

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“SUPERVISION UTILIZANDO LA FOTOGRAMETRIA CON DRON EN DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL A NIVEL DE AFIRMADO PARA TRANSITO DE EQUIPOS PESADOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN JOSE DE BAÑOS - HUARAL – 2020”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título

profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Pedro Miguel Maldonado Tolentino

Asesor:

MBA. Ing. Alejandro Vildoso Flores
<https://orcid.org/0000-0003-3998-5671>

Lima - Perú

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, por permitirnos haber llegado hasta este momento de formación profesional y que día a día guía nuestro camino a lo largo de nuestra existencia.

A mi esposa e hija, por el apoyo incondicional, comprensión y ser promotores de sueños, por confiar y creer en nuestra expectativa, en esta etapa de superación.

A mi familia sin que no se define por la sangre y lo genes siempre brindan comprensión, sabios consejos y ayuda en los momentos difíciles.

A mi Madre, Tíos, Primos, Sobrinos por el apoyo, comprensión desde el inicio hasta el final de esta primera etapa que sigue en carrera.

A mis compañeros, amigos de la universidad y del trabajo quienes son apoyo dando ejemplo de superación.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por protegernos durante este camino dando fuerzas en momentos difíciles, y obstáculos que se presentan a lo largo de la vida.

A mi familia, que son el motor y motivo, que brindaron apoyo y comprensión.

A mis compañeros del trabajo, amigos de la universidad quienes incentivaron con su apoyo dando ejemplo de superación.

A la universidad, por brindar docentes de primer nivel en enseñanza educativa y volcar los conocimientos aprendidos en él día a día de su vida profesional muchas gracias.

INDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
INDICE.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN EJECUTIVO	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
Descripción de la empresa.	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	20
Levantamiento fotogramétrico	20
Características de la imagen digital.....	25
El dron.....	28
Aérea triangulación	29
Dron Phantom 4 RTK	29
Procesamiento en gabinete de información fotogramétrica	32
Levantamiento con estación total.....	33
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	51
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	59

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
Conclusiones	86
Recomendaciones.....	88
Bibliografía	89
ANEXO.....	91
Anexo 1: Fichas técnicas.....	91
Anexo 2: Costo del levantamiento fotogramétrico con RPA.....	94
Anexo 3: Costo del levantamiento topográfico convencional con estación total ..	96
Anexo 4: Cronograma de Obra	99
Anexo 5: Presupuesto de Obra.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tolerancias en trabajos topográficos</i> -----	50
Tabla 2 <i>Modelos y características de RPA en fotogrametría.</i> -----	63
Tabla 3 <i>Características de RPA Phantom 4 Pro V2</i> -----	69
Tabla 4 <i>Índice medio diario de vehículos livianos IMD</i> -----	76
Tabla 5 <i>Índice medio diario de vehículos Pesados IMD</i> -----	76
Tabla 6 <i>Estudio de Trafico</i> -----	77
Tabla 7 <i>Comparación de costos en levantamiento topográfico con estación total y dron RPA</i> -----	84
Tabla 8 <i>Mano de obra RPA</i> -----	94
Tabla 9 <i>Equipos RPA</i> -----	94
Tabla 10 <i>Materiales RPA</i> -----	94
Tabla 11 <i>Otros subcontratos RPA</i> -----	95
Tabla 12 <i>Costo total RPA</i> -----	95
Tabla 13 <i>Mano de Obra</i> -----	96
Tabla 14 <i>Equipos</i> -----	96
Tabla 15 <i>Materiales</i> -----	97
Tabla 16 <i>Otros</i> -----	97
Tabla 17 <i>Costo total</i> -----	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Matriz FODA</i> -----	18
Figura 2: <i>Organigrama de la empresa</i> -----	19
Figura 3: <i>Profundidad de color</i> -----	26
Figura 4: <i>Dron Phantom 4 RTK</i> -----	32
Figura 5: <i>Estación Total Nikon DTM-632</i> -----	41
Figura 7: <i>Posicionamiento de dos puntos principales con GPS</i> -----	52
Figura 8: <i>Ajuste de tres puntos de control en coordenadas</i> -----	52
Figura 9: <i>Instalación de nueve puntos de foto control</i> -----	53
Figura 10: <i>Evaluación de campo</i> -----	54
Figura 11: <i>Vuelo del RPA phantom 4</i> -----	54
Figura 12: <i>Primera parte de fotogramétrico</i> -----	55
Figura 13: <i>Segunda parte de fotogramétrico</i> -----	55
Figura 14: <i>Tercera parte de fotogramétrico</i> -----	55
Figura 15: <i>Diseño de Carretera en plano fotogrametría</i> -----	56
Figura 15. <i>Ubicación de RPA en la fotogrametría</i> -----	61
Figura 16. <i>Tipos de RPA</i> -----	61
Figura 17. <i>Phantom 4 Pro v2.0</i> -----	64
Figura 18. <i>Ubicación de puntos georreferenciado para fotogrametría</i> -----	65
Figura 19. <i>Planificación de trayecto de vuelo</i> -----	66
Figura 20. <i>Planificación de vuelo en 02 partes de área de estudio</i> -----	66
Figura 21. <i>Posición de la cámara para la fotogrametría</i> -----	67
Figura 22. <i>Solape de los fotogramas</i> -----	68
Figura 23. <i>Levantamiento fotogramétrico en área del estudio</i> -----	69
Figura 24. <i>Diagrama para la metodología para generación de mapas fotogramétricos</i> -	70

Figura 25. <i>Alineamiento de fotografías</i> -----	71
Figura 26. <i>Georreferenciación de imágenes con software aguisoft Metashape</i> -----	72
Figura 27. <i>Ortomosaico de la zona de investigación C.C San José de Baños</i> -----	73
Figura 28. <i>Modelo digital del terreno</i> -----	74
Figura 29. <i>Generación de curvas de nivel</i> -----	74
Figura 30. <i>Configuración Vehicular C2</i> -----	77
Figura 31. <i>Velocidad de diseño</i> -----	78
Figura 32. <i>Pendientes máximas en perfil longitudinal</i> -----	79
Figura 33. <i>Radios interiores e exterior en curva de volteo</i> -----	80
Figura 34. <i>Configuración de vehículos B2</i> -----	81
Figura 35. <i>Radios mínimos y máximos para configuración B2</i> -----	82
Figura 36. <i>Figura de radios geométrico de carretera</i> -----	82
Figura 37. <i>Rendimientos de levantamientos topográficos</i> -----	84

RESUMEN EJECUTIVO

En la mejora de mi experiencia profesional, tuve la oportunidad de desempeñarme como supervisor técnico en una empresa del rubro de construcción civil con equipo conformado por profesionales, técnicos, dibujantes de alta experiencia, en el proyecto de variante carretera en la comunidad Campesina San José de Baños – Huaral, el cual la vía principal son muy angostas no aptos para en tránsito de equipos pesados y cruza las calles de la población afectando las viviendas rusticas. El cual habiendo una problemática la comunidad plantea a la empresa donde trabajo realizar el planteamiento de una propuesta factible.

Esta experiencia me permitió adquirir, conocimientos relacionados al planteamiento, viabilidad, riesgos, y la planificación, en proyectos de infraestructura vial que como base principal es la superficie de la tierra (Topografía).

En esta medida pude comprender, que el uso de métodos directos para la realización de la topografía como base para proyectos de infraestructura vial, no solo es la estación total ya que puede haber errores humanos como técnicos, como tal error influiría en el proyecto, como el presupuesto, cronograma como a pasado en proyectos de gran envergadura.

Por lo tanto, al existir una problemática de este tipo, y contando con los permisos de la empresa y pobladores, aplicamos la tecnología del método indirecto con la utilización del dron RPA, lo cual nos permitió realizar el proyecto eficientemente, el diseño de la infraestructura vial, identificando, riesgos constructivos, perfiles longitudinales, volúmenes, costo de obra, presupuesto, cronograma. Permitiendo un mejor planteamiento para el desarrollo del proyecto de la infraestructura vial para transito de equipos pesados.

Palabras Clave: Topografía, Infraestructura vial, Dron RPA.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En Perú, las estrategias actuales para el arreglo y desarrollo de infraestructuras viales requieren de unidades, pesadas y costosas, que no dan cabida a un soporte suficiente, lo que trae como consecuencia el abandono de la misma y su consecuente obstrucción, haciendo fundamentalmente realizar un gasto significativo en el mantenimiento debido a su condición. (Peña & Peña, 2020)

Debido a los ejercicios esperados por las técnicas convencionales, por ejemplo, la revisión de la tierra y el gasto significativo, no es útil para los especialistas de junta locales de gestión de carreteras, en consecuencia, las organizaciones de transporte ejecutivas llevan a cabo una investigación básica. La mayoría de las legislaturas locales se quedan cortos de datos para hacer un arreglo funcional anual, y no tienen datos sobre el estado de las infraestructuras viales que administran. (Peña & Peña, 2020)

Para comprender la realidad en curso, nos damos cuenta de cómo se ejecutan los expedientes especializados para carreteras de poco volumen en las ciudades de provincia, los estados cercanos comienzan la forma más común de explicar una tarea tarde debido a circunstancias poco favorables a la acción.

Posteriormente, cuando se identifican los defectos de la superficie vial, se puede realizar el mantenimiento de las carreteras y evitar las reparaciones que incrementan los costos. El dron se utiliza con fines fotogramétricos en la elaboración de mapas, pero su uso en la revisión de vías es escaso, ya que generalmente se utiliza la técnica convencional. (Peña & Peña, 2020)

Consecuentemente, la propuesta para la investigación en curso es distinguir el sistema de aerolíneas dirigidas remotamente (RPAs) para desempeñar la revisión de la fallas de las vías de bajo volumen en el Territorio de Lima. (Peña & Peña, 2020)

En el presente trabajo de investigación como antecedentes **internacionales** tenemos:

Según, Nieto & Becerra (2019) en la investigación que se ha denominado **“Elaboración de modelos digitales de terreno por medio de fotogrametría obtenida por tecnología drone, relacionado con el método convencional, en la intersección de la vía saboyá sutamarchán con la ruta 45^a, boyacá – colombia”** realizada para la Universidad Católica de Colombia y que tiene como objetivo general el desglose los resultados de la obtención de datos a partir de modelos avanzados de terreno ejecutados con la innovación drone y de forma ordinaria a través de una estación completa demostró que el acto tradicional de geografía a través de una estación completa no se abandonará nunca, ya que la información se puede captar de forma más exacta y selectiva, sin necesidad de un potente hardware de PC para crear un modelo de territorio informatizado, y dando una calidad de precisión del artículo más notable e inquebrantable. No obstante, es esencial subrayar que las dos estrategias deben permanecer estrechamente vinculadas, no como un concurso de cuál sustituye a cuál, sino más bien de forma correspondiente, ya que la estrategia a realizar depende de la necesidad de la revisión, y este suplemento realiza con mayor eficacia la mejora de la tarea.

Por otra parte, Corredor (2015) en la tesis de investigación que titula **“Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector tulua – rio frio”** que ha realizado por el título de Ingeniero Civil para la Universidad Militar Nueva Granada y que su objetivo es Ejecutar modelos de levantamiento obtenidos por geografía regular y geología con drones para el plan matemático de 12. 62 km de una calle en restauración en el ramal del Valle del Cauca en la Zona Tulua - Rio Frio ha presumido que las revisiones topográficas realizadas con drones ahorran mucho tiempo en la toma de datos y sus resultados presentan excelentes

precisiones que además pueden ser utilizadas en muchos proyectos de asesoría, para el trazado de calles es prudente trabajar estos dos procedimientos de captación conjunta ya que la geografía tradicional nos proporciona más datos punto por punto del trazado de la calle y nos permite hacer una representación superior de las obras hidráulicas, mientras que la topografía con dron nos permite captar una región más extensa del terreno con una excelente precisión que nos puede servir para proyectos de desarrollo.

Por otro lado, los bachilleres, Berrios, Flores , Ramos, & Reyes (2020) en la investigación **“Comparación de la evaluación superficial del pavimento empleando un vehículo aéreo no tripulado (vant) y la forma tradicional de evaluación visual del método PCI.”** que realizaron por el título de Ingeniero civil para la Universidad de El Salvador y que Su objetivo es examinar el debilitamiento de la superficie del asfalto utilizando un vehículo aéreo no tripulado (VANT) y el tipo convencional de evaluación visual de la estrategia de PCI. Han confirmado que la utilización de VANT permite la obtención de datos en un breve periodo de tiempo, sin entorpecer el tráfico ni poner en peligro a los monitores, en comparación con el tipo habitual de revisión visual de la estrategia PCI; además, la utilización de imágenes georreferenciadas obtenidas de un VANT se convierte en una opción práctica en la evaluación de la superficie del asfalto para aplicar la técnica PCI. Del mismo modo, mediante la participación del vehículo aéreo para la evaluación de la superficie del asfalto, se pueden elaborar planes con información precisa para ir con la medición de las decepciones para centrarse en el apoyo o la restauración de los segmentos con bajo índice de condición del pavimento.

A su vez, Vergara (2019) en la tesis con el título de **“Fotogrametría aérea para topografía en terreno irregular”** que ha realizado para titularse como Técnico en proyectos de Ingeniería para la Universidad Técnica Federico Santa María y que su objetivo es el uso de la fotogrametría regional computarizada utilizando vehículos elevados

automatizados (drones) en revisiones geográficas y visualización 3D para la estimación de la tierra, ha descubierto que la toma de fotos del campamento base utfsm se puede percibir lo valioso y sencillo que es involucrar a un robot aereo para este tipo de empresa la programación pix4d es muy útil al hacer diseños de vuelo y mecanizar el robot para un trabajo considerablemente más uniforme y experto. Cuando cada una de las fotos del paisaje se obtienen seguimos utilizando una programación fotogramétrica, se prescribe utilizar agisoft para un manejo superior de las fotos, una vez realizando el manual de propósito del producto siguiendo cada uno de los medios mostrados para lograr un trabajo ideal, el manejo de las fotos y la realización de la nube de enfoques dura aproximadamente 8 horas comenzando esta interacción en la noche se sugiere. Cuando la revisión se hace, se prescribe para limpiar la nube de puntos, por ejemplo, todos los artículos, por ejemplo, vehículos y árboles para tener líneas de forma más limpia.

Por ultimo en lo internacional tenemos que, Torres (2021) en una tesis de profundización presentada para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Ingeniería y Gerencia de la construcción y que titula **“Plan de implementación de drones como soporte de procesos BIM en control de avance de obra de infraestructura vial enfocado en las necesidades de los supervisores de obra”** que realizo para la Universidad de los Andes con el objetivo de la organización de una ejecución de la utilización de robots (Drones) centrada en las necesidades del cliente en los controles de avance de proyectos mediante el uso del mismo en proyectos de cimentación de calles ha confirmado que los robots (Drones) son uno de los aparatos que permitirán el cambio en la administración de estas empresas así como trabajar en la observación de la exposición de la obra. La ejecución y las bases que se plantearon en este emprendimiento permitieron la era de una revisión del desarrollo más trabajada, lo que permitirá una mejora en la correspondencia y un trabajo conjunto cercano con las personas estrechamente

involucradas. Los robots (Drones) ajustan los intereses de cada uno de los comprometidos con el emprendimiento hacia la ampliación certificable del valor realizado por el emprendimiento. Por otra parte, el ámbito público puede asumir diversas situaciones para acercar, favorecer y apoyar la utilización de robots y hacer avanzar la empresa en su ejecución y utilidad.

Antecedentes nacionales:

Según, Chávez (2018) en la investigación denominada **“Aplicación de tecnología mediante equipos aéreos para mejorar el estudio topográfico de la vía Tingo-Kuelap Amazonas-2018”** realizada para obtener el título de Ingeniero Civil en la Univesidad Cesar Vallejo y que ha tenido por objetivo defifnir de cómo la utilización de la innovación de equipos aereos puede funcionar en la investigación geográfica de la calle Tingo-Kuelap Amazonas, ha confirmado que el manejo de la información a través del uso de vehículos elevados, permite obtener un enorme volumen de datos, lo que permite el reconocimiento de la organización de la empresa y el reconocimiento de la revisión geológica, además, las fotos obtenidas utilizando vehículos voladores, permite la adquisición de información en un plazo algo breve. La flexibilidad de esta innovación ofrece la ventaja de obtener resultados sólidos en poco tiempo en comparación con las técnicas habituales.

Tambien, las bachilleres Cornejo & Valle (2018) en la tesis **“Metodología para el uso de imágenes de sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (rpas) para la evaluación de la condición del pavimento en la carretera tramo huancayo – izcuchaca km 162+000 al km 163+000”** que realizaron para titularse como Ingeniero Civil en la Universidad Ricardo Palma y con el objetivo de evaluar el estado superficial del asfalto en la Carretera Huancayo - Izcuchaca a través del manejo computarizado de imágenes con sistemas aéreos teledirigidos (RPAS), han razonado que era factible distinguir los

problemas superficiales de tipo piel de cocodrilo y roturas longitudinales y transversales, a través del manejo avanzado tomado por un sistema aéreo teledirigido (RPAS), es más, a través de la prueba reconocible, agrupamiento y post manejo encontrar la región y longitudes de cada defecto superficial de la parte en estudio era concebible.

Por otra parte, Bejarano & Palomino (2022) en la tesis de investigación titulada **“Análisis comparativo del levantamiento fotogramétrico y estación total en el diseño geométrico de la carretera de evitamiento progresiva 0+000 al 3+837.26 km – otuzco, la libertad, Perú 2021”** realizada para la Universidad Privada Antenor Orrego por el título de Ingeniero Civil cuyo objetivo es decidir el examen relativo de la reseña fotogramétrica y revisión de todas las estaciones en el plano matemático de la calle de evasión Km 0+000.00 y Km 3+837.26 - Otuzco, La Libertad, deciden un tiempo de trabajo de campo y oficina de 42.2 horas para el estudio geológico, mientras que utilizando el dron Ghost 4 RTK, DJI el tiempo fue de 24.2 horas. En otras palabras, el tiempo utilizado por el dron Ghost aborda el 57.35% del tiempo de trabajo involucrado por la filosofía de revisión geológica. Se resuelve que la técnica realizada con la estación geológica resulta ser la elección más idónea ya que adquirió el signo ponderado menos lamentable de 18,42 frente a 18,72 del método con dron, es decir, el estudio con estación completa es un 98,39 % más idóneo que la revisión con dron. No obstante, al tratarse de una calle de largo kilometraje fue útil utilizar la estación completa, sin embargo a cuenta de calles de mayor kilometraje debería realizarse otro examen ya que sería más ventajoso utilizar el robot, ya que con la estación completa es seguro que lo anterior se incrementaría rotundamente.

Por otro lado, Parra (2019) en la tesis **“Modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales”** que realizó para la universidad Peruana de los Andes por el título de Ingeniero Civil con el objetivo de decidir el modelo científico de

los límites conociendo la altimetría, con la fotogrametría con drones en obras viales se razona que el arreglo de vuelo y las cualidades de vuelo en tierra, son procesos que se actúan en el campo siendo vital la información que se recopila para obtener grandes resultados y mejores investigaciones de obras viales, es más, El arreglo de vuelo y los atributos de vuelo en tierra, la técnica de descarga y post proceso; y los planos de los elementos opcionales han sido verificados en la proposición actual cuando contrastados y los predecesores de los trabajos hechos de antemano, por fin, la estrategia lógica para los límites para la fotogrametría con drones es la satisfactoria para una investigación superior de los trabajos de calle.

