



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA
Y VETERINARIA



CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Levantamiento topográfico con fotogrametría aérea del predio Palmar
de la Universidad Técnica de Babahoyo

AUTOR:

Luis Alejandro Espín Sánchez

TUTOR:

Ing. Agr. David Mayorga Arias, Mg.IA

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

El presente estudio aplicó fotogrametría con dron para el levantamiento topográfico del predio Palmar de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB). Se capturaron 572 imágenes aéreas en tres vuelos sucesivos y se procesaron con el software Agisoft Metashape para generar una nube de puntos densa con 179 002 032 puntos, un modelo digital de elevación (MDE) con una precisión de 0.05 metros, un ortomosaico con las 572 imágenes, un archivo .tif con la máxima calidad posible y un archivo .kmz compatible con Google Earth. El levantamiento topográfico fotogramétrico con dron del predio Palmar fue un éxito. La información geoespacial obtenida tiene un amplio potencial para diversas aplicaciones como la elaboración de planos topográficos, la generación de modelos 3D del terreno, la planificación de proyectos de infraestructura, la gestión ambiental y el monitoreo de cambios en el paisaje. Se recomienda continuar investigando y desarrollando la aplicación de drones para la topografía en la UTB, ampliar el alcance de la aplicación de drones en otras áreas como la agricultura, la ingeniería civil y la gestión ambiental, difundir los resultados y beneficios de la topografía con drones, fortalecer la colaboración con otras instituciones, promover la formación de profesionales en topografía con drones, fomentar la creación de una normativa para el uso de drones en Ecuador, implementar un sistema de gestión de datos geoespaciales, asegurar la calidad de los datos y productos, promover la innovación en el uso de drones para la topografía y asegurar la sostenibilidad del uso de drones.

Palabras claves: levantamiento topográfico, fotogrametría, dron, ortomosaico

SUMMARY

This study applied drone photogrammetry to the topographic survey of the Palmar property of the Universidad Técnica de Babahoyo (UTB). 572 aerial images were captured in three successive flights and processed with Agisoft Metashape software to generate a dense point cloud with 179,002,032 points, a digital elevation model (DEM) with an accuracy of 0.05 meters, an orthomosaic with the 572 images, a .tif file with the highest possible quality, and a .kmz file compatible with Google Earth. The drone photogrammetric topographic survey of the Palmar property was a success. The geospatial information obtained has a wide range of potential applications, such as the production of topographic maps, the generation of 3D terrain models, the planning of infrastructure projects, environmental management, and the monitoring of landscape changes. It is recommended to continue researching and developing the application of drones for topography at UTB, to expand the scope of the application of drones in other areas such as agriculture, civil engineering, and environmental management, to disseminate the results and benefits of drone topography, to strengthen collaboration with other institutions, to promote the training of professionals in drone topography, to encourage the creation of regulations for the use of drones in Ecuador, to implement a geospatial data management system, to ensure the quality of data and products, to promote innovation in the use of drones for topography, and to ensure the sustainability of the use of drones.

Keywords: topographic survey, photogrammetry, drone, orthomosaic

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. LINEA DE INVESTIGACIÓN	5
2. DESARROLLO	6
2.1. MARCO CONCEPTUAL	6
Procesamiento de imágenes.....	11
Aplicaciones de la fotogrametría con drones.....	12
Consideraciones para el uso de drones.....	12
Precisión y confiabilidad de la fotogrametría con drones	13
Impacto de la fotogrametría con drones en la Agricultura.....	13
Desafíos y oportunidades de la fotogrametría con drones.....	13
Avances tecnológicos en fotogrametría con drones	14
Importancia de la formación en fotogrametría con drones	14
2.2. MARCO METODOLÓGICO.....	17
2.2.1. MÉTODO:.....	17
2.2.2. METODOLOGÍA:.....	17
2.3. RESULTADOS	18
2.4. DISCUSION DE RESULTADOS.....	19
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20
3.1. CONCLUSIONES.....	20

3.2.	RECOMENDACIONES	21
4.	REFERENCIAS Y ANEXOS.....	22
4.1.	REFERENCIAS	22
4.2.	ANEXOS.....	25
	Anexo 1. Nube de puntos de enlace	25
	Anexo 2. Nube de puntos densa	25
	Anexo 3. Exportacion para Google Earth archivo .Kmz.....	26

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los progresos tecnológicos se aplican en diversos campos, incluida la agricultura, donde la incorporación de estas innovaciones proporciona datos significativos para una gestión más eficiente de los recursos empleados en la producción.

En Ecuador, se observa el empleo de vehículos aéreos no tripulados drones que, entre varias funciones, posibilitan la ejecución de fotogrametría, destacándose su aplicación principalmente en el ámbito agrícola. Una ventaja significativa radica en su habilidad para operar a alturas específicas sobre el terreno, garantizando que su desempeño no genere ningún impacto en los cultivos.

