



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE ECOLOGIA

TESIS:

FOTOGRAMETRÍA CON DRONE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS
HIDROLÓGICOS DEL ESTIAJE EN LA CONFLUENCIA DEL RIO NANAY,
ITAYA Y AMAZONAS, IQUITOS, LORETO 2024

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN
ECOLOGÍA**

AUTORES: Bach. Henry Antonio Calixtro Meléndez

Bach. Sory Esther Vásquez Alves

ASESOR: Ing. Marco Antonio Paredes Riveros. MsC

Iquitos – Maynas - Loreto

2024


Ing. Marco Antonio Paredes Riveros
Director Zonal 8
SENAMHI

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Con Resolución Decanal N° 911-2024-UCP-FCEI, del 01 de octubre del 2024, se designó jurado.

Con Resolución Decanal N° 935-2025-UCP-FCEI, del 14 de octubre del 2025, se autorizó la sustentación.

Siendo las 10:00 a.m. del día 27 de octubre del 2025, se constituyó de modo presencial el Jurado para escuchar la presentación y defensa de la Tesis: **"FOTOGRAMETRÍA CON DRONE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS HIDROLÓGICOS DEL ESTIAJE EN LA CONFLUENCIA DEL RIO NANAY, ITAYA Y AMAZONAS, IQUITOS, LORETO 2024"**.

Presentado por:

HENRY ANTONIO CALIXTRO MELENDEZ
Para optar el título profesional de Licenciado en Ecología

SORY ESTHER VÁSQUEZ ALVES
Para optar el título profesional de Licenciada en Ecología

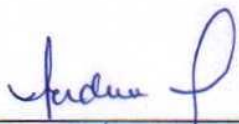
Asesor: Ing. MARCO ANTONIO PAREDES RIVEROS, Mg.

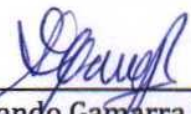
Luego de escuchar la sustentación y defensa ante las preguntas, el Jurado pasó a la deliberación en forma reservada, llegando a la siguiente conclusión:

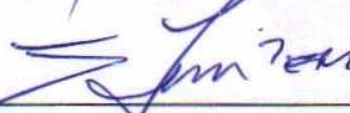
La sustentación es: Aprobada por Unanimidad.

A las 11:30 horas culminó el acto público.

En fe de lo cual los miembros del jurado firman el Acta y comunican en acto público.


Ing. Carmen Patricia Cerdana del Aguila, Dra.
Presidente del Jurado


Ing. Gustavo Fernando Gamarra Ramirez, Mg.
Miembro del jurado


Lic. Ecol. Segundo Levi Estela Moreno, M. Sc.
Miembro del jurado

“Año de la recuperación y consolidación de la económica peruana”

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP**

El presidente del Comité de Ética e Integridad Científica

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**“FOTOGRAMETRÍA CON DRONE PARA LA IDENTIFICACIÓN
DE RIESGOS HIDROLÓGICOS DEL ESTIAJE EN LA
CONFLUENCIA DEL RIO NANAY, ITAYA Y AMAZONAS,
IQUITOS, LORETO 2024”**

De los alumnos: **HENRY ANTONIO CALIXTRO MELÉNDEZ Y SORY ESTHER VÁSQUEZ ALVES**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **10% de similitud**.

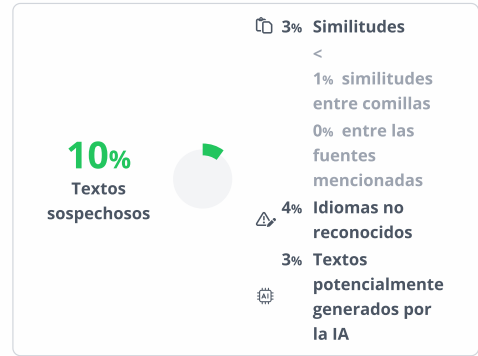
Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 01 de agosto del 2025.



**Presidente del Comité de Ética e
Integridad Científica
Mgr. Arq. Jorge L. Tapullima Flores**

UCP ECOLOGÍA 2025 TESIS SORY VASQUEZ HENRY CALIXTRO V2 RESUMEN



Nombre del documento: UCP_ECOLOGÍA_2025_TESIS_SORY_VASQUEZ_HENRY_CALIXTRO_V2_RESUMEN.pdf ID del documento: 6c37a7aa9ae76745a106918dfec9d2d591876eff Tamaño del documento original: 1,92 MB	Depositante: Chris Angela Ramirez Flores Fecha de depósito: 1/8/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 1/8/2025	Número de palabras: 5729 Número de caracteres: 36.997
---	---	--

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	app.ign.gob.pe https://app.ign.gob.pe/ortoimagenes/wp-content/uploads/2022/10/MT-N-3-01-1.pdf	1%		Palabras idénticas: 1% (63 palabras)
2	tesis.pucp.edu.pe https://tesis.pucp.edu.pe/bitstreams/1d884558-fc3e-4678-a217-24811860667b/download	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (48 palabras)
3	archive.org https://archive.org/download/international-glossary-of-hydrology-unesco-digital-library/Inter...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
4	hdl.handle.net Evaluación de los impactos generados sobre el tránsito fluvial a... http://hdl.handle.net/20.500.14503/1798	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)

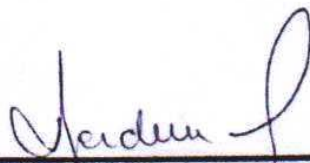
Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	hdl.handle.net Evaluación de la pérdida de hábitat y su efecto en la disponibilidad... http://hdl.handle.net/20.500.14503/1487	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
2	wmo.int Los últimos ocho años han sido los más cálidos jamás registrados a niv... https://wmo.int/es/media/news/los-ultimos-ochos-anos-han-sido-los-mas-calidos-jamas-regist...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

HOJA DE APROBACIÓN PROGRAMA ACADÉMICO DE ECOLOGIA

**BACHILLERES: HENRY ANTONIO CALIXTRO MELENDEZ Y SORY ESTHER
VÁSQUEZ ALVES**


La Tesis sustentada en acto público el día 20 de octubre del 2025, a las 10:00
am, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.



**ING. CARMEN PATRICIA CERDEÑA DEL AGUILA, DRA.
PRESIDENTE DE JURADO**



**ING. GUSTAVO FERNANDO CAMARRA RAMÍREZ, MG.
MIEMBRO DE JURADO**



**LIC. ECOL. SEGUNDO LEVI ESTELA MORENO, M. SC.
MIEMBRO DE JURADO**



**ING. MARCO ANTONIO PAREDES RIVEROS, MG.
ASESOR**

Dedicatorias

Dedico este estudio a mi madre, quien siempre me motivó a seguir mis sueños, por su apoyo constante, fe en mis habilidades, así como por su paciencia y cariño. A todos los que han estado a mi lado en este recorrido, les expreso mi más sincero agradecimiento.

Henry Antonio Calixtro Meléndez

A la Amazonía, fuente de vida y enigma, que me ha fascinado con su esplendor y me ha motivado a entender sus complejidades. A la comunidad de Iquitos, por su cálida acogida y por brindarme su conocimiento ancestral acerca del río Nanay. A mis colegas de investigación, por su entusiasmo, dedicación y compañerismo. A todos los que, con su ayuda y ánimo, hicieron posible la culminación de este trabajo.

Sory Esther Vásquez Alves

Agradecimiento

A nuestro asesor, Ing. Marco Antonio Paredes, por sus valiosas enseñanzas, su guía inestimable y apoyo durante el desarrollo de esta investigación, así como al Ing. Hernan Gonzales Ferreyra, por su colaboración en el trabajo de campo y en la recopilación de Datos Geográficos.

A la Universidad Científica del Perú - UCP, por proporcionar las herramientas y recursos indispensables para llevar a cabo este proyecto. Mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que, de alguna forma, contribuyeron a la elaboración de esta tesis.

Henry Antonio Calixtro Meléndez

Sory Esther Vásquez Alves

Índice

RESUMEN	11
SUMMARY	12
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	13
1.1. Antecedentes del estudio.	13
1.2. Bases Teóricas.	16
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
2.1. Descripción del problema	23
2.2. Formulación del problema	24
2.2.1. Problema general	24
2.2.2. Problemas específicos	24
2.3. Objetivos	25
2.3.1. Objetivo general	25
2.3.2. Objetivos específicos	25
2.4. Justificación de la investigación	26
2.5. Hipótesis	27
2.6. Variables	27
2.6.1. Identificación de las variables	27
2.6.2. Definición conceptual y operacional de las variables	27
2.6.3. Operacionalización de las variables	28
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	29
3.1. Tipo y diseño de investigación	29
3.2. Población y muestra	29
3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	29
3.4. Procesamiento y análisis de datos	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1. Ubicación	34

4.2. Determinación e identificación de los riesgos Hidrológicos. ...	35
4.2. Análisis de peligro hidrológico.	36
4.3. creación de un modelo tridimensional del área de trabajo.	40
CAPÍTULO V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS	44
CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	48
5.1. Conclusión	48
5.1. Recomendaciones	48
Referencias bibliográficas.	50
Anexos	52
Instrumento de recolección de datos	53
Matriz de consistencia	54
Informe de procesamiento	55
Datos del levantamiento	56
Calibración de cámara	57
Posiciones de cámaras	58
Modelo digital de elevaciones	59
Parámetros de procesamiento	60

