



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Fotogrametría con RPAs para la determinación de biomasa aérea
en los parques del distrito de Los Olivos, Lima - 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Burgos Ochoa, Jennyfer de Fátima (ORCID: 0000-0001-5823-510X)
Meléndez Jackson, Alexandra Camila (ORCID: 0000-0001-7004-8358)

ASESOR:

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-8683-5054)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedicamos nuestra investigación a Dios, a nuestras madres Laura Ochoa y Rocío Jackson por su apoyo incondicional y ser una motivación de superación constante, de igual manera a Killari Lozano para que siga nuestro ejemplo de lucha constante.

Agradecimientos

Agradecer a Dios por darnos salud, a nuestros seres queridos: Laura Ochoa, Killari Lozano, Amador Lozano, Rocío Jackson y Jhon Huamán porque siempre estuvieron presentes y nunca nos dejaron rendirnos para llegar a nuestra meta. Así mismo, a nuestro asesor el Dr. Carlos A. Castañeda Olivera por sus enseñanzas, consejos y paciencia durante esta etapa final de vida universitaria, a todos los docentes que durante nuestros años de estudios nos brindaron sus conocimientos.

Índice de contenido

Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1 Tipo y diseño de investigación	10
3.2 Variables y operacionalización.....	10
3.3 Población, muestra y muestreo.....	10
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.5 Procedimiento	13
3.5.1 Etapa de campo.....	14
3.5.2 Etapa de gabinete.....	19
3.6 Método de análisis de datos	22
3.7 Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS.....	23
Georreferenciación de puntos de control	23
Plan de vuelo	24
Biomasa aérea.....	26
Captura de carbono	26
Análisis de datos.....	27
V. DISCUSIÓN.....	33
VI. CONCLUSIONES	37
VII. RECOMENDACIONES.....	38
REFERENCIAS.....	39
ANEXOS	48

Índice de tablas

Tabla 1.	Instrumentos de recolección de datos	12
Tabla 2.	Datos de los especialistas.....	12
Tabla 3.	Coordenadas de ubicación de los parques.....	16
Tabla 4.	Coordenadas UTM de puntos de control – WGS84.....	23
Tabla 5.	Plan de vuelo de los 5 parques - campo.....	24
Tabla 6.	Plan de vuelo de los 5 parques - gabinete.....	25
Tabla 7.	Cálculo de biomasa aérea	26
Tabla 8.	Prueba de normalidad para biomasa aérea.....	28
Tabla 9.	Prueba de normalidad para captura de carbono.....	28
Tabla 10.	Correlación de biomasa aérea y captura de carbono	29
Tabla 11.	Estadístico de prueba biomasa aérea.....	31
Tabla 12.	Distribución de captura de carbono	32

Índice de figuras

Figura 1. Flujograma del procedimiento para la determinación de la biomasa aérea	13
Figura 2. Flujograma de la etapa de campo.....	14
Figura 3. Mapa de la ubicación de la zona de estudio	15
Figura 4. Mapa de la ubicación de la muestra	16
Figura 5. Ubicación y lectura de puntos de control	17
Figura 6. Plan de vuelo en el aplicativo PIX4Dcapture	18
Figura 7. Pilotar el RPAs Phantom 4 Pro para la captura de imágenes.....	18
Figura 8. Flujograma de la etapa de gabinete.....	19
Figura 9. Procesamiento en ArcGIS.....	20
Figura 10. Modelo de elevación digital	21
Figura 11. Vista del ortomosaico	21
Figura 12. Cantidad de captura de carbono	27
Figura 13. Resumen de prueba de hipótesis específica uno	31
Figura 14. Resumen de prueba de hipótesis específica dos	32

Resumen

El crecimiento exponencial de la población está generando el deterioro de los ecosistemas por su necesidad de mejora de calidad de vida, por lo que se busca la aplicación de métodos no invasivos para la gestión de los recursos naturales. Por ello, en la presente investigación se aplicó la fotogrametría con RPAs para la determinación de biomasa aérea en 5 parques del distrito de Los Olivos en Lima, Perú. El estudio se realizó en cinco parques, los cuales fueron previamente georreferenciados por un GPS para realizar la captura de las imágenes con el dron Phantom 4 Pro. Las imágenes fueron procesadas con el software Agisoft para calcular la biomasa aérea y captura de carbono de los árboles. Los resultados fueron dados en toneladas de biomasa aérea por hectáreas (t/ha) y toneladas de captura de carbono por hectárea (tC/ha), de modo que, el parque Antonio Raimondi obtuvo 1.217 t/ha y 0.572 tC/ha, el parque Solidaridad obtuvo 1.848 t/ha y 0.868 tC/ha, el parque Cristo Rey obtuvo 9.443 t/ha y 4.438 tC/ha, el parque Juan Pablo II obtuvo 3.694 t/ha y 1.736 tC/ha y el parque Santa Rosa obtuvo 4.260 t/ha y 2.002 tC/ha. En base a los resultados, se concluye que la fotogrametría con RPAs puede calcular la biomasa aérea, siendo una metodología con resultados confiables.

Palabras claves: RPAs, biomasa aérea, captura de carbono, árboles urbanos.

Abstract

The exponential growth of the population is generating the deterioration of ecosystems due to the need to improve the quality of life, so the application of non-invasive methods for the management of natural resources is being sought. Therefore, in the present research, photogrammetry with RPAs was applied to determine aerial biomass in five parks in the district of Los Olivos in Lima, Peru. The study was carried out in five parks, which were previously georeferenced by a GPS to capture images with the Phantom 4 Pro drone. The images were processed with Agisoft software to calculate the aerial biomass and carbon sequestration of the trees. The results were given in tons of aerial biomass per hectare (t/ha) and tons of carbon sequestration per hectare (tC/ha), so that Antonio Raimondi Park obtained 1,217 t/ha and 0.572 tC/ha, Solidaridad Park obtained 1,848 t/ha and 0.868 tC/ha, Cristo Rey Park obtained 9,443 t/ha and 4,438 tC/ha, Juan Pablo II Park obtained 3,694 t/ha and 1,736 tC/ha and Santa Rosa Park obtained 4,260 t/ha and 2,002 tC/ha. Based on the results, it is concluded that photogrammetry with RPAs can calculate aerial biomass, being a methodology with reliable results.

Keywords: RPAs, aerial biomass, carbon sequestration, urban trees.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, estamos experimentando un crecimiento exponencial en la población lo cual está generando un deterioro no programado en los ecosistemas (He et al., 2021), este problema tiene origen en su gran mayoría por la necesidad de la población de contar con servicios, industrias y mejorar su calidad de vida, sin embargo, lo que provoca a su vez es un incremento de los problemas medioambientales como lo son: el efecto invernadero, contaminación sonora y variación de las temperaturas entre otros (Zhao y Hu, 2017).

La OMS recomienda que por cada habitante debe existir entre 9 y 11 metros cuadrados (m^2) de áreas verdes (Pauchard and Barbosa, 2013), sin embargo, en América Latina no todos los países cumplen con esta recomendación, como es en la ciudad Buenos Aires según los datos del censo de 2010, el ratio de superficie de parques verdes públicos es de $3.0 m^2$ por habitante (INDEC, 2010), mientras que, Lima tiene $2.1 m^2$ de áreas verdes por habitante (INEI, 2014), privando así a la población de contar con servicios ambientales y generando impactos negativos en la reducción de la huella de carbono.

La huella de carbono en la actualidad puede ser medida de múltiples formas, una de las más precisas es por medio de la biomasa aérea forestal (AGB) siendo un indicador que realiza valoraciones de las emisiones de carbono y alteraciones de la tierra producto de su uso desmedido (Muukkonen and Heiskanen, 2007; Baccini et al., 2017).

La biomasa como tal puede ser calculada por el método directo o el método indirecto por medio de un cálculo aproximado (Meza, 2015), por un lado, el método directo consiste en derribar y seleccionar árboles en distintos diámetros mientras que el método indirecto considera variables que se puedan medir con mayor facilidad obviando el requerimiento de la tala (Roik et al., 2020).

En el ámbito práctico, el método indirecto puede ser aplicado por medio de secado de hojas, mediciones de diámetro, altura del árbol, ecuaciones alométricas, teledetección y **fotogrametría**, siendo este último el que utiliza imágenes LIDAR (detección y localización de imágenes por láser) y UAV (vehículos aéreos no tripulados) (Heinrich et al., 2021; Su et al., 2020), este método práctico en conjunto

con la implementación de tecnologías, se convierten en una nueva herramienta para el cálculo de la biomasa que no genera un impacto negativo como si lo tiene el método directo.

Considerando el informe emitido por el Ministerio del Ambiente, de los 43 distritos de Lima solo 5 cumplen con las recomendaciones emitidas por la OMS, mientras que en Lima Norte el distrito de Los Olivos el más próximo a cumplir con los parámetros recomendados (MINAN, 2018), por lo que se determinó el distrito en mención como zona de estudio.

Teniendo en cuenta lo mencionado en párrafos previos, se planteó como **problema general**: ¿Cuánto es la biomasa aérea sobre los árboles de los parques del distrito de Los Olivos utilizando fotogrametría con RPAs?, y como **problemas específicos**: ¿Cuáles son las características del plan de vuelo en los árboles de los parques del distrito de Los Olivos utilizando fotogrametría con RPAs? y ¿Cuánto es la captura de carbono en los árboles de los parques del distrito de Los Olivos utilizando fotogrametría con RPAs?.

Como **justificación**, el presente estudio buscó determinar la cantidad de captura de carbono realizado por los árboles urbanos, esto con la finalidad que los pobladores del distrito de Los Olivos puedan tener una calidad de vida óptima como sociedad, pudiendo disfrutar de los servicios ambientales y espacios recreacionales, desde la perspectiva ambiental la presente investigación no generó impactos negativos dado que se aplicó tecnologías no invasivas como lo es el RPAs por medio de fotogramas teniendo como beneficio adicional altos niveles de precisión en contraste con métodos tradicionales, para finalizar dado que la presente investigación tomó como muestra un procesamiento de imágenes obtenidas por el RPAs, se reduce las horas hombre en campo generando el uso de los recursos de forma más eficiente.

Considerando las condiciones vigentes detalladas en numerales previos, se estableció como **objetivo general**: calcular la biomasa aérea sobre los árboles de los parques del distrito de Los Olivos utilizando fotogrametría con RPAs y como **objetivos específicos**: determinar las características del plan del vuelo sobre los árboles de los parques del distrito de Los Olivos utilizando fotogrametría con RPAs

y estimar la captura de carbono sobre los árboles de los parques del distrito de Los Olivos utilizando fotogrametría con RPAs.

Para finalizar, se planteó como **hipótesis general**: existe una relación entre la biomasa aérea y la captura de carbono mediante la fotogrametría con RPAs en los parques del distrito de Los Olivos, mientras que se estableció como **hipótesis específicas**: la distribución de biomasa aérea en los parques del distrito de Los Olivos usando el método de fotogrametría con RPAs no es igual por las características del plan de vuelo y la captura de carbono en los cinco parques del distrito de Los Olivos no es igual utilizando la fotogrametría con RPAs.

II. MARCO TEÓRICO

En las últimas décadas el procesamiento de imágenes ha ganado mayor notoriedad en el desarrollo de actividades profesionales dentro de las cuales encontramos la teledetección y fotogrametría.

Pérez y Muñoz (2006) afirman que la teledetección es un conjunto de técnicas en donde se adquiere información mediante la captura, procesamiento y análisis de imágenes digitales tomadas por satélites artificiales. Esto permite que se genere datos en diferentes escalas respecto a áreas geográficas de gran magnitud y que por lo general tienden a ser inaccesibles (Kumar and Mutanga, 2017).

Por otro lado, Quirós (2014) menciona que la fotogrametría es la ciencia que utiliza las fotografías mediante las cuales se realizan medidas, con la finalidad de otorgar precisión, dimensión y posición de un objeto en el espacio, y a la vez se puedan generar planos y mapas para un posterior estudio.

Así mismo se han logrado definir dos clasificaciones:

1. En función al instrumento utilizado, incluye fotogrametría analógica, analítica y digital.
2. En función a la distancia del objeto tiene fotogrametría espacial, aérea y terrestre (Quirós, 2014).

Con la finalidad de ir generando mejores resultados, la fotogrametría ha logrado implementar el RPAs (Aeronave Pilotada Remotamente), este es un sensor remoto que brinda información detallada y explícita (Sánchez et al., 2016), en la toma de muestras, todo esto por medio de controles realizados a distancia que permiten tener panoramas con mayor amplitud y llegar a lugares poco accesibles.

El uso de fotogrametría para estudios de teledetección no es una ciencia moderna, Sánchez et al. (2016) realizaron una investigación en donde se utilizaron datos LiDAR, imágenes por satélite y fotogrametría mediante RPAs esto con la finalidad de estimar la biomasa forestal y el carbono capturado, por otro lado Marín et al. (2019) emplearon imágenes satelitales para determinar la absorción del CO₂ en árboles de eucalipto en un área de 249.78 Ha donde, tuvieron como resultado

7468.64 toneladas de CO₂ (tCO₂/Ha/año), este cálculo fue posible gracias a la aplicación de funciones matemáticas y el uso de la fotogrametría.

Otros autores como Lin et al. (2018), utilizaron a la teledetección como un sistema innovador por medio del uso de un índice de vegetación mejorado (EVI), esto les permitió obtener resultados de la biomasa forestal de la selva tropical en la isla de Hainan la cual se distribuye principalmente en las áreas montañosas centrales y meridionales.

En el estudio de Kumar et al. (2021) estimaron el AGB del bosque reservado de Tundi utilizando imágenes del satélite Sentinel-2 para la teledetección, los resultados fueron que el AGB forestal en promedio fue de 463 toneladas por hectárea, lo que tuvo relación con estudios previos, por lo tanto, demostró una coincidencia de más del 90%.

Como se pudo observar, la implementación de RPAs en la fotogrametría trajo consigo aportes científicos, sin embargo, no podemos dejar de mencionar los beneficios tangibles generados como:

1. Tener acceso a áreas pequeñas, inaccesibles y vulnerables (Jimenez and Mulero, 2019).
2. Reducción de impactos ambientales que causan los métodos convencionales (Petris, Sarvia and Borgogno, 2020).
3. Calcular la biomasa aérea al generar un modelo de elevación de terreno (MDT) (Marcos et al., 2016).

Respecto a este último punto, investigaciones como las de Isibue and Pingel (2020) utilizaron UAV para medir bosques urbanos, obteniendo como resultados que respecto a la altura de los árboles las mediciones son similares de la forma manual (indirecto), y recomiendan que para el diámetro del árbol se debe realizar unos ajustes en los parámetros del UAV para alcanzar resultados precisos. Así mismo, Kolanuvada and Ilango, (2021) para calcular la biomasa del árbol utilizaron diámetro de la copa y altura, datos obtenidos del UAV, teniendo resultados semejantes a los datos obtenidos en campo de los árboles de muestra. Finalmente,

Marcos et al. (2016) utilizaron la fotogrametría con RPAs para estimar la biomasa en parcelas agrícolas, a partir de la información obtenida de los drones se redujeron los errores por interpolación de datos muestrales, disminuyendo tiempo, trabajo en campo y costos. De esta forma, reafirmaron que estas tecnologías son claves para determinar la biomasa aérea y por ende la cantidad de carbono.

La determinación de la biomasa aérea es un paso previo para realizar el cálculo del **secuestro del carbono** que es, la capacidad de fijación de carbono en los árboles, los cuales son un gran depósito de carbono en las ciudades y tienen una función purificadora del aire, mejorando el clima y el entorno ecológico (Zhao and Hu, 2017). La **biomasa**, es la cantidad de materia orgánica y energía acumulada por la fotosíntesis de las plantas en un área determinada (Lin et al., 2018). Esta se puede encontrar por debajo del suelo y encima del suelo (FAO, 2010):

- Biomasa por debajo del suelo, proviene de las raíces vivas, materia orgánica del suelo y hojarasca.
- La biomasa por encima del suelo conocida como **biomasa aérea (AGB)** es la cantidad de materia orgánica ubicada por encima del suelo que incluye hojas, ramas, tronco y corteza (FAO, 2010). Esta es la más relevante porque constituye el 30% de la reserva total de carbono del ecosistema terrestre (Kumar and Mutanga, 2017).

En este sentido, la estimación de biomasa aérea en árboles es importante debido a que es un parámetro para estudios ambientales e iniciativas de conservación y mitigación del calentamiento global ya que estos almacenan y secuestran grandes cantidades de carbono, su seguimiento es necesario para mantener el ciclo vital de la tierra (Gonzales, Fries and Bendix, 2019; Kolanuvada and Ilango, 2021), por tal motivo, los árboles urbanos tienen un papel fundamental en la eliminación de contaminantes del aire y como servicio ecosistémico, para lograr el desarrollo sostenible de la ciudad (Yadav, Choksi and Zaveri, 2019).