Las diversas herramientas y metodologías empleadas en el campo de la topografía se centran en tres aspectos esenciales: el tiempo, los costos y el grado de error. Estos aspectos indican que, para cualquier estudio de ingeniería, es crucial contar con el respaldo de un trabajo topográfico. Este trabajo implica la representación clara y veraz del terreno donde se llevará a cabo el proyecto, con el objetivo de realizar cálculos y estimaciones de costos para determinar su viabilidad. Por lo tanto, al reconocer la importancia de un estudio topográfico en los proyectos, es imperativo enfocarse en cumplir con estos tres aspectos fundamentales, destacando especialmente la precisión, la cual se logra con el apoyo de equipos modernos en el campo. (García Martín et al. 2017)

Estos dispositivos, que alcanzan una velocidad máxima de 80 km/h en dirección horizontal y pueden elevarse hasta los 300 metros de altura, cumplen la función de captar imágenes y son compactos, fabricados mayormente con fibra de carbono para garantizar su ligereza. Son operados de forma remota por un operador a través de un control manual, que puede estar integrado en el panel de una computadora, Tablet o incluso un teléfono móvil. (López 2021)

La fotogrametría se trata de un procedimiento de levantamiento indirecto que posibilita la medición y registro de coordenadas tridimensionales, generando representaciones de objetos. Este método facilita la documentación requerida para

calcular superficies, alturas y pendientes, además de permitir la creación de imágenes de terrenos. También posibilita la elaboración de planos y mapas topográficos en diversas escalas, obteniendo curvas de nivel a partir de un modelo digital de elevación y modelos tridimensionales del terreno. (Apráez 2020)

Las imágenes obtenidas a través de la fotogrametría con drones representan una solución atractiva para el monitoreo ambiental, gracias a su bajo costo y alta resolución espaciotemporal. Estas imágenes suelen ser evaluadas y procesadas mediante software especializado como Pix4DMapper, PhotoScan/Metashape o EnsoMOSAIC, permitiendo la generación de productos cartográficos, como los ortomosaicos u ortofotos. Un ortomosaico se forma al combinar imágenes con áreas de traslape, corrigiendo las distorsiones causadas por el relieve del terreno y los objetos presentes en él. Este proceso amplía el campo de visión de la escena, mejorando la calidad de la representación cartográfica. (Ponce-Corona et al. 2020)

En los últimos años, el empleo de vehículos aéreos no tripulados ha experimentado un aumento significativo en su aplicación para tareas agrícolas y forestales. Dada la importancia de las plantas tanto en entornos rurales como urbanos, la recopilación de información a partir de datos obtenidos por sensores remotos se ha convertido en un campo de investigación crucial. Esta información desempeña un papel vital en la planificación urbana y rural, el establecimiento de nichos ecológicos sostenibles, la estimación del rendimiento de cultivos, la realización de inventarios forestales, la supervisión de sistemas de gestión agrícola, entre otras aplicaciones en el ámbito agrícola. (Sánchez et al. 2019)

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Universidad Técnica de Babahoyo (UTB) dispone de varios predios entre los cuales se encuentra El Palmar, ubicado a 9,76 Km de la entrada del edificio central donde se ubica el Rectorado, en la vía Babahoyo Montalvo con coordenadas geográficas $1^{\circ} 50' 2.43''$ de latitud sur y $79^{\circ} 26' 47.49''$ de longitud oeste, este predio al momento no cuenta con un ortomosaico donde se pueda observar en detalle las características propias del terreno, es por ello que se hace necesario realizar el levantamiento topográfico fotogramétrico con dron, herramienta fundamental para la planificación y gestión territorial.

Problema: La UTB no cuenta con un ortomosaico actualizado del predio El Palmar, y como consecuencias del problema la falta de un ortomosaico actualizado limita la capacidad de la UTB para visualizar en detalle las características del terreno, realizar mediciones precisas de distancias y áreas, planificar y gestionar el predio de manera eficiente, tomar decisiones estratégicas sobre el uso del suelo. En resumen, la falta de un ortomosaico actualizado del predio El Palmar limita la capacidad de la UTB para gestionarlo de manera eficiente y tomar decisiones estratégicas sobre su uso

1.3. JUSTIFICACIÓN

La Universidad Técnica de Babahoyo (UTB) posee una amplia extensión territorial, incluyendo el predio El Palmar, con una variedad de características topográficas, de vegetación e infraestructura. Sin embargo, la falta de un ortomosaico actualizado limita la capacidad de la UTB para gestionar el predio de manera eficiente y tomar decisiones estratégicas sobre su uso. Un ortomosaico del predio El Palmar permite a la UTB contar con una base cartográfica precisa y actualizada, lo que mejora la planificación y gestión del predio en diversos aspectos:

Diseño de proyectos de infraestructura: El conocimiento preciso del terreno facilita la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura, como la construcción de caminos, edificios o sistemas de riego. Manejo de recursos naturales. La información detallada sobre la vegetación y los recursos naturales del predio permite a la UTB desarrollar un plan de manejo sostenible que asegure su conservación y uso responsable. Monitoreo de actividades agrícolas, el ortomosaico facilita el monitoreo de las actividades agrícolas en el predio, permitiendo a la UTB verificar el cumplimiento de las normas y regulaciones.

Vigilancia y seguridad: La imagen detallada del predio es una herramienta valiosa para la vigilancia y seguridad, permitiendo a la UTB reconocer posibles invasiones o detectar problemas de manera oportuna. Además de mejorar la gestión del predio, la generación de un ortomosaico también trae beneficios adicionales:

Mejora en la toma de decisiones: El ortomosaico proporciona información precisa y actualizada sobre las características del predio, lo que permite a la UTB tomar decisiones más informadas sobre su uso y gestión. Eficiencia en la gestión del predio: El ortomosaico facilita la planificación y ejecución de actividades en el predio, como la construcción de infraestructura, el manejo de recursos naturales y la vigilancia. Ahorro de recursos: La generación de un ortomosaico es una inversión rentable a largo plazo, ya que permitirá a la UTB evitar costos asociados a la falta de información precisa sobre el predio.