índice de tablas

Tabla 1.- Operacionalización de las Variables	28
Tabla 2.- Coordenadas Geográficas del área de Estudio	34
Tabla 3. Asignar filtro y Clasificación de Puntos	40

Índice de figuras

Figura 1.- HP Z8 Fury G5 Workstation Equipo de Procesamiento	33
Figura 2.- Software de Procesamiento Agisoft Metashepe	33
Figura 3. Clasificación de la nube de puntos Agisoft Metashape	41
Figura 4. Vegetación media Clasificado por el Software	41
Figura 5. Agua en la nube de punto Clasificado por el Software	42
Figura 6. Suelo de vegetación baja Clasificado por el Software	42
Figura 7. Creación del Modelo Digital de Elevación por el Software	43
Figura 8. Modelo Digital de Elevación.....	43

índice de ilustraciones

Ilustración 1. Resumen de la Medición de Aforo en el área de estudio	37
Ilustración 2. Sección 01 del perfil transversal en la confluencia del río Nanay, Amazonas e Itaya.	38
Ilustración 3. Sección 02 del perfil transversal en la confluencia del río Nanay, Amazonas e Itaya.	38
Ilustración 4.- Profundidad del perfil transversal en la confluencia del río Nanay, Amazonas e Itaya.	39

RESUMEN

El presente trabajo, denominado "Fotogrametría con Drone para la Identificación de Riesgos Hidrológicos del Estiaje en la Confluencia del Río Nanay, Itaya y Amazonas, Iquitos, Loreto 2024", se realizó en el departamento de Loreto, provincia de Maynas, distrito de Punchana, el objetivo fue de aprovechar la fotogrametría o vuelo de drone para ayudar a determinar los tramos críticos que se generan en la época de estiaje en la confluencia del río Itaya sobre el gran río Amazonas, es decir, determinar el riesgo de vaciante extrema 2024 para la navegación fluvial.

Como metodología se utilizó a la fotogrametría, específicamente, a los vuelos de drone en el cuadrante cercano a la confluencia de los ríos Nanay, Itaya con el Amazonas, a través del plan de vuelo cuyas características fueron de 80 m de altura de vuelo, un traslape de 60% entre foto y foto, procesada posteriormente con el software Agisoft versión educativa. Posteriormente, se realizaron mediciones de caudales y batimetría con el equipo ADCP para determinar el perfil de velocidad y profundidad del sector crítico. La velocidad promedio para el mes de setiembre 2024 fue de 0.257 m/s, con una profundidad máxima 2.43 m. el año ha sido considerado como la sequía más grande de las últimas décadas. Los resultados ayudaron a prevenir el riesgo de las embarcaciones que acodaban en los puertos internos de Iquitos.

Palabra clave: Fotogrametría, Riesgo Hidrológico, Estiaje.

SUMMARY

The research has been named “Photogrammetric Drone for the detection of Hydrological risk during the low water period in the Confluence of the rivers Nanay, Itaya and Amazon, Iquitos Loreto 2024” carried out in Punchana district of Maynas province, Loreto region. They were to use drone aerial photography to locate priority hydrological zones established during low water period in the Itaya and Amazon rivers, and then use MODIS-derived and remotely sensed data product time series of derived river stage to provide a risk of extreme low water in 2024 for river navigation.

Following a flight plan at an altitude of 80 meters and 60% image overlap, the approach used drone flights in the quadrant including the confluence of the Nanay, Itaya, and Amazon Rivers. The educational version of Agisoft software was used to process the data. Furthermore, using an Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), flow and bathymetric measurements were collected to define velocity and depth profiles in the critical area. With a maximum measured depth of 2.43 meters, the mean flow velocity in September 2024 was 0.257 m/s. This year has been designated as seeing the worst drought in recent decades. The results help to lessen navigational hazards for ships mooring at the interior ports of Iquitos.

Keywords: Photogrammetry, Hydrological Risk, Low Flow.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes del estudio.

Saavedra (2021), en su estudio evaluó el riesgo producido por la inundación en la ciudad de Pebas (Provincia Ramón Castilla), asimismo utilizó el análisis Jerárquico -AHP, y determinó que el riesgo es dependiente de la peligrosidad y la vulnerabilidad de la zona, sumado a esto, los drones identificaron que un 7% del sector urbano, donde existe playas y terrazas bajas, se encuentra en un riesgo de categoría “Muy Alto” y los ciudadanos perciben el riesgo como inaceptable. Por último, concluyó que la aerofotogrametría con dron ayuda a la gestión de riesgo. (1)

Almeida (2017), en su investigación titulada Fotogrametría para la gestión de riesgos de desastres, quiso mostrar que a la fotogrametría como una metodología de trabajo para determinar las áreas afectadas por fenómenos Naturales o antrópicos. Así mismo, concluyó que la incidencia de aproximadamente 11,000 casos de emergencias y daños causados por desastres cada año en Perú subraya la urgente necesidad de fortalecer las medidas de prevención, preparación y respuesta ante estos eventos que se puede contrarrestar usando equipos como drones.

En conclusión, es necesario que el estado colabore de forma conjunta para menguar las pérdidas humanas y materiales provocadas por catástrofes naturales. La sensibilización, la correcta organización y la solidaridad son esenciales para edificar comunidades más resistentes antes estas dificultades. (2)

Pinho (2024), en su estudio denominado: Avances y usos de drones en la administración de recursos naturales y monitoreo ambiental en la región semiárida de Brasil, donde estudio cómo los drones, considerados como vehículos aéreos no tripulados, pueden apoyar la conservación del medio ambiente y las prácticas de protección en el semiárido brasileño. Esto se debe a la necesidad urgente de

implementar soluciones tecnológicas avanzadas para afrontar la problemática de la escasez de agua y la degradación del suelo en esta región. El objetivo principal fue de ver las ventajas y aplicaciones de los drone en la administración de recursos naturales y el monitoreo ambiental. A través de metodologías que abarcan vuelos autónomos, sistemas de propulsión, sensores de alta resolución y geolocalización precisa, en combinación con teledetección e imágenes satelitales, el estudio evidencia que los drones son capaces de identificar áreas deterioradas, monitorear la fauna y la flora, así como detectar incendios forestales. (3)

Los hallazgos evidencian la eficacia de los drones en la expansión del entendimiento de los recursos biológicos y en el impulso de la economía local mediante el turismo sostenible, contraponiendo los desafíos regulatorios y de seguridad. Se deduce que la utilización de drones es fundamental para una conservación eficaz y sostenible, que necesita la cooperación interinstitucional del estado, entidades científicas y la sociedad civil. (3)

Olivares (2016), analizó los patrones de cambio morfológico y meándrico de 13 ríos ubicados en la Región Hidrográfica del Amazonas en el rango de años comprendido entre 1987 y 2011, mediante la aplicación del modelo multitemporal de comparación de imágenes satelitales y programas computacionales otorgados por los sistemas de información geográfica (SIG), con el objetivo de calcular los ratios de migración y los patrones que muestran estos ríos amazónicos y expresarla en función de fórmulas empíricas. Además, se destaca la importancia de los estudios de fluviomorfología para el desarrollo del país. (4)

El lugar de estudio seleccionado fue la Región Hidrográfica del Amazonas donde se delimitan 13 ríos que fueron evaluados. Las características son la falta de estabilidad y continuo desplazamiento, que puede significar un riesgo inminente para los trabajos de

construcción civil asentado en el lecho fluvial de un lugar inundable. Es imprescindible que los ingenieros consideren el comportamiento de un río e identifiquen sus propiedades morfodinámicas para diseñar este tipo de edificaciones. Para identificar los patrones de cambio fluviomorfológico y meándrico se utilizó el método multitemporal. Este se fundamenta en la digitalización de imágenes satelitales correctamente recolectadas en función del intervalo de años de estudio previamente establecido y, mediante el uso del software SIG, obtener los índices de migración de los ríos escogidos. Así se logra un patrón de comportamiento que pueda ser aplicado a toda la región de estudio y se contrasta con otras investigaciones parecidas. Asimismo, se detallan las propiedades geométricas de los ríos y se examinan las conexiones entre diversos parámetros como por ejemplo el ancho de río, longitud de meandro, entre otros.