Existen estudios para estimar la biomasa aérea en donde utilizaron imágenes del UAV para comparar sus resultados con otros métodos y equipos en campo, los cuales fueron competitivos al reafirmar su precisión y eficacia utilizando el modelo

de crop model surface (CMS) para predecir la biomasa (Bendig et al., 2014). En el proyecto realizado en el centro histórico de la ciudad de Siena el cual tiene una superficie total de 169,64 Ha, de las cuales solo 71,54 Ha son áreas verdes, determinando la capacidad de absorción de CO₂ del ecosistema, siendo 330,50 t de CO₂ año⁻¹, según los tipos de vegetación presentes como árboles, olivares, viñedos, bambú, hierba y verduras, mostrando una notable eficiencia de almacenamiento de carbono esto en contraste con otra zona con alta densidad poblacional donde los resultados fueron 1,95 t de CO₂ año⁻¹ (Marchi et al., 2017).

Con la finalidad de obtener resultados confiables al realizar la captura de imágenes utilizando RPAs se debe seguir los siguientes pasos:

1. Delimitar un **área de estudio** físico en la tierra con posición conocida respecto a un sistema de coordenadas, para lograr esto se utilizan equipos GPS con una mayor precisión milimétrica (Cisneros et al., 2019).

Para el trabajo se seleccionó un **parque distrital** destinado a ofrecer servicios de recreación a la población y su área está en función al tamaño poblacional del distrito. Estos parques cuentan con arbolado urbano, que constan de diferentes especies ubicadas en un espacio necesario para su desarrollo (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014), estos árboles ofrecen **servicios ambientales** proporcionando diversos beneficios como: purificar el aire, disminuye las inundaciones, reduce el ruido, regula el clima local, secuestro de CO₂, recreación y cultura (Crocini et al., 2021).

2. Determinar un **plan de vuelo** incluyendo los cálculos previos a la realización de un vuelo fotogramétrico, con la finalidad que este sea realizado con parámetros establecidos de altura, que la cámara de la aeronave tome imágenes constantemente asegurando un traslape adecuado y se obtenga el máximo aprovechamiento de las baterías garantizando que la aeronave no pierda conexión con el sistema GPS (Claros, Guevara y Pacas, 2016). El plan de vuelo nos ayuda a evitar exponer a la aeronave a obstáculos como cables y torres de alta tensión. Otros autores como, Xu et al. (2021) señalan que los vehículos aéreos no tripulados (UAV) deberían volar a una altura que va de 50

a 300 metros, proporcionando mayor densidad de puntos. Por ello, es importante establecer un plan de vuelo donde se cumplan los parámetros establecidos para cada área de estudio a sobrevolar, ya que esto va a garantizar que las imágenes tengan la información necesaria para el procesamiento de estas.

3. Seleccionar el **equipo de captura de imágenes**, para ello se optó por el dron Phantom 4 Pro es un modelo de dron profesional con una potente evitación de obstáculos, cuenta con una cámara capaz de emitir fotografías en una resolución máxima de 5472 x 3648 y una ratio de aspecto 3:2, así mismo posee un tiempo máximo de vuelo de 30 minutos, en el **Anexo 2** se describe brevemente las características generales del dispositivo a utilizar y de su cámara (DJI, Perú).

4. Procesamiento de imágenes, se tiene que hacer un ajuste de precisión milimétrica usando las coordenadas que se tomaron en campo con la aplicación móvil SW Maps que se usa para recopilar, presentar y compartir información geográfica (Rolavi GNSS, 2021), para después procesar los datos en el software ArcGIS, plataforma completa en la cual las personas pueden trabajar con información geográfica y aplicarla (Esri, 2021) para generar las coordenadas UTM. Al obtener las coordenadas se trabaja con las fotografías en el software Agisoft Metashape, debido que permite realizar tratamiento fotogramétrico de imágenes satelitales, imágenes de cámaras RGB y multiespectrales, obteniendo información en forma de nubes de puntos densas, modelos poligonales texturizados, ortomosaico reales, modelo digital de superficie (MDS) y modelo digital de terreno (DTM). El post – procesamiento permite extraer información para ser procesados en otro software como ArcGIS, AutoCAD, etc. (Agisoft, 2020).

El **ortomosaico** es el resultado de un conjunto de imágenes fotogramétricamente ortorectificada, es decir, georreferenciadas y corregidas de distorsiones geométricas y se realiza un balance de color de las imágenes,

las cuales son generadas a partir de las fotografías aéreas (Claros, Guevara y Pacas, 2016).

En fotogrametría se trabaja con modelos digitales, siendo el **modelo digital de superficie** (MDS) la representación de los elementos que se encuentran en la superficie terrestre como espacios verdes, infraestructura y el mismo terreno, por otro lado, el **modelo digital del terreno** (MDT) es la reproducción de la superficie terrestre removiendo todo elemento ajeno al mismo, como espacios verdes, edificación entre otros (INEGI, 2019), la diferencia de ambos modelos generan el modelo de superficie de cultivo (CMS), (Bendig et al., 2014).

Los aportes de las investigaciones revisadas otorgan el conocimiento previo para el desarrollo del estudio presentado, en el que se buscó determinar la biomasa aérea a través de la fotogrametría con RPAs y con ese resultado se calculó la cantidad de carbono en los árboles urbanos, esto con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población, dejando como precedente esta investigación como base para mejorar la gestión del arbolado urbano.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La presente investigación se trabajó desde un **enfoque cuantitativo**, utilizando la recolección de datos para realizar un análisis con la finalidad de comprobar las hipótesis planteadas, confiando en la medición de variables y en los instrumentos de investigación (Ñaupas et al., 2014).

La investigación fue de **tipo aplicada** porque tomó como base otras investigaciones, para formular problemas e hipótesis y así buscar soluciones a los problemas sociales (Ñaupas et al., 2014). La investigación aplicada tiene como objetivo resolver problemas específicos tomando como base la investigación.

El presente estudio fue de **diseño no experimental** de tipo **transversal correlacionales-causales** debido a que no se manipularon las variables, y no se tuvo control directo sobre ellas, además las variables están relacionadas entre sí en un momento determinado (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.2 Variables y operacionalización

La variable independiente es considerada la causa en una relación entre variables y la variable dependiente conocida como el resultado de la acción de la variable independiente. La operacionalización de variables es interpretar las variables a indicadores para que se puedan medir (Bernal, 2010).

En la investigación se trabajó con la **variable independiente** fotogrametría con RPAs y como **variable dependiente** fue estimación de biomasa área. Las dimensiones fueron puntos de control, plan de vuelo, biomasa aérea y captura de carbono. La operacionalización de dichas variables se muestra en el **Anexo 1**.

3.3 Población, muestra y muestreo

La población es el conjunto de elementos que comparten similares características (Bernal, 2010), se tomó como **población** a todos los árboles presentes en los parques del distrito de Los Olivos.

La muestra es una parte de la población del cual se va a obtener la información para el desarrollo de cualquier estudio (Bernal, 2010), como **muestra** se

seleccionaron la cantidad de árboles de los cinco parques, los cuales fueron: Antonio Raimondi, Solidaridad, Cristo Rey, Juan Pablo II y Santa Rosa.

El muestreo se realiza con la finalidad de obtener muestras representativas que generen resultados confiables. Existen diferentes métodos, los cuales son el probabilístico y el no probabilístico, este último fue un procedimiento que no utilizó cálculos de probabilidad, dentro de ellos encontramos muestreo por juicio, cuota y accidental (Ñaupas et al., 2014). La técnica de **muestreo** que se utilizó en la presente investigación es **no probabilística por cuota y conveniencia** debido a que la muestra para el estudio fue determinada a criterio de las investigadoras.

La unidad de análisis es el elemento básico del estudio para analizar el contenido (Ñaupas et al., 2014). La **unidad de análisis** que se utilizó fueron los árboles, con los cuales se determinó la biomasa aérea.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de investigación son los procedimientos y herramientas con las que se recogen los datos necesarios para poder contrastar nuestras hipótesis. Entre las técnicas, la observación es la más antigua y confiable, sirve para recoger datos e información, para verificar las hipótesis (Ñaupas et al., 2014). La **técnica** que se utilizó fue la **observación**, considerando que se obtuvieron las características del objeto de estudio con la ayuda de instrumentos para poder procesar la información.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos consistieron en tres fichas de registro, estas se mencionan en la **Tabla 1** y se detallan en el **Anexo 3**:

Tabla 1. Instrumentos de recolección de datos

Número	Nombre de instrumentos	Componentes				
Ficha 01	Ubicación y lectura de los puntos de control con GPS GNSS - RTK	Coordenadas		Puntos de control		
Ficha 02	Plan de vuelo y levantamiento con el RPAs Phantom 4 Pro	Área	Altura	Tiempo	GSD	Cant. de fotografías
Ficha 03	Estimación de la biomasa aérea y cantidad de carbono	Área	Ecuación alométrica	Biomasa aérea	Cant. de carbono	

3.4.1 Validez y confiabilidad de los instrumentos

La validez, es lo que tiene valor, fuerza y eficacia para producir un efecto con un grado de control y posibilidad de generar resultados al investigador. Mientras, la confiabilidad le otorga confianza a un instrumento, puesto que se aplicó en condiciones iguales o similares, dando los mismos resultados (Ñaupas et al., 2014).

En la presente investigación se solicitó la validación de los instrumentos, las mismas que estuvieron a cargo de 3 especialistas (**Tabla 2**) de la escuela de ingeniería ambiental de la Universidad César Vallejo – Lima Norte. Estas validaciones se pueden visualizar en el **Anexo 4**.

Tabla 2. Datos de los especialistas

N°	Especialistas	Especialidad	CIP
1	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto	Tecnología mineral y ambiental	130267
2	Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio	Ingeniería química y ambiental.	25450

3	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio	Recursos hídricos y medio ambiente	89972
---	--------------------------------	------------------------------------	-------

3.5 Procedimiento

La ejecución del trabajo se realizó en dos etapas, una en campo y otra de gabinete. Esto fue aplicado en los cinco parques seleccionados, los cuales son descritos en el siguiente flujograma (**Figura 1**).

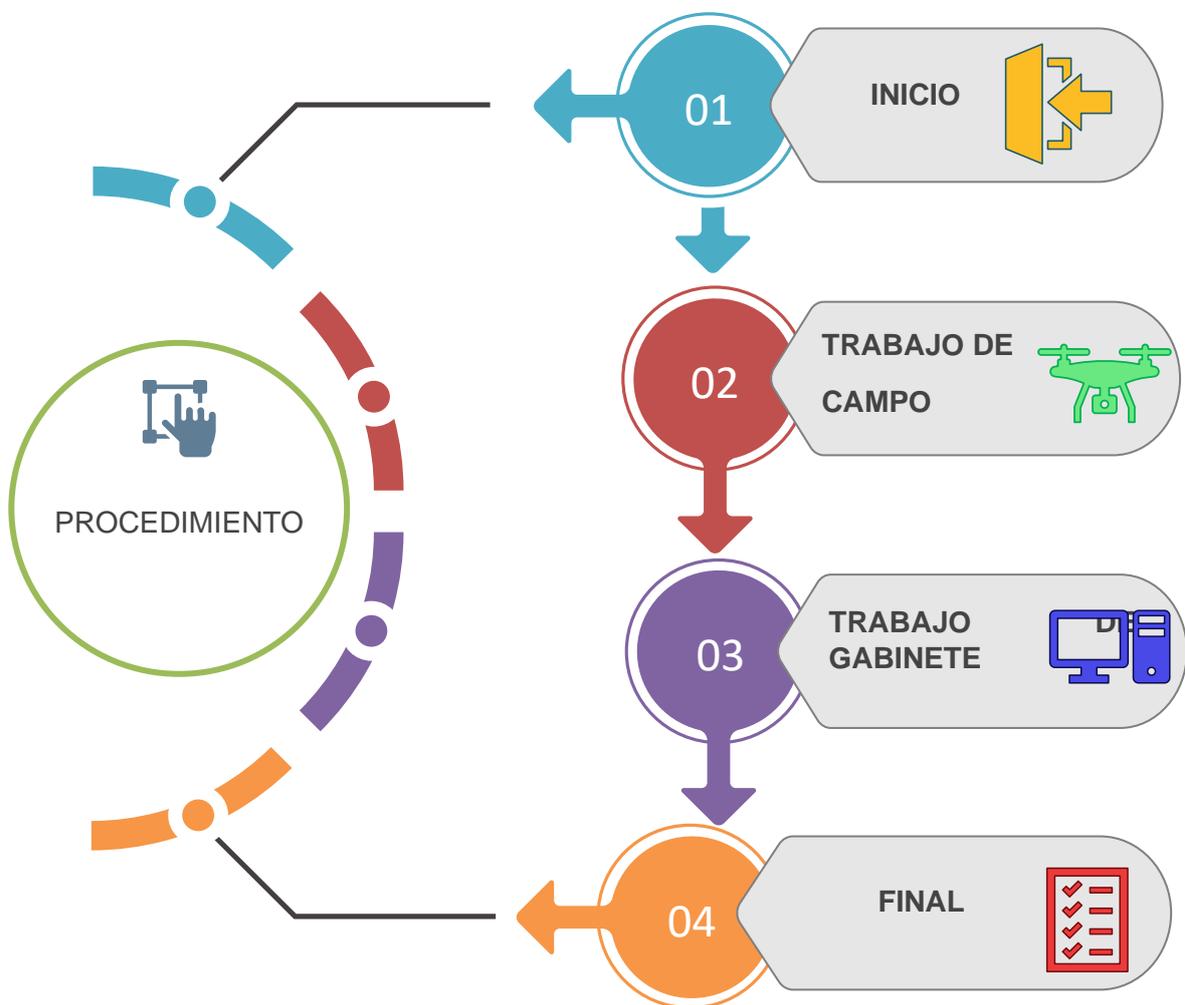


Figura 1. Flujograma del procedimiento para la determinación de la biomasa aérea

3.5.1 Etapa de campo

En la **Figura 2** se visualiza el diagrama en donde se detallan las fases de la etapa de campo:



Figura 2. Flujograma de la etapa de campo

Fase 1. Reconocimiento de la zona de estudio: La zona de estudio fue el distrito de Los Olivos (**Figura 3**), donde se hizo el reconocimiento de los parques para posteriormente seleccionar la muestra representativa.

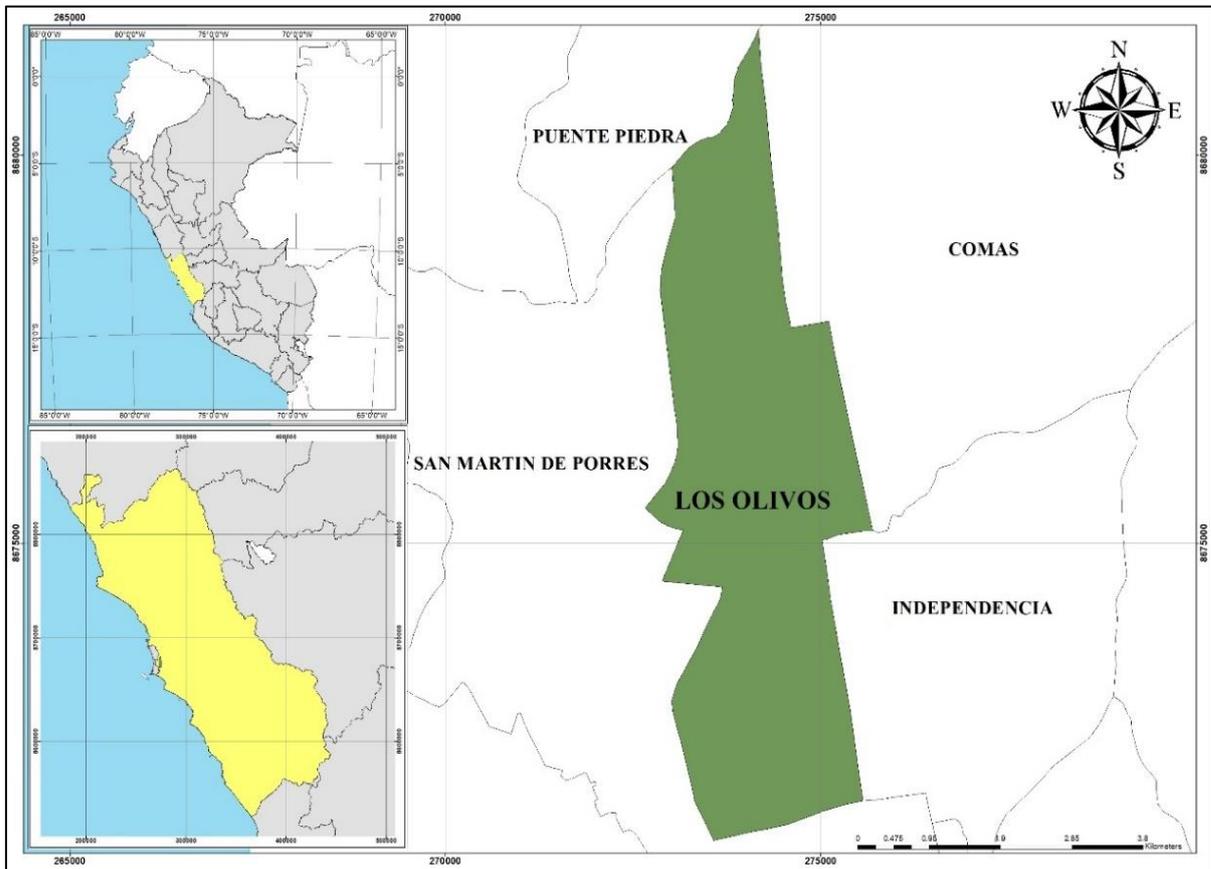


Figura 3. Mapa de la ubicación de la zona de estudio

Fase 2. Selección de las áreas de estudio: La muestra se eligió a conveniencia, juicio y criterio de las investigadoras, considerando la densidad arbórea de los parques cuyos nombres son: Antonio Raimondi, Solidaridad, Cristo Rey, Juan Pablo II y Santa Rosa, como se muestra en la **Figura 4**, así mismo, se describen las coordenadas UTM de ubicación de cada parque en la **Tabla 3**.