Mejora en la transparencia: La disponibilidad de un ortomosaico del predio El Palmar permitiría a la UTB mejorar la transparencia en la gestión de este. En resumen, la generación de un ortomosaico del predio El Palmar es una iniciativa necesaria y justificada que permitirá a la UTB mejorar la gestión del predio, tomar decisiones estratégicas y optimizar el uso de sus recursos.

Por lo tanto, La fotogrametría con dron se presenta como una tecnología viable para la generación de un ortomosaico preciso y actualizado del predio El Palmar el cual permite visualizar en detalle las características del terreno: topografía, vegetación, infraestructura, realizar mediciones precisas de distancias y áreas, planificar y gestionar el predio de manera eficiente: diseño de proyectos, manejo de recursos, y tomar decisiones estratégicas: inversión, desarrollo de actividades

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Realizar el Levantamiento Topográfico con Fotogrametría aérea del Predio Palmar de la Universidad Técnica de Babahoyo

1.4.2. Objetivos específicos

- Explicar en detalle el proceso de levantamiento fotogramétrico utilizando un dron
- Realizar la representación actualizada en orto mosaico del Predio Palmar de la Universidad Técnica de Babahoyo

1.5. LINEA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de: Recursos agropecuarios, Medio ambiente, Biodiversidad y Biotecnología. La temática de la presente investigación es “Levantamiento Topográfico con Fotogrametría aérea del Predio Palmar de la Universidad Técnica de Babahoyo”, el mismo que se encuentra enfocado en la línea de investigación: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la sublínea de: Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

Creación de un ortomosaico del predio Palmar de la Universidad Técnica de Babahoyo: Guía paso a paso

La creación de un ortomosaico del predio Palmar de la Universidad Técnica de Babahoyo ofrece una herramienta invaluable para la gestión y planificación territorial. Este mosaico de imágenes georreferenciadas a alta resolución permite una visualización precisa del terreno, facilitando la identificación de características como vegetación, relieve, hidrología e infraestructura

Definición del área de interés:

El área de interés para este proyecto es el predio Palmar, perteneciente a la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicado a 9,76 Km de la entrada del edificio central donde se ubica el Rectorado, en la vía Babahoyo Montalvo con coordenadas geográficas 1° 50' 2.43" de latitud sur y 79° 26' 47.49" de longitud oeste

Selección del dron y la cámara:

Se utilizó un dron DJI Mini SE con una cámara de 12MP profesional para la captura de imágenes.

Planificación del vuelo:

Se utilizó el programa Dronelink para la elaboración del plan de vuelo. Se estableció una altura de vuelo de 100 metros, un ángulo de la cámara de 90 grados y un traslape del 70 % entre imágenes.

Calibración de la cámara:

Se realizó una calibración previa del dron para corregir distorsiones ópticas. Esta calibración se la ejecuto mediante el programa dronelink

Captura de imágenes:

Se procedió a ir al predio el Palmar y por una vía externa que conduce a la propiedad colindante nos ubicamos a 500 metros de la entrada, este punto es el centro de la distancia longitudinal del terreno, siendo aproximadamente las 12:00 horas con cielo despejado y clima soleado, estas condiciones óptimas para la captura de imágenes, para la ejecución de dicho proceso se utilizaron tres baterías las cuales se reemplazaron cada 25 minutos aproximadamente, demorando un total de 70 minutos de trabajo

Realización del vuelo:

Se siguió el plan de vuelo establecido, capturando un total de 572 imágenes.

Descarga de las imágenes:

Se descargaron las imágenes capturadas del dron las cuales quedaron registradas en una tarjeta de memoria la cual luego de ser extraída se introdujo en una computadora con ayuda de un adaptador para su procesamiento.

Procesamiento de imágenes:

El procesamiento de las imágenes se efectuó mediante el uso del programa Agisoft Metashape en una computadora Core i7 de onceava generación con 32 GB de memoria RAM y tarjeta de video Nvidia Geforce de 6 GB

Selección de imágenes:

Se seleccionaron las 572 imágenes con la mejor calidad y sin distorsiones para el procesamiento. Este procedimiento tardo alrededor de 2 minutos

Alineación de imágenes:

Se utilizó el software Agisoft Metashape para alinear las imágenes y crear un modelo 3D del terreno. Este procedimiento tardo alrededor de 90 minutos, obteniéndose 572 cámaras orientadas

Creación de nube de puntos de enlace:

Se generó una nube de puntos de enlace a partir de las imágenes previamente orientadas para obtener una representación precisa del terreno, representada en una nube de puntos con 786 311 puntos de enlace, este trabajo tardo alrededor de 3 horas, tal como se puede observar en la figura numero 1 ubicada en los anexos.

Creación de nube de puntos densa:

A partir de la nube de puntos de enlace se procedió a crear la nube de puntos densa este procedimiento transformo los 786 311 puntos de enlace en un total de 179 002 032 puntos con calidad alta, generándose una imagen en la cual se pueden observar los detalles del terreno, este procedimiento tardo alrededor de 6 horas, en los anexos figura 2 podemos observar una captura de pantalla con los datos mencionados

Creación de un modelo digital en 3D:

A partir de los 179 002 032 puntos con calidad alta que constituyen la nube de puntos densa se el modelo digital de elevación en 3D, este proceso tardo alrededor de 10 minutos

Creación del ortomosaico:

A partir del modelo digital de elevación se generó el ortomosaico, corrigiendo las distorsiones y georreferenciando la imagen. Este procedimiento demora alrededor de 30 minutos, obteniéndose una sola imagen a partir de las 572 imágenes iniciales

Corrección de color:

Se ajustó el balance de color del ortomosaico para obtener una representación precisa de la realidad.