Con los hallazgos logrados, se demostró que la conducta de los ríos meándricos sigue una tendencia mundial que varía dependiendo de las características geométricas y del ecosistema al que pertenecen. Por último, se enfatizó la necesidad de este tipo de estudios de fluviomorfología para el desarrollo del país. (4)

1.2. Bases Teóricas.

Este trabajo se centra en la aplicación de la fotogrametría con drones para identificar riesgos hidrológicos en la confluencia de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas. Para construir una base teórica sólida, puedes considerar los siguientes puntos:

Cámara aérea digital

El aparato eléctrico fotográfico matricial o de línea que facilita la captura de imágenes en formato digital; sus propiedades ópticas (distorsiones de la lente) y elementos de orientación interna (distancia focal y geometría de construcción) son precisos e incorporados en un informe de calibración. (5)

Cámara de barrido o lineal

El aparato fotográfico se compone de un conjunto de sensores en forma de líneas (matrices formadas de dos o tres líneas) dispuestos en sentido perpendicularmente al rumbo del vuelo; la creación de la imagen digital demanda un barrido constante sobre el suelo al mismo tiempo que el avión avanza. (5)

Cámara digital métrica

Se refiere cámara digital de fotografía a la que se le han establecido de manera precisa, a través de un procedimiento de calibración, los parámetros de orientación interna como su distancia focal, formato (distancia entre marcas fiduciarias), distorsión de lentes para diversos puntos de fotografías y alta resolución en distintos puntos de la fotografía. Útil para trabajos del tipo fotogramétricas. (5)

Fotogrametría:

“Hace referencia a una disciplina de la ciencia y tecnología que facilita la obtención de datos de manera tridimensional geométrica y temática confiable mediante procedimientos de registro, medición e interpretación de imágenes digitales, así como patrones de energía electromagnética radiante y diferentes fenómenos”. (5)

Imagen Digital

Se trata de una estructura matricial 2D formada por un conjunto de celdas cuadradas conocida como píxeles. Estos píxeles representan las unidades fundamentales de almacenamiento de datos e incluyen una representación numérica discreta de la intensidad o nivel digital y se caracterizan por su ubicación espacial manifestadas en filas y columnas. Se pueden conseguir mediante sensores pasivos, que captan la reflexión de los objetos en relación a una fuente externa de energía, o por sensores activos, que captan la reflectividad de los objetos en relación a un recurso energético interno en el propio sensor. (5)

Modelo Digital de Elevación (MDE)

De acuerdo al IGN Peruano, el MDE es una estructura de datos numéricos que ilustra la distribución espacial de la altitud de la superficie del suelo y que se puede escribir de manera genérica como $z = f(x, y)$. Este modelo facilita la descripción de las formas del terreno y los componentes u objetos que se encuentran en el. (5)

Modelo Digital de Superficie (MDS)

Es una clase particular de modelo digital de altitudes donde se registran las superficies reflectivas superiores de construcciones, árboles, etc. que se encuentran sobre la

superficie de la tierra. Es un modelo frecuentemente empleado para la modelización en 3D, particularmente en áreas urbanas, además de generación de ortofotografías auténticas. (5)

Modelo Digital del Terreno (MDT)

“Es una ilustración de la superficie terrestre (sin abarcar elementos ajenos a la superficie terrestre -edificaciones, flora, etc.-) y que puede ser potenciada con componentes geomórficos que faciliten una definición más precisa de la misma”. (5)

crecida máxima anual

“Valor máximo del caudal instantáneo en un año”. (6)

“Nivel de crecida igualado o superado una vez al año”. (6)

orilla, (2) sin margen (izquierda, derecha)

“Sobreelevación del terreno que bordea un río, generalmente para contener el agua dentro del perímetro mojado del cauce. Margen de un cauce (izquierda, derecha) mirando aguas abajo”. (6)

cuenca.

“Área que tiene una salida única para su escorrentía superficial”. (6)

Caudal

Es la descarga líquida en un río, representa el volumen de agua que pasa por una sección transversal o sección de control en un intervalo de tiempo. Generalmente, sus unidades de medición se expresan en metros cúbicos por segundo (m³/s) o litros por segundo (l/s). Se debe mencionar que, por lo general, el caudal medido en una sección de control o

estación hidrométrica está relacionado a un nivel relativo y/o absoluto (SENAMHI, 2018c). Clima Síntesis de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado, caracterizada por estadística (media o promedio y su variabilidad de 30 años) a largo plazo (varía de meses a miles de millones de años) de los elementos meteorológicos como por ejemplo la temperatura, lluvias, vientos, etc, en dicho lugar (OMM & UNESCO, 2012).

Déficit hídrico

Se define como un aumento significativo y temporal de la demanda o una disminución del abastecimiento de agua. La escala temporal de este fenómeno coyuntural es de corto plazo (CSIRO, 2018).

Ventajas del Uso de DRONES

- Bajo costo en los vuelos
- Evitar riesgos del personal, debido a que los drones pueden entrar a terrenos difíciles o peligrosos para los seres humanos, como áreas montañosas, zonas con vegetación densa o lugares propensos a deslizamientos.
- Alta Resolución de las imágenes
- Rapidez: Los drones pueden cubrir amplias áreas en un periodo mucho menor que los métodos convencionales.
- Mejor modelamiento: se puede obtener modelos 3D más exactos y detallados, lo cual puede ser esencial para proyectos de arquitectura, ingeniería, construcción o gestión de recursos.

Normativas:

Regulaciones: Normativas de vuelo y uso de drones.

Normativas de Vuelo y Uso de Drones en Perú

En Perú, la **Ley N.º 30740** regula el uso y las operaciones de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS). (7) Esta ley dictada por el Congreso General de la República del Perú establece las normas para la operación segura y responsable de drones en el espacio aéreo peruano.

Necesidades para manejar un Dron:

Documentación del Dron: El usuario de un dron tiene que pedir una tarjeta de identificación a la Dirección de Certificaciones y Autorizaciones de la DGAC (Dirección General de Aeronáutica Civil) para registrar la información del dispositivo.

Licencia de Piloto: Es necesario tener una licencia de piloto emitido por el ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Seguro de Responsabilidad Civil: que proteja contra los posibles daños que el dron pueda causar durante su uso.

1.3. Definición de términos básicos.

- **Fotogrametría:** la fotogrametría es un Técnica que utiliza fotografías tomadas por un equipo, ya sea aéreo o terrestre para obtener información geométrica y espacial. (8)
- **Drone:** Vehículo aéreo no tripulado (UAV) utilizado para la adquisición de datos. (9)
- **Río Nanay:** El Río Nanay, ubicado en la región Loreto de Perú, es un afluente importante del Río Amazonas. En los últimos años, el Nanay ha sido testigo de la creciente problemática de la sequía en la Amazonía peruana, un fenómeno que se intensifica durante la época de estiaje (época de aguas bajas).
- **Río Itaya:** es un tributario del gran río Amazonas, es considerado un río secundario por el poco volumen que

transporta, más aún en época de estiaje donde los niveles se vuelven críticos.

- **Cuenca del río Amazonas:** La cuenca hidrográfica del Río Amazonas es vasta a nivel mundial. La extensión de este río es de 6,5 millones de km² con un caudal medio alto a nivel mundial, estimado en 200 000 m³/s (10). Dado su tamaño geográfico, la cuenca del Amazonas se distingue por una notable variabilidad espacial de las precipitaciones en los sistemas de agua. (11)

La región Oeste de la cuenca amazónica Peruana, cuenta con una superficie de 750 000 Km² en la estación hidrométrica de Tamshiyacu ubicado en el río Amazonas, con un flujo medio de 32 000 m³/s, que representa cerca del 16% del flujo en la desembocadura del Amazonas (12) (13). Este flujo fluctúa significativamente de una estación a otra debido a la fluctuación de las precipitaciones, con un periodo de monzón en el verano y otro más seco en invierno. Generalmente, durante agosto-septiembre, el flujo de agua disminuye hasta 15 000 m³/s y aumenta hasta 44 500 m³/s al comienzo del periodo. Por lo tanto, se observan caudales máximos que superan tres veces a los caudales mínimos, lo que implica una adaptación significativa de las comunidades que residen mayormente a lo largo del río. Por ejemplo, las viviendas pueden ser flotantes para mantenerse a nivel del río o tener pilotes para mantenerse alejadas de las aguas durante la temporada de creciente del río.

- **Riesgo hidrológico:**
Es la Amenaza relacionada con el agua que puede causar daños o pérdidas a corto o largo plazo.

- **Confluencia de ríos:**
Usado en hidrología para para describir un punto donde se unen dos o más ríos.
- **Geomorfología:** Se refiere a las formas de la superficie terrestre, en hidrología se menciona como la forma que deja la erosión de los márgenes del río.
- **Hidrología:** es una ciencia que estudia las formaciones de agua en la Tierra.
- **Modelo 3D:** Representación tridimensional espacial de un objeto o terreno.
- **Ortomosaico:** Imagen georreferenciada que combina varias fotografías con un porcentaje de traslape.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

2.1. Descripción del problema.

Uno de los grandes problemas de la ciudad de Iquitos es su dependencia de abastecimiento de los puertos de Pucallpa y Yurimaguas, por ello, del comportamiento de los ríos. Eventos extremos como sequías e inundaciones dificultan el desplazamiento de las grandes embarcaciones hacia la ciudad de Iquitos, siendo la más crítica, la época de estiaje donde los niveles se encuentran en su más bajo valor.

Asimismo, la dinámica de los ríos compuesta por oscilaciones entre el nivel máximo – mínimo anual de 12 m en promedio, sumado a la migración espacial de los ríos dificulta el desplazamiento de embarcaciones en la época de estiaje.

“En el informe de la OMM sobre el estado del clima mundial se confirmó que 2024 fue, probablemente, el primer año natural en superar en más de 1,5 °C el valor de referencia de la era preindustrial, dado que la temperatura media mundial cerca la superficie estuvo $1,55 \pm 0,13$ °C por encima de la media del período 1850-1900. Se trata del año más cálido desde que empezaron a registrarse los valores de temperatura hace 175 años”. (14)

El registrar temperaturas elevadas, es sinónimo de deficiencia de lluvias y por ende de disminución de los niveles de los ríos amazónicos. El 2024 es considerado una de las sequías de mayor intensidad para la selva amazónica, ocasionando la aparición de malos pasos, siendo uno de ellos, el sector de la confluencia del río Itaya con el río Amazonas que impide que las naves de gran tonelaje que se desplazaron por miles de kilómetros no puedan descargar en los puertos de Iquitos, repercutiendo en la economía regional.