Como ultimo antecedente nacional tenemos que, Monge (2018) en la tesis **“Análisis comparativo de modelos digitales de terreno generados mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. huancayo, 2018”** que ha realizado para la UAP. para optar el título profesional de ingeniero civil y que tiene como objetivo general decidir la mejor estrategia para la administración de modelos avanzados de territorio: fotogrametría con vehículo elevado automatizado o geografía convencional en obras viales. Huancayo, 2018, verifica que, la estrategia fotogramétrica con vehículo aereo automatizado tiene mayor ejecución en campo que la geografía consuetudinaria para la administración de modelos computarizados de territorio en obras viales, con una duración de movimiento de 1,00 h frente a las 8,00 h realizadas por la técnica convencional con un 95% de certeza. Sea como fuere, tiene un menor rendimiento en campo, ya que el tiempo utilizado para el manejo en la técnica fotogramétrica es de 14.00 h y en la estrategia acostumbrada era de 3.00 h, con un 95% de certeza, además, la técnica fotogramétrica con vehículo elevado automatizado es más asequible que la geografía convencional para la administración de modelos computarizados de paisaje en obras viales, con un gasto de S/. 700.00 contra S/.1400.00 individualmente

para la parte en estudio, abordando una disminución de la mitad del gasto ocasionado en la técnica convencional.

Descripción de la empresa.

SAN JOSE CONSTRUCCIONES Y EDIFICACIONES S.A.C es una empresa que tiene como propósito la ingeniería y desarrollo de obras civiles y alquiler de equipos de construcción y maquinarias, brindando el mejor servicio. Comprometiéndose con el mantenimiento de elevados estándares de calidad, el cuidado de la salud y la integridad física de nuestros colaboradores y, así mismo, con la preservación del medio ambiente y sea merecedor de la confianza de nuestros clientes, vecinos y de la comunidad en general. y al mismo tiempo comprometiéndose a:

- IMPLEMENTAR, DESARROLLAR, CUMPLIR Y MEJORAR CONTINUAMENTE el sistema de gestión integrado basado en las normas ISO 9001, ISO 14001 Y OSHAS 18001 en nuestros procesos.
- Satisfacer los requerimientos de los clientes externos e internos de la organización, basado en un claro enfoque de la calidad que oriente la determinación y cumplimiento de los objetivos y metas. respaldado por las competencias del cumplimiento, la seriedad y eficiencia de nuestros colaboradores.
- Prevenir lesiones y enfermedades en los trabajadores, y visitantes dentro de nuestro nivel de influencia para lo cual se establecen medidas de control basadas en la identificación de peligros y evaluación de los riesgos potenciales a la seguridad, salud ocupacional y protección de instalaciones, garantizando, de acuerdo a ley, la participación y consulta activa de los trabajadores y sus representantes.

- Prevenir la contaminación ambiental derivada de nuestras actividades e impulsando el desarrollo sostenible en todas sus instalaciones y servicios a través de la implementación de controles que disminuyan la probabilidad de aparición de impactos ambientales significativos.
- Cumplir con la legislación aplicable en nuestras operaciones, Seguridad y Salud Ocupacional, así como al Medio Ambiente e igualmente cumplir con los requisitos suscritos.

MISIÓN: Somos una constructora comprometida con nuestros clientes en el desarrollo de sus proyectos de una manera proactiva, la seguridad de los colaboradores, el medio ambiente y la responsabilidad social, con los clientes y las comunidades en donde ejecutamos los proyectos con los mejores estándares de calidad. Contribuyendo el desarrollo del país.

VISIÓN: Esperamos ser una constructora que siga creciendo a nivel nacional con sus proyectos y ser reconocida por nuestra labor, implementando sistemas de gestión de, seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y calidad. Lograr ser la primera opción en los proyectos a realizarse.

OBJETIVOS ESTRATEGICO: El principal objetivo de la empresa” San José construcciones y edificaciones” es ser distinguido por los estándares de calidad en el momento de la ejecución de sus proyectos, de esta manera tener satisfechos a los clientes ya que su proyecto se encuentra en manos profesionales capacitados para lograr el objetivo previsto.

Figura 1: *Matriz FODA*

FODA	
FORTALEZA:	DEBILIDADES:
	❖ Falta de financiamiento.

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ❖ Profesionales calificados en elaboración de proyectos ❖ Estándares de calidad. ❖ Profesionales en gestión de proyectos. ❖ Equipos adecuados para los trabajos. | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Contar con pocos colaboradores calificados del área construcción de las diferentes ramas, eléctricos, civiles, movimiento de tierras. ❖ Deficiencia en logística, provisión de materiales. |
|---|---|

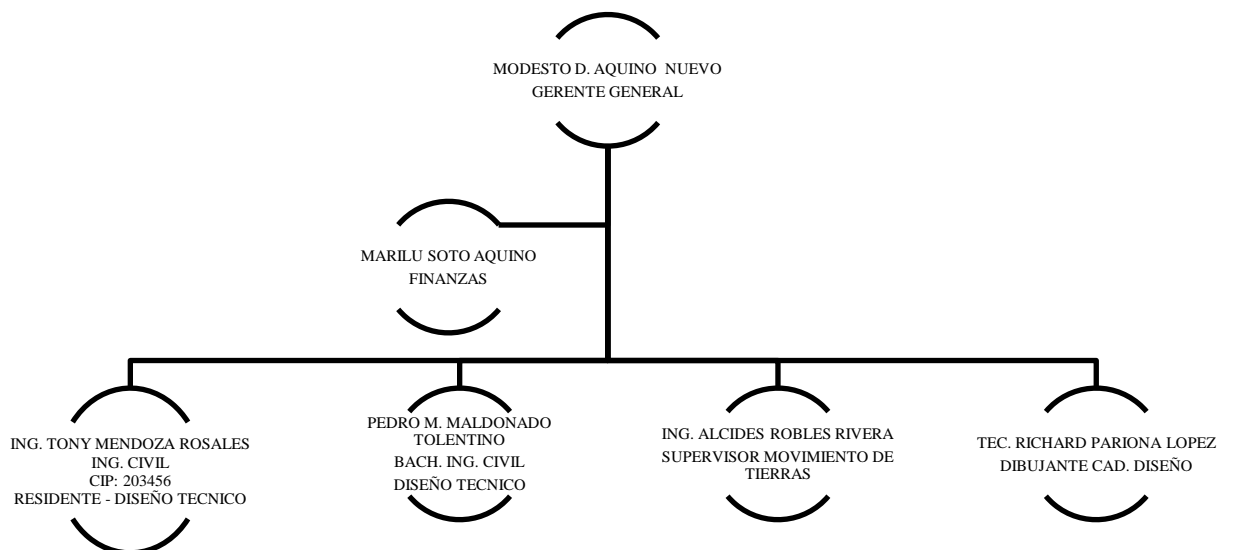
OPORTUNIDADES:

- ❖ Empresas privadas y estatales.
- ❖ Capacitación a nuestros colaboradores.
- ❖ Contar con los materiales apropiados para los proyectos.

AMENAZAS:

- ❖ Falta de recurso económico para grandes proyectos.
- ❖ Pandemias.
- ❖ Cambios en el panorama competitivo.

Figura 2: Organigrama de la empresa



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Levantamiento fotogramétrico

Conceptos fotogramétricos

La fotogrametría proporciona las herramientas para representar mediante las fotografías un terreno, edificio en planta o la fachada de una iglesia, a bajo costo en comparación a otras técnicas, esto debido a que en pocos minutos se puede tomar una gran cantidad de información. De vital importancia para la elaboración de mapas de elevación, uso de suelo, presencia de vegetación, etc. La principal ventaja de la fotogrametría es la toma de datos sin intervención directa del área de estudio o trabajo, dejando de lado perturbaciones en el ambiente o en las actividades de la población. (Bejarano & Palomino , 2022)

Según, Paucar (2016) en la ingeniería, su uso se está acrecentando para la concepción de proyectos, ya que brinda información sobre la vegetación y las condiciones topográfica del área donde se pretende proyectar las obras. Así mismo, en países desarrolladas, la fotogrametría es el principal método para la generación de mapas cartográficos oficiales (Bejarano & Palomino , 2022)

Aguirre (2016) Para la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS), el registro y la interpretación de fotos que ayuden a conocer a detalle una zona de estudio es una tecnología, arte y ciencia a la que se le denomina fotogrametría. Esta definición se acepta a nivel mundial y es la más actualizada sobre la fotogrametría (Bejarano & Palomino , 2022)

Otra definición según, Riaño (2018) habla sobre la técnica cuyo objetivo es representar el mundo real con la mayor precisión y exactitud posible un área determinada,

siendo la toma de datos a distancia. Al final, con esta información se podrán elaborar mapas de interés ingenieril, económico, cultural o ambiental (Bejarano & Palomino , 2022)

Una traducción válida del inglés con respecto a la definición de la fotogrametría es la ciencia para la medición mediante fotos; además es parte de la geodesía, que a su vez forma parte de la teledetección.

Linder (2016) los puntos del terreno deben ser representados en mínimo dos fotografías. Si tenemos la capacidad de recuperar los parámetros geométricos del terreno cuando se tomaron las fotos, entonces será posible el cálculo de las coordenadas 3d del punto utilizando las configuraciones de las fórmulas de raras y posterior a ello se podrá calcular la intersección. Así pues, lo descrito anteriormente es el objetivo central de la fotogrametría, de esta manera será posible digitalizar vectores como líneas, puntos, polígonos y área, para la posterior elaboración de planos y mapas. (Bejarano & Palomino , 2022)

Evolución de la fotogrametría

Según, Espinosa (2017) con el paso del tiempo, la fotogrametría se ha venido desarrollando de manera acelerada, esto gracias al avance en simultáneo de otras ramas tales como la informática, la aviación y la óptica. La fotogrametría ha tenido siempre la labora de la generación de cartografía dado que hace fácil el análisis del terreno mediante fotos aéreas, pero, la producción cartográfica no es el único fin de la fotogrametría. La rama de la topografía ha ganado mucho avance con la ayuda de la fotogrametría, esto luego de implementar los levantamientos de fotogrametría que permite determinar volúmenes, áreas, pendientes y la localización de puntos en determinadas zonas terrestres. (Bejarano & Palomino , 2022)

Fotogrametría digital

Paucar (2016) a partir del año 2000, las computadoras empiezan a desarrollarse aceleradamente, ante ello, la utilización de fotografías digitales y procesamientos usando la computados se convierte en una necesidad. Computadores con procesadores elementales y capacidad mínima de almacenamiento, permiten hoy en día el manejo y administración de fotografías digitales de elevada resolución. (Bejarano & Palomino , 2022)

Clasificación de la fotogrametría

Existen varias clasificaciones con respecto a la fotogrametría, en las líneas siguientes se explicará algunas clasificaciones de acuerdo a los aspectos más relevantes para este trabajo. (Bejarano & Palomino , 2022)

Según la posición de la cámara y la distancia entre el objeto y la cámara, tenemos fotogrametría de rango cercano, terrestre, aérea y satelital. La fotogrametría aérea tiene una distancia superior a los 300 m, mientras que la satelital a los 200 km. Hay tres tipos según el número de imágenes a medir: son comunes la fotogrametría de una sola imagen, rectificación, de puntos y ortofotografías. Finalmente, la fotogrametría fuera de línea, tiempo real y en línea; que están clasificadas según la disponibilidad de resultados luego de la medición. (Bejarano & Palomino , 2022)

Geometría fundamental de la fotogrametría

Determinar con rigurosidad estos parámetros o elementos internos, es el primer fin de la restitución fotogramétrica. Para solucionar el reto de representar un objeto teniendo como insumo las fotografías de la superficie terrestre es necesario utilizar un proceso combinado de cambio que incluya las operaciones correlativas posteriores, según los métodos que se mencionan a continuación. (Bejarano & Palomino , 2022)

Método 1: orientación absoluta + orientación interna + orientación relativa.

Método 2: orientación exterior + orientación interna.

Existen tres sistemas de referencia que se emplean con mayor frecuencia para analizar las aproximaciones consecutivas del método general de la fotogrametría.

- Sistema de coordenadas de la fotografía.
- Sistema de coordenadas del modelo estereoscópico.
- Sistema de coordenadas del terreno.

En fotogrametría, las distintas relaciones matemáticas que se puede dar ente los múltiples sistemas cartesianos se llaman orientaciones.

Cámaras digitales

En el uso de cámara digital, las imágenes son registradas por unas pequeñas células fotoeléctricas (CCD) que han sustituido el plano focal de la cámara. Para realizar un proceso fotogramétrico exitoso es necesaria la selección adecuada del sensor, ya que existen una gran diversidad de categorías de cámaras como los son las cámaras digitales de pequeño, medio y gran formato, además de esto existen otros que usan las capacidades multiespectrales, esto proporciona una elevada gama de posibilidad al momento de la selección del sensor, la selección debe estar acorde a lo que el proyecto requiere y de las diferentes herramientas de cámaras con las que posean los RPA utilizados para llevar adelante un proceso fotogramétrico. (Bejarano & Palomino , 2022)

Actualmente, las cámaras digitales traen una variedad de componentes que facilitan una captura de la imagen muy eficiente, esto es posible luego de transformar la luz en energía, el direccionamiento de los haces de luz por parte de los lentes de la cámara hacia los sensores, en función al tamaño de estos receptores de información se obtendrán imágenes de determinada calidad, además, estos sensores tienen la capacidad de la

clasificación de las diversas variación de la luz y la traducción en lenguaje binario.
(Bejarano & Palomino , 2022)

Riaño (2018) la imagen rectangular es un formato que se encuentra con mayor frecuencia en las cámaras, la dirección transversal es la que manda para la dimensión mayor ya que de esta manera se minimiza la cantidad de líneas de vuelo. La unidad de medida para el sensor son los milímetros, verbigracia, la cámara Phantom 4 pro tiene un sensor de 13.2 milímetros. Existe una gran gama de longitudes focales que varían entre 8 mm y 120 mm. La visión es distinta en la dirección de vuelo y para la línea de vuelo porque el formato del sensor es rectangular. En las cámaras digitales, la configuración de la longitud de foco y el tamaño del pixel caracteriza al perfil de operación. La distancia para el muestreo requerido GSD determinan los parámetros de las misiones para cada vuelo fotográfico usando cámaras digitales (Bejarano & Palomino , 2022)

Fotografía e imagen digital

Quiróz, (2014) actualmente, la mayoría de las imágenes de fotogrametría que se emplean son de formato digital, debido a que la fotogrametría digital ha logrado obtener un gran reconocimiento en estos últimos años. La digitalización de una imagen tiene que ver, ya sea, porque fueron capturadas con un sensor digital o porque luego de la captura han sido transformadas mediante un scanner fotogramétrico a un formato digital. (Bejarano & Palomino , 2022)

Debido a esto, nuestro enfoque estará en estas imágenes, haciendo una descripción de la estructura, como del tratamiento.

Imagen digital

Quiróz (2014) cuando hablamos de una imagen digital nos referimos a una matriz de dos dimensiones, que contiene unas pequeñas celdas a las que se le denominan píxeles,

unidades que contienen información. Esta información se extrae según el nivel digital (valor) que varía según el grado de gris. (Bejarano & Palomino , 2022)

Quiróz (2014) la imagen digital descrita se refiere a una imagen mono banda, es decir que está formada por una sola matriz y cuya visualización será en niveles o grados de gris. (Bejarano & Palomino , 2022)

Quiróz (2014) empero, existen imágenes a color, como por ejemplo las denominada RGB, que son imágenes compuestas por tres matrices en niveles de rojo (Red), verde (Green) y azul (Blue). Entonces al haber un mayor detalle de información y al ser tres matrices con sus propios niveles digitales, el almacenamiento de estas imágenes es mucho mayor que las mono banda. (Bejarano & Palomino , 2022)

Características de la imagen digital

A. Resolución

Cuando hablamos de la calidad de una imagen, indudablemente nos estamos refiriendo a la resolución. Como ya se mencionó, la imagen está compuesta por pequeñas celdas cuadradas o píxeles, cuando estos son de menor tamaño la imagen tendrá mayor resolución, dado que hay un mayor detalle de información, en este caso, del terreno. Cuando el tamaño de los píxeles es muy grande mucha información se pierde y no hay una representación adecuada del terreno. Ahora, es claro que, a mayor resolución, el almacenamiento o el peso de la imagen será mayor. La unidad de medida es el PPP que se refiere a píxeles por pulgada. Se denomina resolución espacial para las imágenes aéreas y tiene relación directa con el píxel de la superficie GSD.

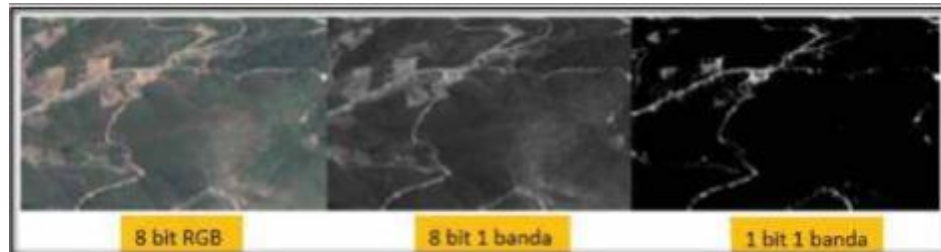
B. Dimensión

El ancho y el alto de la imagen en mm, pulgadas o píxeles viene siendo la dimensión de una imagen.

C. Profundidad de color

La característica de profundidad de color está dada por el número de bits que se utilizaron para la descripción del color de los píxeles. Si la profundidad es mayor, entonces se podrá visualizar una mayor variedad de colores en la imagen. Como muestra del efecto de los bits en la imagen se muestra la siguiente imagen.

Figura 3: Profundidad de color



(Fuente; Quiróz E, 2014)

D. Tamaño del archivo

Con respecto al tamaño se puede afirmar que es el espacio necesario en una computadora para el almacenamiento de la imagen a procesar.

La cantidad de bits necesario para el almacenamiento depende, como se mencionó anteriormente, de la resolución teniendo en cuenta la dimensión y la profundidad de color.

$$Tamaño = R^2 * L * A * P$$

Donde:

R^2 = Resolución (ppp)

$L * A$ = Largo y Ancho (pulg.) 14

P = Profundidad de color

Si desea almacenar la imagen a color, el tamaño de esta se debe multiplicar por tres.

Se debe tener en cuenta es que el trabajo y procesamiento de imágenes digitales requiere de un volumen alto de almacenamiento ya que en fotogrametría se trabaja con una gran cantidad de información. Incluso si el proyecto no es de dimensiones

elevadas, este estará formado por numerosas imágenes que deben ser almacenadas en un computador con suficiente memoria. Lo mencionado representa uno de los mayores inconvenientes en la fotogrametría, pero existe una forma de remediarlo en cierta medida.