Figura 4. Mapa de la ubicación de la muestra

Tabla 3. Coordenadas de ubicación de los parques

N°	Nombre del parque	Coordenadas	
		Norte	Este
1	Antonio Raimondi	8674897.00 m	273937.00 m
2	Solidaridad	8674855.00 m	274218.00 m
3	Cristo Rey	8674852.00 m	274462.00 m
4	Juan Pablo II	8674872.00 m	274848.00 m
5	Santa Rosa	8674924.00 m	273572.00 m

Fase 3. Ubicación y lectura de los puntos de control: Seleccionadas las áreas de estudios se establecieron cinco puntos de control por cada parque, estos fueron marcados en los extremos y centro con pintura esmalte de una longitud de 1 metro por 1 metro aproximadamente, como se visualiza en la **Figura 5**, luego con el

método RTK (Real Time Kinematic) se realiza la georreferenciación de los puntos utilizando el equipo GPS de marca Rolavi y el aplicativo SW MAPS, así mismo, el punto base utilizado tiene el código CAL01390 el cual cuenta con la certificación del Instituto Geográfico Nacional (IGN) que se muestra en el **Anexo 5**.



Figura 5. Ubicación y lectura de puntos de control

Fase 4. Planificación del plan de vuelo: Tomando en cuenta el clima y verificando las áreas se planificó el vuelo tomando los siguientes parámetros como área, tiempo, altura, distancia de muestra del suelo (GSD), los cuales fueron configuradas en el aplicativo PIX4Dcapture como se puede ver en la **Figura 6**, este se instaló en un iPad que fue utilizado como control remoto del RPAs.

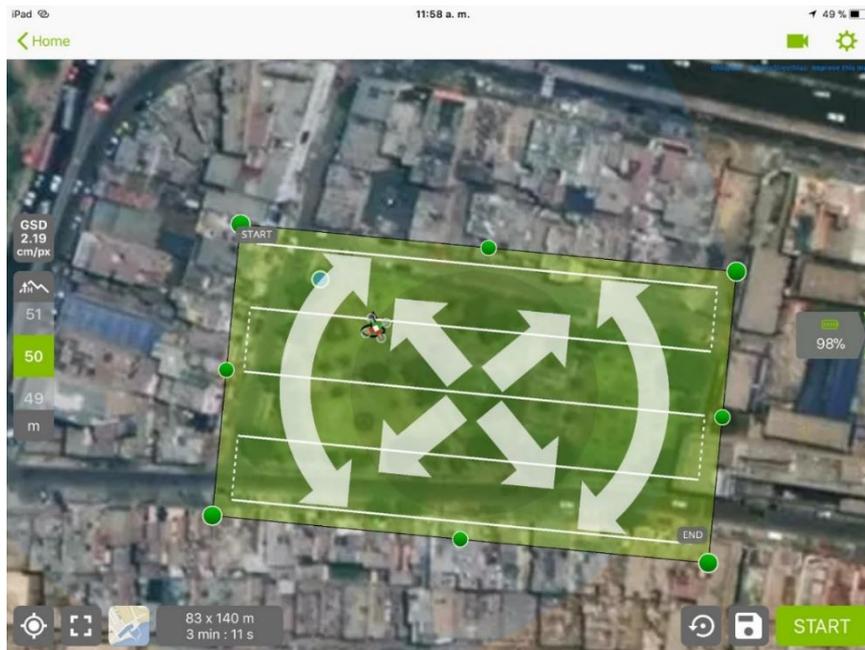


Figura 6. Plan de vuelo en el aplicativo PIX4Dcapture

Fase 5. Levantamiento de la información con el RPAs: Se procedió a sobrevolar los cinco parques utilizando el RPAs modelo Phantom 4 Pro, realizándose una captura de imágenes, tal como se observa en la **Figura 7**.



Figura 7. Pilotar el RPAs Phantom 4 Pro para la captura de imágenes

3.5.2 Etapa de gabinete

En la **Figura 8** se visualiza el diagrama en donde se detallan las fases de la etapa de gabinete:



Figura 8. Flujograma de la etapa de gabinete

Fase 1. Post procesamiento de los puntos de control: Una vez recolectados los datos de cada parque, se exportó en formato shapefile para ser procesado en el software ArcGis y obtener las coordenadas UTM de la georreferenciación de cada parque, como se visualiza en la **Figura 9**.

Point ID	Name	Date	X	Y	Z	...
1	Point	10/10/2012	10 10 10	10 10 10	10 10 10	...
2	Point	10/10/2012	10 10 10	10 10 10	10 10 10	...
3	Point	10/10/2012	10 10 10	10 10 10	10 10 10	...
4	Point	10/10/2012	10 10 10	10 10 10	10 10 10	...
5	Point	10/10/2012	10 10 10	10 10 10	10 10 10	...
6	Point	10/10/2012	10 10 10	10 10 10	10 10 10	...
7	Point	10/10/2012	10 10 10	10 10 10	10 10 10	...
8	Point	10/10/2012	10 10 10	10 10 10	10 10 10	...
9	Point	10/10/2012	10 10 10	10 10 10	10 10 10	...
10	Point	10/10/2012	10 10 10	10 10 10	10 10 10	...

Figura 9. Procesamiento en ArcGIS

Fase 2. Procesar las imágenes en el software Agisoft Metashape: Se importaron los fotogramas y los puntos de control que fueron ajustados milimétricamente en norte, este y elevación. Una vez orientadas los fotogramas y coordenadas en alta calidad, se generó la nube de puntos densa y se filtró la información de terreno (MDT) y vegetación alta (MDS) que consideró los árboles, generando un modelo de elevación digital (MDE) para cada uno (**Figura 10**). Para visualizar la imagen del área trabajada se generó el ortomosaico que se visualiza en la **Figura 11** y en el **Anexo 6**. Finalmente, se exportó un informe de procesamiento por cada parque (**Anexo 7**) donde se detalla todos los ajustes realizados.

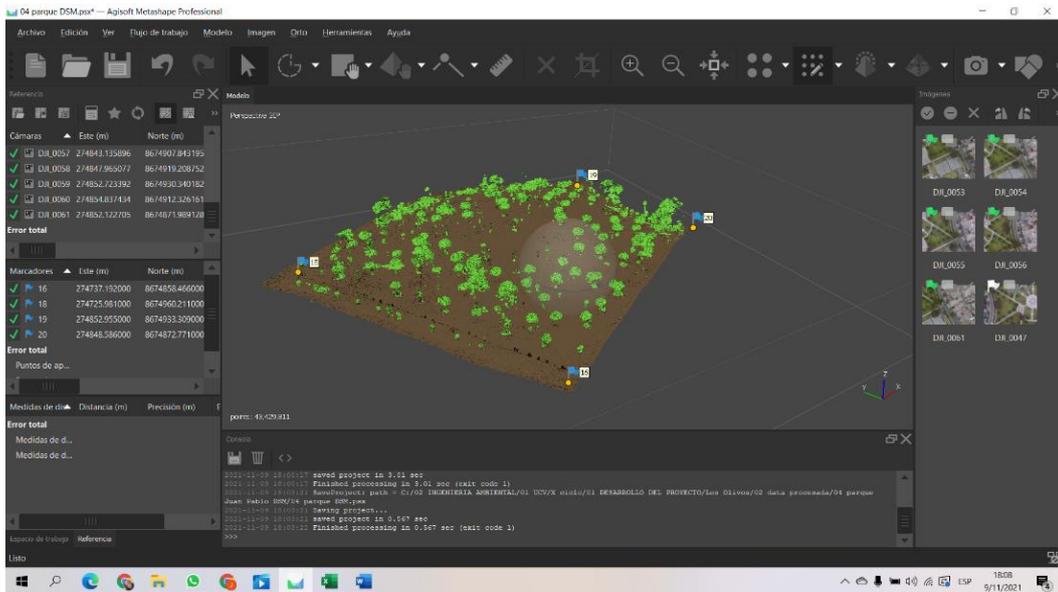


Figura 10. Modelo de elevación digital



Figura 11. Vista del ortomosaico

Fase 3. Cálculo de la biomasa aérea: Se procesó en Excel y se consideró la altura de cada árbol (mayor a 2.5 metros como lo especifica la Municipalidad Metropolitana de Lima, 2021) esto sirve para determinar el diámetro de altura de pecho (DAP) del árbol. Para ello, se utilizó la fórmula establecida por Isibue and Pingle (2020). Mientras, para el cálculo de la biomasa en árboles se utilizó la fórmula general para las regiones Costa y Sierra que establece el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2019).

Fórmula del DAP: $DBH = (0.0128 \times Height^{1.3797})$

Fórmula de cálculo de biomasa aérea: $0,112 \times (\rho \times dap^2 \times ht)^{0.916}$

Fase 4. Estimación de carbono: Los resultados obtenidos de la biomasa aérea (BA) se multiplicó con la constante “0.47” establecido por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2019).

Fórmula de captura de carbono: $C = (Ba \times 0.47)$

3.6 Método de análisis de datos

El postproceso de los datos obtenidos de los puntos de control se realizó en el aplicativo de recolección de datos SW Maps y software ArcGis, los datos recolectados en campo con el vuelo del RPAs fueron procesados en el programa Agisoft Metashape para obtener el ortomosaico por cada parque estudiado cumpliendo los objetivos establecidos en la investigación y para comprobar nuestras hipótesis planteadas se aplicaron la estadística inferencial y descriptiva utilizando el programa IBM-SPSS Statistics.

3.7 Aspectos éticos

La presente investigación contó con información fiable obtenida de revistas indexadas las cuales fueron citadas debidamente usando la norma ISO 690 y respetando el código de ética para la investigación. Se usó la línea de investigación establecida por la escuela de profesional de ingeniería ambiental, así como la guía de elaboración del trabajo de investigación y tesis para la obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Universidad César Vallejo, según la resolución del Vicerrectorado de investigación N°011-2020-VI-UCV. Para la validación de instrumentos se tuvo la aprobación de los profesionales y con el fin de verificar el nivel de originalidad se utilizó el software Turnitin.

IV. RESULTADOS

Georreferenciación de puntos de control

En la **Tabla 4** se muestran las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) de los veinticinco puntos de control georreferenciados en el sistema WGS84.

Tabla 4. Coordenadas UTM de puntos de control – WGS84

Nombre del parque	Descripción	Este	Norte	Elevación
Antonio Raimondi	P1	273898.251	8674859.246	79.202
	P2	273916.292	8674926.875	79.957
	P3	274006.210	8674913.686	80.484
	P4	274012.736	8674852.582	80.276
	P5	273937.142	8674897.106	80.012
Solidaridad	P6	274140.455	8674844.278	81.502
	P7	274148.487	8674882.463	81.350
	P8	274271.554	8674820.209	82.167
	P9	274270.697	8674886.429	82.536
	P10	274218.880	8674855.282	82.058
Cristo Rey	P11	274523.973	8674783.556	83.664
	P12	274494.905	8674923.754	84.161
	P13	274416.527	8674911.535	83.587
	P14	274417.645	8674798.937	83.070
	P15	274462.865	8674852.109	83.716
Juan Pablo II	P16	274737.192	8674858.466	85.490
	P17	274786.729	8674917.240	86.339
	P18	274725.981	8674960.211	86.061
	P19	274852.955	8674933.309	86.959

	P20	274848.586	8674872.771	86.562
Santa Rosa	P21	273670.333	8674925.439	76.437
	P22	273666.398	8674892.735	73.384
	P23	273519.500	8674908.742	75.492
	P24	273532.701	8674967.759	76.057
	P25	273572.182	8674924.949	75.446

Toda la información capturada con el GPS Rolavi de los puntos de control fueron procesados para obtener las coordenadas UTM en el sistema WGS84, cuyos resultados se mostraron en la **Tabla 4** los cuales fueron 25 puntos de control que corresponden a los 5 parques, estas coordenadas tienen una precisión milimétrica y estos servirán para hacer los ajustes en el procesamiento de imágenes.

Plan de vuelo

En la **Tabla 5 y 6** se observa el plan de vuelo específico de cada parque según los parámetros establecidos.

Tabla 5. Plan de vuelo de los 5 parques - campo

Nombre del parque	Área a sobre volar m ²	Altura de vuelo (m)	Tiempo de vuelo (min)	GSD (cm/px)	Cantidad de fotografías (u)
Antonio Raimondi	11 620	50	3 min 11 s	2.19	44
Solidaridad	14 112	50	3 min 32 s	2.19	55
Cristo Rey	25 900	50	5 min 10 s	2.19	126
Juan Pablo II	22 379	50	4 min 38 s	2.19	60

Santa Rosa	14 534	60	2 min 59 s	2.62	39
------------	--------	----	------------	------	----

Tabla 6. Plan de vuelo de los 5 parques - gabinete

Nombre del parque	Área a sobre volar m ²	Altura de vuelo (m)	Tiempo de vuelo (min)	GSD (cm/px)	Cantidad de fotografías (u)
Antonio Raimondi	11 620	51.9	3 min 11 s	1.95	44
Solidaridad	14 112	51.9	3 min 32 s	1.95	55
Cristo Rey	25 900	51.9	5 min 10 s	1.95	126
Juan Pablo II	22 379	51.9	4 min 38 s	1.95	60
Santa Rosa	14 534	65.5	2 min 59 s	2.36	39

Como se observó en la **Tabla 5**, antes del vuelo de los RPAs para cada parque se establecieron parámetros en los cuatro primeros parques se utilizó una misma altura de 50 m, debido a que eran zonas despejadas, obteniendo un GSD de 2.19 cm/px. Sin embargo, en el parque Santa Rosa la altura de vuelo fue de 60 m, porque había un condominio residencial con un GSD de 2.62 cm/px. Después del procesamiento en el software Agisoft Metashape en la **Tabla 6** se visualiza una diferencia con respecto a la altura y al GSD por los ajustes realizados. Con respecto al tiempo de vuelo es diferente para cada parque porque las áreas a sobrevolar no son iguales, ya que se le dio un margen adicional para conocer las áreas colindantes de los parques.

Biomasa aérea

En la **Tabla 7** se detalla la cantidad de biomasa aérea que cada parque contiene, de acuerdo con la cantidad de árboles y área respectivamente.

Tabla 7. Cálculo de la biomasa aérea

Nombre del parque	Área (m ²)	N° de árboles	Biomasa aérea (t/ha)
Antonio Raimondi	6591.468	46	1.217
Solidaridad	6260.493	85	1.848
Cristo Rey	11570.092	129	9.443
Juan Pablo II	12135.281	95	3.694
Santa Rosa	6894.629	71	4.260

En el cálculo de la biomasa aérea se consideraron altura, cantidad de árboles y diámetro de altura en pecho. En la **Tabla 7** se observó que el parque Cristo Rey presenta mayor cantidad de biomasa aérea con 9.443 t/ha frente a los otros parques, debido a que contiene mayor cantidad de árboles, por otro lado, el parque con menos biomasa aérea es Antonio Raimondi con 1.217 t/ha que tiene 46 árboles.

Captura de carbono

En la **Figura 12** se visualiza la cantidad de captura de carbono de cada parque a partir del contenido de biomasa aérea.