Los resultados de la presente investigación permitirán prevenir al sector transporte y conexos sobre los impactos que se presenta en las épocas de estiaje y sobre todo permitirá a las autoridades regionales y locales tomar decisiones en base a una información científica para la prevención.

2.2. Formulación del problema.

2.2.1. Problema general.

Existe poca información de la migración de los ríos amazónicos, en especial, el Amazonas en el sector de Iquitos, donde confluye con el río Itaya.

2.2.2. Problemas específicos.

- No se tiene identificado las áreas de sedimentación críticas para el tránsito fluvial en el sector de la confluencia de los ríos Itaya y Amazonas, el cual puede determinarse con la fotogrametría.
- Carencia de conocimiento sobre el comportamiento de la dinámica fluvial que afecta a la navegación fluvial en la época de estiaje.
- Carencia de la aplicación de la tecnología de punta: fotogrametría con drones, para generar modelos 3D que identifiquen la zona de peligro durante el estiaje, ayudando a la gestión de riesgos y la disminución de los impactos en el sector de la confluencia de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas.

2.3. Objetivos.

2.3.1. Objetivo general.

Usar la fotogrametría con drones para la gestión de los riesgos hidrológicos en la confluencia de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas a orillas de la ciudad de Iquitos en el departamento de Loreto.

2.3.2. Objetivos específicos.

- Reconocer y establecer los sectores de peligro de sedimentación en las orillas durante la temporada de estiaje en la unión de los ríos Itaya y Amazonas, mediante el uso de fotogrametría con drones.

- Determinar la dinámica fluvial durante la época de estiaje mediante la fotogrametría con drones y mediciones acústicas con ADCP, con el fin de identificar zonas de mayor riesgo en la navegación fluvial y la calidad del agua.

- Generar modelos 3D de la zona de confluencia de los ríos Itaya y Amazonas utilizando la fotogrametría con drone, donde se identifiquen las zonas de peligro para las diferentes actividades de la región Loreto.

2.4. Justificación de la investigación.

La investigación busca llenar este vacío de conocimiento mediante la implementación de una herramienta innovadora como la fotogrametría con drones. Aunado a esto se pretende evaluar mediante esta técnica el Impacto en la Población y el Medio Ambiente a causa del estiaje, que a la larga generan la erosión de las riberas, la sedimentación en el cauce, la disminución del nivel del agua y la afectación a la biodiversidad, tienen un impacto directo en la población local, el transporte, la infraestructura y el ecosistema. La investigación busca contribuir a generar información que sirva para la protección de estos elementos vulnerables.

Por otra parte, este proyecto influirá en la Toma de Decisiones que conlleva al uso eficaz de la información obtenida a través de la fotogrametría. Asimismo, permitirá a las autoridades locales y los organismos de gestión de desastres tomar decisiones más informadas para la prevención y mitigación de riesgos, esto se traduce en una mayor seguridad para la población y la protección del medio ambiente. Por otro lado, esta investigación promueve la utilización de tecnologías innovadoras en la región ofreciendo una herramienta eficaz para la gestión de riesgos hidrológicos y al mismo tiempo contribuye al desarrollo de soluciones tecnológicas para afrontar los desafíos ambientales en la región, portando conocimiento Científico sobre la dinámica del estiaje en la confluencia de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas, un área poco estudiada hasta la fecha.

2.5. Hipótesis.

La utilización de drones como instrumento tecnológico facilitará, la identificación de riesgos hidrológicos durante las distintas fases hidrológicas en la zona de la confluencia de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas en Iquitos, al proporcionar datos precisos sobre la dinámica del estiaje y la geomorfología del área.

2.6. Variables

2.6.1. Identificación de las variables.

INDEPENDIENTE (X): Fotogrametría con drones.

DEPENDIENTE (Y): Peligros hidrológicos.

2.6.2. Definición conceptual y operacional de las variables.

X: La fotogrametría con drones

Es un método cuyo objeto es analizar y determinar con exactitud la forma, dimensiones y ubicación en el espacio de un objeto cualquiera, empleando principalmente mediciones realizadas sobre una o múltiples imágenes fotográficas de ese objeto. (15)

Y: Los peligros hidrológicos

Referido a los peligros como sequías o escasez hídrica en los ríos.

2.6.3. Operacionalización de las variables.

Tabla 1.- Operacionalización de las Variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición	Valor
X: Fotogrametría con drones	<ul style="list-style-type: none"> - Precisión - Resolución - Tiempo de adquisición 	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad de puntos - Tiempo de procesamiento: 	Píxeles por centímetro, píxeles por metro Horas/días	Mayor precisión y resolución, mayor valor
Y: Peligro hidrológico	<ul style="list-style-type: none"> - La intensidad y magnitud - Frecuencia - Extensión - Vulnerabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de agua: - Afectación a la navegación fluvial: 	Metros, centímetros.	Extensión del área afectada

Fuente: Propia

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

- Se detalla la metodología de la investigación, incluyendo:
 - Diseño de la investigación
 - Población y muestra
 - Técnicas de recolección de datos
 - Técnicas de análisis de datos
 - Instrumentos de recolección de datos
 - Procedimientos de análisis de datos
 - Ética de la investigación

3.1. Tipo y diseño de investigación.

La presente investigación fue de del tipo no experimental porque se realiza el estudio sin la manipulación de las variables, observándolas en su ambiente natural.

En cuanto al Diseño es Descriptivo demostrativo, porque el objetivo es indagar y evaluar el nivel de riesgo de forma descriptiva mediante la observación y análisis

3.2. Población y muestra

Como muestra se tomó en cuenta la zona representativa de la confluencia de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas. Ver figura 1.

3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Para la presente investigación se utilizó un drone para la recolección de datos y posteriormente el software Agisoft Metashape para el procesamiento de la información de campo.

- Fotogrametría con drones.
- Revisión de información secundaria

Cabe mencionar que para el uso de la fotogrametría existen pasos básicos que se deben tomar en cuenta los procedimientos clave para realizar este tipo de trabajo en campo:

- Planificación y Preparación:
- Adquisición de Imágenes:
- Procesamiento de Imágenes:
- Análisis de Datos:
- Informe de Resultados:

1. Planificación y Preparación:

Definición de la Zona de Estudio:

Objetivos concretos de los vuelos de dron, en nuestro caso identificar las zonas de identificación o migraciones del curso de los ríos.

Recolectar toda información relacionada a la zona de estudio: mapas, imágenes satelitales, curvas de nivel, estudios previos.

Plan de vuelo, donde se define la ruta de vuelo del dron, la altitud, el traslape entre las imágenes, el tiempo de vuelo y las condiciones climáticas óptimas.

Revisión de las zonas de autorizadas, denominadas zonas Geo, que se ajuste a las normativas aeronáuticas y a las directrices de seguridad vigentes en el área de estudio.

Revisión de los componentes del dron: cámara, baterías, software de procesamiento y otros equipos necesarios.

2. Adquisición de Imágenes:

Realizar vuelos con el dron siguiendo la ruta de vuelo planificada.

Obtención de Imágenes: Realizar tomas aéreas mediante la cámara del dron, asegurándose de que haya un traslape correcto entre las fotos para crear modelos tridimensionales.

Control de Calidad: Verificar la calidad de las imágenes durante el vuelo, asegurando que no haya desenfoces, sombras o distorsiones.

3. Procesamiento de Imágenes:

Software Especializado: Utilizar software especializado para procesar las imágenes capturadas por el dron.

Orientación y Georeferenciación: Orientar las imágenes en el espacio, asignando coordenadas geográficas a cada una de ellas.

Generación de Nube de Puntos: Crear una nube de puntos 3D del terreno a partir de las imágenes procesadas.

Creación de Modelo 3D: Generar un modelo 3D del terreno a partir de la nube de puntos, incluyendo información sobre la topografía, la geomorfología y la vegetación.

Creación de Ortomosaico: Generar un mapa georeferenciado a partir de las imágenes georeferenciadas, corrigiendo las distorsiones geométricas y la perspectiva.

4. Análisis de Datos:

Interpretación de Imágenes: Analizar las imágenes procesadas para identificar áreas de interés, como zonas de erosión, cambios en el cauce del río o zonas de inundación potencial.

Evaluación de Distancias y Áreas: Emplear programas informáticos para calcular distancias, áreas y volúmenes dentro del modelo tridimensional.

Estudio de la Dinámica del Terreno: Analizar los modelos 3D creados en distintos momentos para reconocer variaciones en el terreno, como la erosión de las orillas o la acumulación de sedimentos en el lecho del río.

5. Informe de Resultados:

Registro de Resultados: Registrar los resultados obtenidos de la fotogrametría mediante drones, abarcando mapas, modelos en 3D, análisis de datos y conclusiones.

Exposición de la Información: Mostrar los resultados de manera clara y precisa, empleando gráficos, tablas y mapas que faciliten la comprensión de la información.