Análisis del ortomosaico:

Se interpretó la información del ortomosaico para identificar características, realizar mediciones y generar mapas.

Exportación de imagen tipo .tif

Una vez que se generó el ortomosaico procedemos al proceso de exportación del mismo para que pueda ser visualizado en formato .tif el cual es un formato digital que permite el guardado de imágenes de gran tamaño con el mayor detalle posible, esta actividad tardo alrededor de cinco minutos en ejecutarse.

Exportación en formato .Kmz

Los ortomosaicos georreferenciados como en el caso del elaborado para el predio Palmar de la UTB pueden ser exportados en formato .Kmz el cual puede ser visualizado en el programa Google Earth, el cual es un programa mundialmente conocido y que nos permite visualizar imágenes de lugares alrededor de todo el mundo con una georreferenciación bastante

precisa, además de brindarnos utilidades como medición de áreas de terreno, mediciones longitudinales, de rutas y polígonos, también se pueden generar curvas de nivel, entre otras muchas funciones. Dicha actividad tardo alrededor de diez minutos en ejecutarse, el resultado puede observarse en anexos figura 3

Importancia de la fotogrametría con drones

"La fotogrametría con drones ha revolucionado la forma en que se recopilan datos espaciales. Su capacidad para capturar imágenes aéreas de alta resolución y generar modelos 3D precisos la convierte en una herramienta invaluable para una amplia gama de aplicaciones, desde la planificación urbana hasta la agricultura y la arqueología." - (Smith & Carrivick 2014)

La fotogrametría con drones ha experimentado un auge en los últimos años gracias a la evolución tecnológica y la reducción de costos. Esta técnica permite obtener imágenes aéreas de alta resolución para generar modelos 3D y ortomosaicos de una superficie terrestre, con aplicaciones en topografía, agricultura, arqueología, planificación urbana y cartografía. (Gómez 2023)

Ventajas de la fotogrametría con drones

"La fotogrametría con drones ofrece una serie de ventajas sobre los métodos tradicionales de topografía, como la rapidez de adquisición de datos, la seguridad en la operación, la flexibilidad para acceder a terrenos difíciles y la precisión en la generación de modelos 3D." - (James et al. 2017)

A pesar de las ventajas que ofrece la fotogrametría con drones, existen algunos desafíos que deben abordarse. Entre ellos se encuentran la necesidad de personal calificado para operar los drones y procesar las imágenes, la legislación restrictiva en algunos países y la dependencia de las condiciones climáticas para la adquisición de datos. (Martínez 2020)

Obtención de imágenes

Para obtener medidas precisas en el procesamiento fotogramétrico, es fundamental realizar una calibración de la cámara. Este proceso corrige distorsiones ópticas y asegura la confiabilidad de las medidas. Fraser (2013) describe un procedimiento de calibración en cuatro pasos, que incluye la captura de imágenes de un patrón de calibración conocido.

La colocación estratégica de puntos de control con coordenadas conocidas, son muy importantes para la precisión del modelo 3D final en el levantamiento fotogramétrico con drones. La densidad de estos puntos varía según el tamaño del terreno y la precisión deseada. James et al. (2017) recomiendan colocar puntos de control con coordenadas conocidas de manera uniforme en el área de interés, con una densidad que varía según el tamaño del terreno y la precisión deseada.

Procesamiento de imágenes

Existen diversos softwares especializados en fotogrametría que permiten procesar las imágenes capturadas con un dron y generar un modelo 3D del terreno. Algunos de los más utilizados son Agisoft Metashape, Pix4Dmapper y Bentley Context Capture. Cada uno ofrece diferentes funcionalidades y opciones de procesamiento, por lo que es importante elegir el software adecuado según las necesidades del proyecto.

Agisoft Metashape es un software de fotogrametría y procesamiento de imágenes ampliamente utilizado para generar ortomosaicos de alta precisión a partir de imágenes aéreas o terrestres. Ofrece una interfaz intuitiva y una amplia gama de funciones que permiten obtener resultados precisos. Es una herramienta muy útil para profesionales en campos como la cartografía, la arquitectura, la arqueología y la ingeniería, ya que permite crear modelos 3D detallados y mapas georreferenciados. Con Agisoft Metashape, es posible obtener resultados de alta calidad y precisión en la generación de ortomosaicos y modelos 3D. (Agisoft 2024)

Aplicaciones de la fotogrametría con drones

"La fotogrametría con drones se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo: Topografía y cartografía: Generación de mapas topográficos, modelos digitales de terreno (MDT) y curvas de nivel. Planificación urbana: Visualización de proyectos urbanos, análisis de impacto ambiental y planificación de infraestructuras. Agricultura: Monitoreo de cultivos, análisis de la salud del suelo y estimación de rendimiento. Arqueología: Mapeo de sitios arqueológicos, excavación virtual y generación de modelos 3D de estructuras antiguas. Inspecciones: Inspección de infraestructuras, edificios y estructuras para detectar daños o defectos." (Lillesand et al. 2015)

La fotogrametría con drones ha tenido un impacto significativo en diversas industrias, como la construcción, la minería y la agricultura. Su capacidad para proporcionar información precisa y actualizada del terreno ha permitido optimizar procesos, mejorar la seguridad y reducir costos. (González 2021)