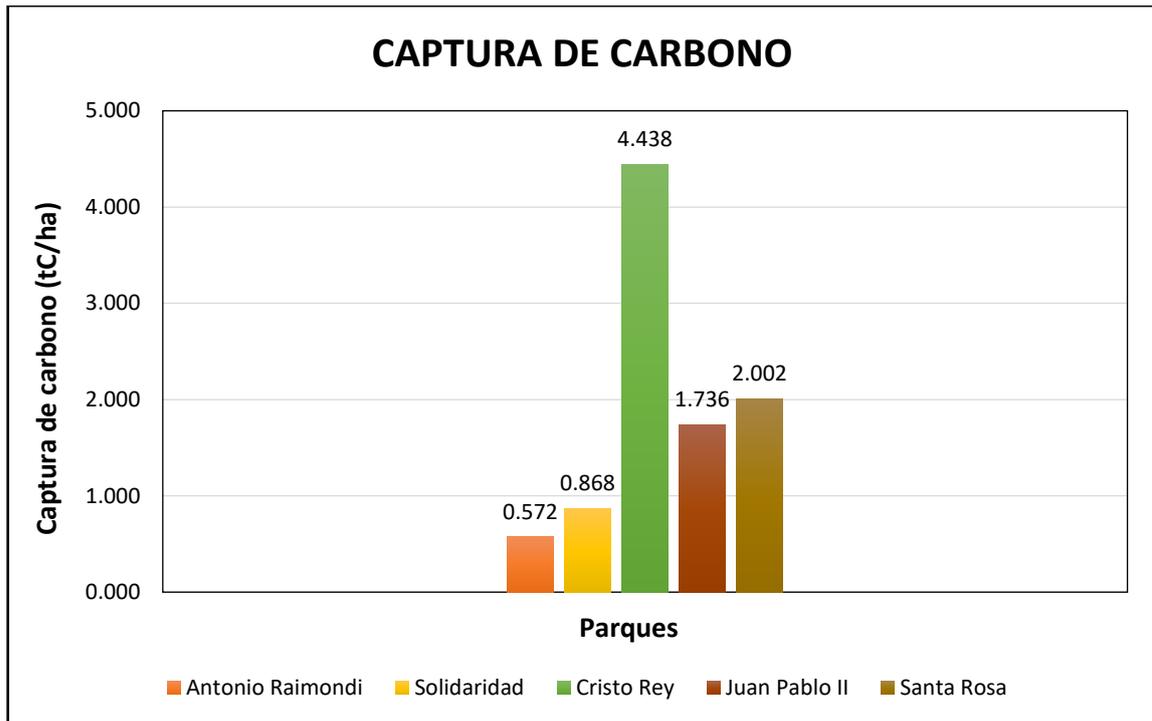


Figura 12. Cantidad de captura de carbono

El parque Cristo Rey presenta una mayor captura de carbono de 4.438 tC/ha, con respecto a los otros parques y el parque Antonio Raimondi presenta el nivel más bajo con 0.572 tC/ha, demostrando así, que la biomasa aérea es directamente proporcional a la captura de carbono.

Análisis de datos

Prueba de normalidad

Las pruebas realizadas corresponden a las dos variables analizadas en la investigación, se usó todos los datos que se tiene de los árboles de los parques del distrito de Los Olivos. Se visualizó los datos de la prueba de normalidad para la biomasa aérea y captura de carbono en las siguientes **Tablas (8 y 9)**.

Si Pvalue (sig) > $\alpha = 0.05$, los valores pertenecen a una distribución normal

Si Pvalue (sig) < $\alpha = 0.05$, los valores no pertenecen a una distribución normal

Tabla 8. Prueba de normalidad para biomasa aérea

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Antonio Raimondi	0,279	46	0,000	0,582	46	0,000
Solidaridad	0,103	85	0,027	0,957	85	0,006
Cristo Rey	0,319	129	0,000	0,578	129	0,000
Juan Pablo II	0,399	95	0,000	0,412	95	0,000
Santa Rosa	0,235	71	0,000	0,775	71	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 9. Prueba de normalidad para captura de carbono

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Antonio Raimondi	0,279	46	0,000	0,582	46	0,000
Solidaridad	0,103	85	0,027	0,957	85	0,006
Cristo Rey	0,317	129	0,000	0,578	129	0,000
Juan Pablo II	0,399	95	0,000	0,412	95	0,000
Santa Rosa	0,235	71	0,000	0,775	71	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

De acuerdo, a las **Tablas 8 y 9** para el primer parque la prueba seleccionada fue Shapiro-Wilk, porque se trabajó con menos de 50 datos, para los demás parques se utilizó la prueba Kolmogorov-Smirnov porque los datos fueron mayores a 50. Asimismo, la significancia de las variables fue menor a 0.05, indicando que los datos no corresponden a una distribución normal debido a que las características como altura, área de superficie, cantidad de árboles y alrededores de los parques no son las mismas.

Hipótesis general

Correlación Spearman biomasa aérea y captura de carbono

Para determinar si existe una correlación entre las variables biomasa aérea y captura de carbono, se utilizó la prueba Spearman, se muestra en la **Tabla 10**.

H₀: No existe una relación entre la biomasa aérea y la captura de carbono mediante la fotogrametría con RPAs en los parques del distrito de Los Olivos.

H₁: Existe una relación entre la biomasa aérea y la captura de carbono mediante la fotogrametría con RPAs en los parques del distrito de Los Olivos.

Tabla 10. Correlación de biomasa aérea y captura de carbono

			Biomasa aérea Antonio Raimondi	Captura de carbono Antonio Raimondi
Rho de Spearman	Biomasa aérea Antonio Raimondi	Coeficiente de correlación	1,000	1,000**
		Sig. (bilateral)	.	0,000
		N	46	46
	Captura de carbono Antonio Raimondi	Coeficiente de correlación	1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,000	.
		N	46	46
			Biomasa aérea Solidaridad	Captura de carbono Solidaridad
Rho de Spearman	Biomasa aérea Solidaridad	Coeficiente de correlación	1,000	1,000**
		Sig. (bilateral)	.	0,000
		N	85	85
	Captura de carbono Solidaridad	Coeficiente de correlación	1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,000	.
		N	85	85
			Biomasa aérea Cristo Rey	Captura de carbono Cristo Rey
Rho de Spearman	Biomasa aérea Cristo Rey	Coeficiente de correlación	1,000	,998**
		Sig. (bilateral)	.	0,000
		N	129	129
		Coeficiente de correlación	0,998**	1,000

	Captura de carbono Cristo Rey	Sig. (bilateral)	0,000	.
		N	129	129
			Biomasa aérea Juan Pablo II	Captura de carbono Juan Pablo II
Rho de Spearman	Biomasa aérea Juan Pablo II	Coeficiente de correlación	1,000	1,000**
		Sig. (bilateral)	.	0,000
		N	95	95
	Captura de carbono Juan Pablo II	Coeficiente de correlación	1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,000	.
		N	95	95
			Biomasa aérea Santa Rosa	Captura de carbono Santa Rosa
Rho de Spearman	Biomasa aérea Santa Rosa	Coeficiente de correlación	1,000	1,000**
		Sig. (bilateral)	.	0,000
		N	71	71
	Captura de carbono Santa Rosa	Coeficiente de correlación	1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,000	.
		N	71	71
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).				

En la **Tabla 10** se observó que el coeficiente de correlación con la prueba de Spearman de las variables biomasa aérea y captura de carbono para los cinco parques dio como resultado 1 lo cual corresponde a una correlación positiva grande y perfecta. Mientras que para el nivel de significancia en ambas variables dio como resultado 0,000. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de investigación que indica que existe relación entre la biomasa aérea y la captura de carbono.

Hipótesis específica 1

Debido a que la muestra no pertenece a una distribución normal, se aplica pruebas no paramétricas, donde se aplica la prueba Kruskal-Wallis para determinar la distribución de biomasa aérea, esto se visualiza en la **Tabla 11** y **Figura 13**.

H₀: La distribución de biomasa aérea en los parques del distrito de Los Olivos usando el método de fotogrametría con RPAs es igual por las características del plan de vuelo.

H₁: La distribución de biomasa aérea en los parques del distrito de Los Olivos usando el método de fotogrametría con RPAs no es igual por las características del plan de vuelo.

Tabla 11. Estadístico de prueba biomasa aérea

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
	BA
H de Kruskal-Wallis	21,270
gl	4
Sig. asintótica	0,000
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: Parques	

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de BA es la misma entre las categorías de PARQUES.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.				

Figura 13. Resumen de prueba de hipótesis específica uno

En la **Tabla 11** se mostró una significancia de 0,000 que es menor a 0,05; por ende, se acepta la hipótesis alterna que indica que la distribución de biomasa aérea en los parques del distrito de Los Olivos usando el método de fotogrametría con RPAs no es igual por las características del plan de vuelo ya que estas dependieron de las condiciones de ubicación de cada parque y se rechaza la hipótesis nula como se indicó en la **Figura 13**.

Hipótesis específica 2

Debido a que la muestra no pertenece a una distribución normal, se aplica pruebas no paramétricas, donde se aplica la prueba Kruskal-Wallis para determinar la distribución de biomasa aérea, esto se visualiza en la **Tabla 12** y **Figura 14**.

H₀: La captura de carbono en los cinco parques del distrito de Los Olivos es igual utilizando la fotogrametría con RPAs.

H₁: La captura de carbono en los cinco parques del distrito de Los Olivos no es igual utilizando la fotogrametría con RPAs.

Tabla 12. Distribución de captura de carbono

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
	CC
H de Kruskal-Wallis	20,932
gl	4
Sig. asintótica	0,000
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: Parques	

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de CC es la misma entre las categorías de PARQUES.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Figura 14. Resumen de prueba de hipótesis específica dos

En la **Tabla 12** se mostró una significancia de 0,000 que es menor a 0,05; por ende, se acepta la hipótesis alterna que indica que la captura de carbono en los cinco parques del distrito de Los Olivos no es igual utilizando la fotogrametría con RPAs y se rechaza la hipótesis nula tal como se indicó en la **Figura 14**.

V. DISCUSIÓN

En esta investigación se calculó la biomasa aérea de los parques del distrito de Los Olivos utilizando la fotogrametría con RPAs, los resultados mostraron que los parques Antonio Raimondi, Solidaridad, Cristo Rey, Juan Pablo II y Santa Rosa tienen: 1.217 t/ha, 1.848 t/ha, 9.443 t/ha, 3.694 t/ha y 4.260 t/ha, respectivamente. Mientras, Marcos et al. (2016) en su investigación dividió su zona de estudio en tres parcelas cuyos resultados fueron de 2.971 kg/ha, 1.714 kg/ha y 2.923 kg/ha para cada una de las parcelas respectivamente, en el mismo sentido Huerta et al. (2018) calcularon la biomasa aérea de un bosque urbano teniendo como resultado 379.35 toneladas. Tras los resultados se muestra que existe una diferencia de estimación de biomasa debido a que esta depende del área de estudio.

Para calcular la biomasa aérea se utilizó la ecuación establecida en el Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú del MINAN (2019) para la región costa, no se utiliza una fórmula específica para cada especie al no haber un inventario forestal en el distrito de Los Olivos y debido a que cada parque presentaba diferentes especies de árboles. Mientras que Huerta et al. (2018), para el cálculo de la biomasa aérea utilizaron dos métodos LIDAR obteniendo una información más precisa y UAV cuyos resultados fueron menos precisos, esto al comparar la data obtenida por el método tradicional forestal. Finalmente, Alonzo et al. (2020) y Cunliffe et al. (2021) demuestran que el uso de fotogrametría con RPAs proporciona estimaciones de biomasa aérea precisas en diferentes tipos y tamaños de ecosistemas, con ajustes de la información existente de inventarios forestales.

Respecto al potencial del uso de la fotogrametría con RPAs en esta investigación se obtuvieron resultados fiables de la biomasa aérea y la captura de carbono. De la misma forma, Marcos et al. (2016) empleando el RPAs le permitió estimar la biomasa total y por ende la cantidad de carbono reduciendo los errores por interpolación de datos muestrales. Sin embargo, Jones et al. (2020), menciona que las mediciones de altura basadas en imágenes por drones son muy precisas, con respecto a la estimación de biomasa aérea de los árboles, los resultados no llegan a ser comparables con los datos tomados en campo, teniendo un error de cálculo medio de biomasa de 17,4 kg, debido a que se necesita hacer ajustes con

respecto a la variable diámetro de altura de pecho. Por otro lado, los drones permiten llegar a áreas donde no es posible su acceso.

Se establecieron cinco puntos de control por cada parque usando un GPS de precisión milimétrica para obtener mejores ajustes, en el trabajo de Huerta et al. (2018), la georreferenciación se hizo con un receptor GPS de precisión milimétrica colocando cuatro puntos geodésicos, por su parte Marcos et al. (2016), señala que el número de puntos de control es variable en función del tamaño de área de estudio y deben repartirse sobre el terreno siendo elementos identificables. Sin embargo, Kameyana and Sugiura (2020) aplicaron una tendencia diferente al no utilizar puntos de control terrestre ya que la instalación de estos requiere de mano de obra y un espacio amplio en el cielo, según sus resultados tuvieron una baja precisión con respecto a la altura de los árboles, por este motivo concluyen que es a criterio de cada investigador el uso o no de los puntos de control.

Para obtener resultados precisos se diseñó el plan de vuelo considerando altura del RPAs, ángulo de la cámara y traslape de los fotogramas, en la investigación se realizó el vuelo de 50 metros y un GSD de 1.95 cm/px en los cuatro primeros parques y en el último a 60 metros y un GSD de 2.36 cm/px, para todos los parques se configuró un ángulo de cámara de 90° y un traslape de fotogramas de 75% y 80%. De igual forma, Isibue and Pingel (2020) consideraron una altura de vuelo de 50 y 80 metros, debido a que se realizó en zona urbana, con un ángulo de la cámara a 70° y un traslape de 80% para una mejor coincidencia de puntos. Asimismo, Moreira et al. (2021) evaluaron las altitudes de vuelo de 30 a 60 metros sobre el terreno, demostrando que a 30 metros se tiene mejores resultados y determinaron un ángulo de la cámara de 60° y una superposición de 90%. Por su parte, Huerta et al. (2018) realizaron el vuelo a una altura de 40 metros en una zona de bosque urbano con un ángulo de 90° y un traslape de 70%, obteniendo resultados confiables, pero demuestra ser inferior con el método de LIDAR. Por otro lado, Li et al. (2021) establecieron una altura de 190 metros, debido a que la zona de estudio es boscosa y de topografía irregular, sus imágenes se obtuvieron con una superposición 80% y 70% para predecir la altura de los árboles. Por lo tanto, Alonzo et al. (2020) mencionan que el ángulo de la cámara sirve para mejorar la

geometría y la superposición de las imágenes reduciendo los errores sistemáticos en la nube de puntos.

En el procesamiento de fotogramas se utilizó el software Agisoft Metashape para establecer flujos de trabajo, en los cuales se generaron nube de puntos, MDS, MDT, modelo de elevación y ortomosaico, los cuales se procesaron en calidad alta. Este mismo procesamiento fue aplicado por Huerta et al. (2018) y Li et al. (2021) generando, buena densidad de nube de puntos obteniendo la información necesaria. De otro modo, Roman et al. (2020) y Kolanuvada and Ilango (2021) utilizaron para procesar su información el software Pix4D, en el cual también se puede generar data en 3D y el procesamiento es similar al Agisoft Metashape. Por su parte, en la investigación de Moreira et al. (2021) realizaron una comparación del software Agisoft Metashape y Pix4D, afirmando que ambos pueden proporcionar modelos de nubes de puntos de árboles, concluyendo que el programa Agisoft Metashape presenta gran capacidad de procesamiento con un bajo rango de error al obtener mejores precisiones a diferencia del programa PIX4D. Adicionalmente, Isibue and Pingel (2020) y Huerta et al. (2018) recomiendan que para el procesamiento de imágenes la configuración con respecto a la calidad debe hacerse de media a alta para obtener una buena calidad de imágenes y de la nube puntos.

La determinación de la biomasa aérea está relacionada a la altura del árbol, diámetro de altura en pecho y ecuaciones alométricas, en el mismo sentido, Isibue and Pingel (2020) obtuvieron la altura de los árboles del MDE y determinaron una ecuación general para calcular el DAP ya que trabajaron con especies diferentes del entorno urbano y sus resultados fueron comparables con las mediciones realizadas en campo de forma manual. Por su parte, Moreira et al. (2021) estimaron el DAP mediante el software Agisoft Metashape con lo que hicieron una comparación de los datos en campo y obtuvieron datos precisos con respecto a las variables estudiadas. Sin embargo, Kameyana and Sugiura (2020) utilizando RPAs sus valores obtenidos fueron más bajos que los reales. Por lo tanto, es necesario tener una información de campo para poder contrastar los datos obtenidos con el dron.

Los resultados obtenidos de la captura de carbono en los parques Antonio Raimondi, Solidaridad, Cristo Rey, Juan Pablo II y Santa Rosa tienen 0.572 tC/ha, 0.868 tC/ha, 4.438 tC/ha, 1.736 tC/ha y 2.002 tC/ha, respectivamente. Se utilizó el factor de conversión de biomasa a carbono de “0.47” usado en el Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú del MINAM (2019), de igual manera este factor fue aplicado en el trabajo de Abdullah et al. (2021), usando como referencia al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Al contar con diferentes especies se puede utilizar coeficientes en el rango entre 0,45 y 0,55, en su investigación las especies arbóreas tenían hojas anchas, por tal motivo utilizaron la constante 0.4937 para estimar el carbono (Zhao and Hu, 2017). Por otro lado, Fernandes et al. (2020) y Tak and Kakde (2020) usan el factor de conversión de 0.5, ya que consideran el 50% de la biomasa calculada para diferentes especies arbóreas. Esto quiere decir, que el uso del factor de conversión dependerá de las especies evaluadas siendo a criterio del investigador.