3.4. Procesamiento y análisis de datos.

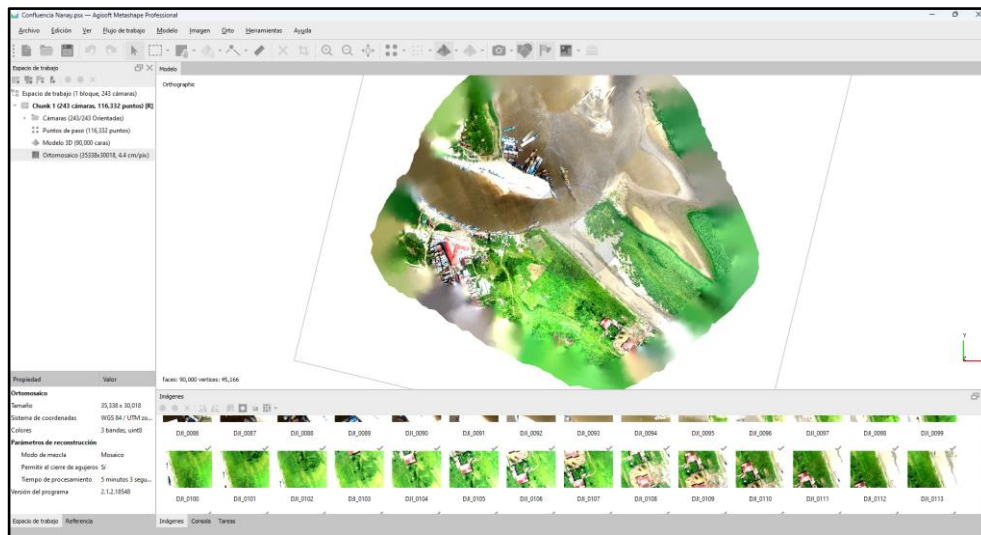
Esto se realizó de forma manual y computarizada con el programa Agisoft educativo, el cual te brinda una licencia temporal por un periodo de 30 días.

Figura 1.- HP Z8 Fury G5 Workstation Equipo de Procesamiento



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2.- Software de Procesamiento Agisoft Metashape



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ubicación

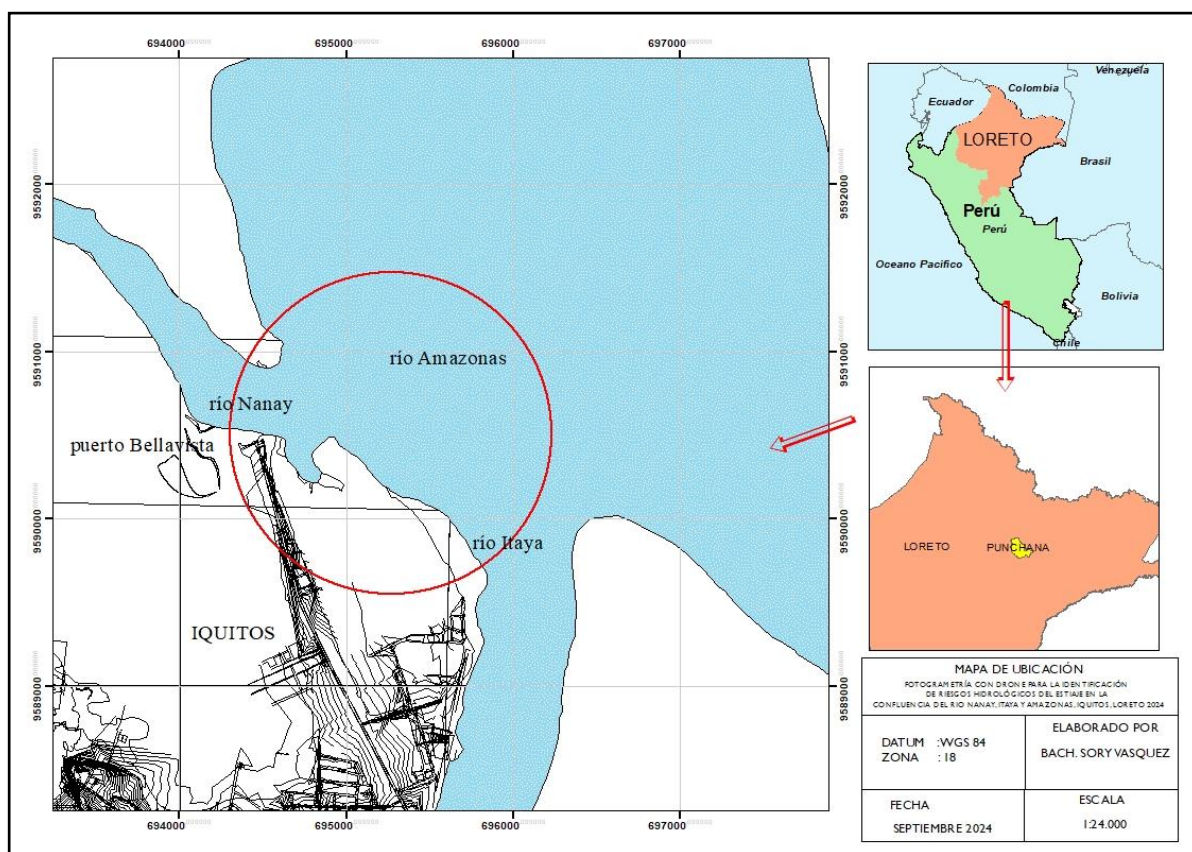
El área de estudio se encuentra en la confluencia de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas, en la ciudad de Iquitos, región Loreto, Perú. Esta zona se ubica en la Amazonía Peruana, dentro de la cuenca del Amazonas, la más grande del mundo." ver Mapa 1

Tabla 2.- Coordenadas Geográficas del área de Estudio

REFERENCIA	ESTE	NORTE	ALTITUD	ZONA
Puente Nanay	694576.40	9590725.85	126 msnm	18
Estación Hidrológica SENAMHI			EHA-ENAPU	

Fuente: Propia

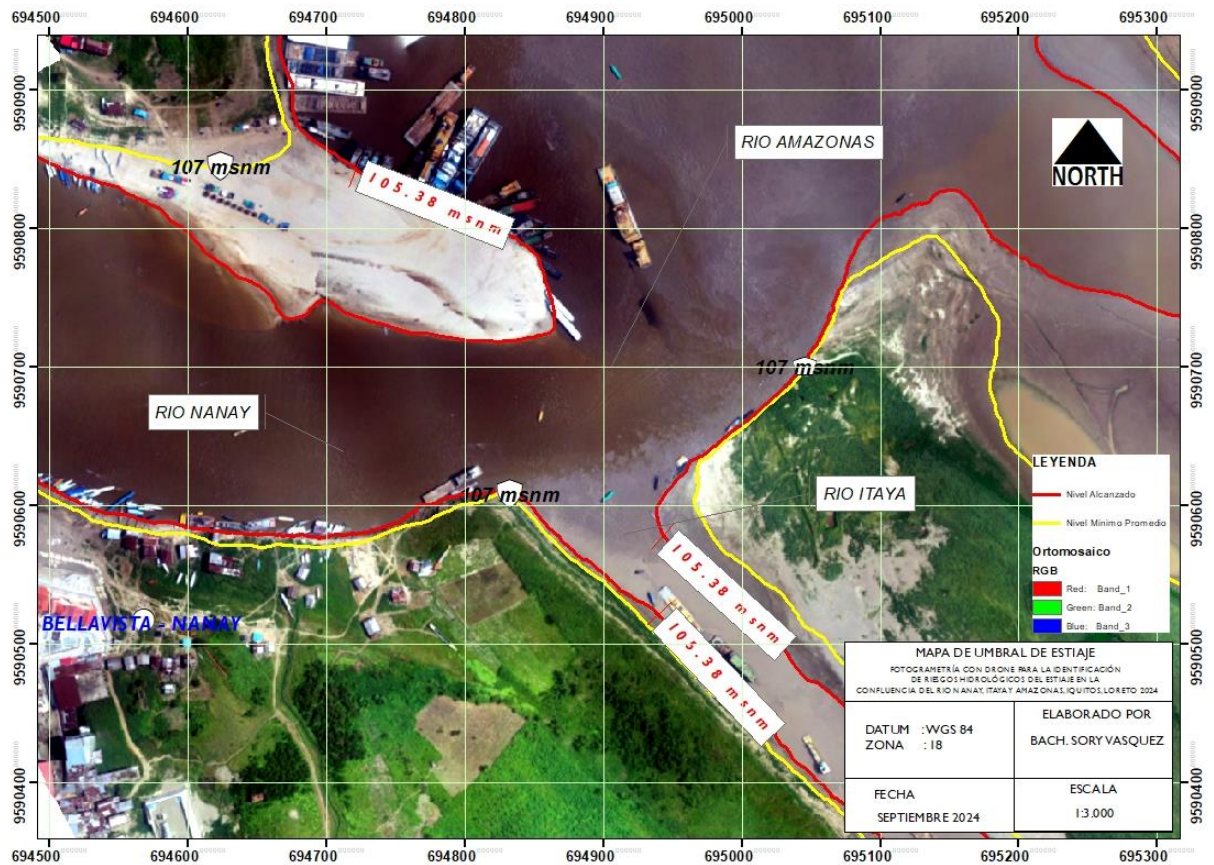
Mapa 1. Mapa de ubicación de Área de interés



Fuente: Propia

4.2. Determinación e identificación de los riesgos Hidrológicos.

Mapa 2. Delimitación de nivel mínimo alcanzado en el estiaje 2024



Fuente: Elaboración Propia

En el mapa se puede observar a detalle la curva de nivel (línea amarilla) el promedio anual en época de estiaje, por otra parte, se muestra en rojo el nivel alcanzado.