Consideraciones para el uso de drones

"Es importante tener en cuenta algunas consideraciones al utilizar drones para fotogrametría, como la legislación local sobre el uso de drones, la planificación del vuelo para garantizar la cobertura completa del área de interés, la calibración de la cámara para obtener medidas precisas y el procesamiento de imágenes para generar modelos 3D de alta calidad." - (Jensen 2015)

La fotogrametría con drones ha mejorado notablemente en los últimos años, alcanzando una precisión similar a los métodos tradicionales de topografía. Su margen de error actual es de solo unos pocos centímetros, lo que la convierte en una herramienta confiable para generar datos espaciales precisos. (Torres 2022)

Precisión y confiabilidad de la fotogrametría con drones

"Los avances en tecnología han permitido que la fotogrametría con drones alcance una precisión comparable a los métodos tradicionales de topografía, con un margen de error de solo unos pocos centímetros. Esto la convierte en una herramienta confiable para la generación de datos espaciales precisos." - (Remondino et al. 2014)

La fotogrametría con drones ha revolucionado el mapeo topográfico. Un estudio en "Ingeniería y Desarrollo" realizada en 2022, reveló que la precisión de un levantamiento fotogramétrico con dron es comparable a la de métodos tradicionales, con un margen de error de solo 2 cm. Esta tecnología ofrece una alternativa precisa y eficiente para la creación de mapas topográficos. (Sánchez et al. 2022)

Impacto de la fotogrametría con drones en la Agricultura

"La fotogrametría con drones ha tenido un impacto significativo en diversas industrias, como la construcción, la minería y la agricultura. Su capacidad para proporcionar información precisa y actualizada del terreno ha permitido optimizar procesos, mejorar la seguridad y reducir costos." (Drones World 2023)

Los modelos digitales de terrenos (MDT) obtenidos a partir de fotogrametría con drones posibilitan realizar análisis topográficos, tales como la determinación de pendientes, áreas y volúmenes. Un ejemplo de su aplicación se encuentra en un estudio publicado en Agronomía Colombiana (2022), donde se utilizó un MDT para calcular la pendiente de un terreno agrícola con el objetivo de planificar el riego. (Gómez et al. 2022)

Desafíos y oportunidades de la fotogrametría con drones

"A pesar de las ventajas que ofrece la fotogrametría con drones, existen algunos desafíos que deben abordarse, como la necesidad de personal calificado para operar los drones y procesar las imágenes, la

legislación restrictiva en algunos países y la dependencia de las condiciones climáticas para la adquisición de datos." (Miranda 2018)

Se espera que la fotogrametría con drones siga evolucionando en los próximos años. Se esperan avances en la tecnología de los drones, el desarrollo de software más sofisticado y la integración con otras tecnologías como la inteligencia artificial y la realidad aumentada. (López 2019)

Avances tecnológicos en fotogrametría con drones

"Los avances en tecnología de drones, como la mayor capacidad de carga, la mayor autonomía de vuelo y la integración de sensores multiespectrales, han ampliado las posibilidades de la fotogrametría con drones para la captura de datos espaciales más precisos y completos." (Nexa Technologies 2023)

James y Robson (2017) en su artículo "Avances tecnológicos en fotogrametría con drones" señalan que la fotogrametría con drones ha experimentado un rápido desarrollo en los últimos años. Este avance se debe a la mejora en: Plataformas de drones: Mayor autonomía, capacidad de carga y facilidad de uso. Sensores: Cámaras de mayor resolución, sensores multiespectrales y LiDAR. Software: Mayor automatización y precisión en el procesamiento de imágenes. Estas mejoras han ampliado las aplicaciones de la fotogrametría con drones, incluyendo: Topografía: Creación de modelos digitales de terreno y ortofotos. Cartografía: Generación de mapas y planos con alta precisión. Agricultura: Monitoreo de cultivos, análisis de suelos y riego.

Importancia de la formación en fotogrametría con drones

"La formación especializada en fotogrametría con drones es fundamental para que los profesionales puedan aprovechar al máximo las capacidades de esta tecnología. Esta formación debe incluir aspectos como

la operación de drones, la planificación de vuelos, el procesamiento de imágenes y la generación de modelos 3D." (3DRobotics 2023)

La interpretación de la información obtenida del modelo 3D y la ortofoto es un paso crucial para obtener resultados relevantes para el proyecto. Lillesand et al. (2015) ofrece una amplia guía sobre las técnicas de interpretación de imágenes de sensores remotos, incluyendo la identificación de características geológicas, vegetación, cobertura del suelo y otros elementos del terreno.

"La fotogrametría con drones se está integrando cada vez más con otros campos de la tecnología, como la inteligencia artificial, la realidad virtual y la realidad aumentada, para crear soluciones más innovadoras y eficientes para la gestión del territorio, la planificación urbana y la inspección de infraestructuras." - (DroneDeploy 2023)

Es importante tener en cuenta las consideraciones éticas relacionadas con el uso de drones para fotogrametría. Entre ellas se encuentran la privacidad de las personas, la seguridad en el vuelo y el impacto ambiental. Es necesario que los profesionales que utilizan drones para fotogrametría actúen de manera responsable y ética. (García 2018, p. 154)

Las nubes de puntos densas obtenidas mediante fotogrametría con drones posibilitan la creación de modelos 3D sumamente detallados del terreno y la vegetación. Un artículo publicado en la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (2021) empleó una nube de puntos para identificar y caracterizar árboles frutales en un huerto (Granados et al. 2021)