VI. CONCLUSIONES

En la investigación se mostró que mediante el uso de la fotogrametría con RPAs se puede calcular la biomasa aérea en los parques del distrito de los Olivos. En base a los resultados, se tiene:

- La técnica de fotogrametría con RPAs demostró contar con el potencial para determinar la biomasa aérea de los parques Antonio Raimondi, Solidaridad, Cristo Rey, Juan Pablo II y Santa Rosa, cuyos valores fueron 1.217, 1.848, 9.443, 3.694 y 4.260 t/ha, respectivamente.
- Se establecieron como parámetros principales del plan de vuelo, el traslape de fotogramas, altura, GSD y área a sobrevolar para obtener resultados óptimos.
- Se estimó la captura de carbono de los parques Antonio Raimondi, Solidaridad, Cristo Rey, Juan Pablo II y Santa Rosa, cuyos valores fueron 0.572, 0.868, 4.438, 1.736 y 2.002 tC/ha, respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES

- Considerar en el plan de vuelo un ángulo de la cámara a 60° y el traslape de fotogramas a 75% antes de realizar el vuelo con el RPAs.
- Generar modelos de ecuaciones alométricas por cada especie existente en los parques urbanos.
- Usar un equipo de procesamiento (computador o laptop) de mayor capacidad, que pueda soportar los ajustes que se realizan para cada área estudiada.
- Revisar que el área estudiada cuente con información de los inventarios de áreas verdes y arbolado urbano.

REFERENCIAS

- AGISOFT [en línea] [fecha de consulta: 05 de junio 2021]. Disponible en: <https://www.agisoft.com/>
- ALONZO, M., DIAL, R., SCHULZ, B., K., ERIK, H., LEWIS, E., COOK, B. and MORTON, D. Mapping tall shrub biomass in Alaska at landscape scale using structure-from-motion photogrammetry and lidar. *Remote Sensing of Environment* [en línea]. 2020, vol. 245, ISSN 0034-4257. [fecha de consulta: 30 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111841>.
- BACCINI, A., WALKER, W., CARVALHO, L., FARINA, M., SULLA-MENASHE, D. and HOUGHTON, R. Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss. *Science* [en línea]. 2017, Vol. 358, (6360) [fecha de consulta 9 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aam5962>
- BENDIG, J., BOLTEN, A., BENNERTZ, S., BROSCHEIT, J., EICHFUSS, S. and BARETH, G. Estimating biomass of barley using crop surface models (CSMs) derived from UAV-based RGB imaging. *Remote Sensing* [en línea]. 2014, vol. 6, no. 11, pp. 10395-10412 [fecha de consulta 5 de junio 2021]. ISSN 20724292. DOI 10.3390/rs61110395.
- BERNAL. C. *Metodología de la investigación* [en línea]. Colombia: Universidad de La Sabana, [fecha de consulta 27 de setiembre 2021]. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- CISNEROS, S., GARCÍA, É., MONTOYA, K. y SINDE, Í. Estudio De Las Configuraciones De Puntos De Control Terrestre Para Fotogrametría Con Drone. *Revista Geoespacial* [en línea]. 2019, vol. 16, no. 1, pp. 43 [fecha de consulta 24 de mayo 2021]. ISSN 1390-3993. DOI 10.24133/geoespacial.v16i1.1278.

- CLAROS, R., GUEVARA, A. y PACAS, N. Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados [en línea].2016, S.l.: s.n. [fecha de consulta 20 de mayo 2021]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14218/1/50108282.pdf>.
- CROCI, E., LUCCHITTA, B. and PENATI, T. Valuing Ecosystem Services at the Urban Level: A Critical Review. *Sustainability* [en línea] .2021, vol.13, no. 13, pp. 1129 [fecha de consulta 20 de mayo 2021]. DOI 10.3390/su13031129.
- CUNLIFFE, A. et al. Global application of an unoccupied aerial vehicle photogrammetry protocol for predicting aboveground biomass in non-forest ecosystems. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* [en línea] .2021, [fecha de consulta 29 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/rse2.228>
- DJI San Isidro*. [en línea] [fecha de consulta: 20 de mayo 2021]. Disponible en: <https://djiperusanisidro.com/es/>
- Esri*. [en línea] [fecha de consulta: 25 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.esri.com/en-us/home>
- FERNANDES, M., AGUIAR, F., MARTINS, M., RICO, N., FERREIRA, M., and CORREIA, A. Carbon Stock Estimations in a Mediterranean Riparian Forest: A Case Study Combining Field Data and UAV Imagery. *Forests* [en línea].2020 vol. 11, no. 376. [fecha de consulta: 30 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/f11040376>
- GONZÁLEZ, V., FRIES, A. and BENDIX, J. AGB Estimation in a Tropical Mountain Forest (TMF) by Means of RGB and Multispectral Images Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Remote Sensing* [en línea]. 2019, vol. 11, no. 12, pp. 1413. [fecha de consulta: 12 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/12/1413>
- HE, Y., WANG, W., CHEN, and. YAN, H. Assessing spatio-temporal patterns and driving force of ecosystem service value in the main urban area of Guangzhou. *Scientific Reports* [en línea]. 2021, vol. 11, no. 1, pp. 1-18. [fecha

de consulta: 01 de junio 2021] ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-021-82497-6.

HEINRICH, V., DALAGNOL, R., CASSOL, H., ROSAN, T., DE ALMEIDA, C., SILVA JUNIOR, C., CAMPANHARO, W., HOUSE, J., SITCH, S., HALES, T., ADAMI, M., ANDERSON, L. and ARAGÃO, L. Large carbon sink potential of secondary forests in the Brazilian Amazon to mitigate climate change. *Nature Communications* [en línea].2021, vol. 12, no. 1, pp. 1-11. [fecha de consulta: 05 de junio 2021] ISSN 20411723. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-021-22050-1>.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación: McGraw-Hill [en línea]. Sexta ed. México. [fecha de consulta: 05 de junio 2021]. ISBN: 978-1-4562-2396-0. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.

HUERTA, R., RAMIREZ, N., YEPEZ, F. and LOZANO, D. Precisión de los sensores remotos para la estimación de parámetros de biomasa aérea: LIDAR portátil y sensores ópticos. *Rev. Chapingo ser. cienc. for. ambient* [en línea]. 2018, vol.24, n.2 pp.219-235. [fecha de consulta: 30 de septiembre 2021] Disponible en: <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.09.059>.

Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina [en línea] [fecha de consulta: 7 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.indec.gob.ar/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [en línea] [fecha de consulta: 05 de junio 2021]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [en línea] [fecha de consulta: 7 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/>

ISIBUE, E. and PINGEL, T. Unmanned aerial vehicle based measurement of urban forests. [en línea]. 2020, [fecha de consulta: 20 de mayo 2021.] DOI 10.1016/j.ufug.2019.126574.

- JIMÉNEZ, J. and MULERO, M. Drones for Conservation in Protected Areas: Present and Future . *Drones* [en línea]. 2019, vol. 3, no. 1, pp.10. [fecha de consulta: 20 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2504-446X/3/1/10>
- JONES, A., RAJA, R., CLARKE, K., WAYCOTT, M., GOH, W., and GILLANDERS, B. Estimating Mangrove Tree Biomass and Carbon Content: A Comparison of Forest Inventory Techniques and Drone Imagery. *Frontiers in Marine Science* [en línea]. 2020, vol. 6, pp.784. [fecha de consulta: 30 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2019.00784>
- KAMEYAMA, S. and SUGIURA, K. Estimating Tree Height and Volume Using Unmanned Aerial Vehicle Photography and SfM Technology, with Verification of Result Accuracy. *Drones* [en línea]. 2020, vol. 4, no. 2, pp.19. [fecha de consulta: 29 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2504-446X/4/2/19>
- KOLANUVADA, S. and ILANGO, K. Automatic Extraction of Tree Crown for the Estimation of Biomass from UAV Imagery Using Neural Networks. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* [en línea]. 2021, vol. 49, no. 3, pp. 651-658. [fecha de consulta: 03 de mayo 2021]. ISSN 09743006. DOI 10.1007/s12524-020-01242-0.
- KUMAR, L. and MUTANGA, O. Remote Sensing of Above-Ground Biomass [en línea]. 2017, vol. 9, pp. 935. [fecha de consulta: 10 de mayo 2021]. DOI 10.3390/rs9090935.
- KUMAR, P., KRISHNA, A., RASMUSSEN, T. and PAL, M. 2021. Rapid Evaluation and Validation Method of Above Ground Forest Biomass Estimation Using Optical Remote Sensing in Tundi Reserved Forest Area, India. *International Journal of Geo-Information* [en línea]. 2021, vol. 10, no. 11. [fecha de consulta: 01 de junio 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2220-9964/10/1/29>

- LI, M., LI, Z., LIU, Q. and CHEN, E. Comparison of Coniferous Plantation Heights Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Laser Scanning and Stereo Photogrammetry. *Remote Sens* [en línea]. 2021, vol. 13, no. 2885. [fecha de consulta: 30 de setiembre 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/rs13152885>
- LIN, J., WANG, M., MA, M. and LIN, Y. Aboveground Tree Biomass Estimation of Sparse Subalpine Coniferous Forest with UAV Oblique Photography. *Remote Sensing* [en línea]. 2018, vol. 10, no. 11. [fecha de consulta: 01 de junio 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/11/1849>
- MACHIMURA, T., FUJIMOTO, A., HAYASHI, K., TAKAGI, H. and SUGITA, S. A Novel Tree Biomass Estimation Model Applying the Pipe Model Theory and Adaptable to UAV-Derived Canopy Height Models. *Forest review* [en línea]. 2021. [Fecha de consulta 22 de mayo de 2021]. ISSN 1999-4907. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/f12020258>
- MARCHI, M., NICCOLUCCI, V., PULSELLI, R.M. and MARCHETTINI, N. Urban sustainability: CO2 uptake by green areas in the historic centre of siena. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics* [en línea]. 2017, vol. 12, no. 4, pp. 407-417. [Fecha de consulta 22 de mayo de 2021] ISSN 17557445. Disponible en: <https://doi.org/10.2495/DNE-V12-N4-407-417>
- MARCOS, J., SÁNCHEZ, L., GIL, M., ORTIZ, J. and MARTÍNEZ, S. Empleo de la fotogrametría de rango cercano y RPAs para la determinación de biomasa en parcelas agrícolas. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información RISTI* [en línea]. 2016, n.19, pp.118-130. ISSN 1646-9895 [Fecha de consulta 25 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17013/risti.19.118-130>.

MARÍN, G., HUICHI, E., LOZADA, R., CURRO, F. y BOLÍVAR, N. Firmas espectrales en el cálculo de absorción del dióxido de carbono por Eucaliptus Globulus caso Moho, Puno. Revista Científica de la UCSA [en línea]. 2019, vol. 6, no. 2, pp. 6-10. ISSN 2409-8752. Disponible en: http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-87522019000200006&lang=pt%0Ahttp://scielo.iics.una.py/pdf/ucsa/v6n2/2409-8752-ucsa-6-02-6.pdf.

MEZA CHAVEZ, Luciana Patricia. Biomasa aérea y contenido de carbono de los bosques del aerea de influencia de la carretera Iquitos- Nauta. Perú. 2015 [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, 2015. [Consultado 19 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3318>.

Ministerio del Ambiente. [en línea] [fecha de consulta: 10 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/998>

Ministerio del Ambiente. Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú [en línea]. [fecha de consulta: 29 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2020/03/INFORME-DEL-INFFS-PANEL-1.pdf>

Moreira, B., Goyanes, G., Pina, P., Vassilev, O. and Heleno, S. Assessment of the Influence of Survey Design and Processing Choices on the Accuracy of Tree Diameter at Breast Height (DBH) Measurements Using UAV-Based Photogrammetry. *Drones* [en línea]. 2021, Vol.4, (2), 19 [Fecha de consulta 29 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2504-446X/4/2/19>

Municipalidad Metropolitana de Lima. Ordenanza para la conservación y gestión de áreas verdes en la provincia de Lima. 2014. El Peruano [en línea]. Ministerio del ambiente, 2014. [Fecha de consulta 21 de mayo 2021] Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ordenanza-conservacion-gestion-areas-verdes-provincia-lima>

Municipalidad Metropolitana de Lima. Estado del Reporte de Inventarios de áreas verdes y arbolado urbano en la Provincia de Lima [en línea]. [Fecha de consulta 28 de septiembre 2021]

MUUKKONEN, P. and HEISKANEN, J. Biomass estimation over a large area based on standwise forest inventory data and ASTER and MODIS satellite data: A possibility to verify carbon inventories. *Remote Sensing of Environment* [en línea]. 2007, Vol.107, (4), 617–624 [Fecha de consulta 9 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2006.10.011>

ÑAUPAS, H., Mejía, E., Novoa, E. y Villagomez, A. *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* [en línea]. Colombia [Fecha de consulta 23 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/03/Metodologia-de-la-investigacion-Naupas-Humberto.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Términos y Definiciones [en línea]. 2010, S.l.: s.n. [fecha de consulta: 10 de junio 2021] Disponible en: <http://www.fao.org/3/am665s/am665s00.pdf>.

PAUCHARD, A. and BARBOSA, O. Regional Assessment of Latin America: Rapid Urban Development and Social Economic Inequity Threaten Biodiversity Hotspots. In: *Elmqvist T. et al. (eds) Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities*. Springer, Dordrecht, [en línea] 2013. pp. 589-608 [consultado 7 de setiembre 2021] https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1_28

PÉREZ, C. y MUÑOZ, Á. Teledetección_ nociones y aplicaciones [en línea] 2006. [Fecha de consulta 25 de mayo de 2021]. Disponible en: pdf. S.l.: s.n.

PETRIS, S., SARVIA, F. and BORGOGNO, E. RPAS-based photogrammetry to support tree stability assessment: Longing for precision arboriculture. *Urban Forestry & Urban Greening* [en línea]. 2020, vol. 55 [Fecha de consulta 15 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126862>.

- QUIRÓS ROSADO, Elia. *Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil* [en línea] 1ª edición. España: 2014. [Fecha de consulta 15 de junio de 2021]. Disponible en: https://mascvuex.unex.es/ebooks/sites/mascvuex.unex.es/mascvuex.ebooks/files/files/file/Fotogrametria_9788469713174_0.pdf
- ROIK, M., CARLOS, E. and RUIZ, Z. Aboveground Biomass and Organic Carbon of Native *Araucaria Angustifolia* (Bertol.) Kuntze. *Floresta e Ambiente Review* [en línea]. 2020 [Fecha de consulta 16 de junio de 2021]. ISSN 2179-8087. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.010318>.
- ROLAVI GNSS. [en línea] [fecha de consulta: 10 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://rolavisurveyor.com/>
- SÁNCHEZ, L., MARCOS, J., LLORENTE, E., HERNÁNDEZ, S. and CARRIÓN, P. Aplicación de tecnologías de teledetección al estudio de biomasa forestal. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información RISTI* [en línea]. 2016, ISSN 1646-9895. [Fecha de consulta 25 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17013/risti.19.61-76>
- SU, H., SHEN, W., WANG, J., ALI, A. and LI, M., 2020. Machine learning and geostatistical approaches for estimating aboveground biomass in Chinese subtropical forests. *Forest Ecosystems* [en línea]. 2020, vol. 7, no. 1. ISSN 21975620. DOI 10.1186/s40663-020-00276-7.
- TAK, A. and KAKDE, U. Analysis of carbon sequestration by dominant trees in urban areas of Thane city. *International Journal of Global Warming* [en línea]. 2020, vol. 20, no. 1, pp. 1-11. ISSN 17582091. [Fecha de consulta 13 de junio de 2021]. Disponible en: <http://www.inderscience.com/storage/f114562312791108.pdf>
- XU, D., WANG, H., XU, W., LUAN, Z. and XU, X. LiDAR Applications to Estimate Forest Biomass at Individual Tree Scale: Opportunities, Challenges and Future Perspectives. *Forest* [en línea]. 2021, 12, 550. [Fecha de consulta 23 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/f12050550>

YADAV, D., CHOKSI, M. and ZAVERI, M. Supervised Learning based Greenery region detection using Unmanned Aerial Vehicle for Smart City Application, *10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)* [en línea]. 2019, pp. 1-7, [Fecha de consulta 22 de septiembre de 2021]. Disponible en: doi: 10.1109/ICCCNT45670.2019.8944548.