La sequía en la Amazonia se considera un ciclo normal dentro del patrón de clima tropical que presenta. ver figura 3.

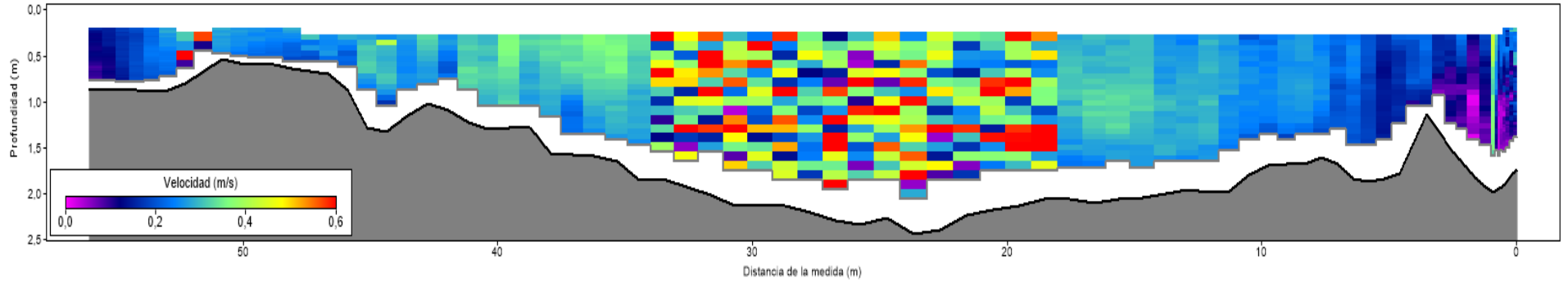
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 1. Resumen de la Medición de Aforo en el área de estudio

Información de la Estacion				Información de la Medida														
Estacion	PUENTE			Equipo	DESILIZADOR													
Estacion Nº	PUENTE			Plataforma														
Localización	RIO-NANAY			Medida Nº														
Información de Sistema		Configuración del Sistema			Unidades													
Tipo de sistema	RS-M9	Profund Transductor (m)	0,14		Distancia	m												
Numero de serie	6739	Distancia de monitoreo (m)	0,00		Velocidad	m/s												
Versión de Firmware	4.10	Salinidad (ppt)	0,0		Area	m2												
Versión de Software	4.3	Declin. magnetica (grados)	-7,9		Caudal	m3/s												
					Temperatura	grados C												
Ajustes del Cálculo de caudal				Resultados del Cálculo de Caudal														
Ref. del Track	GPS-GGA	Metodo de cálculo del margen izquierdo	Margen pendiente		Ancho (m)	59,735												
Ref. de profundidad	Haz Vertical	Metodo de cálculo del margen derecho	Margen pendiente		Area (m2)	87,247												
Sistema coordinadas	ENU	Ajuste al modelo superior	Ajuste potencia		Velocidad promedio (m/s)	0,257												
		Ajsute al modelo de fondo	Ajuste potencia		Q Total (m3/s)	22,357												
		Lectura inicial de escala (m)	0,00		Profundidad máxima medida	2,433												
		Lectura final de escala (m)	0,00		Velocidad máxima medida	0,948												
Resultados de la Medida																		
Numero de Transecto	Tiempo		Distancia				Velocidad promedio		Caudal						%			
	#	Tiempo	Duración	Temp.	Track	DMG	Anchura	Area	Barca	Agua	Izquierda	Derecha	Parte arriba	Medio		Fondo	Total	LCTotal
2	M	16:00:40	0:01:27	31,0	58,59	56,01	58,511	90,894	0,673	0,247	0,03	0,09	3,87	15,32	3,13	22,437	--	68,3
5	M	16:04:43	0:01:42	31,0	61,05	58,46	60,959	83,599	0,599	0,266	0,00	0,04	4,13	15,50	2,61	22,277	--	69,6
			Promedio	31,0	59,82	57,23	59,735	87,247	0,636	0,257	0,01	0,06	4,00	15,41	2,87	22,357	0,000	68,9
			Desviación Estandar	0,0	1,23	1,22	1,224	3,648	0,037	0,010	0,01	0,02	0,13	0,09	0,26	0,080	0,000	0,7
			COV	0,0	0,021	0,021	0,020	0,042	0,059	0,038	1,094	0,379	0,033	0,006	0,092	0,004	0,000	0,009
Tiempo total: 0:03:09																		
Numero de Transecto 2=20240904160047r.rivr; Numero de Transecto 5=20240904160454r.rivr;																		
Comentarios																		
Numero de Transecto 2=20240904160047r.rivr - SENAMHI; Numero de Transecto 5=20240904160454r.rivr - SENAMHI;																		
Calibración de brújula																		
Calibración aprobada																		
Error de rumbo: 0.17 grados																		
Magnitud media: 5018.86																		
Cabeceo: -3/0																		
Balanceo: -2/1																		
Análisis del sistema																		
Análisis de sistema: Aprobado																		

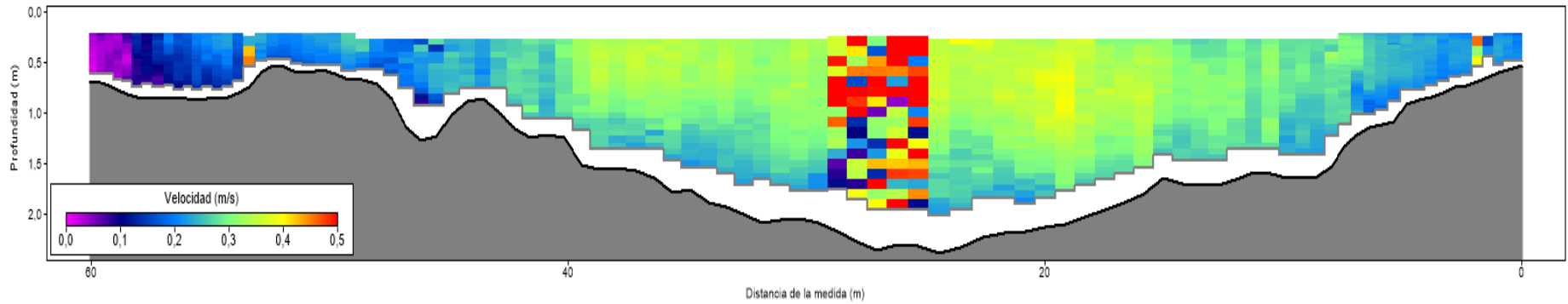
Fuente: Elaboración Propia y apoyo del Senamhi

Ilustración 2. Sección 01 del perfil transversal en la confluencia del rio Nanay, Amazonas e Itaya.



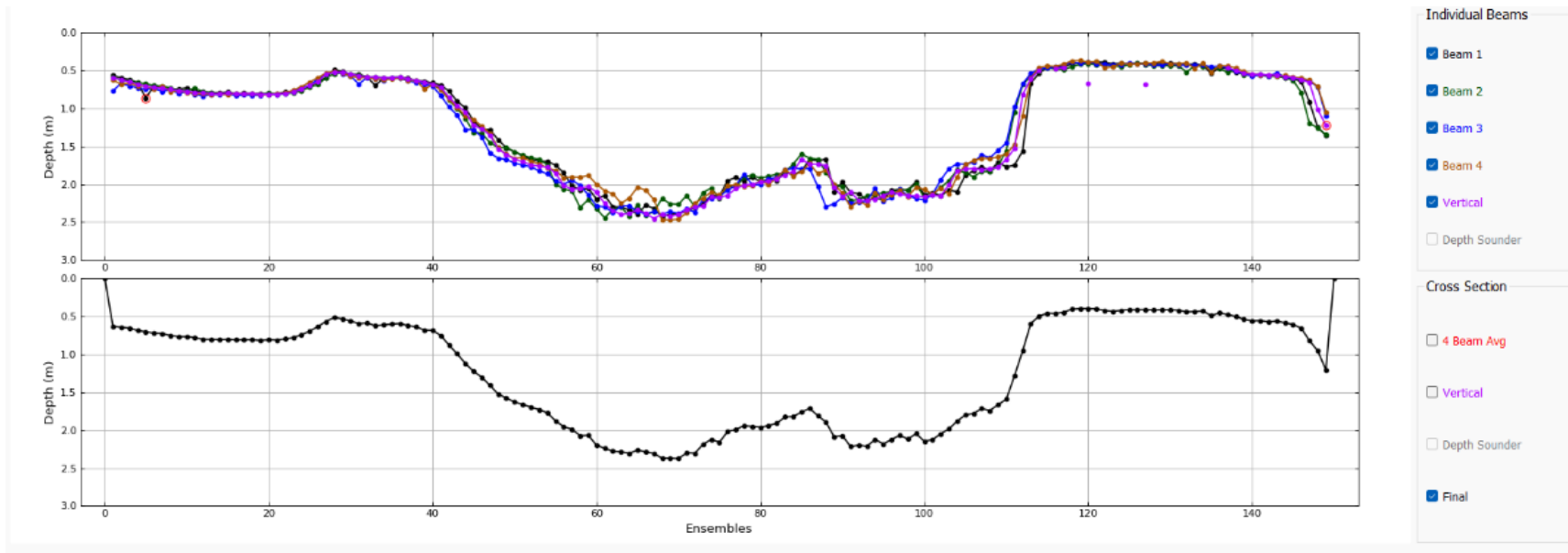
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 3. Sección 02 del perfil transversal en la confluencia del rio Nanay, Amazonas e Itaya.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 4.- Profundidad del perfil transversal en la confluencia del rio Nanay, Amazonas e Itaya.