E. Compresión de imágenes

Paucar (2016) Como se comentaba en el ítem anterior, existe una forma de remediar el problema del gran volumen generado para el almacenamiento de una imagen digital, esta técnica es conocida como compresión de imágenes, y va a reducir considerablemente el espacio de almacenamiento. Sin embargo, la técnica debe ser empleada con mucho criterio y cuidado, debido a que ciertos algoritmos que usa la compresión ocasionan pérdida de información sin solución que generan la reducción de la calidad de la imagen. (Bejarano & Palomino , 2022)

Paucar (2016) lo que puntualmente hace la compresión de imágenes es la reducción del número de datos requeridos para la representación de una imagen digital. La base de esta técnica está en eliminar cada uno de los datos que se repiten en la imagen, estos datos son conocidos como datos redundantes. Entonces a mayor cantidad de datos redundantes es posible una mayor compresión. La ratio de compresión es un término bastante importante de conocer, viene a ser la relación existente entre el peso de almacenamiento de la imagen original y la comprimida. Si hablamos de un rato de 2:1, esto quiere decir que la foto original ocupaba el doble de espacio que la imagen comprimida. (Bejarano & Palomino , 2022)

Paucar (2016) anteriormente se mencionó acerca de ser cuidadosos con la compresión de imágenes ya que algunos algoritmos sacrificaban información necesaria para que el tamaño del archivo sea mucho menor, estos se conocen como algoritmos con pérdida. El principal problema de estos algoritmos es que, en el proceso de descompresión,

son incapaces de reproducir la imagen como era originalmente, donde se evidencia que la información es incompleta (Bejarano & Palomino , 2022)

Las pérdidas son mínimas y el ojo del ser humano es incapaz de apreciarla. En determinados casos en donde se trabaja con la métrica de la imagen como principal uso, no es posible la aplicación de los algoritmos con pérdida para la compresión (Bejarano & Palomino , 2022)

Es más seguro emplear algoritmos sin pérdida, de manera segura estos algoritmos reducen el almacenamiento de la imagen. La desventaja sobre los anteriores algoritmos es que no reducen considerablemente el tamaño, pero hay garantía de la conservación íntegra de la información en la imagen conservándose, además, las propiedades métricas (Bejarano & Palomino , 2022)

El dron

Según, Sani (2014) la principal ventaja de un dron es el ser un vehículo sin tripulación y que además es reutilizable, con capacidad para mantener un mismo nivel de vuelo con control remoto, o autónomo, con propulsión de motor de reacción o de explosión, utilizados en labores militares y civiles. En estos últimos años, se vienen dando la revolución audiovisual de forma acelerada, esto principalmente por la presencia de los drones, con técnicas tradicionales hubiese sido imposible capturar imágenes capturadas por los drones de manera rápida y precisa. Un dron topográfico posee capacidades suficientes para fotografiar en un día cien hectáreas de superficie, empero, hay drones de una gama más alta que tiene la capacidad de cubrir cinco mil hectáreas de superficie de manera diaria. Los primeros drones, tenían un control de manera remota, sin embargo, hoy en día se ha logrado implementar el control autónomo. Entonces, actualmente se manejan drones con control de manera remota y otros que bajo una programación de vuelo permiten el levantamiento de información de determinada superficie. (Bejarano & Palomino , 2022)

Aérea triangulación

Este procedimiento es realizado en gabinete, aquí se almacenará la información conseguida en campo, tales como las fotografías captadas por el dron según el itinerario de vuelo, los puntos de control colocadas mediante un GPS diferencial y otras fotografías que se registraron en cada uno de los puntos. En este proceso son usadas las ecuaciones de colinealidad para el modelamiento matemático, estas ecuaciones incluyen un gran número de redundancias al cálculo para aportar consistencia al sistema y que sea posible la obtención de resultados RMS con elevada fiabilidad. La aerotriangulación implica todo este proceso de cálculo. (Bejarano & Palomino , 2022)

Dron Phantom 4 RTK

DJI ha rediseñado la ciencia de los drones desde su concepción, presentando innovaciones revolucionarias que podrían crear nuevos estándares en la precisión de los drones. (Bejarano & Palomino , 2022)

El Phantom RTK proporciona a los usuarios información con precisión de centímetros que requiere menor cantidad puntos de control en suelo que en tiempos previos. El Phantom 4 RTK incluye un módulo RTK totalmente incorporado que facilita información de ubicación densimétrica en tiempo real, con lo cual obtendremos una precisión absoluta en la metainformación de la imagen. El Phantom 4 RTK se acomoda a todo tipo de forma de trabajo. Puede ensamblar su sistema de posicionamiento a la estación móvil D-RTK 2, a NTRIP (Network Transport of RTCM via Internet Protocol) por intermedio de un accesorio 4G o una conexión local Wi-Fi, o acopiar la información de satélite para usarla en PPK (Posprocesado cinemático). (Bejarano & Palomino , 2022)

El nuevo sistema TimeSync fue concebido con el fin de poder sincronizar constantemente el controlador de vuelo, la cámara y el módulo RTK, para de esta manera poder utilizar los componentes de posicionamiento del Phantom 4 RTK al máximo.

Además, TimeSync asegura la utilización de la metainformación más precisa en todas las imágenes y establece los datos de posicionamiento al centro del CMOS – adecuando los productos de los métodos fotogramétricos y permitiendo que la imagen consiga un nivel de precisión centimétrico. (Bejarano & Palomino , 2022)

Posee un sensor CMOS de 1 pulgada y 20megapíxeles que le permite capturar la mejor imagen posible. Además, tiene un obturador mecánico gracias al cual el Phantom 4 RTK tiene la versatilidad de moverse y capturar imágenes sin la aparición de distorsión alguna del obturador, por lo que los trabajos de mapeo y recopilación de datos se pueden realizar sin problemas. Gracias a su alta resolución, el Phantom 4 RTK puede alcanzar un tamaño de píxel de tierra (GSD, por sus siglas en inglés) de 2.74 cm a una altura de 100 m. Para que el Phantom 4 RTK brinde una precisión inigualable, todos los objetivos se someten a un riguroso proceso de calibración, que mide la distorsión radial y tangencial del objetivo. Las mediciones hechas se almacenan en los metadatos de cada imagen con el fin de que cada usuario pueda utilizar el software de post procesado en el cual podrá realizar ajustes personalizados. (Bejarano & Palomino , 2022)

La nueva aplicación GS RTK ofrece una mayor cantidad de posibilidades para que los usuarios puedan controlar su Phantom 4 RTK, con dos modos de planificación (fotogramétrico y trayectoria) que se unen al modo de vuelo tradicional. Los modos de planificación dan la facilidad al piloto de trazar una trayectoria de vuelo del dron y establecer parámetros como la ratio de superposición, la altitud, la velocidad y la configuración de la cámara, entre otros. Lo cual permite mecanizar los procesos de trabajo en cartografía o inspección.

La aplicación GS RTK fue creada considerando a los usuarios, posee un sinnúmero de características diseñadas para procesos de trabajo específicos de cartografía o inspección. La aplicación proporciona la capacidad de cargar directamente archivos de área KML con

el fin de proyectar los vuelos en la oficina, posee el modo de prioridad del obturador con el que la exposición puede conservarse en todas las fotos, además de una alerta por fuertes vientos avisa a los pilotos que las condiciones climáticas son adversas. (Bejarano & Palomino , 2022)

El Phantom 4 RTK es compatible con el SDK Móvil de DJI, por lo que sus funciones pueden automatizarse y personalizarse a través del dispositivo móvil.

Goza de una transferencia en HD constante y fiable con un alcance de 7 km, adecuado para la realización de mapeo de áreas muy extensas. Sin obstáculos, sin interferencias, de acuerdo con las reglas de la FCC. El rango de transmisión es dependiente de la potencia y la resiliencia de la señal de radio. Mantenga el espacio de vuelo siempre en el rango de visión, excepto que este autorizado a lo contrario. (Bejarano & Palomino , 2022)

Perfecciona y aumenta la capacidad de las misiones de tu Phantom 4 RTK con la estación móvil D-RTK 2 y obtén registros de posición relativa del dron instantánea de tal forma que se pueda generar una solución de exploración precisa. El gran y revolucionario diseño de la estación móvil y su componente de transmisión OcuSync 2.0 aseguran un acopio de datos de precisión centimétrica con tu Phantom 4 RTK en gran variedad de situaciones. (Bejarano & Palomino , 2022)

Posee una aplicación cuyas características de proyección de vuelo incluidas (GS RTK) y un estilo claro de recolección de datos RTK (RTK Network o estación móvil D-RTK 2), además que se tiene pues una alternativa integra para exploración, cartografía o inspección que se encuentra al alcance de todos los pilotos. (Bejarano & Palomino , 2022)

Figura 4: *Dron Phantom 4 RTK*



Procesamiento en gabinete de información fotogramétrica

De la memoria de los Estación Total y base drtk2 se extrajo la información de las coordenadas. Dicha información incluye, las coordenadas XYZ y Descripción de los puntos medidos.

- Una vez obtenido los datos de ET y Base Drtk2, estas son verificadas en una hoja de cálculo del Excel.
- Verificados los datos en el Excel. Estos son ploteados en el Programa de Dibujo AutoCAD Civil 3D 2013.
- Con ayuda del AutoCAD se procede a dibujar los detalles medidos en campo (accesos, canales, delimitación de manzanas, etc.)
- Una vez procesados los datos se procede a la generación de curvas de nivel y posteriormente a la edición de la superficie topográfica con ayuda de las herramientas del AutoCAD Civil 3D.
- Se procedió a realizar el procesamiento fotogramétrico para la obtención de una ortofoto, nube de puntos, modelo digital de terreno en el programa Pix4d.

- El paso siguiente es la Elaboración de los Planos Topográficos requeridos por el cliente. Es la segunda fase de los trabajos en gabinete; para lo cual se procede a seleccionar la información proveniente del software PIX4D. Las Ortofotos por vuelo y las curvas de nivel son los insumos necesarios para la elaboración de planos topográficos. Esta información fue llevada a un entorno CAD a fin de extraer de forma manual la información planimetría como son: elementos culturales, elementos hidrográficos, elementos de vías de comunicación, etc. La información planimetría se procede a editar, apoyado en las ortofotos, tomando en cuenta los principios de las entidades geográficas y sus atributos. Los planos topográficos preparados en formatos A1 (841X594 mm), para representar a escala 1/1000, El Proyecto Inkabor con curvas de nivel intermedia cada 1.00 metros y curvas de nivel maestra cada 5.00 metros.

Levantamiento con estación total

La topografía plana

La topografía tiene por objetivo determinar las áreas, distancias, perímetros y pendiente de cierta superficie terrestre proyectada sobre un plano horizontal y sin tomar en cuenta los efectos de la curvatura del geoide terrestre. Su aplicación es de vital importancia para la medición de dimensiones de un terreno, parcelas o lote. Esta técnica tiene como principal limitación la extensión del área a estudiar, siendo principalmente áreas pequeñas. Los levantamientos geodésicos al igual que los topográficos, tiene la misma finalidad, sin embargo, la precisión y magnitud difiere. (Bejarano & Palomino , 2022)

La mayoría de levantamientos realizados en proyectos de ingeniería, ya sea en el estudio como en la ejecución, son los del tipo topográfico, debido a que los errores luego por exclusión de la curvatura son muy despreciables y la precisión que se obtiene no excede los márgenes aceptables desde el punto de vista ingenieril. (Bejarano & Palomino , 2022)

Esto quiere decir que solo debe tomarse realmente en cuenta la forma geoide de la tierra cuando se necesite un levantamiento para superficies realmente grandes y la ejecución requiera ser de alta precisión. (Bejarano & Palomino , 2022)

En la determinación de alturas o cotas, aunque no se necesite gran precisión, no debería despreciarse la forma curva de la tierra, sin embargo, el trabajo de nivelación no necesita otro trabajo para referenciar las alturas, ya que la nivelación de los puntos seguidos usualmente se realiza a distancias pequeñas y las líneas visuales quedan de forma paralela a la superficie media terrestre. (Bejarano & Palomino , 2022)

Estación total electrónica

La inclusión de distanciómetros y microprocesadores electrónicos en los teodolitos electrónicos, ha generado uno de los aparatos más usados hoy en trabajos topográficos. Estos aparatos electrónicos son las estaciones totales. (Bejarano & Palomino , 2022)

Un equipo de estación total electrónica tiene la capacidad para realizar mediciones de distancias horizontales y verticales, ángulos horizontales y verticales. Además, gracias al microprocesador, se puede realizar el cálculo de las coordenadas topográficas (elevación, este y norte) de cada uno de los puntos visados. Adicionalmente, estos aparatos traen consigo tarjetas magnéticas para el almacenamiento de datos. Estas tarjetas podrán ser conectadas a una computadora y gestionar la información con programas aplicados. (Bejarano & Palomino , 2022)

Otra característica relevante de una estación total, es que tienen la posibilidad de medir ángulos verticales con el cero en el zenit y los ángulos horizontales en los dos sentidos. (Bejarano & Palomino , 2022)

Error instrumental de una Estación Total

Cuando realizamos la actividad para obtener los datos técnicos de trabajo topográfico con una estación total, es necesario cumplir con los siguientes procedimientos:

- La posición del eje vertical debe estar vertical al zenit.
- El eje horizontal debe quedar totalmente perpendicular al eje de puntería.
- El eje horizontal debe quedar totalmente perpendicular a la inclinación del eje vertical.
- Hacer cero la lectura de eje vertical al señalar el cenit como parte de las primeras configuraciones.
- Explicar la falla en los casos que no se cumplan.
- El ángulo de desvío o inclinación del eje vertical (se encuentra conformado por la plomada y el eje vertical).
- Error en el Eje de Puntería (es la inclinación en referencia al ángulo recto en medio del eje de puntería y de inclinación.)
- Error del eje de inclinación (viene a ser es el desvío del ángulo recto entre el eje de inclinación y el eje vertical).

Existe una probabilidad de que los errores, en cuanto a la medición de ángulos horizontales, aumenten paralelamente al diferencial de altitud entre los puntos o zona geográfica en análisis. (Bejarano & Palomino , 2022)

Se puede eliminar el error del eje de puntería y del eje de inclinación de acuerdo al aviso y a la entrada de mediciones en ambas posiciones del anteojo. De la misma forma se puede hallar y anotar en el momento que se miden los ángulos automáticamente, para poder tomarlos en consideración, es por esto que los datos tomados es examinada y considerada sin error alguno, aun en los casos en los que solo se haga única lectura con una sola posición

del anteojo. La inclinación del eje vertical no se toma en cuenta por considerar como error del instrumento. (Bejarano & Palomino , 2022)

Estaciones robóticas

Este instrumento más avanzado consta de un servo motor de rastreo junto a una unidad de control remoto con posicionamiento que maneja la estación total a manera de un recolector de información y un emisor. Esta conexión entre la unidad de control remoto y la estación se da mediante ondas de radio, siendo posible trabajar en múltiples condiciones como la oscuridad. (Bejarano & Palomino , 2022)

Instalada la estación, el instrumento se orienta colimando un punto referenciado que se conoce y mediante un botón se hace la transferencia del control de la estación hacia el control remoto posicionado. En adelante, la persona que opera tendrá la posibilidad de desplazarse dentro de los límites del área de trabajo junto a la unidad de control remoto, haciendo la recolección de la información. (Bejarano & Palomino , 2022)

Los equipos robóticos traen consigo softwares de aplicación instalados, que facilitan los trabajos de levantamiento topográfico y los posteriores de replanteo sin la necesidad más de una persona. Sin duda, esto es una gran ventaja en cuanto al ahorro de costos. (Bejarano & Palomino , 2022)

Levantamiento longitudinal (o de vía de comunicación)

Se refiere a los levantamientos utilizados para el estudio y construcción de vías de comunicación o transporte tales como canales, acueductos, vías férreas, carreteras, caminos vecinales, etc.

- Levantamiento topográfico de la zona donde quedará acentuada la obra, para la elevación y la planta (altimetría y planimetría a la vez).

- Diseño geométrico en planta tales como carreteras. Trochas y canales, según las especificaciones técnicas para cada obra.
- Ubicación del eje de la obra a diseñar a través de la colocación de bastones a distancias cortas, frecuentemente a distancia constantes de 5 y 10 metros.
- Realización del nivel del eje con bastones a través de itinerarios de nivelación para la determinación del perfil del terreno en todo el eje localizado y diseñado.
- Gráfica del perfil y determinación de las pendientes longitudinales.
- Representación de perfiles o secciones transversales de las obras y la localización de los puntos respectivos.
- Calcular los movimientos de tierras, volúmenes de corte y relleno y el cronograma de labores, para optimizar rellenos y cortes hasta lograr llegar a la línea de la subrasante del proyecto.
- Trazo y ubicación de la obra según el eje, es decir, obras complementarias que protegen o ayudan al buen funcionamiento de la obra a proyectar. En el caso de una carretera hablamos de alcantarillas, desagües, puentes, muros de contención, cunetas, etc.

Descripción del equipo utilizado

Se utilizó un equipo Nikon 632 para el levantamiento topográfico, línea que se caracteriza por ser simple, fiable y precisa. Se detallan las principales características. (Bejarano & Palomino , 2022)

Software y el interfaz de usuario

Este equipo tiene dos razones por la que se hace muy fácil de usar, la primera es el poderoso software con el que cuenta y luego está la interfaz amigable de usuario. Los datos son fácilmente administrados, introducidos y manejados de forma directa con hasta

información de 32 trabajos en el equipo o diez mil registros. Adicionalmente, los puntos de control guardados no solo sirven para un trabajo, sino que pueden ser jalados desde otros archivos de trabajo. (Bejarano & Palomino , 2022)

Códigos funcionales

Cuenta con códigos funcionales y con variedad de métodos por ser introducidos, lo que permite recolectar datos con comodidad y rapidez. (Bejarano & Palomino , 2022)

Con una diversidad de procedimientos de entrada de código, la recopilación de datos en campo es rápida y conveniente. Las estaciones totales Nikon, Series 602, 502, y 302 proporcionan y permiten la entrada códigos y un fácil acceso a los códigos utilizados anteriormente. Cualquier persona podría establecer un máximo de 10 Códigos Rápidos que necesiten únicamente oprimir un botón. Simplemente apunte a su objetivo y oprima uno de los botones pre establecidos para presione una de las teclas predefinidas para medir y registrar un punto con codificación completa. El sistema brinda una lista completa de códigos, que puede ser establecida por el usuario, con varios niveles. La lista de códigos se puede generar y modificar tanto a bordo como cargada desde el ordenador. (Bejarano & Palomino , 2022)

Cálculos COGO

El cálculo de Cogo (geometría de coordenadas) es otra importante característica de las estaciones totales Nikon, Series 602, 502, y 302. Entre las operaciones se encuentran los cálculos de intersección, área y perímetro disponible. (Bejarano & Palomino , 2022)

Funciones de medición

Mediciones básicas rápidas y flexibles. Las teclas MSR1/MRS2 se pueden configurar individualmente para medición de parámetros; no pierde el tiempo cambiando o reconfigurando los modos de toma de datos. Si desea alta precisión además tiene

disponible capacidad de medición F1/F2. Las lecturas brutas y medias pueden ser almacenadas para su futuro. Mas características de toma de datos de las estaciones totales Nikon de las Series 602, 502, y 302 incluyen:

- Línea de referencia de dos puntos
- Plano de referencia inclinado de tres puntos
- Mediciones de distancia de eje
- Desviaciones grabadas
- Plano de referencia vertical de dos puntos
- Línea de referencia de arco
- Desviaciones angulares dinámicas vertical/horizontal

Velocidad y precisión

La estación total Nikon está entre las mejores y más rápidas de su tipo, con aptitudes para la medición de distancia increíblemente precisas a 1" y 2mm + 2 ppm lo cual nos hace ver que son sumamente precisas. Este rápido EDM lo mantiene en movimiento eficaz y rápido durante las fases de levantamiento, ayudándole a permanecer menos tiempo en el lugar de trabajo. (Bejarano & Palomino , 2022)

El NPL-632 tiene una precisión de ángulo de 2" y opera sin prisma con una precisión de medición de distancia de 3 +2 ppm.

Opciones EDM

El NPL Serie EDM muy conocido por facilitar a los usuarios la ubicación y toma de datos que se encuentran fuera de la capacidad de visualización de un prisma y así permite el avance de la toma de datos de un punto a otro. Se podría utilizar esta virtud para la toma de datos en lugares inaccesibles con alto grado de peligro para el personal de trabajo. (Bejarano & Palomino , 2022)

Portabilidad de datos

Las estaciones totales Nikon, Series 602 adicionan ranura CompactFlash (CF) y un puerto USB, proporcionando a los usuarios la capacidad de transferir datos guardados a una tarjeta CF o a un stick USB. En circunstancias en las que los datos de campo son necesarios en la oficina, solamente deberá extraer la tarjeta o el stick de memoria y cargar los datos en su ordenador. (Bejarano & Palomino , 2022)

Imágenes más nítidas y brillantes

Mas características de las estaciones totales DTM-632 comprenden la óptica de clase mundial de Nikon. Las lentes ópticas de Nikon dejan la entrada de mayor cantidad de luz, lo que da como resultado imágenes más nítidas y brillantes, incluso en condiciones de penumbra, efectos ópticos del ambiente o baja visibilidad, que suelen estar presentes en los entornos de trabajo. Vera imágenes más nítidas con menos distorsión, en particular para grandes distancias. (Bejarano & Palomino , 2022)

Todos los telescopios Nikon usan un exclusivo mecanismo de enfoque lineal que perfecciona el enfoque en distancias cortas y largas. Y el gran control de enfoque es sencillo de usar incluso con guantes. (Bejarano & Palomino , 2022)

Características robustas

En condiciones de trabajo con dificultad extrema una batería con duración extendida permitirá al usuario trabajar la mayor cantidad de horas posible durante el día sin tener que estar pendiente del cambio de batería; su producción en peso liviano adaptable a todo clima, asegura un alto rendimiento ante cualquier situación. (Bejarano & Palomino , 2022)

Altamente precisa

Los modelos 632 tiene una precisión de 2” creados con el fin de complacer una gran cantidad de aplicaciones de levantamiento de alta precisión.