ZHAO, Y. and HU, Q. Carbon Sequestration Estimation Of Street Trees Based On Point Cloud From Vehicle-Borne Laser Scanning System. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [en línea]. 2017, vol XLII-2/W7, 18–22 September 2017 [Fecha de consulta 19 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W7-313-2017>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Fotogrametría con RPAs para la determinación de biomasa aérea en los parques del distrito de Los Olivos, Lima - 2021						
Variables		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición / unidad
Independiente	Fotogrametría RPAS	La fotogrametría es la ciencia que utiliza las fotografías mediante las cuales se realizan medidas, con la finalidad de otorgar precisión, dimensión y posición de un objeto en el espacio, y a la vez se puedan generar planos y mapas para un posterior estudio (Quirós, 2014)	Se verificó en función de las características de vuelo del RPAs	Puntos de control	GPS estático	unidades
					RTK	unidades
		Plan de vuelo		Área para sobrevolar	m ²	
				Altura de vuelo	m	
				tiempo de vuelo	min	
				Distancia de muestra del suelo (GSD)	cm/px	
Cantidad de fotografías	unidades					
Dependiente	Estimación de biomasa área	Biomasa aérea (AGB) es la cantidad de materia orgánica ubicada por encima del suelo que incluye hojas, ramas, tronco y corteza, expresado en toneladas (FAO, 2010).	La biomasa aérea de los parques fue estimada mediante MDE en el programa Agisoft y ArcGIS. También se estimó la cantidad de carbono absorbido por la biomasa aérea.	Biomasa aérea	Área del parque	m ²
					Ecuación alométrica	
				Cantidad de carbono	Toneladas de carbono por hectárea	tC/ha

Anexo 2. Características del dron Phantom 4 Pro

Aeronave	
Peso (batería y hélices incluidas)	1388 g
Tamaño diagonal (hélices excluidas)	350 mm
Max tiempo de vuelo	Aprox. 30 minutos
Rango de temperatura de funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40 ° C)
Techo de servicio máximo sobre el nivel del mar	19685 pies (6000 m)
Sistemas de posicionamiento satelital	GPS / GLONASS
Cámara	
Sensor	Píxeles efectivos CMOS de 1 " : 20M
Lente	FOV 84 ° 8.8 mm / 24 mm (equivalente en formato de 35 mm) f / 2.8 – f / 11 enfoque automático a 1 m – ∞
Rango ISO	Vídeo: 100 – 3200 (Automático) 100 – 6400 (Manual) Foto: 100 – 3200 (Automático) 100 – 12800 (Manual)
Velocidad de obturación mecánica	8 – 1/2000 s
Velocidad de obturación electrónica	8 – 1/8000 s
Tamaño de la imagen	Relación de aspecto 3: 2: 5472 x 3648 Relación de aspecto 4: 3: 4864 x 3648 Relación de aspecto 16: 9: 5472 x 3078
Foto	JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
Tarjetas SD compatibles	Micro SD Capacidad máxima: 128 GB

	Velocidad de escritura ≥ 15 MB / s, se requiere clase 10 o clasificación UHS-1
Aplicación / Vista en vivo	
Aplicación móvil	DJI GO 4
Frecuencia de trabajo de visualización en vivo	2.4 GHz ISM, 5.8 GHz ISM
Calidad de visualización en vivo	720P a 30 fps
Latencia	Phantom 4 Pro: 220 ms (según las condiciones y el dispositivo móvil) Phantom 4 Pro + : 160 – 180 ms
Sistema de detección de infrarrojos	
Obstáculo Rango sensorial	0.6 – 23 pies (0.2 – 7 m)
Frecuencia de medición	10 Hz
Entorno operativo	Superficie con material de reflexión difusa y reflectividad > 8% (como paredes, árboles, humanos, etc.)

Anexo 3. Instrumento de recolección de datos

Ficha 1.		Ubicación y lectura de los puntos de control con GPS estático - RTK				
Título:	Fotogrametría con RPAs para la determinación de biomasa aérea en los parques del distrito de Los Olivos, Lima - 2021					
Línea de investigación:	Calidad y gestión de los recursos naturales					
Responsables:	Burgos Ochoa, Jennyfer de Fátima					
	Meléndez Jackson, Alexandra Camila					
Asesor:	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto					
Datos del lugar de estudio						
Departamento:	Lima	Provincia:	Lima	Distrito:	Los Olivos	
Nombre del parque	Fecha	Hora de la toma de información	Coordenadas UTM		N° de puntos de control	
			Norte	Este	Estático	RTK
Equipo:	GPS	Marca:	Modelo:			


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275


Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Atentamente,

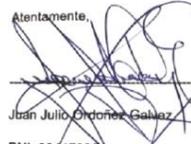
Juan Julio Ortíz Galvez
 DNI: 08447308

Ficha 2.	Plan de vuelo y levantamiento con el RPAs						
Título:	Fotogrametría con RPAs para la determinación de biomasa aérea en los parques del distrito de Los Olivos, Lima - 2021						
Línea de investigación:	Calidad y gestión de los recursos naturales						
Responsables:	Burgos Ochoa, Jennyfer de Fátima Meléndez Jackson, Alexandra Camila						
Asesor:	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto						
Datos del lugar de estudio							
Departamento:	Lima	Provincia:	Lima	Distrito:	Los Olivos		
Nombre del parque	Fecha	Hora de la toma de información	Área a sobrevolar (m2)	Altura de vuelo (m)	Tiempo de vuelo (min)	GSD (cm/px)	Cantidad de fotografías (u)
Equipo:	RPAs	Marca:	DJI	Modelo:	Phantom 4 Pro		

GSD: Distancia de muestra del suelo


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

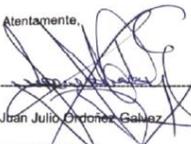

Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Atentamente,

Jhan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Ficha 3.	Estimación de la biomasa aérea y cantidad de carbono				
Título:	Fotogrametría con RPAs para la determinación de biomasa aérea en los parques del distrito de Los Olivos, Lima - 2021				
Línea de investigación:	Calidad y gestión de los recursos naturales				
Responsables:	Burgos Ochoa, Jennyfer de Fátima				
	Meléndez Jackson, Alexandra Camila				
Asesor:	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto				
Datos del lugar de estudio					
Departamento:	Lima	Provincia:	Lima	Distrito:	Los Olivos
Nombre del parque	Área del parque (m2)	Ecuación alométrica	Biomasa aérea (t/ha)	Cantidad de carbono (tC/ha)	


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275


Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Atentamente,

Juan Julio O'Donnell Galvez
 DNI: 08447308

Anexo 4. Validez de instrumentos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ubicación y lectura de los puntos de control con GPS estático - RTK**
 1.5. Autoras del instrumento: **Jennyfer de Fátima Burgos Ochoa / Alexandra Camila Meléndez Jackson**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 14 de junio de 2021


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130287
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Plan de vuelo y levantamiento con el RPAs Jackson**
 1.5. Autoras del instrumento: **Jennyfer de Fátima Burgos Ochoa / Alexandra Camila Meléndez**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 14 de junio de 2021


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Estimación de la biomasa aérea y cantidad de carbono**
 1.5. Autoras del instrumento: **Jennyfer de Fátima Burgos Ochoa / Alexandra Camila Meléndez Jackson**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 14 de junio de 2021


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130287
 RENACYT: P0071875

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Campus Los Olivos**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería química y ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ubicación y lectura de los puntos de control con GPS estático - RTK**
 1.5. Autoras del instrumento: **Jennyfer de Fátima Burgos Ochoa / Alexandra Camila Meléndez Jackson**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

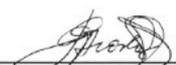
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 14 de junio de 2021


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería química y ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Plan de vuelo y levantamiento con el RPAs**
- 1.5. Autoras del instrumento: **Jennyfer de Fátima Burgos Ochoa / Alexandra Camila Meléndez Jackson**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 14 de junio de 2021


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Campus Los Olivos**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería química y ambiental**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Estimación de la biomasa aérea y cantidad de carbono**
 1.5 Autoras del instrumento: **Jennyfer de Fátima Burgos Ochoa / Alexandra Camila Meléndez Jackson**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

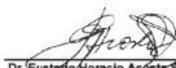
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 14 de junio de 2021


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP. N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Recursos hídricos y medio ambiente**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ubicación y lectura de los puntos de control con GPS estático - RTK**
- 1.5. Autoras del instrumento: **Jennyfer de Fátima Burgos Ochoa / Alexandra Camila Meléndez Jackson**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de junio de 2021

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 06447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Recursos hídricos y medio ambiente**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Plan de vuelo y levantamiento con el RPAs**
- 1.5. Autoras del instrumento: **Jennyfer de Fátima Burgos Ochoa / Alexandra Camila Meléndez Jackson**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de junio de 2021

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Campus Los Olivos**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Recursos hídricos y medio ambiente**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Estimación de la biomasa aérea y cantidad de carbono**
 1.5 Autoras del instrumento: **Jennyfer de Fátima Burgos Ochoa / Alexandra Camila Meléndez Jackson**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

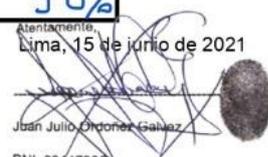
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

 Atentamente,
 Lima, 15 de junio de 2021


 Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308

Anexo 5. Certificación del punto base – IGN

CERTIFICADO



PERU

Ministerio de Defensa

Instituto Geográfico Nacional

Subdirección de
Certificaciones



BICENTENARIO
PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"
"Perú suyunchikpa Iskay Pachak Watan: iskay pachak watañam qispisqanmanta karun"



Elaborando
la Carta Nacional
a partir del encargo del Presidente
de la República Augusto B. Leguía
mediante Decreto Supremo del 10
de mayo de 1921.

HOJA DE RESPUESTA N°1063-2021/IGN/DIG/SDCERTIF

Señor Tte Crl EP
GALINDO QUICAÑO Sergio Javier
Jefe de la Oficina de Comercialización

1. ASUNTO

Verificación del informe de procesamiento (data) presentado por el Sr. Marco Antonio Herrera Díaz de la empresa **ESCUELA DE CONDUCTORES PROFESIONALES DAKAR PERU S.A.C.**, quien envió un (01) punto geodésico de orden "C".

2. DOCUMENTO DE REFERENCIA

- Correo electrónico:
marcohd1987@gmail.com

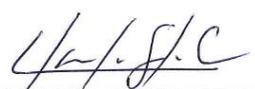
16/06/2021

3. RESPUESTA

Tengo el honor de dirigirme a Ud. para hacer de su conocimiento que en cumplimiento de los plazos legales y administrativos presentados por el usuario y sin perjuicio de ello, se procede a emitir la certificación de un (01) punto geodésico de orden "C", ubicado en la provincia Constitucional del Callao. Este punto es certificado a nombre de **la ESCUELA DE CONDUCTORES PROFESIONALES DAKAR PERU S.A.C.** Adicionalmente es conveniente informar que se han emitido nuevas consideraciones técnicas para la certificación de puntos geodésicos, las cuales se deben dar estricto cumplimiento para futuros expedientes ingresados.

Surquillo, 22 de junio de 2021




SILVA CELESTINO Clari Luz
TTE EP
Subdirectora de Certificaciones



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CERTIFICACIONES



CERTIFICADO DE PUNTO GEODÉSICO

Visto el informe de procesamiento del punto geodésico **CAL01390** y habiendo verificado el resultado obtenido por la **ESCUELA DE CONDUCTORES PROFESIONALES DAKAR PERU S.A.C.**, el Instituto Geográfico Nacional procede a certificar el resultado obtenido, el cual cumple con los requisitos establecidos según Norma Técnica Geodésica, de acuerdo a las siguientes características:

CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO		CAL01390	
COORDENADAS WGS-84			
UTM		GEODÉSICAS	
ESTE	265452.6870 m	LATITUD	11°51'26.84798" S
NORTE	8688302.5123 m	LONGITUD	77°09'10.81280" O
ZONA	18 Sur	ALT. ELIPSOIDAL	29.1427 m
Datos Generales:			
- ORDEN: "C"			
- UBICACIÓN (Prov. – Dpto.): PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO			
- ESTACIÓN GNSS BASE: ANCÓN (LB01) - 2020			
- ÉPOCA DE OBSERVACIÓN: MARZO 2021			
- NÚM. CORRELATIVO: 1553 – 2021/IGN/DIG/SDCERTIF			

Lima, 22 de Junio de 2021

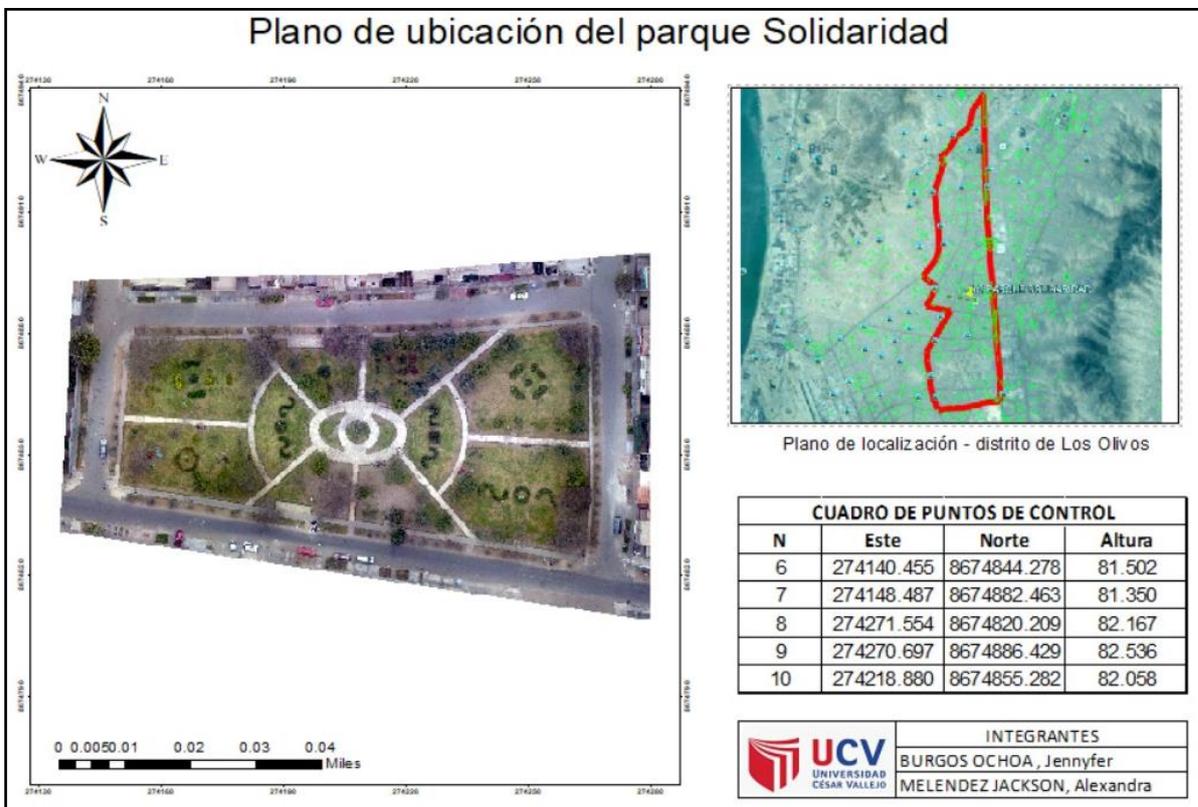
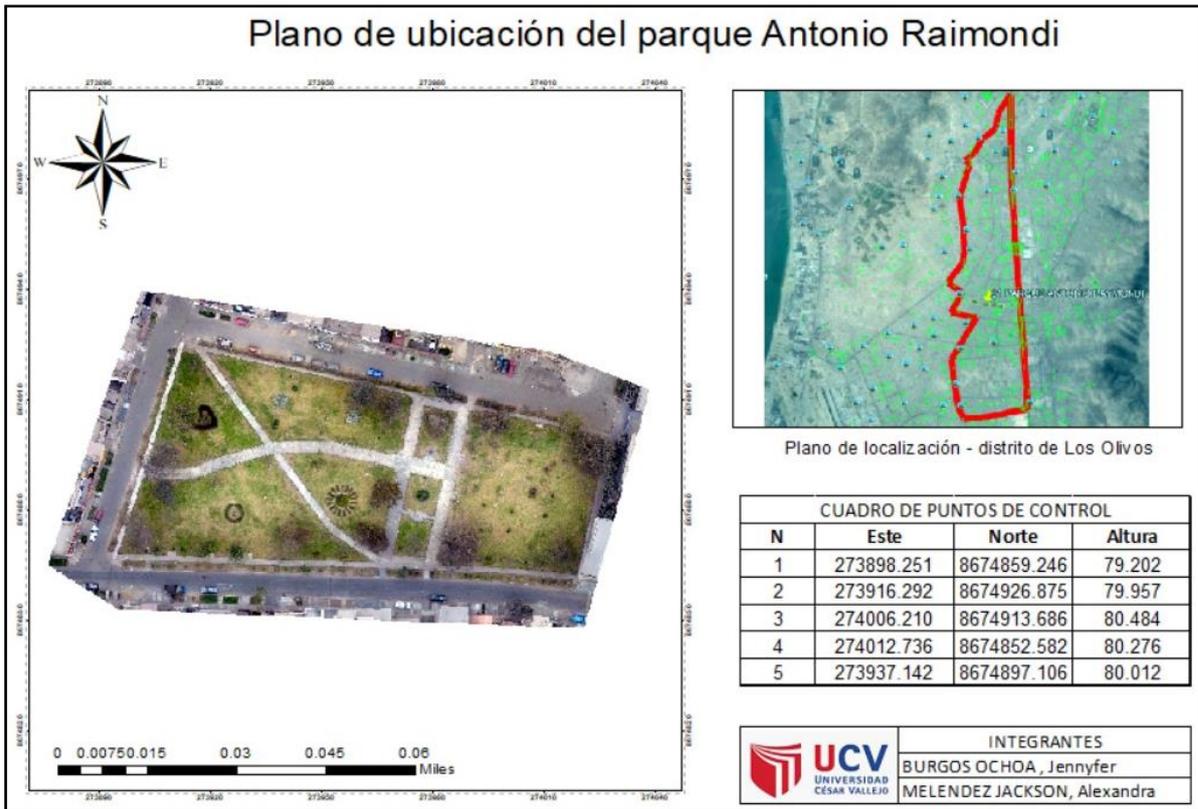



SILVA CÉLESTINO Clari Luz
TTE EP
Subdirectora de Certificaciones

COMPETENCIA

La certificación del punto geodésico y el resultado obtenido, no certifica ni define límites de propiedad o posesión, tampoco jurisdiccional, política y administrativa.
Se expide el presente certificado en cumplimiento de los trámites administrativos legales.