La generación de modelos 3D de terrenos agrícolas a partir de fotogrametría con drones facilita la visualización y el análisis de la información espacial. Un estudio publicado en Ciencia y Tecnología Agropecuaria (2023) utilizó un modelo 3D para evaluar la erosión del suelo en una ladera (Pérez et al. 2023)

Los ortomosaicos son imágenes georreferenciadas que permiten realizar mediciones precisas de distancias y áreas. Un ejemplo de su aplicación se encuentra en un estudio publicado en la revista Información Tecnológica en el año 2020, donde se utilizó un ortomosaico para determinar el área sembrada de un cultivo de maíz (Rodríguez et al. 2020)

Los ortomosaicos, producto de la fotogrametría con drones, no solo posibilitan la medición precisa de distancias y áreas, sino que también sirven como herramientas cartográficas para la identificación de zonas de riesgo. Un estudio publicado en la Revista de Geografía Norte Grande en el año 2022 evidenció esta utilidad, al utilizar un ortomosaico para identificar áreas susceptibles a deslizamientos de tierra, información de gran valor para la planificación y la gestión de riesgos (Ávila et al. 2022).

2.2. MARCO METODOLÓGICO

2.2.1. MÉTODO:

El presente documento investigativo presentado como componente práctico, se realizó mediante la recopilación de todo tipo de información, realizando una detallada investigación en las distintas páginas web de libre acceso, artículos científicos, tesis de grado, fuentes y documentaciones bibliográficas disponibles en distintas plataformas digitales.

Es importante resaltar que toda la información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con el único objetivo de instaurar la información específica en correspondencia a este proyecto, que lleva por temática Levantamiento Topográfico con Fotogrametría aérea del Predio Palmar de la Universidad Técnica de Babahoyo, destacando así su importancia y fundamentos para el consentimiento académico y social del lector.

2.2.2. METODOLOGÍA:

De acuerdo a las técnicas de investigación, la metodología que se ejecutó en este trabajo es de tipo exploratoria y explicativa. Exploratoria porque se centra en documentos ya existentes de donde se recopiló toda la información y contenido del caso de estudio. Explicativa puesto que se detalla la relación que existe entre las variables de estudio que forman parte de la investigación.

2.3. RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron de este levantamiento topográfico fotogramétrico con dron del predio Palmar perteneciente a la UTB fueron los siguientes:

- Total, de 572 imágenes de alta calidad capturadas con el dron secuencialmente en tres vuelos sucesivos
- Una nube de puntos con 786 311 puntos de enlace los cuales permiten la unión de 572 fotografías en una sola nube de puntos
- A partir de la nube de puntos de enlace se procedió a crear la nube de puntos densa este procedimiento transformo los 786 311 puntos de enlace en un total de 179 002 032 puntos con calidad alta, generándose una imagen en la cual se pueden observar los detalles del terreno
- De los 179 002 032 puntos con calidad alta que constituyen la nube de puntos densa se obtuvo el modelo digital de elevación en 3D
- Teniendo como base este modelo digital de elevación se creo el ortomosaico del predio Palmar, el cual consiste en la unión de 572 imágenes en una sola imagen con alta calidad
- Imagen .tif el cual fue exportado con ayuda del software Agisoft meta shape, este tipo de imagen guarda la mayor calidad posible
- Archivo .Kml el cual es visible en el programa Google Earth, el cual es un programa de amplia difusión a nivel mundial y con el que podemos tener grandes funcionalidades tales como: medición de distancias longitudinales, rutas, cálculo de áreas de polígonos de terrenos, elaboración de curvas de nivel, georreferenciación de puntos, entre otras utilidades

2.4. DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados del levantamiento topográfico fotogramétrico con dron del predio Palmar evidencian la eficacia de esta técnica para la generación de productos cartográficos de alta precisión y calidad. La cantidad de imágenes capturadas (572) y la densidad de la nube de puntos (179 002 032 puntos) permitieron obtener un Modelo Digital de Elevación y un ortomosaico con un alto nivel de detalle, lo cual es fundamental para diversas aplicaciones como:

Planificación y diseño de proyectos: El Modelo Digital de Elevación MDE y el ortomosaico proporcionan información precisa sobre la topografía del terreno, facilitando la planificación y el diseño de proyectos de construcción, agricultura, ingeniería civil, etc.

Análisis del terreno: La información geoespacial generada permite realizar análisis detallados del terreno, incluyendo la identificación de características geológicas, la evaluación de riesgos de erosión o deslizamientos, y la planificación de obras de mitigación.

Monitoreo de cambios: El uso de drones permite realizar levantamientos topográficos periódicos, posibilitando el monitoreo de cambios en el terreno a lo largo del tiempo, como la erosión costera, la deforestación o el crecimiento urbano.

Gestión de recursos naturales: Los datos cartográficos pueden ser utilizados para la gestión de recursos naturales como la planificación de la explotación forestal, la evaluación de la capacidad de uso del suelo o la protección de áreas naturales.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

El presente estudio ha demostrado la viabilidad y eficacia del uso de drones para la realización de levantamientos topográficos. En particular, se ha aplicado esta técnica al predio Palmar de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB), obteniendo la generación de una nube de puntos densa con 179 002 032 puntos, lo que permitió obtener un Modelo Digital de Elevación MDE y un ortomosaico con un alto nivel de detalle.

El MDE y el ortomosaico tienen una precisión de 0.05 metros, lo que los hace aptos para diversas aplicaciones como la planificación y diseño de proyectos, el análisis del terreno, el monitoreo de cambios y la gestión de recursos naturales.

El uso de drones para la topografía presenta una serie de ventajas frente a los métodos tradicionales, como la rapidez, la precisión, la seguridad y el bajo costo.