Fuente: Elaboración Propia

4.3. creación de un modelo tridimensional del área de trabajo.

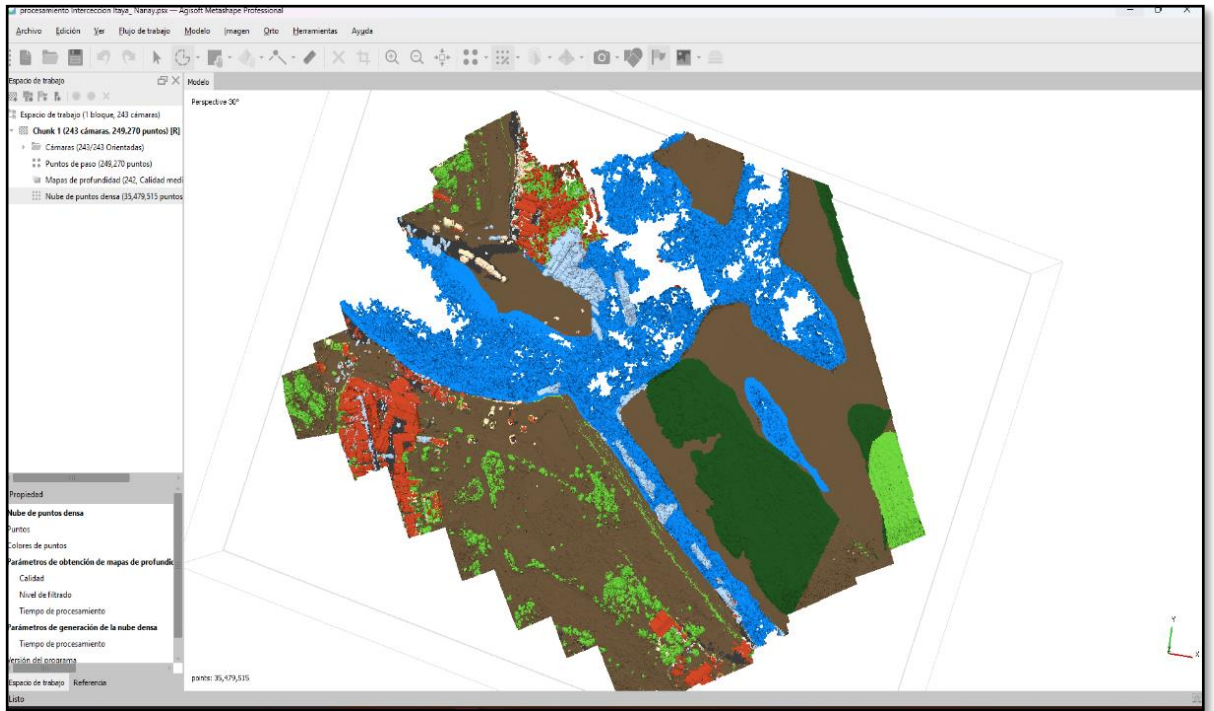
Tabla 3. Asignar filtro y Clasificación de Puntos

FILTRO DE NUBE DE PUNTOS POR CLASE

	<i>Creado</i>
	<i>Sin clasificar</i>
	<i>Suelo</i>
	<i>Vegetación Alta</i>
	<i>Vegetación Mediana</i>
	<i>Vegetación Baja</i>
	<i>Edificaciones</i>
	<i>Puntos Bajos</i>
	<i>Puntos clave del Modelo</i>
	<i>Agua</i>
	<i>Carril</i>
	<i>Superficie de carreteras</i>
	<i>Puntos de superposición</i>
	<i>Alambrados</i>
	<i>Conductor de Alambre</i>
	<i>Torres de energía</i>
	<i>Conectores de energía o cables</i>
	<i>Puente</i>
	<i>Ruido Alto</i>
	<i>Autos o vehículos</i>
	<i>Objetos hechos por el hombre</i>