Anexo 6. Mapas de ubicación de los parques



Plano de ubicación del parque Cristo Rey



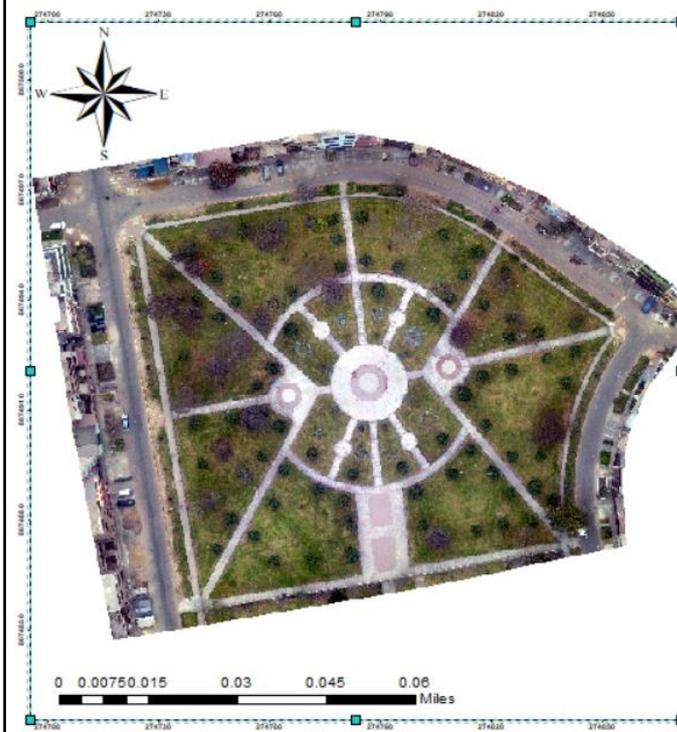
Plano de localización - distrito de Los Olivos

CUADRO DE PUNTOS DE CONTROL

N	Este	Norte	Altura
11	274523.973	8674783.556	83.664
12	274494.905	8674923.754	84.161
13	274416.527	8674911.535	83.587
14	274417.645	8674798.937	83.070
15	274462.865	8674852.109	83.716

INTEGRANTES	
	BURGOS OCHOA, Jennyfer
	MELENDEZ JACKSON, Alexandra

Plano de ubicación del parque Juan Pablo II



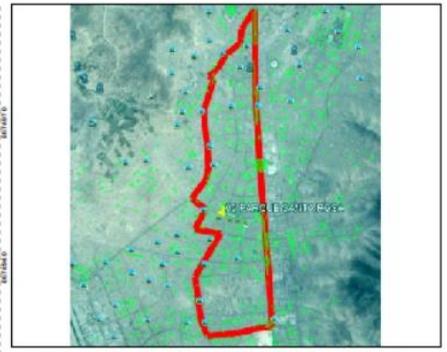
Plano de localización - distrito de Los Olivos

CUADRO DE PUNTOS DE CONTROL

N	Este	Norte	Altura
16	274737.192	8674858.466	85.490
17	274786.729	8674917.240	86.339
18	274725.981	8674960.211	86.061
19	274852.955	8674933.309	86.959
20	274848.586	8674872.771	86.562

INTEGRANTES	
	BURGOS OCHOA, Jennyfer
	MELENDEZ JACKSON, Alexandra

Plano de ubicación del parque Santa Rosa



Plano de localización - distrito de Los Olivos

CUADRO DE PUNTOS DE CONTROL			
N	Este	Norte	Altura
21	273670.333	8674925.439	76.437
22	273666.398	8674892.735	73.384
23	273519.500	8674908.742	75.492
24	273532.701	8674967.759	76.057
25	273572.182	8674924.949	75.446

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	INTEGRANTES
	BURGOS OCHOA, Jennyfer MELENDEZ JACKSON, Alexandra

Anexo 7. Informe de procesamiento

Reporte Parque 01 - Antonio Raimondi - Los Olivos

Informe de procesamiento
07 November 2021



Datos del levantamiento

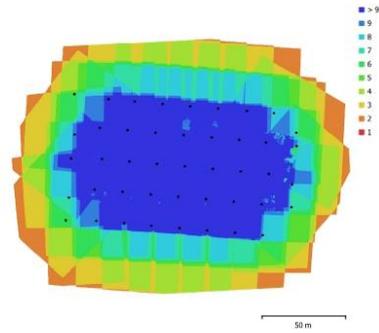


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 44 Imágenes alineadas: 44
 Altitud media de vuelo: 53.3 m Puntos de paso: 37,953
 Resolución en terreno: 2.01 cm/pix Proyecciones: 141,308
 Área cubierta: 0.0263 km² Error de reproyección: 0.937 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC330 (3.61mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

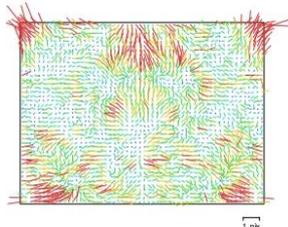


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC330 (3.61mm).

FC330 (3.61mm)
44 imágenes

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 micras

F:	2311.25	B1:	8.47316
Cx:	0.887669	B2:	-1.01351
Cy:	-36.5979	P1:	0.000370729
K1:	0.00416238	P2:	-0.00107756
K2:	-0.000188641	P3:	0
K3:	0.010701	P4:	0
K4:	0		

Posiciones de cámaras

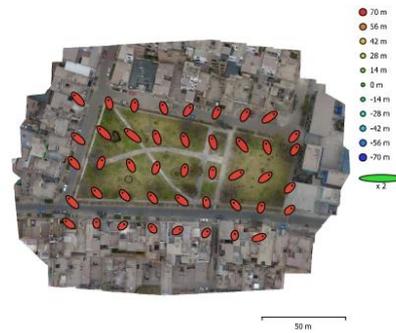


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
1.42352	1.70303	67.2042	2.21962	67.2408

Tabla 2. Errores medios de las posiciones de cámaras.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Puntos de control terrestre



Fig. 4. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores. El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
4	5.46702	8.64865	1.0059	10.2317	10.281

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo. X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
1	-6.90194	8.92985	0.787816	11.3137	5.535 (10)
2	-3.76052	-10.6009	-1.15794	11.3076	2.775 (11)
3	6.01288	-6.43454	1.15853	8.88258	2.038 (11)
4	4.64977	8.10381	-0.862332	9.38274	3.676 (8)
Total	5.46702	8.64865	1.0059	10.281	3.691

Tabla 4. Puntos de apoyo. X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

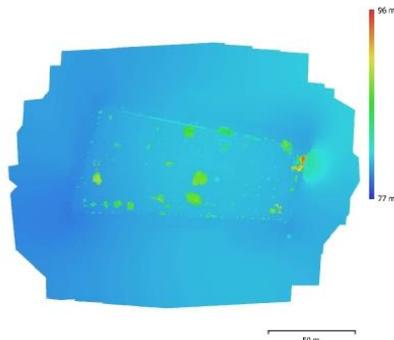


Fig. 5. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 2 cm/pix
Densidad de puntos: 0.25 puntos/cm²

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	44
Cámaras orientadas	44
Marcadores	4
Formas	
Polígonos	13
Póligonos	3550
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG:32718)
Ángulo de rotación	Guilada, cabecero, albeo
Nube de puntos	
Puntos	37,953 de 44,190
RMS error de reproyección	0.239919 (0.9374 pix)
Error de reproyección máximo	0.733197 (23.5968 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	4.34638 pix
Cobres de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	3.87764
Parámetros de orientación	
Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Si
Pre-selección de referencia	Si
Puntos clave por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	Si
Tiempo búsqueda de emparejamiento	35 segundos
Tiempo de orientación	19 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Mapas de profundidad	
Número	44
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	24 minutos 33 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Nube de puntos densa	
Puntos	84,809,133
Cobres de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	24 minutos 33 segundos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	13 minutos 57 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Modelo	
Caras	5,457,375
Vértices	2,733,552
Cobres de vértices	3 bandas, uint8
Textura	4,096 x 4,096, 4 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	

Generales	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	24 minutos 33 segundos
Parámetros de reconstrucción	
Tipo de superficie	Bajorelieve / terreno
Datos fuente	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Máscaras volumétricas estrictas	No
Tiempo de procesamiento	5 minutos 19 segundos
Parámetros de texturizado	
Modo de mapeado	Ortofoto
Modo de mezcla	Mosaico
Tamaño de textura	4,096
Habilitar el cierre de agujeros	Sí
Habilitar el filtro de efecto fantasma	Sí
Tiempo de mapeado en UV	1 minuto 15 segundos
Tiempo de mezcla	4 minutos 41 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Modelo de teselas	
Textura	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Datos fuente	Malla
Tamaño de tesela	256
Número de caras	Alta
Habilitar el filtro de efecto fantasma	Sí
Tiempo de procesamiento	1 hora 6 minutos
Versión del programa	1.5.5.9097
Modelo digital de elevaciones	
Tamaño	10,501 x 8,177
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Parámetros de reconstrucción	
Datos fuente	Malla
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	1 minuto 20 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Ortomosaico	
Tamaño	10,132 x 7,706
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Colores	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	Modelo digital de elevaciones
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Tiempo de procesamiento	1 minuto 26 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Software	
Versión	1.5.5 build 9097
Plataforma	Windows 64

Reporte Parque 02 - Solidaridad - Los Olivos

Informe de procesamiento
09 November 2021



Datos del levantamiento

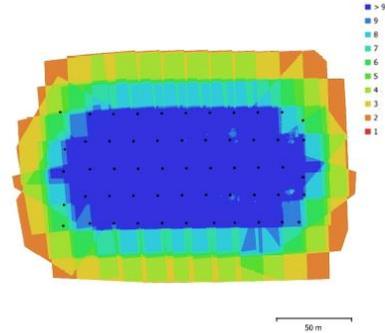


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 55 Imágenes alineadas: 55
 Altitud media de vuelo: 51.2 m Puntos de paso: 27,425
 Resolución en terreno: 1.95 cm/pix Proyecciones: 72,019
 Área cubierta: 0.0323 km² Error de reproyección: 0.849 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC330 (3.61mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Página 2

Calibración de cámara

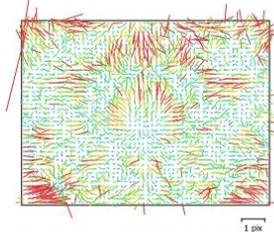


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC330 (3.61mm).

FC330 (3.61mm)
55 imágenes

Tipo Cuadro	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 micras
F:	2311.25		
Cx:	0.250051	B1:	1.82636
Cy:	-35.6207	B2:	-2.40686
K1:	-0.00759958	P1:	0.000152449
K2:	0.0150856	P2:	-0.000892434
K3:	0	P3:	0
K4:	0	P4:	0

Posiciones de cámaras

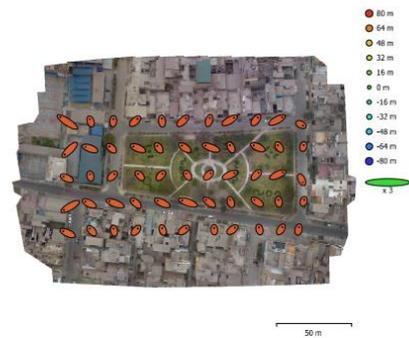


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error. El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
1.3763	1.01339	70.088	1.70914	70.1088

Tabla 2. Errores medios de las posiciones de cámaras.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Página 3

Página 4

Puntos de control terrestre



Fig. 4. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores. El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
4	2,82719	3,38939	0,700174	4,41373	4,46892

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo. X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
6	-1,99689	2,99193	-0,885264	3,70444	3,403 (14)
7	-0,399362	-5,13256	0,857028	5,21892	1,432 (11)
8	-2,33486	3,11607	0,435337	3,91803	5,977 (7)
9	4,73007	-0,973243	-0,503256	4,85531	2,582 (6)
Total	2,82719	3,38939	0,700174	4,46892	3,535

Tabla 4. Puntos de apoyo. X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

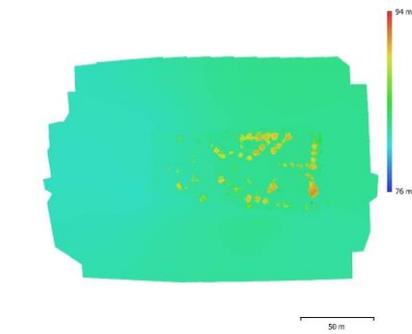


Fig. 5. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 2 cm/pix
 Densidad de puntos: 0,25 puntos/cm²

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	55
Cámaras orientadas	55
Marcadores	4
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG:32718)
Ángulo de rotación	Guilada, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	27,425 de 30,417
RMS error de reproyección	0,280296 (0,848503 pix)
Error de reproyección máximo	0,858905 (19,431 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	3,5859 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de piso	2,72282
Parámetros de orientación	
Precisión	Máxima
Pre-selección geométrica	Si
Pre-selección de referencia	Si
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de piso por foto	4,000
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	Si
Tiempo de búsqueda de emparejamiento	52 segundos
Tiempo de orientación	10 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Mapas de profundidad	
Número	55
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	23 minutos 35 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Nube de puntos densa	
Puntos	113,434,557
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	23 minutos 35 segundos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	21 minutos 28 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Modelo	
Cano	6,188,477
Vértices	3,058,559
Colores de vértices	3 bandas, uint8
Textura	4,096 x 4,096, 4 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	23 minutos 35 segundos

Generales**Parámetros de reconstrucción**

Tipo de superficie Bajarrelieve / terreno
Datos fuente Nube de puntos densa
Interpolación **Habilitada**
Máscaras volumétricas estrictas No
Tiempo de procesamiento 7 minutos 10 segundos

Parámetros de texturizado

Modo de mapeado Ortofoto
Modo de mezcla Mosaico
Tamaño de textura 4,096
Habilitar el cierre de agujeros Si
Habilitar el filtro de efecto fantasma Si
Tiempo de mapeado en UV 1 minuto 28 segundos
Tiempo de mezcla 5 minutos 4 segundos
Versión del programa 1.5.5.9097

Modelo de teselas

Textura 3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Datos fuente **Malla**
Tamaño de tesela 256
Número de caras Alta
Habilitar el filtro de efecto fantasma Si
Tiempo de procesamiento 2 horas 1 minuto
Versión del programa 1.5.5.9097

Modelo digital de elevaciones

Tamaño 12,338 x 8,751
Sistema de coordenadas WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)

Parámetros de reconstrucción

Datos fuente **Malla**
Interpolación **Habilitada**
Tiempo de procesamiento 1 minuto 35 segundos
Versión del programa 1.5.5.9097

Ortomosaico

Tamaño 11,504 x 7,835
Sistema de coordenadas WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Colores 3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla Mosaico
Superficie Modelo digital de elevaciones
Permitir el cierre de agujeros Si
Tiempo de procesamiento 1 minuto 56 segundos
Versión del programa 1.5.5.9097

Software

Versión 1.5.5 build 9097
Plataforma Windows 64

Agisoft Metashape

Informe de procesamiento
12 November 2021



Datos del levantamiento

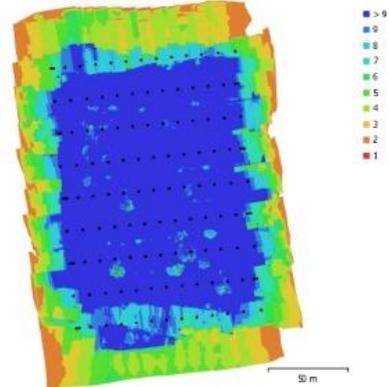


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 126 Panorámicas multicámara: 26
 Altitud media de vuelo: 51.1 m Puntos de paso: 119,169
 Resolución en terreno: 1.24 cm/pix Proyecciones: 305,715
 Área cubierta: 0.0373 km² Error de reproyección: 0.407 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310 (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

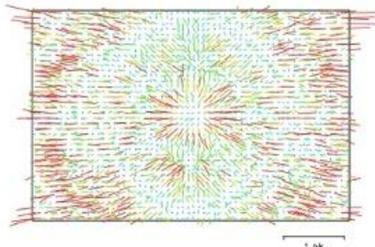


Fig. 2. Gráfico de residuos para FC6310 (8.8mm).