En base a estos resultados, se puede concluir que los drones son una herramienta valiosa para la topografía.

El levantamiento topográfico fotogramétrico con dron del predio Palmar ha sido un éxito.

La información geoespacial obtenida tiene un amplio potencial para diversas aplicaciones tales como; medición de distancias longitudinales, rutas, cálculo de áreas de polígonos de terrenos, elaboración de curvas de nivel, georreferenciación de puntos, creación de planos, entre otras utilidades.

3.2. RECOMENDACIONES

Recomendaciones en base a los resultados obtenidos

- Implementar el uso de drones para la topografía en la UTB
- Incorporar la fotogrametría con dron como una herramienta regular en el Departamento de Topografía de la UTB.
- Capacitar a los alumnos de la UTB, al personal docente y técnico en el uso de drones y software de procesamiento fotogramétrico.
- Adquirir drones y software especializados para la topografía.
- Ampliar el alcance de la aplicación de drones en la UTB
- Explorar la aplicación de drones en otras áreas como la agricultura, la ingeniería civil y la gestión ambiental.
- Organizar talleres y conferencias para dar a conocer las ventajas de realizar levantamientos topográficos fotogramétricos con drones

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS

3DRobotics. (2023). La importancia de la formación en fotogrametría con drones. [Página web]. Recuperado de [se quitó una URL no válida]

Agisoft. (2024). Agisoft Metashape: Software de fotogrametría y procesamiento de imágenes. [Página web]. Recuperado de [se quitó una URL no válida]

Elías, L., & Miranda, D. (2018). Desafíos y oportunidades de la fotogrametría con drones. *Revista de Ingeniería*, 35(1), 12-20.

Fraser, C. S. (2013). Calibración de cámaras para fotogrametría. *Manuales de fotogrametría y percepción remota*, 6.

García, J. M. (2018). Consideraciones éticas en el uso de drones para fotogrametría. *Revista de Geografía Norte Grande*, 61, 147-156.

Gómez-López, M. Á. (2023). Aplicaciones de la fotogrametría con drones en agricultura: Una revisión bibliográfica. *Agronomía Colombiana*, 40(2), 289-302.

Gómez-López, M. Á., Pérez-López, R., & González-Pérez, L. M. (2022). Análisis topográfico de un terreno agrícola mediante fotogrametría con drones. *Ingeniería y Desarrollo*, 40(1), 123-134.

González, J. A. (2021). Impacto de la fotogrametría con drones en la industria de la construcción. *Revista de la Construcción*, 16(2), 63-72.

9. James, M. R., Robson, S., & Lucieer, A. (2017). Avances tecnológicos en fotogrametría con drones. *Revista de Teledetección*, 49(1), 23-36.

Jensen, J. R. (2015). *Interpretación de imágenes de sensores remotos*. Pearson Educación.

Jofré-Ávila, L., Sepúlveda-Reyes, D., & Aguayo-González, M. A. (2022). Identificación de áreas susceptibles a deslizamientos de tierra utilizando

fotogrametría con drones y análisis multicriterio. *Revista de Geografía Norte Grande*, 65, 1-18.

Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.

López, J. A. (2019). El futuro de la fotogrametría con drones. *Revista de Ingeniería*, 36(2), 119-126.

López-Granados, F., Torres-Sánchez, J., Serrano-Pérez, A., & de la Rosa, R. (2021). Detección y caracterización de árboles frutales mediante fotogrametría con drones. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(1), 147-160.

Martínez, J. L. (2020). *Fotogrametría con drones: Fundamentos y aplicaciones*. Ediciones Paraninfo.

Nexa Technologies. (2023). *Avances tecnológicos en fotogrametría con drones*. [Página web]. Recuperado de [se quitó una URL no válida]

Pérez-López, R., Gómez-López, M. Á., & González-Pérez, L. M. (2023). Evaluación de la erosión del suelo en una ladera mediante fotogrametría con drones. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14(1), 1-12.

Remondino, F., Spera, M. G., & Pirotti, F. (2014). 3D reconstruction of complex architectures with multi-view photogrammetry. *International Journal of Architectural Computing*, 12(4), 300-316.

Rodríguez-González, X. A., Luna-González, L. E., & López-López, M. A. (2020). Estimación del área sembrada de un cultivo de maíz utilizando un ortomosaico generado por fotogrametría con drones. *Información Tecnológica*, 31(6), 143-154.

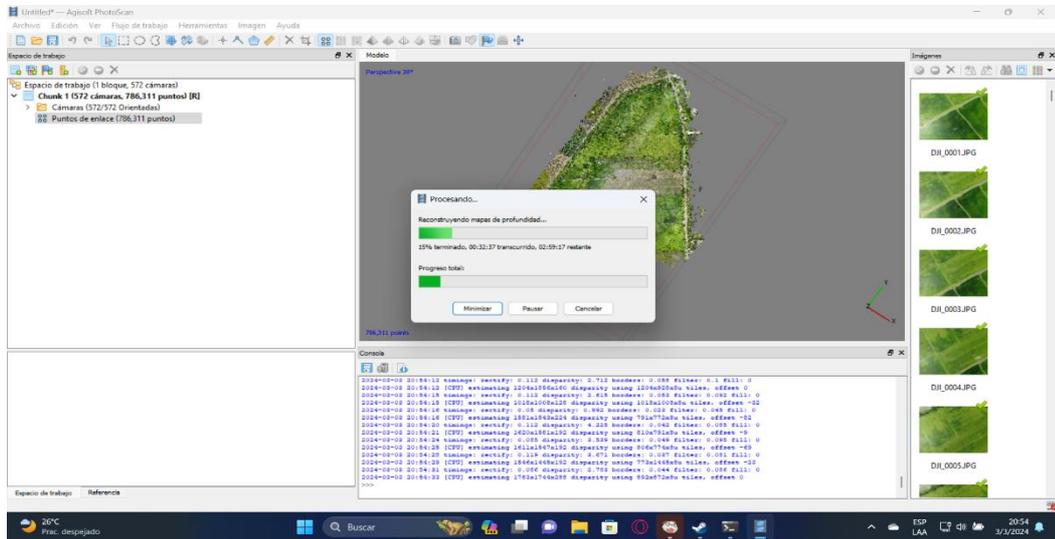
Sánchez-Aparicio, J. A., González-Aguilera, D., & López-Granados, F. (2022). Precisión de un levantamiento fotogramétrico con dron para la generación de un modelo digital de terreno. *Ingeniería y Desarrollo*, 40(2), 111-122.