Calidad óptica Nikon

Todos los productos Nikon utilizan lentes de alta calidad para ampliar las imágenes con mayor claridad.

Medios de memoria extraíbles

Los dispositivos de memoria USB o las tarjetas compact flash se podrían usar para la transferencia de datos de forma rápida y eficiente desde hacia la oficina.

Figura 5: *Estación Total Nikon DTM-632*



Costo

La Real Academia Española (2019), establece como costo la cantidad entregada o pagada por algo. El costo es una inversión que se puede usar en actividades, así como en recursos beneficiosos. Además, es la visualización económica de las actividades realizadas y los elementos utilizados. Se expresa en términos de dinero, producción y operaciones general (Facultad de Contaduría y Administración, 2003).

De manera similar, Marulanda (2009), define a costo como cualquier desembolso, pasado, presente o futuro, relacionado con un proceso de producción, cuya valía se incorpora al producto y se puede visualizar en el inventario con fines contables (desembolso o capitalización). Los elementos del costo son los siguientes: materiales, la mano de obra directa y los costos indirectos, las ideas primarias deben agrupar los valores de todo lo que necesita para adherirse en el proceso de producción. Por su parte, Erazo & Torres (2006) define el costo como la medida monetaria de los recursos utilizados para lograr una meta específica. Y el análisis de costo correspondiente no es más que el costo de “hacer algo”, es decir, tener conocimiento de cada producto de forma individual, con el propósito final de que el precio pueda satisfacer los costos totales. Bogotá Emprende (2009) hace alusión a que es una inversión monetaria que realiza una persona natural o empresa con el fin de realizar tareas de producir un producto, comercializar mercancías y/o prestar servicios.

Según su comportamiento Castro W. (2011) clasifica a los costos en:

- Costos fijos. Estos costos son los que no dependen del nivel de producción, aunque no beneficien en nada son costos inevitables en el corto plazo. Es decir, los costos fijos siempre estarán presentes y deberán pagarse, así no se produzca además que estos costos no varían así haya aumento o disminución de la producción.

Ejemplo: los equipos topográficos Drone PHANTOM 4 y Estación Total Nikon 632, entre otros.

- Costos variables Son los costos que tienen dependencia de la cantidad de producción, es decir, que, si deseáramos queremos incrementar la producción, se incrementara los costos variables. Ejemplo: mano de obra, viáticos para los topógrafos, entre otros.

Según su asignación La Facultad de Contaduría y Administración (2003) clasifica a los costos en:

- Costos directos Costos de insumos o actividades las cuales pueden reconocerse y contabilizar en un objeto de costos. Cuando se habla de materiales directos o sueldos y salarios directos, se dice que se pueden identificar con precisión exactamente el producto. Ejemplo: compra o alquilar equipos de topografía, trabajadores de topografía, etc.

- Costos indirectos constituye todos los costos que no se pueden identificarse y cuantificarse en un objeto de costos. Son gastos generales que no se pueden aplicar específicamente. Ejemplo: material de oficina, luces eléctricas para cargar baterías de estaciones torales entre otros.

Los costos en levantamientos topográficos

El costo de planificar y ejecutar cualquier proyecto está vinculado a la productividad y la demora de ejecución, es por ello, que en cualquier levantamiento topográfico es imprescindible medir el tiempo de realización de la actividad, costos de materiales y equipos que se están utilizando y la cantidad de mano de obra para poder estimar el costo total. En el Perú, la variabilidad de los costos que tienen relación a la ejecución de cualquier trabajo de levantamiento topográfico se debe

más que nada con el rendimiento del operario y ayudantes que realizan el trabajo.

(Bejarano & Palomino , 2022)

Tiempo en levantamientos topográficos

La duración de los levantamientos topográficos se calcula en su gran mayoría se mide de acuerdo a la productividad del equipo y a los usuarios u operarios que realizaran dicho trabajo.

El tiempo en levantamientos topográficos

La ejecución de levantamientos topográficos tiene factores variables que se encuentran presentes constantemente que perjudican o ayudan dependiendo del caso, sin embargo, hay uno que por su relevancia puede resultar en aumentos muy considerables en los costos de ejecución de levantamiento topográfico. La velocidad en la ejecución de los ya mencionados levantamientos topográficos tiene dependencia directa de las Condiciones medioambientales – Experiencia y habilidad de los usuarios u operarios que están ejecutando el trabajo – Nivel de detalle de los planos solicitados – Condición física del lugar en estudio (otros factores)

Precisión

Alcántara (2014) determino como precisión en las poligonales como la correspondencia entre el error total y el perímetro medido, habitualmente como una fracción con la unidad como numerador. Los datos conseguidos en levantamientos topográficos poseerán siempre errores de varios tipos, como son déficit en la atención, torpeza, algún defecto de los instrumentos usados, entre otros. (Bejarano & Palomino , 2022)

Fernández y Gil (2012) organiza a los errores en: Error material, falta o equivocación. Error muy relevante entre el valor observado y el valor real a causa de la ineptitud del observador. Verbigracia, el cambio de toma de datos de un ángulo horizontal por uno vertical. Errores propiamente dichos, error inevitable a causa de los desperfectos o descalibraciones que tienen algunos instrumentos y a los sentidos del operador en cuyo caso solo podrían disminuir mas no desaparecer. (Bejarano & Palomino , 2022)

Existen errores involuntarios que provienen de causas no permanentes y contribuyen irregularmente en los resultados; tiene dimensión y lógica variables. Un caso muy común se da: calcular mm en una lectura de mira con divisiones en cm. Errores permanentes o sistemáticos que derivan de orígenes fijos y poco conocidos, los cuales se dan siempre de la misma forma Poseen el mismo sentido y están causados por los mismos problemas de construcción y calibración de los instrumentos. (Bejarano & Palomino , 2022)

Precisión en levantamientos topográficos

La precisión en los levantamientos topográficos es una parte elemental, llega a considerarse como el concepto que define que tanto se acercan los datos tomados entre ellos, sin atender al valor verdadero de la medición. Además, contamos con la exactitud que nos manifiesta el grado de aproximación de los valores obtenidos en la medición al valor real. (Bejarano & Palomino , 2022)

La precisión tiene dependencia del equipo utilizado, las fallas de fábrica, así mismo el uso, ya que en topografía la toma de datos jamás llega a ser el 100% exacta. Depende también: de la situación medioambiental, injerencia con otros equipos electrónicos, etc. (Bejarano & Palomino , 2022)

Marco conceptual

Topografía

Según, Fuentes (2012) ciencia que, mediante el uso de la geometría, logra representar y detallar de manera subjetiva una porción pequeña de la superficie terrestre. Si nos referimos a la naturaleza o el campo, estaremos representando un área de la superficie terrestre; si nos referimos a la zona urbana, estaremos representando un área compuesta, en donde adicionalmente encontraremos calles, inmuebles, senderos, muros y muchos otros elementos. (Bejarano & Palomino , 2022)

Levantamiento topográfico

Actividad que está basado en la realización de un estudio técnico que describe con el mayor detalle posible un terreno, poniendo especial atención en las condiciones geológicas, geográficas y físicas, como también las alteraciones y variaciones presentes. Los datos son reunidos y reflejados en un juego de planos de detalle, que servirán a futuro para la planificación y los diseños de obras como carreteras, edificaciones, defensas ribereñas, etc. (Bejarano & Palomino , 2022)

Otra definición refiere que es el paquete de operaciones que hacen posible la determinación de dimensiones y posiciones de elementos artificiales o naturales en la tierra. Cuando se realiza un levantamiento topográfico se componen de un trabajo realizado en campo y otro en gabinete, donde se procesa la información y se obtiene como producto un plano y valores de movimientos de tierra. (Bejarano & Palomino , 2022)

Sistemas de coordenadas

Claros (2016) Sistema universal que facilita la elaboración de cartografía en áreas extensas, en la medición de distancias y la determinación de direcciones. Para

representar la longitud y latitud se apoya en coordenadas angulares para la ubicación del oeste, este, sur y norte. Cuando tenemos un sistema de coordenadas con proyección estas son identificadas por coordenadas cartesianas que son determinadas matemáticamente desde la longitud y latitud. (Bejarano & Palomino , 2022)

Fotogrametría

Quirós (2014) Se define como la técnica cuyo objetivo es la realización del estudio y la determinación precisa de las formas, dimensiones y ubicaciones de un objeto es la superficie terrestre, mediante la captura de fotografía desde el aire. La captura de las fotografías permitirá la generación de planos con alta exactitud a través de la medición de estas; entonces, bajo esta dinámica, la fotogrametría se define como la ciencia que a partir de fotografías permitirá la elaboración de planos y mapas. (Bejarano & Palomino , 2022)

1. Ventajas de la fotogrametría respecto a topografía clásica

- El clima es una de las limitantes en la fotogrametría, depende mucho de este en la precisión final; sin embargo, estos levantamientos son de menor costo debido a que los vuelos se dan en menor tiempo.
- La fotogrametría no exige un contacto con todo el terreno a levantar, solo será necesario el desplazamiento en los puntos de control o zonas de apoyo.
- Continuamente va realizando el registro del terreno, y a diferencia del levantamiento clásico este no registra únicamente puntos.

2. Desventajas de la fotogrametría respecto a topografía clásica

- La principal desventaja es la presencia masiva de la vegetación debido a que puede impedir la visión de los objetos que interesen en el estudio.

Vehículos aéreos no tripulados (UAV)

Se refiere a la descripción de un vehículo que no necesita tripulación para su funcionamiento, puede volar de manera autónoma o controlado de manera remota. Los proyectiles y misiles no se encuentran incluidos en como UAV. Los UAV más conocidos y utilizados en las investigaciones alrededor del mundo son los drones con las siguientes aplicaciones:

- Prospección en exploraciones mineras.
- Hidrología y agricultura.
- Control de obras y evaluación de impactos.
- Control de calidad de aire.
- Cartografía y mapas catastrales.

Cámaras métricas

En la fotogrametría las cámaras más usadas son las métricas. Las células fotoeléctricas registradora de imágenes son sensores diminutos que reemplazan al plano focal en una cámara métrica: o sea, es posible la captura de información de diferentes lugares del espectro electromagnético.

Estación Total

Aparato útil para la medición de terrenos y área terrestre no muy grandes que mediante el uso de laser logra mediciones con exactitud en cuanto a distancias y a ángulos con respecto a los resultados del teodolito convencional. La estación total tiene la capacidad de calcular y almacenar coordenadas geográficas de cada uno de los puntos teniendo en cuenta el norte, este y la altura, ahorrándose el

procesamiento y cálculos complejos para la digitalización usando un software de dibujo asistido por computadora (Hernández, 2011).

Confiabilidad

Se refiere a la capacidad de un elemento, herramienta, modelo u objeto para el cumplimiento de una función solicitada. En otras palabras, la confiabilidad es posible cuando aquel elemento realiza lo que deseamos y a la hora que lo necesitamos. Estadísticamente hablando, la confiabilidad es la probabilidad para cumplir las funciones requeridas en un intervalo de tiempo preciso y en un contexto establecido (Sánchez, 2017).

Exactitud

Se refiere a la proximidad que tiene un valor generado hacia el valor real de una cosa. Cuanto el sesgo sea más pequeño la exactitud es mayor. El error absoluto es la forma de expresarla.

Precisión

Se refiere al grupo de valores conseguidos de medidas seguidas. Existe una alta precisión cuando la dispersión es la menor posible. La desviación estándar es el indicador estadístico para la precisión.

Tolerancias

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2018) en su manual de carreteras, Especificaciones Técnicas Generales vigente; el mismo que es un documento técnico de carácter obligatorio en todo el territorio peruano. Exige que cualquier trabajo de topografía deberá cumplir con las siguientes tolerancias:

Tabla 1

Tolerancias en trabajos topográficos

Tolerancia según la fase de trabajo	Tolerancia fase de trabajo	
	Horizontal	Vertical
Georreferenciación	1:100,000	± 5 mm
Puntos de control	1:10,000	± 5 mm
Puntos del eje, (PC), (PT), puntos en curva y referencias	1:5,000	± 10 mm
Otros puntos del eje	± 50 mm	± 100 mm
Sección transversal y estacas de talud	± 50 mm	± 100 mm
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	± 50 mm	± 20 mm
Muros de contención	± 20 mm	± 10 mm
Límites para roce y limpieza	± 500 mm	
Estacas de subrasante	± 50 mm	± 10 mm
Estacas de rasante	± 50 mm	± 10 mm

Nota. Recuperado de “Manual de carreteras DG-2018”, de MTC, 2018.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

La empresa San José construcciones y edificaciones es una empresa mediana que está en proceso de crecimiento, fundada en la comunidad campesina san José de baños que realiza servicios diversos a la comunidad en construcción civil, yo ingrese en el año 2020 como diseñador técnico, realizando trabajos de oficina, supervisión de obra a través de apuntes, guiamiento de planos e informando en mi cuaderno de obra y todo ello fui reforzando a través de manuales y guiamiento de calidad, para el proyecto a evaluar se realizaron los siguientes procedimientos más importantes y como la empresa los lleva a cabo:

La comunidad campesina san José de baños ubicado a una altitud de 3,600.00 msnm, con una geografía accidentada, ubicado en el distrito de atavillos alto, provincia de Hualal, departamento de Lima, donde su principal economía es la ganadería (vacunos, ovinos), en su necesidad de realizar el desarrollo urbano para sus habitantes, necesita realizar una carretera externa a la población, ya que el existente cruza las calles principales y angostas, ya que esta vía no está desarrollado para el tránsito de equipos pesados, solo para autos, minivans, camionetas, camiones de 5.0 tn max. El cual el tránsito de estos vehículos también afecta las viviendas rusticas de los comuneros y la población. Afectando su bienestar y economía.

En tal sentido, la comunidad campesina san José de baños solicita el servicio a la empresa San José Construcciones, para que se realice un proyecto viable, para solucionar el problema del tránsito para equipos pesados y realizar una evaluación factible, el cual la empresa y el equipo de trabajo me llama para realizar el levantamiento topográfico por recibo de honorarios, evaluando la mejor alternativa. El cual mi trabajo principal al inicio de todo proyecto es realizar el levantamiento topográfico del terreno aplicando la

fotogrametría. Con dron RPA phantom 4 pro. a continuación, se detallan los trabajos que se realizó.

- a) Posicionamiento de 02 puntos principales con GPS. Con coordenadas Este, Norte, Elevación.

Figura 6: *Posicionamiento de dos puntos principales con GPS*



- b) Ajuste de 03 puntos de control en coordenadas, Este, Norte, Cota con estación total Modelo TS02 DE 5" de precisión. De la marca Leica.

Figura 7: *Ajuste de tres puntos de control en coordenadas*

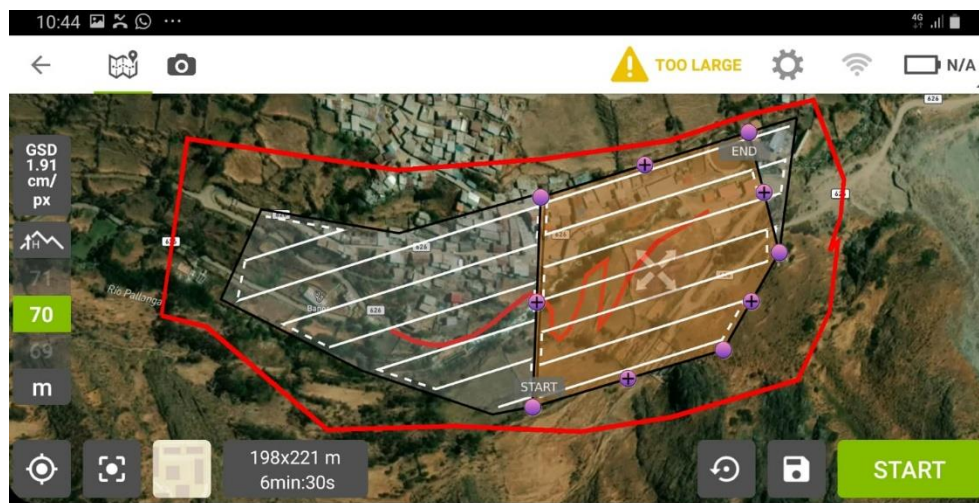


- Instalación de 09 puntos de foto control a una distancia de 100 mts entre el punto 1 y el punto 2. El cual los puntos se denominaron B-1 a B-9.

Figura 8: *Instalación de nueve puntos de foto control*



- c) Planificación de vuelo del Dron phantom 4 pro. mediante el software de pix4dcapture.



Evaluando, a detalle de todos los componentes principales.

- Evaluación de condiciones de operatividad del dron RPA Phantom 4 pro. Como aletas, Baterías y calibración.
- Identificación del Clima no sebe ser lluvioso ó Nublado, Ráfagas de Viento.
- Identificación de principales estructuras como Carreteras, Viviendas, cercos perimétricos, Líneas de media y alta tensión, quebradas, ríos, vegetación. Identificación de peligros y Riegos del proyecto.

Figura 9: *Evaluación de campo*



d) Vuelo del RPA Phantom 4.

Figura 10: *Vuelo del RPA phantom 4*



e) Procesamiento de imágenes, en software pix 4d fotogrametría.

- Proceso fotogramétrico ortomosaico de las imágenes tomadas.