FC6310 (8.8mm)
126 imágenes

Tipo Cuadro Resolución 5472 x 3648 Distancia focal 8.8 mm Tamaño de píxel 2.41 x 2.41 micras

	Valor	Error	P	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
P	3.63718	3.4	1.00	0.03	0.49	0.14	-0.34	0.54	0.05	0.36
Cx	9.23533	0.11		1.00	0.44	0.09	-0.29	0.45	0.31	0.30
Cy	29.0174	0.046			1.00	0.07	-0.16	0.26	0.03	0.75
K1	0.00098027	0.0001				1.00	-0.46	0.42	0.32	0.18
K2	-0.0109761	0.00013					1.00	-0.96	-0.07	-0.14
K3	0.0116349	0.00013						1.00	0.06	0.21
P1	-3.77588e-005	3.9e-006							1.00	0.08
P2	0.0011929	3.3e-006								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Puntos de control terrestre

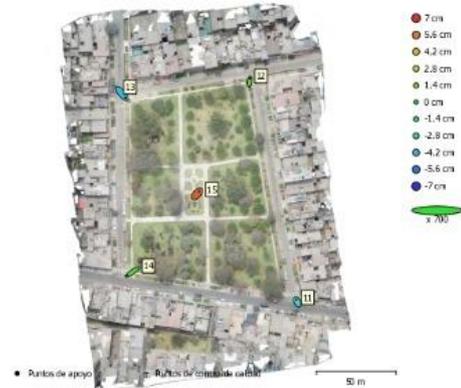


Fig. 3. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
5	0.53957	0.570942	3.64305	0.785564	3.72678

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo. X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
11	-0.185679	0.404708	-3.23996	3.27041	0.363 (12)
12	0.0962335	0.55828	0.758278	0.946532	0.438 (15)
13	0.663057	-0.772262	-4.1689	4.29136	0.228 (15)
14	-0.914622	-0.626462	0.473193	1.20536	0.326 (16)
15	0.368459	0.406896	6.13866	6.16315	0.520 (15)
Total	0.53957	0.570942	3.64305	3.72678	0.388

Tabla 4. Puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

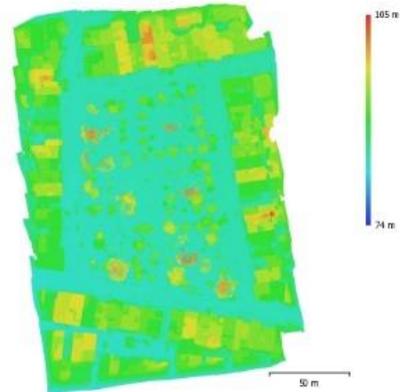


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 1.24 cm/pix
Densidad de puntos: 0.653 puntos/cm²

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	126
Cámaras orientadas	126
Marcaciones	5
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Ángulo de estación	0 grados, 0 minutos, 0 segundos
Nube de puntos	
Puntos	119,169 de 124,027
RMS error de la proyección	0.191507 (0.407937 pix)
Error de proyección máximo	0.576724 (17.0214 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	2.26996 pix
Cobres de puntos	3 bandas, u int8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	2.61437
Parámetros de orientación	
Prección	Mínima
Pre-ubicación de cámara	Si
Pre-ubicación de referencia	Si
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamiento	59 segundos
Tiempo de orientación	14 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Mapas de profundidad	
Número	126
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	21 minutos 56 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Nube de puntos densa	
Puntos	43,771,010
Cobres de puntos	3 bandas, u int8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	21 minutos 56 segundos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	33 minutos 11 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Modelo	
Cotas	87,183,892
Vértices	43,601,553
Cobres de vértices	3 bandas, u int8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	21 minutos 56 segundos
Parámetros de reconstrucción	

Generales	
Tipo de superficie	Bajorelevé / terreno
Datos fuente	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Máscaras volumétricas estrictas	No
Tiempo de procesamiento	14 minutos 58 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Ortomosaico	
Tamaño	14,752 x 19,897
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Cobres	3 bandas, u int8
Parámetros de reconstrucción	
Modo de reconstrucción	Mosaico
Superficie	Plano
Permitir el cierre de agujeros	Si
Tiempo de procesamiento	11 minutos 50 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Software	
Versión	1.5.2 build 7838
Plataforma	Windows 64

informe 04 Juan Pablo II

Informe de procesamiento
10 November 2021



Datos del levantamiento

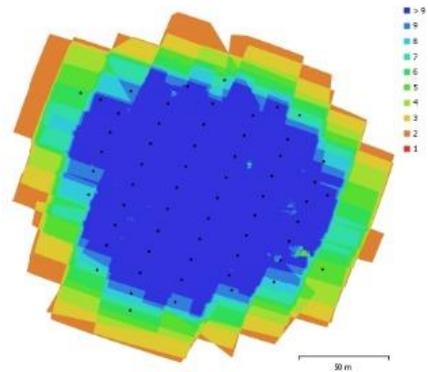


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 60 Imágenes alineadas: 60
 Altitud media de vuelo: 57.2 m Puntos de paso: 53,820
 Resolución en terreno: 2 cm/pix Proyecciones: 204,981
 Área cubierta: 0.0301 km² Error de reproyección: 1.01 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC330 (3.61mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Página 2

Calibración de cámara

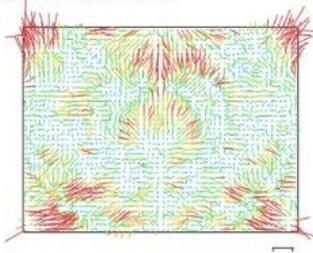


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC330 (3.61mm).

FC330 (3.61mm)
60 imágenes

Tipo Cuadro	Resolución 4000 x 3000	Distancia focal 3.61 mm	Tamaño de píxel 1.56 x 1.56 micras
F:	2565.39		
Cx:	4.19913	B1:	0
Cy:	-45.976	B2:	0
K1:	0.00653363	P1:	0.00030889
K2:	-0.000691472	P2:	-0.00113644
K3:	0.0201972	P3:	0
K4:	0	P4:	0

Posiciones de cámaras



Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.
 El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.
 Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
1.30257	1.39112	80.6691	1.90575	80.6916

Tabla 2. Errores medios de las posiciones de cámaras.
 X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Página 3

Página 4

Puntos de control terrestre



Fig. 4. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores. El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
4	2.67149	3.32725	1.40476	4.26702	4.49231

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo. X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
16	0.776901	-5.1796	1.04291	5.34036	1.692 (8)
18	3.37931	2.54937	-0.933203	4.33474	1.168 (9)
19	-0.0904406	3.25176	1.60278	3.62644	4.502 (9)
20	-4.06398	-0.617162	-1.83465	4.50142	2.208 (5)
Total	2.67149	3.32725	1.40476	4.49231	2.794

Tabla 4. Puntos de apoyo. X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

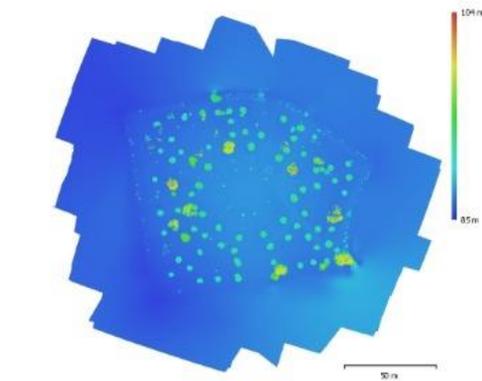


Fig. 5. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 2 cm/pix
Densidad de puntos: 0.25 puntos/cm²

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	60
Cámaras orientadas	60
Marcadores	4
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG:32718)
Ángulo de rotación	Guñado, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	53,830 de 61,465
RMS error de reproyección	0.262346 (1.90568 pix)
Error de reproyección máximo	0.796794 (30.3081 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	4.25735 pix
Cobres de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	4.07312
Parámetros de orientación	
Procción	Alt
Pre-selección genérica	Si
Pre-selección de selección	Si
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de empalmes	3 minutos 34 segundos
Tiempo de orientación	46 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Mapas de profundidad	
Número	60
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	2 horas 32 minutos
Versión del programa	1.5.5.9097
Nube de puntos densa	
Puntos	103,041,662
Cobres de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	2 horas 32 minutos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	51 minutos 23 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Modelo	
Caras	8,364,769
Vértices	4,187,443
Cobres de vértices	3 bandas, uint8
Textura	4,096 x 4,096, 4 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	2 horas 32 minutos

Generales**Parámetros de reconstrucción**

Tipo de superficie Bajorelievo / terreno
Datos fuente Nube de puntos densa
Interpolación Habilitada
Máscaras volumétricas estrictas No
Tiempo de procesamiento 13 minutos 27 segundos

Parámetros de texturizado

Modo de mapeado Ortofoto
Modo de mezcla Mosaico
Tamaño de textura 4,096
Habilitar el cierre de agujeros Sí
Habilitar el filtro de efecto fantasma Sí
Tiempo de mapeado en UV 2 minutos 57 segundos
Tiempo de mezcla 11 minutos 23 segundos
Versión del programa 1.5.5.9097

Modelo de teselas

Textura 3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Datos fuente Mdb
Tamaño de tesela 256
Número de caras Aba
Habilitar el filtro de efecto fantasma Sí
Tiempo de procesamiento 2 horas 11 minutos
Versión del programa 1.5.5.9097

Modelo digital de elevaciones

Tamaño 14,352 x 13,325
Sistema de coordenadas WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)

Parámetros de reconstrucción

Datos fuente Mdb
Interpolación Habilitada
Tiempo de procesamiento 3 minutos 15 segundos
Versión del programa 1.5.5.9097

Ortomosaico

Tamaño 10,609 x 9,826
Sistema de coordenadas WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Cobros 3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla Mosaico
Superficie Modelos digitales de elevaciones
Permitir el cierre de agujeros Sí
Tiempo de procesamiento 3 minutos 4 segundos
Versión del programa 1.5.5.9097

Software

Versión 1.5.5 build 9097
Plataforma Windows 64

informe 05 Santa Rosa

Informe de procesamiento
07 November 2021



Datos del levantamiento

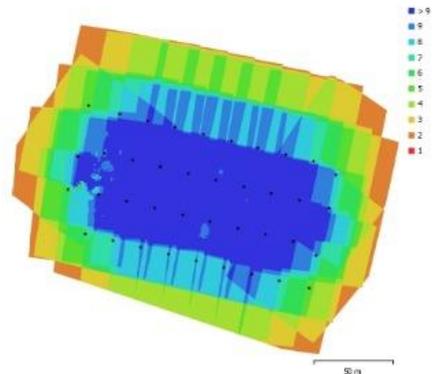


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 39 Imágenes alineadas: 39
 Altitud media de vuelo: 65.5 m Puntos de paso: 39,340
 Resolución en terreno: 2.4 cm/pix Proyecciones: 112,185
 Área cubierta: 0.0361 km² Error de reproyección: 0.889 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC330 (3.61mm)	4000 x 3000	3,61 mm	1.56 x 1.56 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

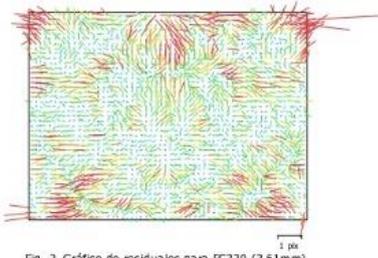


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC330 (3.61mm).

FC330 (3.61mm)
39 imágenes

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 micras

F:	2385.76	B1:	0
Cx:	2.05078	B2:	0
Cy:	-38.9421	P1:	0.000416867
K1:	0.0011443	P2:	-0.00103043
K2:	-0.00214471	P3:	0
K3:	0.014607	P4:	0
K4:	0		

Posiciones de cámaras



Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.
 El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.
 Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
1.88898	1.21166	63.5472	2.24419	63.5868

Tabla 2. Errores medios de las posiciones de cámaras.
 X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Puntos de control terrestre



Fig. 4. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores. El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
3	0.338413	1.411	0.0229003	1.45101	1.45119

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo. X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
21	0.328357	-0.707396	-0.0310751	0.780508	2.602 (11)
24	-0.465605	-1.2596	-0.023764	1.34311	1.484 (8)
25	0.137709	1.97123	-0.00654815	1.97605	0.826 (17)
Total	0.338413	1.411	0.0229003	1.45119	1.697

Tabla 4. Puntos de apoyo. X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

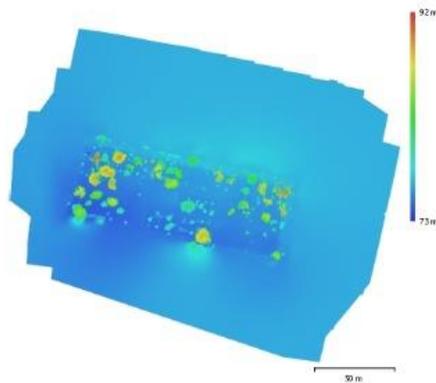


Fig. 5. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 2.4 cm/pix
Densidad de puntos: 0.174 puntos/cm²

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	39
Cámaras orientadas	39
Mercuriales	3
Formas	
Polígonos	7
Polígonos	33087
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG:32718)
Ángulo de rotación	Guilida, cabeza, albedo
Nube de puntos	
Puntos	39,340 de 42,901
RMS error de reproyección	0.190833 (0.889125 pix)
Error de reproyección máximo	0.57934 (27.3581 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	4.79286 px
Cobres de puntos	3 bandas, u18S
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	2.94205
Parámetros de orientación	
Precisión	Alta
Proyección geográfica	Si
Proyección de referencia	Si
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Ajuste adaptativo de modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamiento	1 minuto 25 segundos
Tiempo de orientación	27 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Mapas de profundidad	
Número	39
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtro	Leve
Tiempo de procesamiento	1 hora 3 minutos
Versión del programa	1.5.5.9097
Nube de puntos densa	
Puntos	83,341,318
Cobres de puntos	3 bandas, u18S
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Extra alta
Nivel de filtro	Leve
Tiempo de procesamiento	1 hora 3 minutos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	21 minutos 24 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Moddo	
Caras	3,588,953
Vértices	1,803,096
Cobres de vértices	3 bandas, u18S
Tamaño	4,096 x 4,096, 4 bandas, u18S
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	

Generales	
Calidad	Extra alto
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	1 hora 3 minutos
Parámetros de reconstrucción	
Tipo de superficie	Bajomleve / terreno
Datos fuente	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Máscaras volumétricas estrictas	No
Tiempo de procesamiento	9 minutos 21 segundos
Parámetros de texturizado	
Modo de mapeado	Ortofoto
Modo de mezcla	Mosaico
Tamaño de textura	4,096
Habilitar el cierre de agujeros	Si
Habilitar el filtro de efecto fantasma	Si
Tiempo de mapeado en UV	1 minuto 23 segundos
Tiempo de mezcla	6 minutos 29 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Modelo de teselas	
Textura	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Datos fuente	Mali
Tamaño de tesela	256
Número de caras	Alta
Habilitar el filtro de efecto fantasma	Si
Tiempo de procesamiento	1 hora 58 minutos
Versión del programa	1.5.5.9097
Modelo digital de elevaciones	
Tamaño	12,073 x 10,293
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Parámetros de reconstrucción	
Datos fuente	Mali
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	2 minutos 43 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Ortomosaico	
Tamaño	10,173 x 8,740
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Cobres	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	Modelo digital de elevaciones
Permitir el cierre de agujeros	Si
Tiempo de procesamiento	2 minutos 33 segundos
Versión del programa	1.5.5.9097
Software	
Versión	1.5.5 build 9097
Plataforma	Windows 64

Anexo 7. Certificado de calibración de equipos



Telf: +51 926897359

GEOXDATAXDRONE SAC-PERÚ-LIMA-MARZO 15 DE 2021

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD No. 468853-23022019

APARATO EN PRUEBA: GNSS

1. ANTENNA:

MARCA: HARXON

PROCEDENCIA: CHINA

MODELO: HX-CSX601A

SN: C20090100232

2. RECEPTOR:

MARCA: UBLOX MODULO ZED-F9P (Multibanda, GPS-GLONASS-GALILEO-BeiDou, ISO 16949 – ISO 16950)

PROCEDENCIA: SUECIA

CLIENTE: MARCO ANTONIO HERRERA DÍAZ

RUC/DNI: 44553815

RESULTADO DIRECTO:

El receptor y la antena GNSS fue revisado en nuestro laboratorio y cumple con los parámetros de los fabricantes HARXON y UBLOX donde se encuentra en rango de precisión establecida en manual de usuario.

DEFINICION DE PRUEBA

La verificación de la prueba consiste en comparar la medida registrada en dos receptores diferenciales GNSS de características similares en cuanto a un rango de precisión de acuerdo a los valores expresados por el fabricante.

Precisión: Es la proximidad de concordancia entre valores medidos obtenidos por mediciones repetidas de una misma distancia, en este caso en el mismo punto y bajo condiciones específicas.

Los parámetros verificados corresponden a las características establecidas por los fabricantes HARXON y UBLOX.

PROPIEDADES DE LA POSICIÓN CON GPS

Mascara de elevación: 10°

DOPs:

GDOP: 1.8 - 2.1 PDOP: 1.4 - 1.6, HDOP: 0.7 – 0.9 VDOP: 1.2 - 1.4

Numero de satélites disponibles: 31

Numero de satélites utilizados en la prueba = 14

Satélites: GPS: G02 G06 G07 G09 G13 G14 G28 G30

GLONASS: R01 R02 R12 R13 R17 R24

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura: 21.1°C

Humedad relativa: 60%

Presión Atmosférica: 1013mbar

El presente certificado sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales de uso en que se realizó esta calibración.

No se certifica ninguna característica del instrumento diferente de las descritas en este documento.

Fecha de verificación: marzo 15 del 2021

Los resultados del presente informe constatan que la antena HAXON HX-CSX601A con serial No. C20090100232 y el receptor UBLOX ZED-F9P se encuentran dentro del rango de parámetros y características establecidas por los fabricantes.



Ruiz Carbajal Alex
Jefe de SAT servicio Técnico
alexrojsell@gmail.com