Perla, situada en la Provincia de Chupaca y Departamento de Junín, en este sentido se pide la valiosa colaboración de los profesionales con experiencia en este tema y que su respuesta sea la más objetiva posible en cada una de las preguntas complementando las interrogantes.

Agradecemos anticipadamente su colaboración en este cuestionario.

CUESTIONARIO:

1. Variable independiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la estación total, el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta:

10 horas

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la fotogrametría (drone), el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta:

3 horas

2. Variable dependiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la estación total?

Respuesta:

22 horas

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta:

12 horas

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la estación total?

Respuesta:

7 horas

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta:

5 horas

NOMBRES Y APELLIDOS: JUAN RUBÉN ORAZO PÉREZ

FIRMA Y SELLO CIP:



INTRODUCCIÓN:

El objetivo del presente trabajo de investigación es comprobar que el tiempo en el diseño de un proyecto de ampliación de redes secundarias mejora aplicando la fotogrametría en la localidad La Perla, situada en la Provincia de Chopaca y Departamento de Junín, en este sentido se pide la valiosa colaboración de los profesionales con experiencia en este tema y que su respuesta sea lo más objetiva posible en cada una de las preguntas complementando las interrogantes.

Agradecemos anticipadamente su colaboración en este cuestionario.

CUESTIONARIO:

1. Variable Independiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la estación total, el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta: 10 HORAS.

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la fotogrametría (drone), el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta: 03 HORAS.

2. Variable dependiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la estación total?

Respuesta: 27 HORAS.

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta: 15 HORAS.

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la estación total?

Respuesta: 11 HORAS.

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta: 08 HORAS.

NOMBRES Y APELLIDOS:

Henry Cueva Roncal

FIRMA Y SELLO CIP:


HENRY CUEVA RONCAL
Ingeniero Electricista
CIP N° 288980



INTRODUCCIÓN:

El objetivo del presente trabajo de investigación es comprobar que el tiempo en el diseño de un proyecto de ampliación de redes secundarias mejora aplicando la fotogrametría en la localidad La Perla, situada en la Provincia de Chupaca y Departamento de Junín, en este sentido se pide la valiosa colaboración de los profesionales con experiencia en este tema y que su respuesta sea lo más objetiva posible en cada una de las preguntas complementando las interrogantes.

Agradecemos anticipadamente su colaboración en este cuestionario.

CUESTIONARIO:

1. Variable Independiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la estación total, el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta: 10 Horas

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la fotogrametría (drone), el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta: 0.3 Horas

2. Variable dependiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la estación total?

Respuesta: 28 Horas

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta: 0.8 Horas

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la estación total?

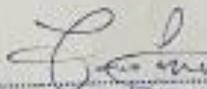
Respuesta: 0.9 Horas

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta: 0.5 Horas

NOMBRES Y APELLIDOS: William de la Torre León

FIRMA Y SELLO CIP:


 William De La Torre León
 INGENIERO MECÁNICO - ELECTRICISTA
 CIP 9112

INTRODUCCIÓN:

El objetivo del presente trabajo de investigación es comprobar que el tiempo en el diseño de un proyecto de ampliación de redes secundarias mejora aplicando la fotogrametría en la localidad La Peña, situada en la Provincia de Chupaca y Departamento de Junín, en este sentido se pide la valiosa colaboración de los profesionales con experiencia en este tema y que su respuesta sea lo más objetiva posible en cada una de las preguntas complementando las interrogantes.

Agradecemos anticipadamente su colaboración en este cuestionario.

CUESTIONARIO:

1. Variable independiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la estación total, el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta: 10 horas aproximadamente

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la fotogrametría (drone), el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta: 05 horas aproximadamente

2. Variable dependiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la estación total?

Respuesta: 14 horas aproximadamente

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta: 07 horas aproximadamente

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la estación total?

Respuesta: 13.5 horas aproximadamente

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta: 5.5 horas aproximadamente

NOMBRES Y APELLIDOS: Walter Flores Villalba

FIRMA Y SELLO CP:


WALTER FLORES VILLALBA
INGENIERO EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
REG. CP-11140

INTRODUCCIÓN:

El objetivo del presente trabajo de investigación es comprobar que el tiempo en el diseño de un proyecto de ampliación de redes secundarias mejora aplicando la fotogrametría en la localidad La Perla, situada en la Provincia de Chupaca y Departamento de Junín, en este sentido se pide la valiosa colaboración de los profesionales con experiencia en este tema y que su respuesta sea lo más objetiva posible en cada una de las preguntas complementando las interrogantes.

Agradecemos anticipadamente su colaboración en este cuestionario.

CUESTIONARIO:

1. Variable Independiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la estación total, el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta: ...10 horas.....

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la fotogrametría (drone), el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta: ... 3 horas.....

2. Variable dependiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la estación total?

Respuesta: 12 horas.....

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta: 6 horas.....

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la estación total?

Respuesta: 2 horas.....

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta: 2 horas.....

NOMBRES Y APELLIDOS:

FIRMA Y SELLO CIP:


Sergio Palomares
ING. ELÉCTRICA
CIP: 83244

INTRODUCCIÓN:

El objetivo del presente trabajo de investigación es comprobar que el tiempo en el diseño de un proyecto de ampliación de redes secundarias mejora aplicando la fotogrametría en la localidad La Perla, situada en la Provincia de Chupaca y Departamento de Junín, en este sentido se pide la valiosa colaboración de los profesionales con experiencia en este tema y que su respuesta sea lo más objetiva posible en cada una de las preguntas complementando las interrogantes.

Agradecemos anticipadamente su colaboración en este cuestionario.

CUESTIONARIO:

1. Variable Independiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la estación total, el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta: 10 Horas

- ¿Cuánto tiempo (horas) se tarda en realizar el levantamiento topográfico, aplicando la fotogrametría (drone), el área a intervenir del proyecto de investigación?

Respuesta: 03 Horas

2. Variable dependiente:

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la estación total?

Respuesta: 50 Horas

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa Autocad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta: 25 Horas

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la estación total?

Respuesta: 18 horas

- ¿Cuánto tiempo (horas) se demora en completar el trabajo de diseño en gabinete, utilizando el programa RedCad, con la información de la fotogrametría (drone)?

Respuesta: 13 horas

NOMBRES Y APELLIDOS: Rodrigo Salhua Evangelista

FIRMA Y SELLO CIP:


RODRIGO SALHUA EVANGELISTA
INGENIERO ELECTRICISTA
Reg. CIP Nº 77618