Figura 11: Primera parte de fotogramétrico

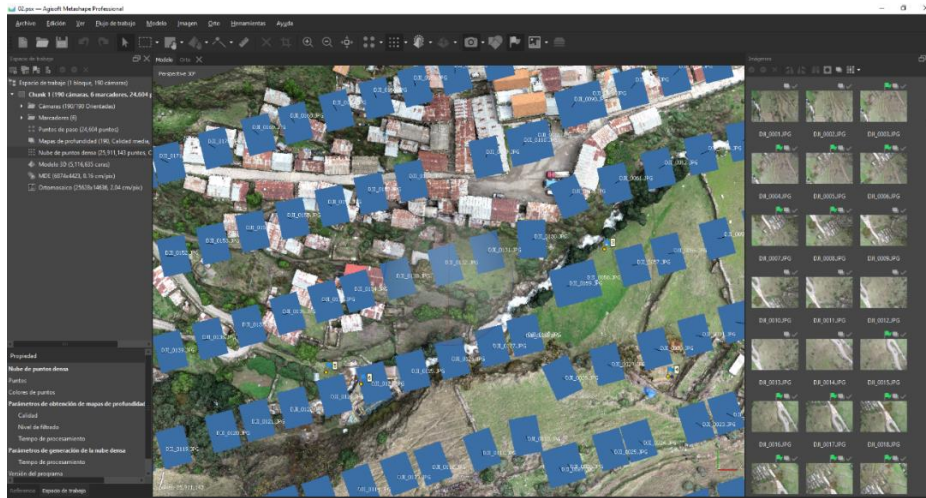


Figura 12: Segunda parte de fotogramétrico

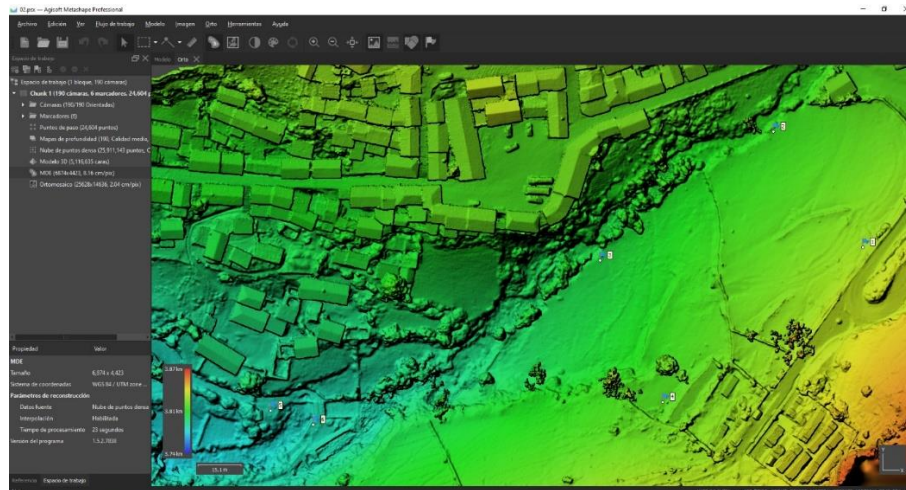
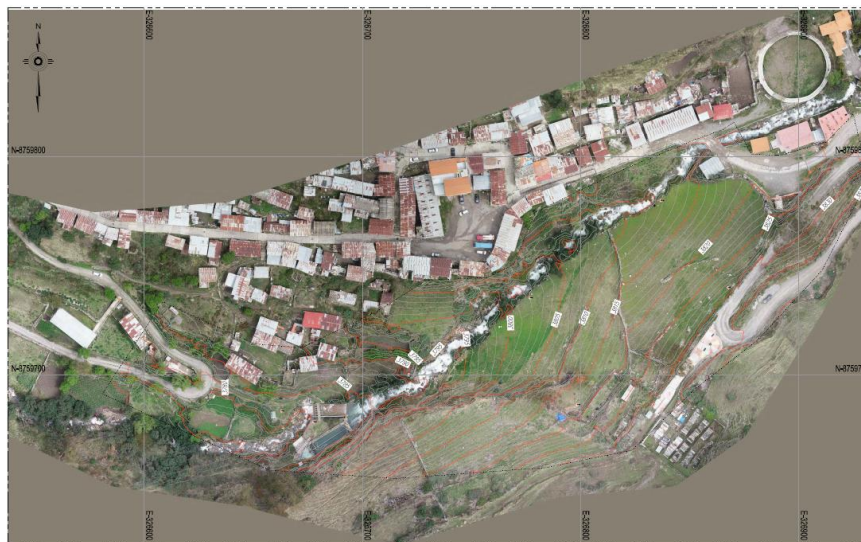


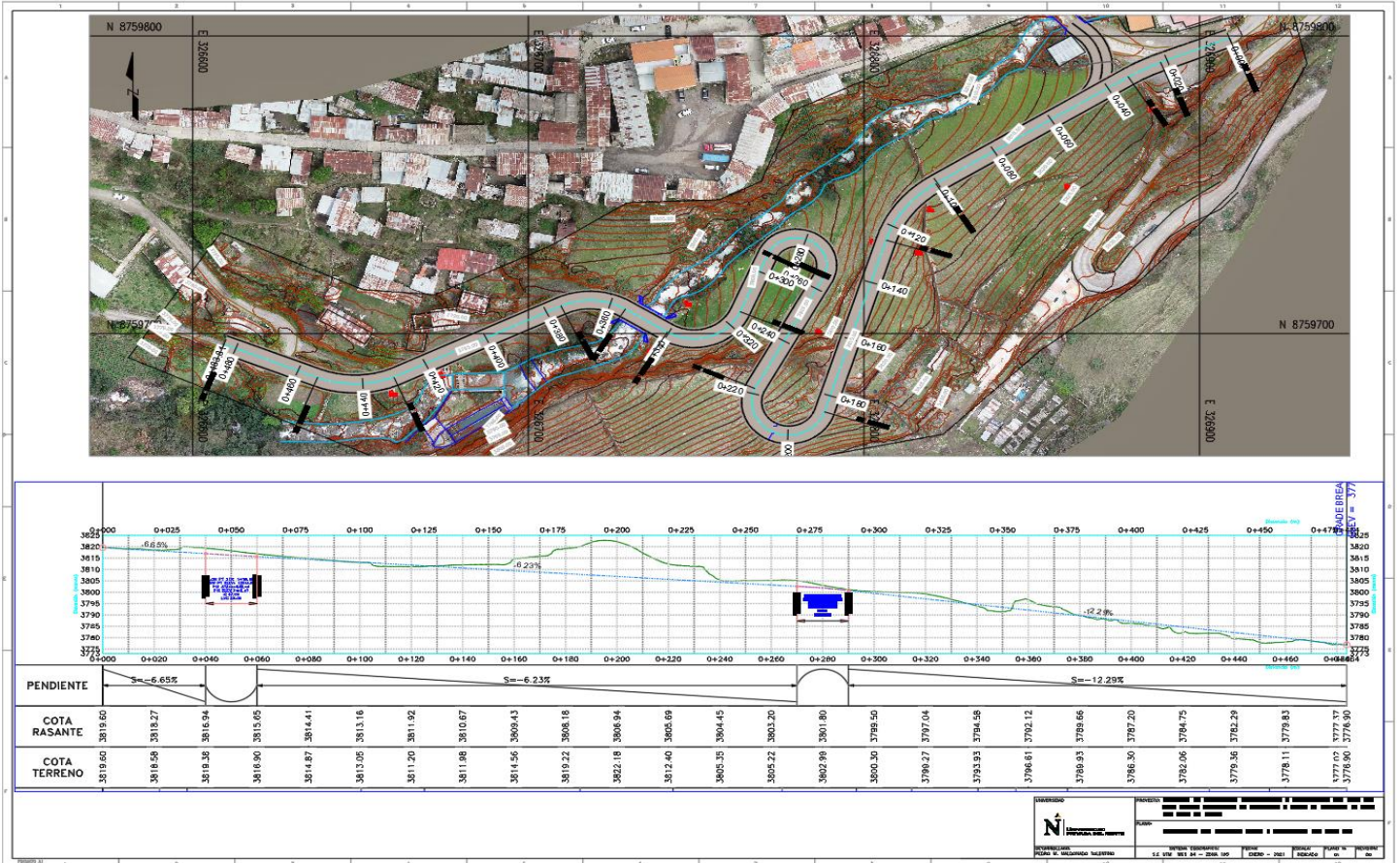
Figura 13: Tercera parte de fotogramétrico



f) Diseño de carretera en plano con fotogrametría.

Evaluando pendientes longitudinales, radios mínimos, ancho de calzada.

Figura 14: Diseño de Carretera en plano fotogrametría



Podemos decir que para realizar un levantamiento topográfico es necesario que los equipos se encuentren en óptimas condiciones y tenga las características mínimas, tanto como la calibración de la estación total y el dron RPA como la resolución en megapíxel de 20 mpx. como mínimo, que tiene como característica el dron Phantom 4 pro v2. Para este estudio

El post proceso y proceso debe ser con programas comerciales como el aguisoft Metashape profesional, Autodesk Civil 3D, Global mapper 3D, ya que facilitarían la vista y diseño en la topografía realizada en otros ámbitos a uso profesional.

La precisión de la fotogrametría con dron RPA con respecto a una estación total es centimetrada mínima de 1 cm mínimo y máximo de 8 cm esto es, por los relieves que existe, como son la vegetación, rocas, arboles, etc. se ha encontrado cuando existe vegetaciones abundantes como árboles, ramas, pastos altos mayores de 50 centímetros, se encuentra errores mayores a 50 cm, lo que no sería recomendable realizar la fotogrametría como topografía del terreno sino como referencia de detalle que apoyaría mucho a plantear los proyectos de ejecución de carretera a nivel de una ingeniería de detalle. La calidad de las fotos es fundamental para obtener los pixeles/ cm deseados.

Para un levantamiento con estación total y la fotogrametría es necesario realizar varios puntos de control con coordenadas conocidas en el área de estudio, previamente realizadas con un GPS manual o diferencial, ajustadas a con un equipo de alta precisión.

Los detalles realizados con un dron RPA phantom 4, respecto a una estación total es abismal, ya que en la fotogrametría crea una ortofoto que identifica toda el área para una mejor identificación del área de estudio.

Los costos con respecto a un levantamiento convencional con estación total, es más rentable con dron RPA en una 25% ya que maximiza los tiempos y los costos operativos en campo.

Realizar un levantamiento topográfico con un dron RPA con respecto a una estación total es recomendable para realizar proyectos a nivel de ingeniería de detalle, ya que facilitaría una mejor planificación, identificación de riesgos potenciales antes durante y después de realizar un proyecto, y control del proyecto de ejecución de carreteras a nivel de afirmado. Cumpliendo con las normas y reglamentos que emite las entidades pertinentes.

Realizar el trazo del eje de la carretera en estudio en un plano fotogramétrico es recomendable ya que te da, una mejor proyección, y identificación de estructuras

desniveles, zonas rocosas, bofedales, pendientes y áreas protegidas, que afectaría el proyecto. Lo que con una topografía convencional tomaría mucho tiempo en realiza el trabajo a detalle o que también existiría errores humanos, en dibujo o levantamiento.

Viendo la geografía de nuestro Perú, es recomendable realizar la topografía del terreno con fotogrametría en zonas de poca vegetación, como la costa, sierra, no recomendable en zonas de alta vegetación como la selva, y zonas boscosas de la sierra del Perú, en estos casos es recomendable utilizar la topografía convencional con estación total con requerimientos mínimos para un estudio de carreteras. La ortofoto sería de gran ayuda para identificación del trazo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Para la documentación del estado del proyecto, nos sirve para transmitir la información actual del proyecto tanto a la directiva como al usuario y debe de incluir:

Para la aplicación de la supervisión se realizará los siguientes puntos

- Planificación
- Conocimiento de las actividades a ejecutar
- Informes según avance de proyecto
- Resolución final

Para ello se realizará el planteamiento del proyecto el cual describe una situación en cuestión que debe ser resuelto, es el punto de partida que da el enfoque y se obliga a centrarse en algo concreto.

Para la realización del proyecto utilizando la fotogrametría con dron en diseño de infraestructura vial se realizarán las siguientes actividades

- Fotometría
- Fotogrametría con sistema autónomo no tripulado RPA
- Comprobación del clima
- Ubicación de puntos de apoyo fotogramétrico georreferenciado
- Planificación de vuelo RPA Phantom 4 Pro V2.0.
- Diseño geométrico de carretera a nivel de afirmado
- Estudio de tráfico
- Clasificación de vía

Para el siguiente punto se realizará el conocimiento de cada punto de la actividad a realizar como también se recolectará información puntual de cada punto de las actividades.

Fotometría

La fotogrametría es “la técnica que permite reconstruir terrenos geográficos a partir de imágenes aéreas con medidas, con el fin de extraer información útil en aplicaciones como la agricultura de precisión, inspección de estructuras y ordenamiento urbano y vial”. (Arriola Valverde, 2018)

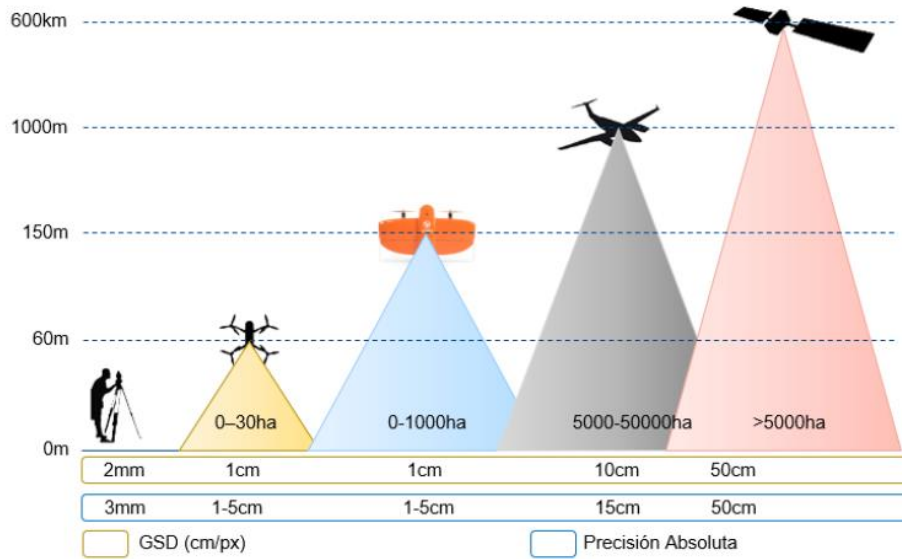
La fotogrametría se puede como definir como la ciencia para obtener planos, partiendo de fotografías realizadas bajo unas condiciones específicas y la elección de la escala de la fotografía y el tamaño de los objetos, que se pretenden detectar. (Quiros Rosado, 2014)

Fotogrametría con sistema autónomo no tripulado RPA

La fotogrametría es la obtención de fotografías mediante vehículos aéreos no tripulados (Dron), Por su versatilidad permiten planificar y trazar convenientemente según la topografía del terreno, misiones de vuelo a diferentes escalas, el proceso de un levantamiento fotogramétrico es el recorrido del área de interés del proyecto a ser estudiado.

En función al área de estudio y topografía del terreno y precisión existen tipos de vehículos no tripulados, para lograr en menor tiempo el desarrollo del proyecto. Con los cuales también es posible realizar la fotogrametría.

Figura 15. Ubicación de RPA en la fotogrametría



Fuente: (Pari Rendon, 2019)

Estos vehículos aéreos no tripulados han logrado gran popularidad en los últimos años, hasta el punto de ser elementos indispensables en diversas investigaciones que serían prácticamente imposible sin la existencia de estos. (Pari Rendon, 2019)

Según la necesidad del proyecto existen 03 tipos de RPA.

Figura 16. Tipos de RPA



Fuente: (Pari Rendon, 2019)

Dron RPA ala fija

Los drones RPA de ala fija tienen un diseño de un avión, el cual tiene un excelente desempeño aerodinámico que tiene una autonomía de vuelo de 90 minutos aproximado. Estos drones están diseñados para realizar la fotogrametría de grandes extensiones para un mapeo de 500 ha, con un sistema de alta precisión absoluta de hasta 3 cm. (Sensefly, 2020)

Estos tipos de drones tienen limitaciones por la geografía, por su radio de giro que necesita la aeronave.

Dron RPA multirrotores

Los Drones RPA multirrotores, proporcionan una gran versatilidad y eficacia en la operación a la hora de ser piloteadas, son estables debido a que los motores se encuentran a la misma distancia del centro de gravedad de la aeronave.

Se clasifican en helicópteros 02 motores, tricópteros de 3 motores, cuadricópteros de 4 motores, hexacópteros de 6 motores, octocópteros de 8 motores.

La autonomía de vuelo en su mayoría es de 30 minutos, que realizan fotogrametría de pequeñas extensiones hasta 20 ha. Donde las ventajas radican en el despegue vertical y aterrizaje vertical, lo que permite volar en espacios limitados geográficamente. (Pari Rendon, 2019)

Dron RPA Híbridos

Los Drones híbridos RPA, son la unión de multirrotor y ala fija, el uso del multirrotor es cuando realiza el despegue y aterrizaje, y el ala fija cuando realiza el vuelo fotogramétrico, son capaces de llevar cámaras de gran resolución y de estar equipados con receptores GNSS. Tiene ventajas en 80 por ciento más rápido en comparación a un multirrotor. (wingtra, 2020)

Estos tipos de drones tienen limitaciones en geografías accidentadas, por el radio de giro que necesita la aeronave.

Tabla 2

Modelos y características de RPA en fotogrametría.

Drones	UX11	UX5 HP	eBee X	Phantom 4	WingtraOne
Tipo de sensor (mpx)	21.4	36.0	24.0	20.0	42.0
Techo de vuelo (msnm)	6000	5000	5000	5000	5000
Tiempo de vuelo (min)	59	59	59	30	59
Despegue y aterrizaje	belly	belly	belly	vertical	vertical
Velocidad crucero (Km/h)	54	85	60	40	57
Temperatura (°C)	-20 a 45	-20 a 45	-10 a 40	0 a 40	-20 a 50
Resistencia al viento (km/h)	45	55	45	45	46
Resolución Max GSD (cm)	1.7	1.0	1.5	2.0	0.7
Peso (kg)	1.5	2.5	1.4	1.4	3.7
Estructura	foam	foam	foam	pet	epo foam
Señales rastreadas	GNSS	GNSS	GNSS	GNSS	GNSS
Rango de alcance (Km)	5	5	3	2.5	8

Para realizar la investigación y analizar los objetivos planteados, se optó por utilizar el dron RPA multirrotor cuadricóptero de 4 motores, de la marca DJI modelo Phantom 4 pro v2, por adaptarse a la geografía accidentada, y el sistema de despegue y aterrizaje y el área de menor extensión.

Dicha aeronave tiene características propias para la realización de la fotogrametría donde la autonomía de vuelo de 30 minutos, con sensor de 1" y 20 megapíxeles, grabación de fotografías en ráfaga de 14 fps, distancia operativa 7 km, altitud máxima operativa de 6000 metros, peso de 1.38 kilogramos. (Dji, 2020)

Figura 17. Phantom 4 Pro v2.0

Fuente: (Dji, 2020)

Lo cual dicha aeronave es apropiada para realizar la siguiente investigación. Para ello se toma consideraciones previas al levantamiento fotogramétrico.

Comprobación del clima

Es muy importante asegurarse que las condiciones climáticas estén dentro de los parámetros y especificaciones del fabricante, en este caso se paraliza cuando exista velocidades de viento tremendamente fuertes, neblinas, lluvias mínimas.

La comprobación del clima se debe prevenir realizando las consultas a los entes principales de monitoreo climatológico, o páginas web según a la ubicación geográfica de nuestra investigación.

Ubicación de puntos de apoyo fotogramétrico georreferenciado

Los puntos de apoyo fotogramétrico deben ser poseído georreferenciado en coordenadas este, norte, elevación (X, Y, Z), a través de un levantamiento topográfico con precisión.

Debe ser de tamaño suficiente, claramente definido y con suficiente contraste para un vuelo de 90 metros de altura.

La colocación de los puntos se coloca físicamente en la zona de la investigación, a un promedio de distancia de 150 metros antes de realizar el vuelo.

Para nuestra investigación se puso una lona de 1.0 metros por 1.0 metros de color rojo y blanco que fue referenciado con una estación total de la marca leica, modelo ts02 5'' con una altura de prisma de 1.6 metros de constante 0.0 mm.

Figura 18. *Ubicación de puntos georreferenciado para fotogrametría*



Fuente: Elaboración propia

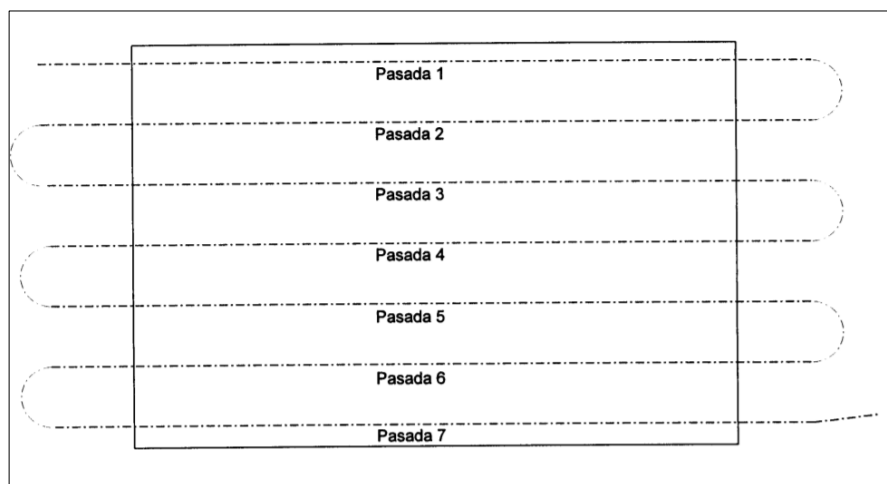
Planificación de vuelo RPA Phantom 4 Pro V2.0.