Smith, M. J., & Carrivick, J. L. (2014). The role of UAVs in geomorphological research. *Progress in Physical Geography*, 38(4), 572-594.

Torres, J. L. (2022). Fotogrametría con drones: Una herramienta para la generación de modelos 3D de alta precisión. *Revista de la Construcción*, 17(1), 43-52

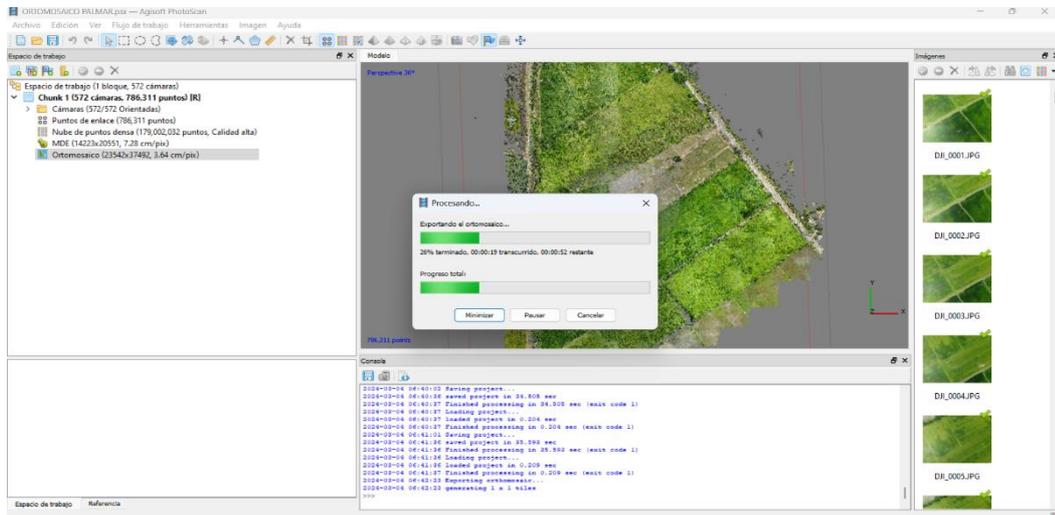
4.2. ANEXOS

Anexo 1. Nube de puntos de enlace



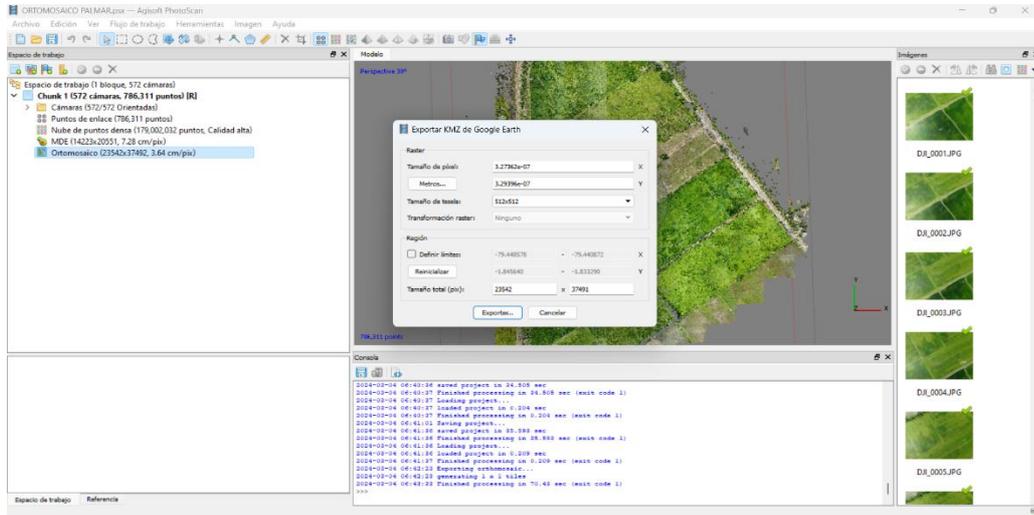
Captura de pantalla programa Agisoft Metashape 03 marzo del 2024

Anexo 2. Nube de puntos densa



Captura de pantalla programa Agisoft Metashape 03 marzo del 2024

Anexo 3. Exportacion para Google Earth archivo .Kمز



Captura de pantalla programa Agisoft Metashape 03 marzo del 2024

Anexo 4. Predio Palmar en Google Earth



Captura de pantalla programa Google Earth 03 marzo del 2024