En la planificación del vuelo se tiene que ver 3 aspectos importantes.

La trayectoria del vuelo

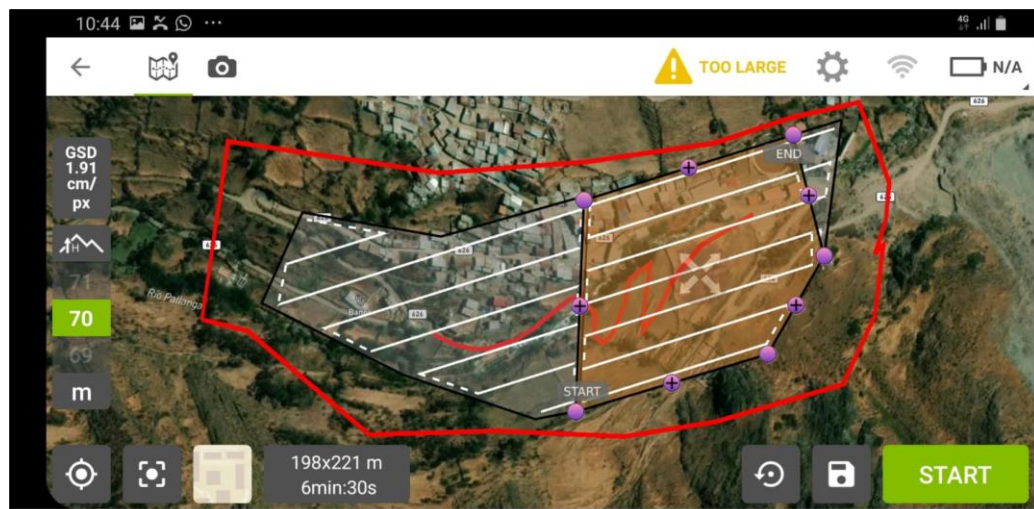
El vuelo fotogramétrico de un terreno, debe hacerse por pasadas paralelas y todas a la misma altura de vuelo. Son el eje que une los puntos principales de todo el fotograma.

Figura 19. *Planificación de trayecto de vuelo*



Fuente: (Santamaria Peña & Sanz Méndez, 2011)

Figura 20. *Planificación de vuelo en 02 partes de área de estudio*

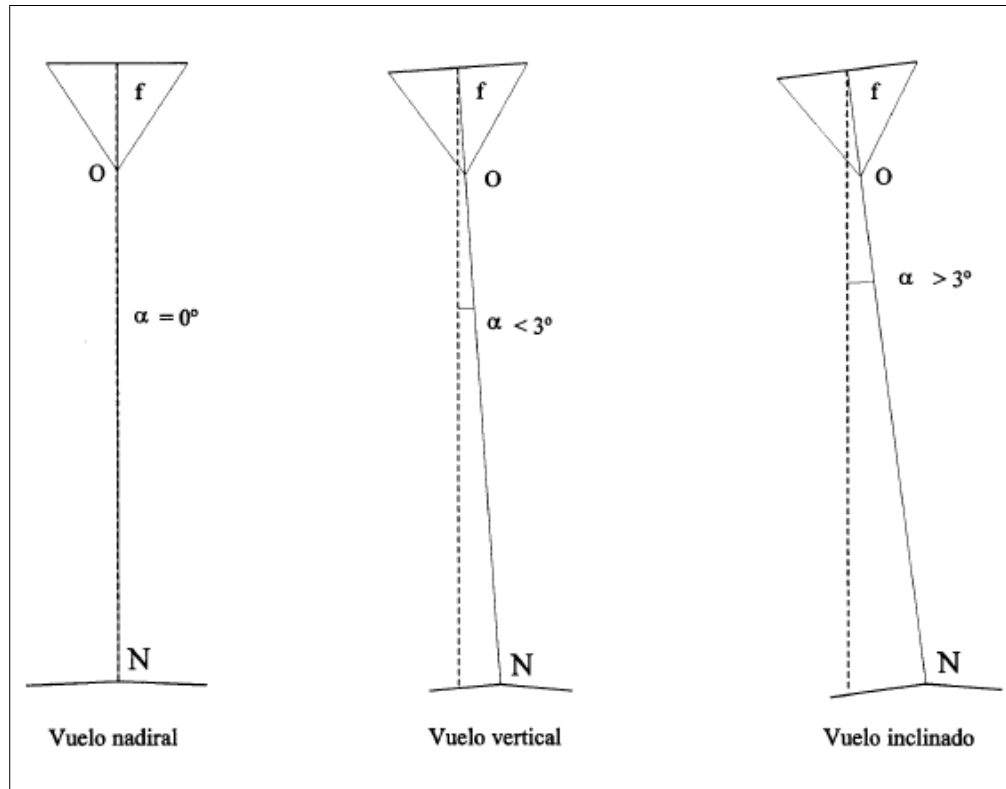


Fuente: Elaboración Propia

Posición de la cámara fotográfica

Es la posición que la cámara que pone al momento de realizar la fotogrametría.

Figura 21. Posición de la cámara para la fotogrametría

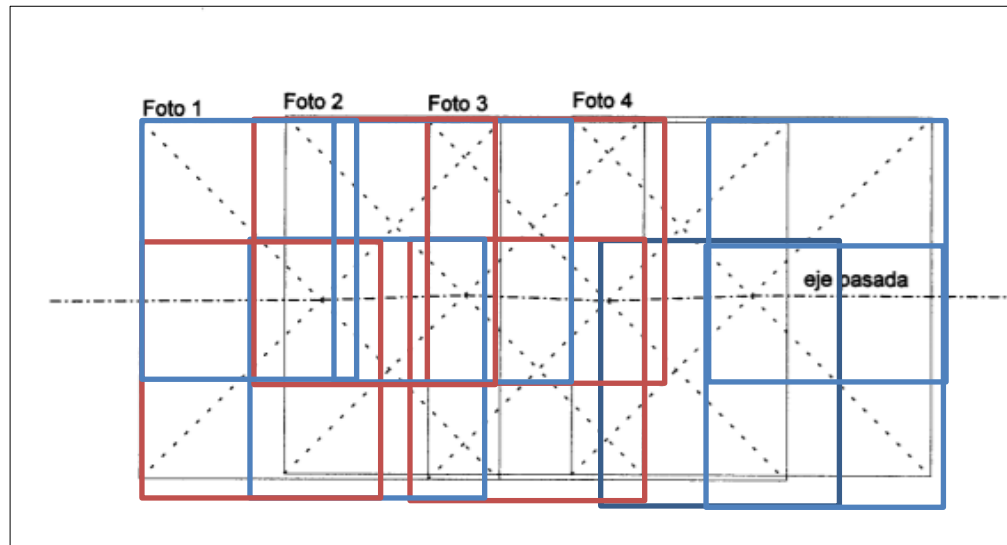


Fuente: (Santamaria Sandoval, 2019)

Solape entre las imágenes

Es la superposición de los fotogramas tomadas por el dron RPA, en la realización de un levantamiento fotogramétrico. La trayectoria de un sobrevuelo es de forma de cuadrícula. Los solapes mínimos son entre 75% Frontal y 65% lateral, la posición de la cámara estará totalmente perpendicular al terreno.

Figura 22. Solape de los fotogramas



Fuente: (Santamaria Peña & Sanz Méndez, 2011)

Para nuestra investigación se realizó 02 planes de vuelo, a una altura de 70 metros. El cual se identifica la trayectoria del vuelo, identificando el desnivel del relieve en campo lo cual fue planificado con el software PIX 4D.

Levantamiento fotogramétrico

El proceso del levantamiento fotogramétrico, el cual debe recorrer al área de interés con un patrón definido, se recolectan datos e imágenes sobre una retícula regular.

Es importante que la información tenga una redundancia para que pueda ser procesada posteriormente, para que las imágenes se transformen en una especificación de un traslape. (Arriola Valverde, 2018)

La precisión que se recolectan los datos está asociada al sistema de posicionamiento, y orientación que se utiliza para recolectar la información que esto se da según a la resolución de cámara en función a la altura de vuelo.

Para el levantamiento fotogramétrico se utilizó el RPA dron Phantom Pro 4 V2.0 de característica mínima para realizar la fotogrametría.

Tabla 3

Características de RPA Phantom 4 Pro V2

Especificaciones	Característica
Peso batería	1375
Velocidad máxima de ascenso	6 m/s
Velocidad máxima de descenso	4 m/s
Máxima velocidad	72 kmp
Altura máxima msnm	6000 m
Tiempo de Vuelo	30 minutos
Sistema de posicionamiento por satélite	GPS/ Glonass
Cámara sensor	1”
Tamaño de imagen	5472 x 3648 pixel
Rango temperatura de funcionamiento	0° a 40° °C
Cardan	3 ejes (Inclinación, balanceo, guiñada)
Velocidad angula máxima	Parcela de 90°/s

Fuente: (dji, 2020)

Figura 23. *Levantamiento fotogramétrico en área del estudio*



Fuente: Elaboración Propia

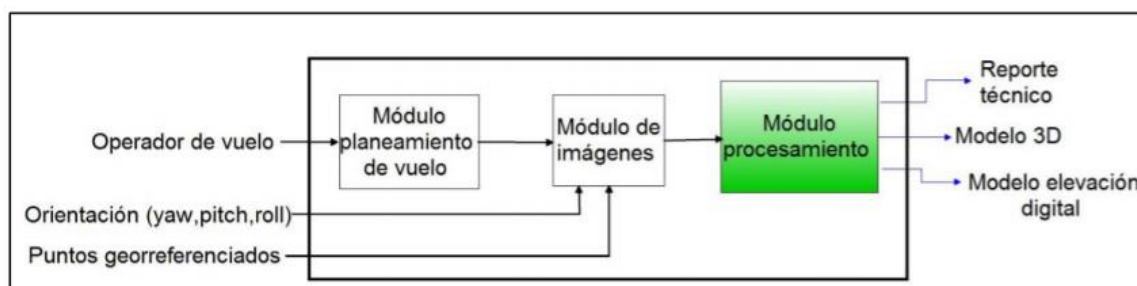
Para un correcto levantamiento fotogramétrico se debe recopilar antes y durante la mayor cantidad de información previa posible sobre los informes de nubes, la dirección del viento, la velocidad del viento y la estabilidad del aire.

La estabilidad es la calidad inherente de un RPA para corregir las condiciones que puede perturbar su equilibrio y regresar o continuar la trayectoria del vuelo original.

Procesamientos de imágenes

Es la etapa donde se realiza el procesamiento de las imágenes con la ayuda del software especializados en fotogrametría, los cuales están realizados con algoritmos de procesamiento de imágenes, con técnicas de fotogrametría especializados para realizar el traslape y tratamiento de imágenes en ortomosaicos georreferenciados, generando puntos densos, texturas de modelos poligonales. (Acre surveying, 2021)

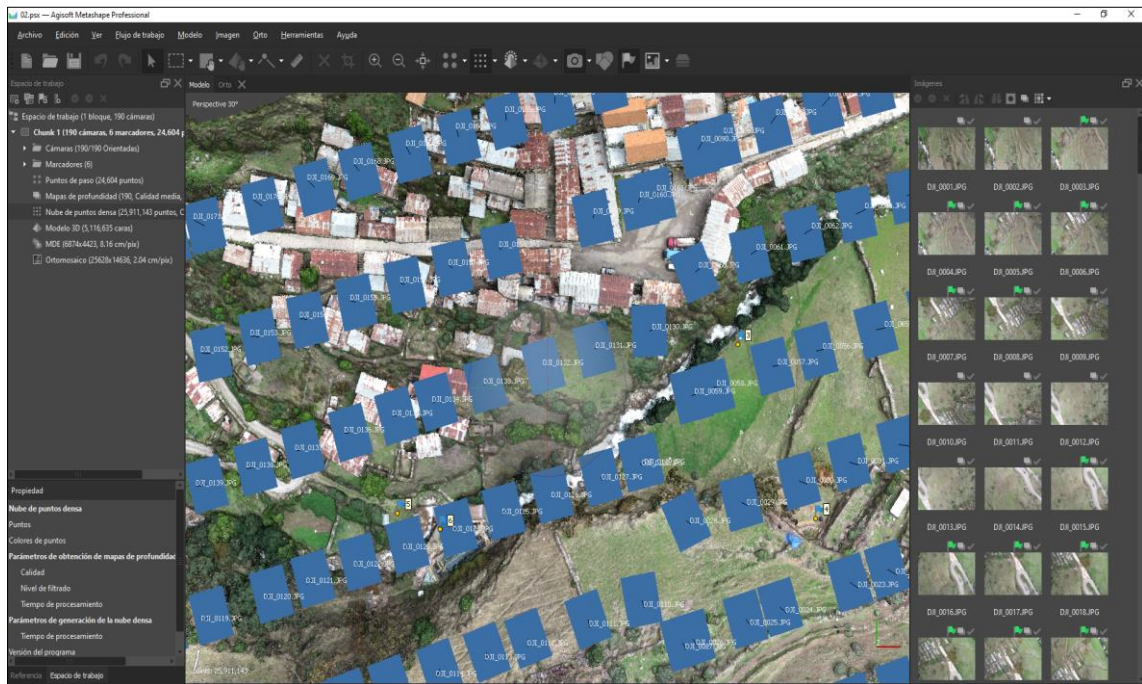
Figura 24. Diagrama para la metodología para generación de mapas fotogramétricos



Fuente: (Brenes Gonzales, 2016)

Para la obtención de un modelo tridimensional, existen varios programas que se encargan de realizar este tipo de procesamientos fotogramétricos, para nuestra investigación se realizó el procesamiento con el software Aguisoft Metashape profesional que realiza imágenes digitales y genera datos espaciales 3D.

Figura 25. Alineamiento de fotografías



Fuente: Elaboración Propia

Puntos de control

La georreferenciación de las imágenes en el software consiste en cargar las coordenadas conocidas previamente tomadas por un equipo de alta precisión con GNSS, o estaciones totales, se realiza con el fin de que las fotografías no queden desconfiguradas ni en posición X, Y, Z. además los puntos tengan una localización geográfica correcta para poder empalmar con cualquier otro proyecto.

Este proceso de aérea triangulación ajusta, corrige las imágenes a la posición que haya sido tomado al momento de realizar el vuelo fotogramétrico. (Pari Rendon, 2019)

Figura 26. Georreferenciación de imágenes con software aguisoft Metashape



Fuente: Elaboración propia

Proceso fotogramétrico ortomosaico con RPA

Es el producto de imagen ortorrectificado como mosaico a partir de una colección de imágenes, donde la distorsión geométrica se ha corregido, gracias a los diferentes formatos de salida del ortomosaico en formato común como los TIFF, JPG, EWC. Donde se pueda visualizar la imagen a escala real con posibilidad de realizar mediciones en planta.

Una ortofoto precisa para su utilización en cartografía, catastro, obra civil, minería, arquitectura, con una precisión relativa de torno al centímetro de 2-3 cm. (Acre surveying, 2021)

El componente más pequeño de los ortomosaicos se llama píxel, donde el tamaño promedio de píxel es menor a 10 cm, dependiendo de la altura del vuelo que se realizó el

levantamiento fotogramétrico. Las Fotografías georreferenciadas están en coordenadas geográficas de longitud, latitud, altitud.

Figura 27. *Ortomosaico de la zona de investigación C.C San José de Baños*



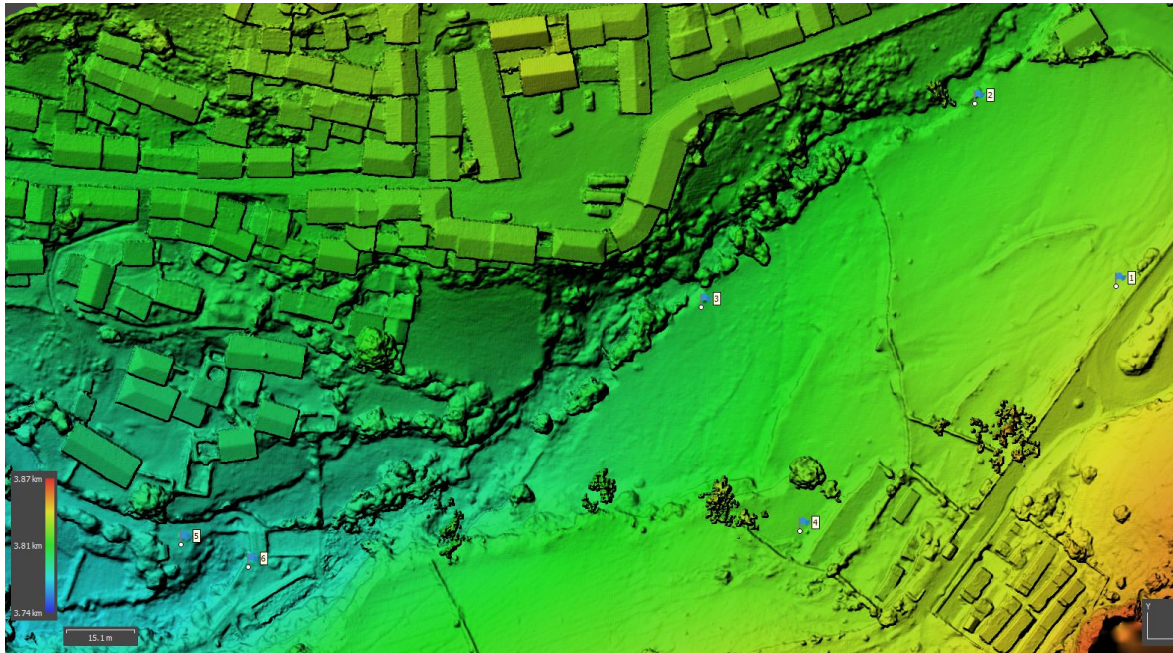
Fuente: Elaboración Propia

Modelo digital de la superficie (MDS)

El modelo digital de superficie es un conjunto de capas, que representa distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones, estos modelos se construyen para conocer o predecir propiedades del objeto real, toman la forma de estructura de datos de forma lógica, lo que representa la distribución espacial cuantitativa y de distribución continua lo que representa campos como los mapas conceptuales.

Los MDS representan distribuciones espaciales de variables, lo que acota su uso a fenómenos geográficos, que son muy usadas en ciencia como la cartografía y gis. (Diego Soroa, 2020)

Para la investigación se realizó el modelo digital de superficie para la identificación de estructuras reales al terreno, como se observa en las imágenes se identifica la superficie del terreno como, arboles, viviendas, cercos, estructuras existentes.

Figura 28. Modelo digital del terreno

Fuente: Elaboración Propia

Generación de curvas de nivel

Las curvas de nivel están representadas por una línea continua que tiene el mismo nivel que está representado por curvas mayores y menores el cual se entiende como un objeto tridimensional para el análisis de la superficie como las pendientes, de la topografía del terreno.

Para la generación de curvas de nuestra investigación se realizó mediante el software Global Mapper el cual tiene una interfaz intuitiva de diseño lógico.

Figura 29. Generación de curvas de nivel



Fuente: Elaboración propia

Diseño geométrico de carretera a nivel de afirmado

El objetivo de la presente investigación es realizar el diseño de geométrico de la infraestructura vial a nivel de afirmado para tránsito de equipos pesados se tomó el levantamiento topográfico realizado con el Dron RPA Phantom 4 pro por estar a niveles similares y a más detalles al respecto de una estación total el cual lleva una ortofotografía para identificar mejor la superficie.

Estudio de trafico

El estudio del índice medio diario anual del tráfico es importante para el diseño de la infraestructura vial, tiene como objeto, cuantificar, clasificar y conocer el tráfico que existe en la zona del estudio, dentro del análisis de tráfico se debe incluir tanto la magnitud de carga, configuración vehicular y el número de repeticiones de carga (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018).

Para el estudio de nuestra investigación se llevó una semana de contabilizar los vehículos que transitan en la comunidad campesina san José de baños que a continuación se muestra.

Tabla 4

Índice medio diario de vehículos livianos IMD

Vehículos Livianos							
Categoría “M”	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Autos	2	3	5	4	5	3	2
Station Wagón	6	4	3	6	3	2	4
Camioneta Pick Up	15	13	15	12	16	17	16
Mini bus H1	3	2	2	5	6	3	4
Total	26	22	25	27	30	25	26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5

Índice medio diario de vehículos Pesados IMD

Vehículos Pesados							
Categoría “N”	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Bus (B3-1)	1	0	2	1	2	3	1
Camión (C3)	3	1	0	2	3	4	1
Camión (C2)	5	2	3	2	1	2	2
Total	9	3	5	5	6	9	49

Fuente: Elaboración propia

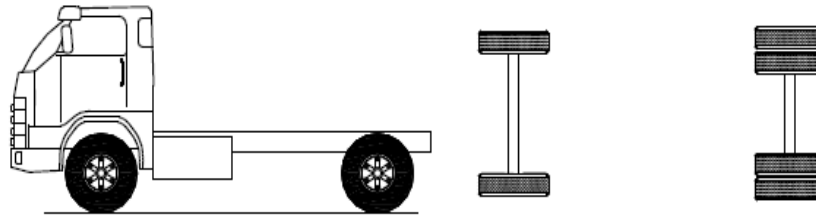
El vehículo considerado para el diseño de la infraestructura vial es el tipo camión C2 que tiene un peso bruto de 18 Tn y una longitud de 12.20 mts. Que estos equipos transportan carga pesada, que transportan sus productos que sustentan la economía de la población de la comunidad campesina san José de baños.

Clasificación de vía

Por función

El índice medio diario anual, y su localización geográfica del terreno en estudio, el cual debe cumplir su funcionalidad de tránsito identificado en el estudio de tráfico de cargas. Para el estudio se identificó tránsito en camiones pesados de categoría C2 que son camiones de peso bruto 30 tn de longitud máxima de 13.20 metros

Figura 30. Configuración Vehicular C2



Fuente: Decreto supremo 19-2018 (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Por demanda

El volumen de tráfico y la composición vehicular de la carretera en la comunidad san José de baños, está dado básicamente por vehículos ligeros en mayor porcentaje, seguida por camiones de categoría C2 Y C3 acoplado en su mayoría de tipo 2 ejes.

De acuerdo a los estudios de tráfico, se tiene el siguiente cuadro, en donde se presenta la clasificación de la carretera.

Tabla 6

Estudio de Trafico

Índice medio diario (IMD)	Clasificación
>4000 y <2001 Veh/día	Carretera de primera clase
>2000 y <400 Veh/día	Carretera de segunda clase
>400 Veh/día	Carretera de tercera clase

El análisis de datos presentados, al haberse cuantificado un IMD menor a 400 vehículos por día, la vía en estudio se clasifica como una carretera de TERCERA CLASE

con calzada de dos carriles de 3.00 metros como ancho mínimo, con estabilizadores de suelos a nivel de afirmado.

Por orografía

La norma del diseño geométrico de carreteras 2018, la topografía del terreno se califica de acuerdo a la pendiente transversal del terreno, perpendicular al eje de la vía como: Topografía plana (Inclinación menor de 10%), Topografía ondulada (Inclinación entre 10% y 50%), topografía accidentada o montañosa (inclinación entre 50% a 100%) y topografía muy accidentada (inclinación mayor al 100%)

De acuerdo a los datos obtenidos topográficamente con estación total y fotogrametría con dron RPA las condiciones orográficas en campo y las secciones transversales al eje proyectado se considera que la carretera presenta una TOPOGRAFIA ONDULADA con una inclinación promedio de 25%.

Por velocidad de diseño

La velocidad de diseño está definida en función de la clasificación por su demanda u orografía de carretera a diseñarse, como se indica en el estudio es una clasificación de tercera clase y según la clasificación de orografía se encuentran como ondulada. La tabla 204.01 del manual de diseño geométrico de carreteras del ministerio de transportes clasifica que la velocidad de diseño en tramos homogéneos es de 40 Km/h como.

Figura 31. Velocidad de diseño

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: Tabla 204.01 (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Ancho de calzada

Para carretera de tercera clase está clasificada con una calzada de 3 metros ambos carriles que hace un ancho total de 6 mts. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018).

Pendientes máximas y mínimas

Para definir la pendiente en este estudio se ha utilizado la tabla 303.01 de acuerdo a la orografía y velocidad de diseño, se ha determinado una pendiente máxima permisible de 9.0 %. La guía manual de diseño de carretera indica que para carreteras de tercera clase cuando exista pendientes mayores a 10% los tramos como tales no excederán de 180 metros longitudinales. Pag. 172 (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018).

Las pendientes mínimas deben ser 0.5 % para drenar la lluvia hacia las cunetas

Figura 32. Pendientes máximas en perfil longitudinal

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10.00	10.00
40 km/h															9.00	9.00	8.00	8.00	9.00	9.00
50 km/h											7.00	7.00			8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00		
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00		
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00		
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00							
110 km/h	4.00	4.00			4.00															
120 km/h	4.00	4.00			4.00															
130 km/h	3.50																			

Fuente: Tabla 303.01 (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Curvas de volteo

Son aquellas que se proyectan sobre una ladera, con el propósito de obtener una cota mayor sin sobrepasar las pendientes máximas y que es posible lograr mediante trazos alternativos. Las curvas de vuelta son definidas por dos arcos circulares de radio interior y exterior en un giro de 180°, que queda definido por la trayectoria que sigue la rueda delantera y la rueda trasera. Pág. 150 (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018).

La tabla 302.12 indica según las maniobras de los vehículos que indica a continuación

- T2S2: Un camión semirremolque describiendo la curva de retorno. El resto del tránsito espera en la alineación recta.
- C2: Un camión de 2 ejes puede describir la curva simultáneamente con un vehículo ligero (automóvil o similar).
- C2+C2: Dos camiones de dos ejes pueden describir las curvas simultáneamente.

Figura 33. Radios interiores e exterior en curva de volteo

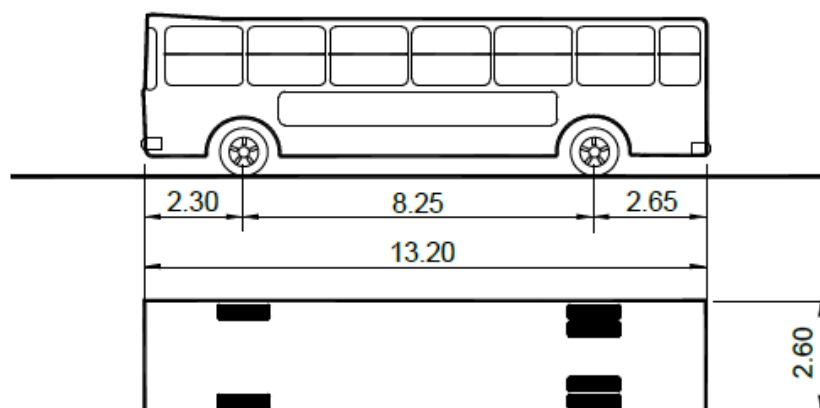
Radio interior R_i (m)	Radio Exterior Mínimo R_e (m). según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2
6.0	14.00	15.75	17.50
7.0	14.50	16.50	18.25
8.0	15.25	17.25	19.00
10.0	16.75*	18.75	20.50
12.0	18.25*	20.50	22.25
15.0	21.00*	23.25	24.75
20.0	26.00*	28.00	29.25

Fuente: Tabla 302.12 (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Por otra la guía del diseño geométrico de carreteras en su página 28 indica giros mínimos de vehículos según su tipo, donde ilustra las trayectorias mínimas que opta similar a la norma AASHTO.

Para nuestro estudio se ha identificado vehículos ligeros y pesados donde indica radios mínimos y máximos de las ruedas delanteras y traseras. Para definir la curva de giro de 180 grados se optado por el vehículo B2

Figura 34. Configuración de vehículos B2



Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

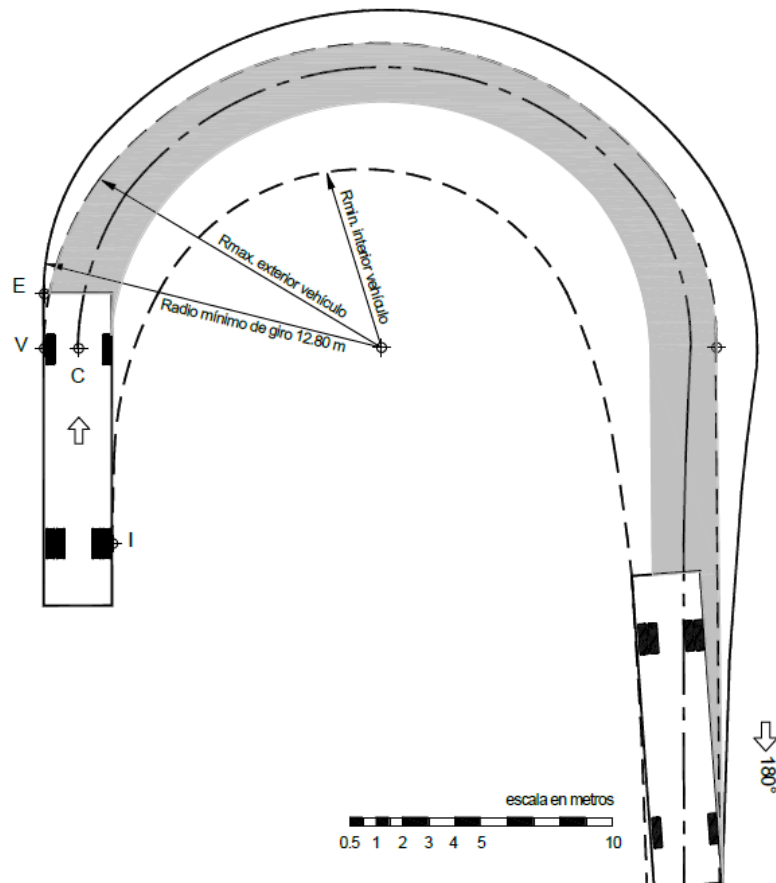
La tabla 202.3 del manual de diseño de carreteras nos indica los radios mínimos y máximos para este tipo de vehículo B2 (Ómnibus de 02 ejes)

Figura 35. Radios mínimos y máximos para configuración B2

Ángulo trayectoria	R máx Exterior vehículo (E)	R mín Interior Rueda (J)	Ángulo Máximo dirección
30°	13.76 m	10.17 m	20.2°
60°	14.09 m	8.68 m	30.0°
90°	14.24 m	7.96 m	34.9°
120°	14.31 m	7.59 m	37.4°
150°	14.35 m	7.40 m	38.7°
180°	14.37 m	7.30 m	39.3°

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Figura 36. Figura de radios geométrico de carretera



Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

En el tercer punto se realizará un informe escrito y firmado de la realización de los procedimientos de cada actividad describiendo los materiales utilizados.

Para ello se utilizará el cuaderno de obra es el documento de registro de acontecimientos y de formulación de consultas oficial para el control de la obra. Sólo el ingeniero residente y el inspector o supervisor (según corresponda) son las únicas personas autorizadas para escribir en el cuaderno de obra, quienes firmarán al pie de cada anotación, según sea el que efectúe la anotación.

En ese sentido, el objeto del cuaderno de obra es dejar constancia de los hechos relevantes que suceden durante la ejecución de la obra tales como movimiento de materiales y equipos, sucesos con el personal, el clima y todo tipo de situaciones que requieran ser registradas para posteriormente ser consultadas a fin de interponer reclamos, pedidos y/o consultas.

Así, dado que muchos de los procedimientos que se inician con la anotación en el cuaderno de obra tienen plazos definidos, es conveniente que el cuaderno de obra sea revisado diariamente por el inspector o supervisor y que se evite dejar períodos sin anotaciones. El original del cuaderno de obra debe permanecer en la obra (siempre y cuando haya las garantías de seguridad suficientes) bajo custodia del residente, el cual no puede impedir el acceso del mismo al inspector o supervisor. Si ello sucede se le penaliza al contratista con 5/1000 de la valorización por cada día de impedimento. Concluida la ejecución de la obra, el original del cuaderno de obra quedará en poder de la Entidad.

Como cuarto punto se realizará la resolución fina la cual culminará la construcción de la obra, es precisa una visita para dar la conformidad del funcionamiento y la garantía de continuidad del servicio, conjuntamente con el interlocutor.

- Funcionamiento correcto de cada componente del sistema y garantía. Se deben haber realizado las pruebas de suelo y su clasificación según reglamento.
- Verificación del cumplimiento de los compromisos de participación comunal.

- Cumplimiento del proceso de diseño vial.

Toda la información es recogida en las fichas preparadas para tal fin, terminada esta visita el sistema estará en condiciones para la entrega de la obra a la Comunidad.

Para todo ello la supervisión del proyecto utilizando la fotogrametría con dron en diseño de infraestructura vial a nivel de afirmado se realizaron las siguientes comparaciones.

Para nuestra investigación se desarrolló las comparaciones en los 02 métodos de directo e indirecto el cual se encontró, que el levantamiento con dron RPA es más rentable en un 23.5% con respecto a un levantamiento con estación total en un área de 2.20 Ha.

Tabla 7

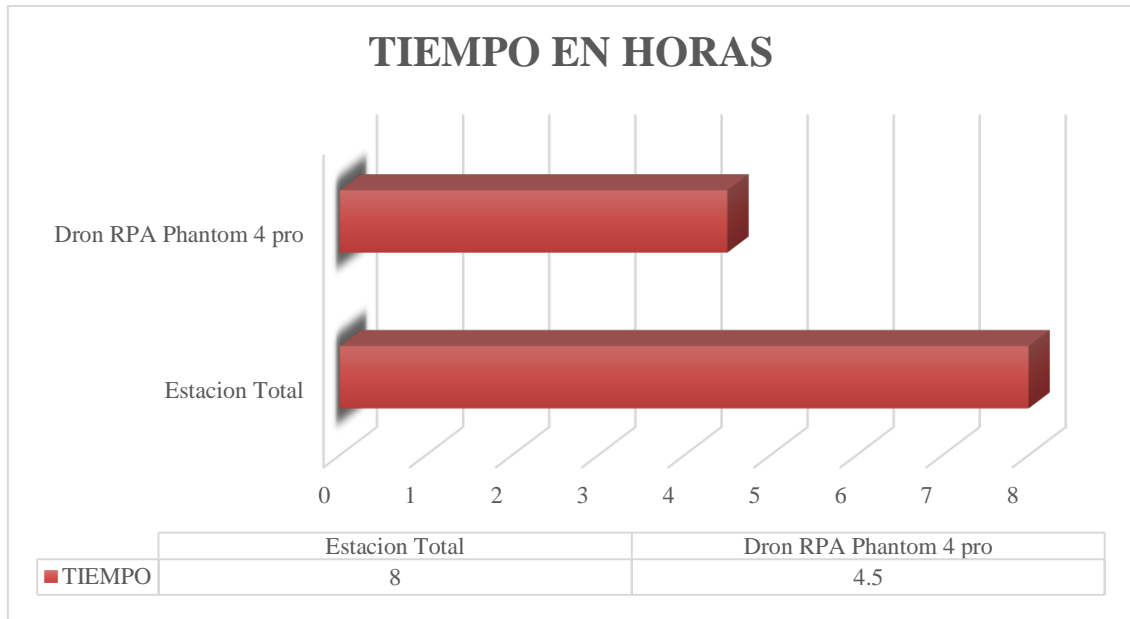
Comparación de costos en levantamiento topográfico con estación total y dron RPA

Método	Equipo	Área Ha	Total, S/.
Directo	Topografía con estación total	2.20	2,403.51
Indirecto	Topografía con dron RPA Phantom 4 Pro	2.20	1,837.26

Fuente: Elaboración propia

El rendimiento está en función al tiempo que llevo ejecutar el levantamiento topográfico entre ambos métodos directo e indirecto, el cual el levantamiento con RPA es más rentable en tiempo de ejecución del levantamiento topográfico en 50% con respecto a levantamiento topográfico con estación total.

Figura 37. *Rendimientos de levantamientos topográficos*



Fuente: Elaboración propia

Como se puede analizar el tiempo de levantamiento con dron fue menor en un área de 2.20 ha.

Por otro lado, la calidad del proyecto se mantiene y la única variación es del costo y tiempo como se marca tanto en la tabla 7 como en la figura 37 así mejorando el proyecto al aplicar la supervisión

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En primera instancia, para realizar un buen trabajo de supervisión de obra se concluye hacer una verificación minuciosa del expediente técnico, el cronograma, revisar el presupuesto, los planos del proyecto sacar las actividades a realizar teniendo en cuenta el tiempo, costo y alcance de cada actividad.

En segunda instancia, se concluye que la realización de las actividades se realizó según reglamento, normas y manuales de diseño vial, y así cumpliendo con los parámetros de ello.

En tercera instancia, se concluye que el cuaderno de obra es fundamental para la supervisión ya que ahí estará apuntado y firmado a detalle los procedimientos tomados y modificaciones realizadas a lo largo del proyecto.

En la cuarta instancia, dicho cuaderno de obra será reforzado con las fichas técnicas empleadas en anexo para saber el estado actual del proyecto según los cronogramas y presupuesto de obra.

Podemos concluir que para realizar un levantamiento topográfico es necesario que los equipos se encuentren en óptimas condiciones y tenga las características mínimas, tanto como la calibración de la estación total y el dron RPA como la resolución en megapíxel de 20 mpx. como mínimo, que tiene como característica el dron Phantom 4 pro v2. Para este estudio

El post proceso y proceso debe ser con programas comerciales como el agisoft Metashape profesional, Autodesk Civil 3D, Global mapper 3D, ya que facilitaría la vista y diseño en la topografía realizada en otros ámbitos a uso profesional.

La precisión de la fotogrametría con dron RPA con respecto a una estación total es centimetrada mínima de 1 cm mínimo y máximo de 8 cm esto es, por los relieves que existe, como son la vegetación, rocas, arboles, etc. se ha encontrado cuando existe vegetaciones

abundantes como árboles, ramas, pastos altos mayores de 50 centímetros, se encuentra errores mayores a 50 cm, lo que no sería recomendable realizar la fotogrametría como topografía del terreno sino como referencia de detalle que apoyaría mucho a plantear los proyectos de ejecución de carretera a nivel de una ingeniería de detalle. La calidad de las fotos es fundamental para obtener los pixeles/ cm deseados

Para un levantamiento con estación total y la fotogrametría es necesario realizar varios puntos de control con coordenadas conocidas en el área de estudio, previamente realizadas con un GPS manual o diferencial, ajustadas a con un equipo de alta precisión.

Los detalles realizados con un dron RPA, respecto a una estación total es abismal, ya que en la fotogrametría se crea una ortofoto que identifica todo encontrado en el área del estudio.

Los costos con respecto a un levantamiento convencional con estación total, es más rentable con dron RPA en una 25% ya que maximiza los tiempos y los costos operativos en campo.

Realizar un levantamiento topográfico con un dron RPA con respecto a una estación total es recomendable para realizar proyectos a nivel de ingeniería de detalle, ya que facilitaría una mejor planificación, identificación de riesgos potenciales antes durante y después de realizar un proyecto, y control del proyecto de ejecución de carreteras a nivel de afirmado. Cumpliendo con las normas y reglamentos que emite las entidades pertinentes.

Viendo la geografía de nuestro Perú, es recomendable realizar la topografía del terreno con fotogrametría en zonas de poca vegetación, como la costa, sierra, no recomendable en zonas de alta vegetación como la selva, y zonas boscosas de la sierra del Perú, en estos casos es recomendable utilizar la topografía convencional con estación total con requerimientos mínimos para un estudio de carreteras.

Recomendaciones

Se recomienda estudiar a detalle el expediente técnico del proyecto, normas, reglamento y manuales del diseño vial para que así tener conocimiento de los parámetros a cumplir.

Antes de iniciar con el proyecto se recomienda tener un plan de contingencia para poder subsanar los riesgos que puedan ocurrir durante el proyecto y así evitar retrasos en el proyecto o incremento de costo por ende tener una calidad de proyecto baja.

Las instituciones estatales y privadas involucradas en la elaboración de un expediente técnico de carretera son recomendable la topografía con dron RPA, porque se identifica detalles al máximo, donde se pueda evaluar muchos aspectos técnicos viables, lo que una topografía convencional no pueda realizar, como la identificación de riesgos potenciales de carácter natural o social.

La topografía convencional y la topografía con dron se puede utilizar al mismo tiempo para realizar estudios de campo en la elaboración de carreteras en todos sus niveles, dependiendo de la geografía y los relieves del terreno, identificando las vegetaciones que pueda influir en los cálculos de movimiento de tierras. Lo recomendable en estos casos es realizar la topografía convencional en el levantamiento del terreno para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras y como complementario realizar la fotogrametría solo como ortofoto para una mejor proyección del trazo de la carretera, y planificación del proyecto. Lo que llevaría a un mejor entendimiento entre los proyectistas y los usuarios.

Bibliografía

- Acre surveying, s. (20 de Enero de 2021). *www.grupoacre.com*. Obtenido de <https://grupoacre.pe/catalogo-productos>: <https://grupoacre.pe/catalogo-productos/agisoft-photoscan/>
- Arriola Valverde, S. (2018). Fotogrametria terrestre con sistema aereos autonomos no tripulado. *Instituto tecnologico de costa rica - Laboratorio de investigacion*, 12.
- Bejarano, J., & Palomino, J. (2022). “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO Y ESTACIÓN TOTAL EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE EVITAMIENTO PROGRESIVA 0+000 AL 3+837.26 KM – OTUZCO, LA LIBERTAD, PERÚ 2021”. TRUJILLO – PERÚ: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.
- Brenes Gonzales, L. (2016). *Metodologia para la generacion de mapas tridimensionales a partir de fotogrametria con vehiculos aereo no tripulado*. Cartago: Instituto de costa rica.
- Diego Soroa, C. (Febrero de 2020). *Contraste metodologico en los MDT realizados con drones*. España: Universidad de cantabria.
- dji. (26 de Diciembre de 2020). *www.dji.com*. Obtenido de <https://www.dji.com/phantom-4-pro>
- Dji. (26 de Diciembre de 2020). *www.dji.com*. Obtenido de <https://www.dji.com/phantom-4-pro>
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2018). *Manual de carreteras diseño geometrico*. Lima.

- Pari Rendon, R. W. (2019). Analisis, desarrollo y comparacion de un levantamiento fotogrametrico realizado con un rpa frente a un levantamiento topografico convencional realizado con gnss - mina barrick, 2018.
- Peña , E., & Peña, L. (2020). *PROPUESTA DE LEVANTAMIENTO DE TIPOS DE FALLAS ASISTIDO POR EL SISTEMA DE AERONAVES PILOTADAS REMOTAMENTE (RPAS) PARA INTERVENIR EN CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN EN LIMA PROVINCIAS*. Lima-Peru: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA .
- Quiros Rosado, E. (2014). *Introduccion a la fotogrametria y cartografia aplicadas a la ingenieria civil*. Caceres: Universidad de extremadura - España.
- Santamaria Peña, J., & Sanz Méndez, T. (2011). *Fundamentos de fotogrametria*. La rioja - España: Universidad de la rioja, servicio de publicaciones.
- Santamaria Sandoval, J. (2019). *Comparacion tecnica economica utilizando drone y estacion total para el diseño geometrico de carretera, centro poblado Cruz de Medano - Morrope - Chiclayo - Peru*. Lima.
- wingtra. (26 de Diciembre de 2020). www.wingtra.com/es. Obtenido de <https://wingtra.com/mapping-drone-wingtraone/save-time/>

ANEXO

Anexo 1: Fichas técnicas

FICHA DE REVISION

PROYECTO _____

COMUNIDAD _____

DISTRTO _____ PROVINCIA _____

REQUISITOS

Documentos de compromiso

Solicitud de la Comunidad (opcional) FECHA _____

Constancia de donación de fuentes	
Nombres de las fuentes	Nombre de los Propietarios

Acta formación Comité de obra FECHA _____

Acta compromiso ejecución de obra FECHA _____

Análisis de Suelo

Ensayos de CBR – Físico – Químico – Optimo Contenido de humedad – Modulo de Resistencia de la Sub base	
Nombre de los estratos	Fecha

Revisión y Aprobación del Expediente Técnico

Fecha _____ SJCE S.A.C _____

Costos

Costo Total del Proyecto S/. _____

Costos Directos S/. _____

Costos de materiales S/. _____

Costos de Mano de obra calificada S/. _____

Costo per cápita según el costo del proyecto S/. _____

Costo per cápita Subregional S/. _____

OBSERVACIONES

REVISADO

FICHA DE EVALUACION DE CAMPO

Sistema de Agua Potable _____

COMUNIDAD _____ DISTRITO _____ PROVINCIA _____

EXPEDIENTE TECNICO

Datos de Memoria descriptiva

Población

No. Viviendas habitadas _____

No. Viviendas deshabitadas _____

No. Viviendas a beneficiarse _____

Obras Proyectadas

	PROYECTADO	POR EJECUTADO
01.01 Proyecto Variante Carretera		
Planificación de vuelo RPA		
Phantom 4 Pro V2.0		
Trayectoria de vuelo	_____	_____
Posición de la cámara fotográfica	_____	_____
Solape entre las imágenes	_____	_____
Levantamiento fotogramétrico	_____	_____
Procesamiento de imágenes	_____	_____
Puntos de control	_____	_____
Proceso fotogramétrico ortomosaico con RPA	_____	_____
Modelo digital de la supervisión (MDS)	_____	_____
Generación de Curvas de Nivel	_____	_____
01.02 Diseño Geométrico de Carreteras a nivel de afirmado		
Estudio de Tráficos de Carga		
Clasificación de vía		
Por función	_____	_____
Por demanda	_____	_____
Por orografía	_____	_____
Por velocidad de diseño	_____	_____
Ancho de calzada	_____	_____
Pendientes máximas y mínimas	_____	_____
Curva de volteo	_____	_____
varios	_____	_____

Observaciones

DOCUMENTOS DE COMPROMISO

Acta de formación _____
 Acta Compromiso de ejecución _____
 Documento donación de fuentes _____
 Documento donación de terrenos _____

ASPECTOS SOCIOECONOMICOS Y DE RIESGO

La Comunidad cuenta con:

Vías de acceso

Carretera _____ horas - _____ desde _____

Camino de herradura _____ horas - _____ desde _____

Calificación del Pueblo de salud Alto Riesgo _____ Mediano Riesgo _____

Carreteras _____

Cunetas _____

Actividad principal _____

Instituciones que los apoyan _____

FACTIBILIDAD TECNICA DEL PROYECTO

Suelo adecuado y resistente SI _____ NO _____

El Interlocutor brindó información técnica y administrativa coherente SI _____ NO _____

Observaciones y sugerencias:

Costo Total del Proyecto S/. _____

Costo de materiales S/. _____

Costo de mano de obra calificada S/. _____

Responsable _____ FECHA _____

Anexo 2: Costo del levantamiento fotogramétrico con RPA.

Tabla 8

Mano de obra RPA

Ítem	Descripción	Unidad	Días	Precio	Parcial	Subtotal S/.
1.00.01	Supervisor	Días	1.00	150.00	150.00	
1.00.02	Piloto de RPA (Topógrafo)	Días	1.00	150.00	150.00	
1.00.03	Ayudante Topógrafo RPA	Días	1.00	120.00	120.00	
1.00.04	Dibujante Cadista	Días	1.00	150.00	150.00	
						570.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Equipos RPA

Ítem	Descripción	Unidad	Días	Precio	Parcial	Subtotal S/.
2.00.01	Dron Phantom 4 pro V2	Días	1.00	120.00	120.00	
2.00.04	Notebook procesamiento de datos	Días	2.00	30.00	60.00	
2.00.05	Software AutoCAD Civil 3D	Días	1.00	60.00	60.00	
2.00.06	Software aguisoft Metashape	Días	1.00	55.60	55.60	
2.00.07	Movilidad	Días	1.00	120.00	120.00	
						415.60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Materiales RPA

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	Precio	Parcial	Subtotal S/.
3.00.01	Pintura Spray Rojo - Blanco	Und.	2.00	30.00	60.00	
						60.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Otros subcontratos RPA

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	Precio	Parcial	Subtotal S/.
3.00.01	Hospedaje	Dia	1.00	40.00	40.00	
3.00.02	Alimentación	Dia	1.00	40.00	40.00	
3.00.03	SCTR	Dia	1.00	120.00	120.00	
						200.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Costo total RPA

Descripción	Costo total
Costo directo	1,245.60
Gastos generales 10%	124.56
Utilidades 15%	186.84
Sub total	1,557.00
Impuesto general a las ventas (IGV) 18%	280.26
Total, presupuesto	1,837.26

Anexo 3: Costo del levantamiento topográfico convencional con estación total

Alcance

El levantamiento topográfico debe ser elaborado a detalle identificando, desniveles de terreno, infraestructuras existentes, caminos, cercos, ríos, carreteras, viviendas, cada punto debe ser equidistante a cada 5 metros que será cubierto toda el área del proyecto.

Entregables

- Archivo de puntos en coordenadas este, norte, elevación, descripción
- Superficie TIN
- Plano topográfico a detalle con curvas de nivel equidistante a 1 metro

Tabla 13

Mano de Obra

Ítem	Descripción	Unidad	Días	Precio	Parcial	Subtotal S/.
1.00.01	Supervisor	Días	1.00	250.00	250.00	
1.00.02	Topógrafo	Días	1.00	200.00	200.00	
1.00.03	Ayudante Topógrafo	Días	2.00	120.00	240.00	
1.00.04	Dibujante Cadista	Días	1.00	150.00	150.00	
						840.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

Equipos

Ítem	Descripción	Unidad	Días	Precio	Parcial	Subtotal S/.
2.00.01	Estación Total Leica	Días	1.00	90.00	90.00	
2.00.02	Accesorios	Días	1.00	20.00	20.00	
2.00.03	Radios Talkabout	Días	1.00	30.00	30.00	
2.00.04	Notebook procesamiento de datos	Días	2.00	30.00	60.00	

2.00.05	Software AutoCAD Civil 3D	Días	1.00	60.00	60.00
2.00.06	Movilidad	Días	1.00	120.00	120.00

380.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Material

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	Precio	Parcial	Subtotal S/.
3.00.01	Pintura Spray Rojo - Blanco	Und.	2.00	30.00	60.00	
3.00.02	Acero 1/2 " de 40 cm	Kg	5.00	4.50	22.50	
3.00.03	Yeso	Bls	1.00	7.00	7.00	
						89.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Otros

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	Precio	Parcial	Subtotal S/.
3.00.01	Hospedaje	Dia	2.00	40.00	80.00	
3.00.02	Alimentación	Dia	3.00	40.00	120.00	
3.00.03	SCTR	Dia	1.00	120.00	120.00	
						320.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

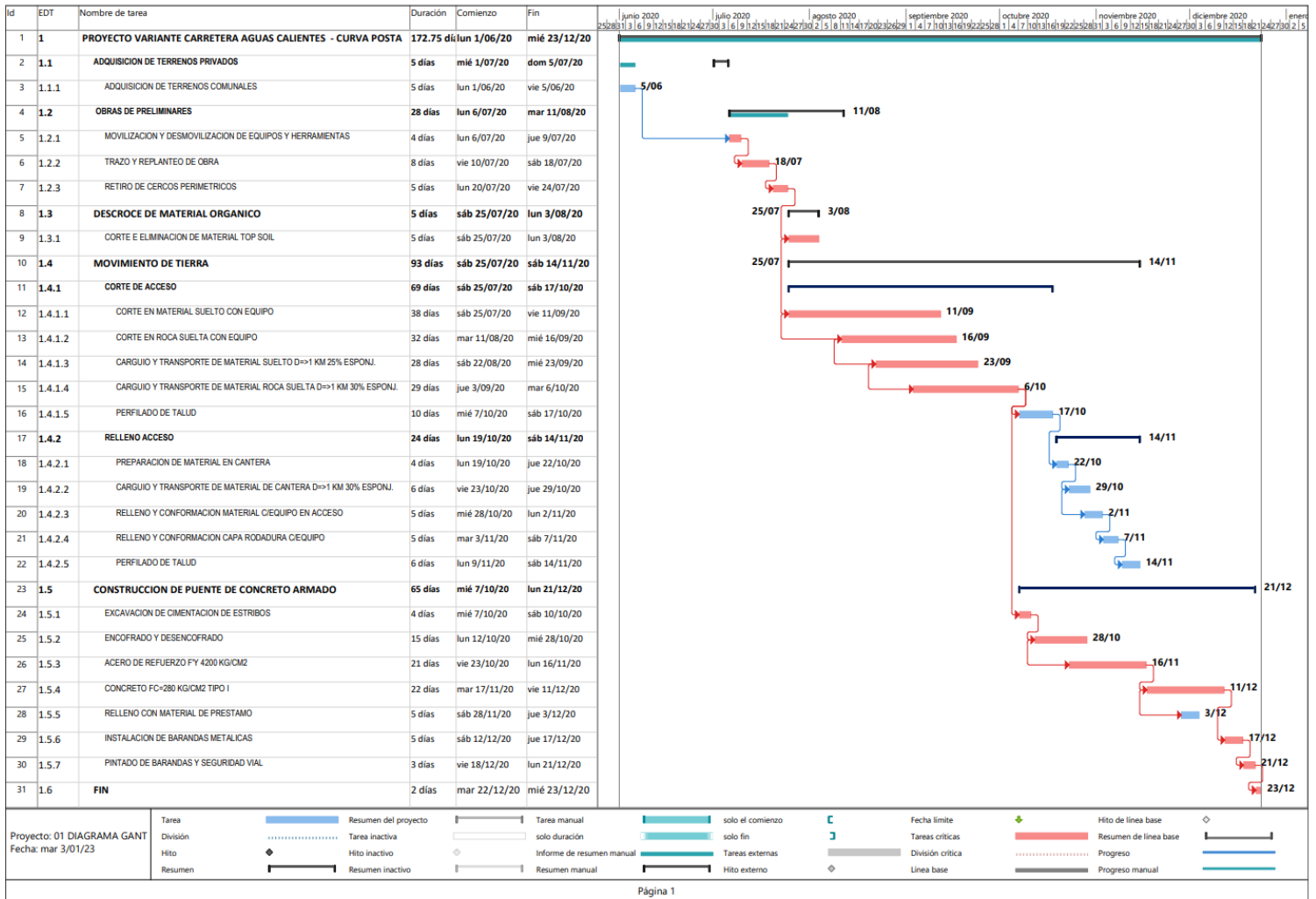
Costo total

Descripción	Costo total
Costo directo	1,629.50
Gastos generales 10%	162.95
Utilidades 15%	244.43

Sub total	2,036.88
Impuesto general a las ventas (IGV) 18%	366.64
Total, presupuesto	2,403.51

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Cronograma de Obra



Anexo 5: Presupuesto de Obra

PRESUPUESTO					
PRESUPUEST VARIANTE CARRETERA AGUAS CALIENTES - CURVA POSTA MEDICA C.C. SAN JOSE DE BAÑOS					
CLIENTE: COMUNIDAD CAMPESINA SAN JOSE DE BAÑOS					
LUGAR: ATAVILLOS ALTO - HUARAL - LIMA					
Item	Partida	Unidad	Metrado	P.Uusd \$	Costo Parcial \$
01	PROYECTO VARIANTE CARRETERA				
01.01	ADQUISICION DE TERRENOS PRIVADOS				46,468.80
1.01.01	ADQUISICION DE TERRENOS COMUNALES	M2	13,276.80	3.50	46,468.80
01.02	OBRAS DE PRELIMINARES				24,371.76
01.02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	GLB	2.00	5,330.03	10,660.06
01.02.02	TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA	M2	8,475.00	1.58	13,403.90
01.02.03	RETIRO DE CERCOS PERIMETRICOS	GLB	1.00	307.81	307.81
01.03	DESBROCE DE MATERIAL ORGANICO				6,069.75
01.03.01	CORTE E ELIMINACION DE MATERIAL TOP SOIL	M3	1,695.00	3.58	6,069.75
01.04	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
01.04.01	CORTE DE ACCESO				206,782.82
01.04.01.01	CORTE EN MATERIAL SUELTO CON EQUIPO	M3	14,992.00	2.47	37,070.80
01.04.01.02	CORTE EN ROCA SUELTA CON EQUIPO	M3	8,140.16	3.96	32,205.15
01.04.01.03	CARGUIO Y TRANSPORTE DE MATERIAL SUELTO D=>1 KM 25% ESPONJ.	M3	18,740.00	4.09	76,694.26
01.04.01.04	CARGUIO Y TRANSPORTE DE MATERIAL ROCA SUELTA D=>1 KM 30% ESPONJ.	M3	10,582.21	4.77	50,526.17
01.04.01.05	PERFILADO DE TALUD	M2	6,240.00	1.65	10,286.45
01.04.02	RELLENO ACCESO				28,830.52
01.04.02.01	PREPARACION DE MATERIAL EN CANTERA	M3	1,839.44	1.63	3,007.20
01.04.02.02	CARGUIO Y TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA D=>1 KM 30% ESPONJ.	M3	2,391.27	4.09	9,786.38
01.04.02.03	RELLENO Y CONFORMACION MATERIAL C/EQUIPO EN ACCESO	M3	1,839.44	4.20	7,724.13
01.04.02.04	RELLENO Y CONFORMACION CAPA RODADURA C/EQUIPO	M3	576.00	5.60	3,224.97
01.04.02.05	PERFILADO DE TALUD	M2	3,086.40	1.65	5,087.84
01.05	CONSTRUCCION DE PUENTE DE CONCRETO ARMADO				73,842.61
01.05.01	EXCAVACION DE CIMENTACION DE ESTRIBOS	M3	60.00	19.32	1,159.08
01.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M3	595.00	16.90	10,054.97
01.05.03	ACERO DE REFUERZO F'Y 4200 KG/CM2	M3	11,760.00	2.36	27,753.60
01.05.04	CONCRETO FC=280 KG/CM2 TIPO I	M3	235.20	135.52	31,874.96
01.05.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	M3	40.00	22.50	900.00
01.05.06	INSTALACION DE BARANDAS METALICAS	GLB	1.00	1,500.00	1,500.00
01.05.07	PINTADO DE BARANDAS Y SEGURIDAD VIAL	GLB	1.00	600.00	600.00
COSTO DIRECTO				\$	351,465.99
GASTOS GENERALES			15.00%	\$	52,719.90
UTILIDAD			15.00%	\$	52,719.90
TOTAL				\$	456,905.78