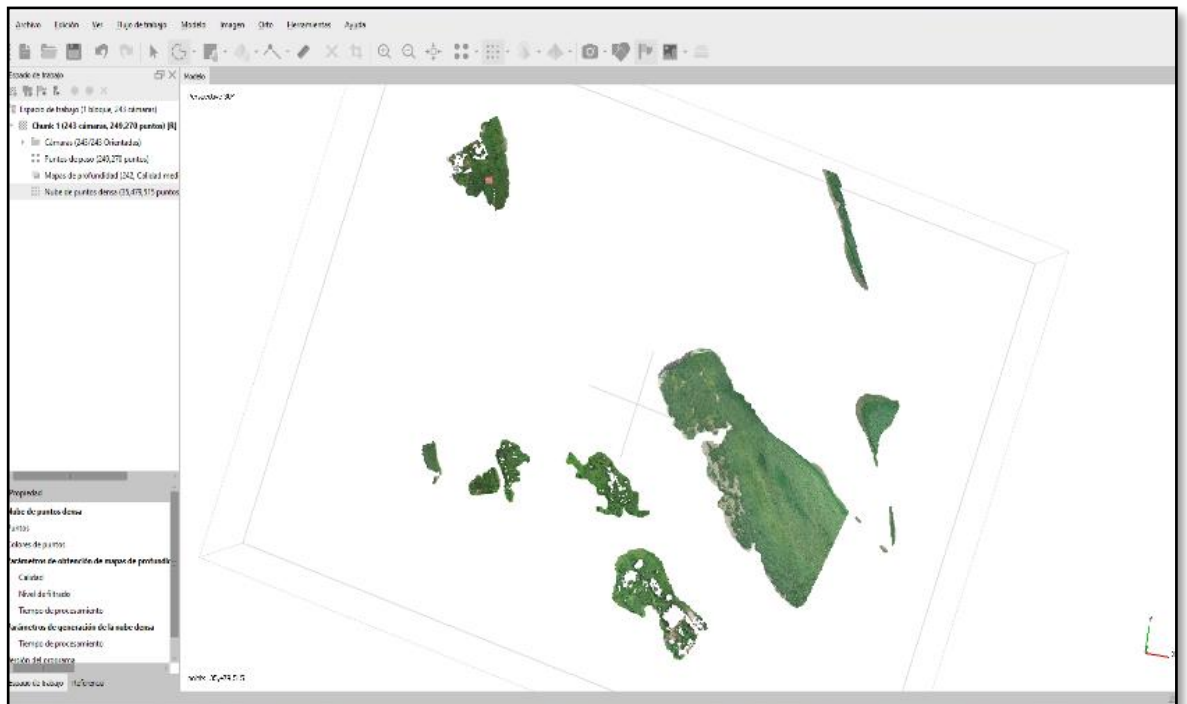
Fuente: Agisoft metashepe profesional

Figura 3. Clasificación de la nube de puntos Agisoft Metashape



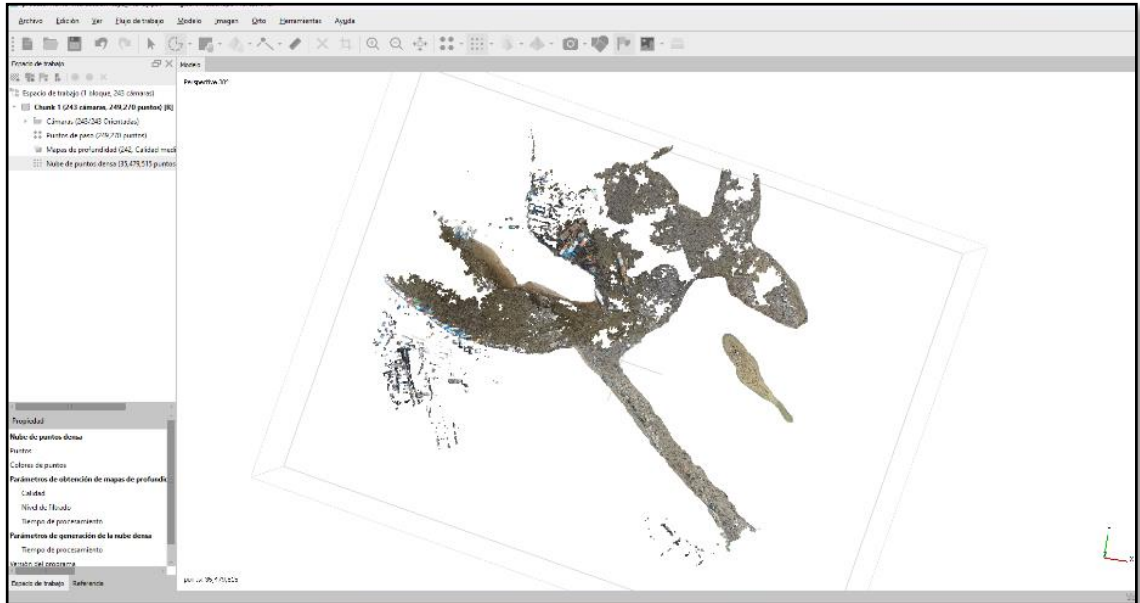
Fuente: Elaboración Propia

Figura 4. Vegetación media Clasificado por el Software



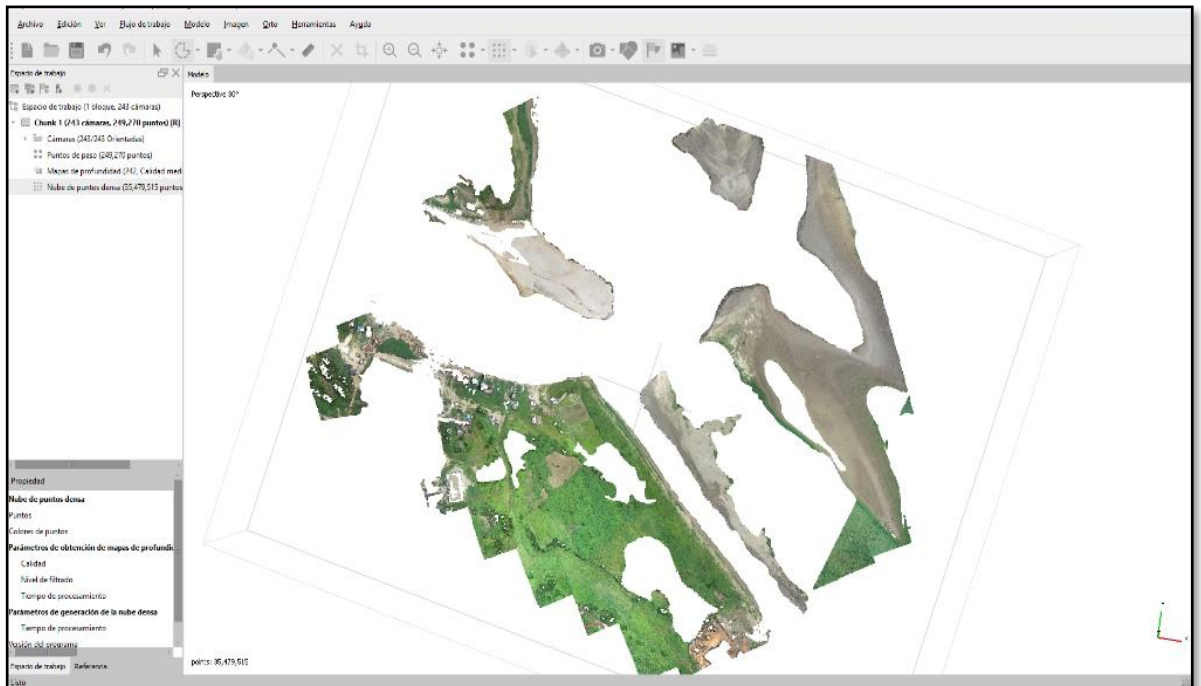
Fuente: Elaboración Propia

Figura 5. Agua en la nube de punto Clasificado por el Software



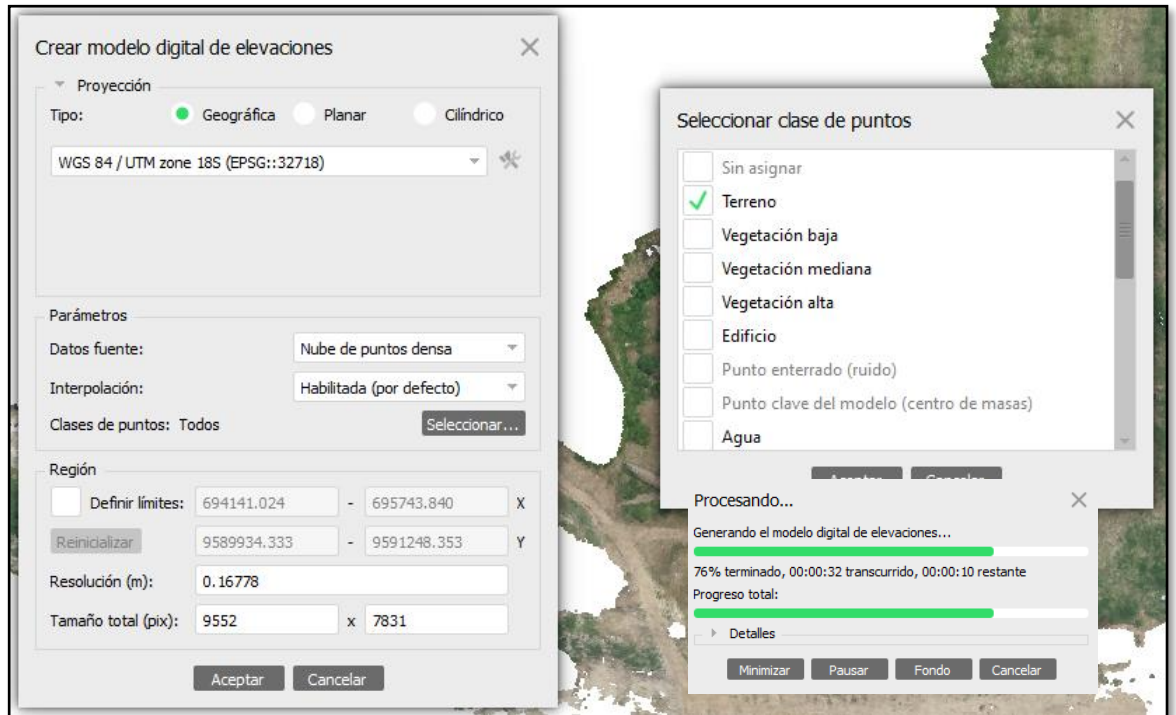
Fuente: Elaboración Propia

Figura 6. Suelo de vegetación baja Clasificado por el Software



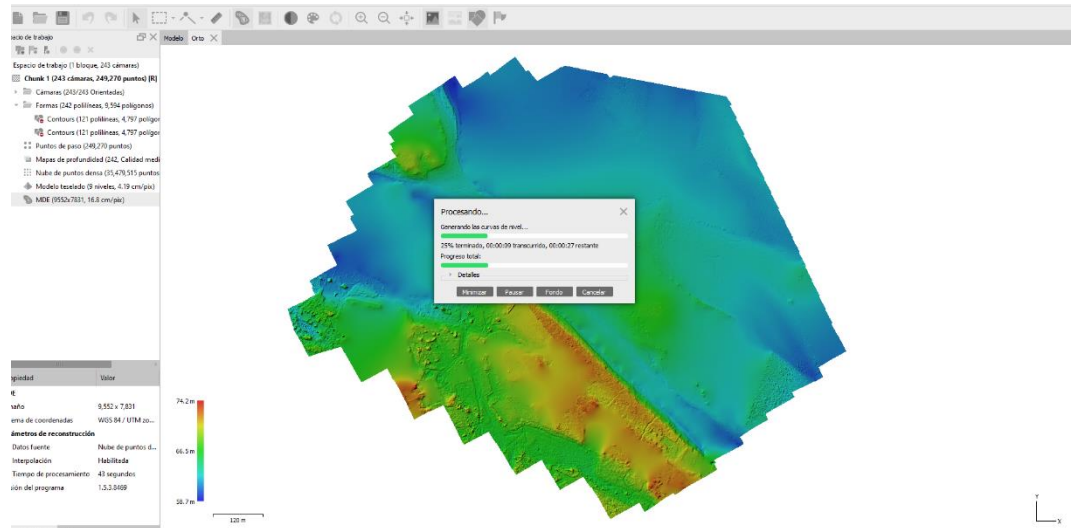
Fuente: Elaboración Propia

Figura 7. Creación del Modelo Digital de Elevación por el Software



Fuente: Elaboración Propia

Figura 8. Modelo Digital de Elevación



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

El mapa 2, nos plasma los datos históricos de la estación H-ENAPU PERU, perteneciente al SENAMHI por ser la más cercana al área de interés. Se realizó la delimitación espacial de la cota del nivel mínimo alcanzado en la estación H-ENAPU PERU, la cual fue registrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) el día 22 de septiembre, el nivel del río llegó a 105.38 msnm, valor muy similar al año 2010 que fue considerada como la sequía más extrema hasta el año pasado.

Esta información fue contrastada con los registros históricos del nivel más bajo del río en esta estación, que se encuentra más cerca del área en cuestión y confirmada por el reporte de la OMM....

“...donde se indica ha confirmado que 2024 fue el año más caluroso del que se tiene registro, de acuerdo con seis grupos de datos internacionales. En una concatenación excepcional de índices de temperatura, los diez años recientes han sido los diez años con mayor calor jamás registrados (16). El análisis mostró que el nivel mínimo del río Amazonas y sus afluentes durante la temporada de estiaje fue notablemente bajo, lo que generó un gran impacto a nivel de la cuenca amazónica. La disminución del cauce del río complicó la navegación, especialmente para las embarcaciones de carga, afectando el transporte de personas, mercancías y servicios, lo que confirma lo manifestado por Silva (2022) que indicaba que:

“la variación en los tirantes de agua entre ambos ríos es considerable , provocando problemas en el tránsito de embarcaciones que atracan y desembarcan en la ciudad Iquitos” (17).

Esta circunstancia también dificultó al abastecimiento de productos de primera necesidad a las ciudades del departamento de Loreto, dentro de ellas Iquitos, agravándose más con el déficit hídrico perjudicando la salud de las poblaciones. En la figura siguiente se presenta de manera gráfica la cota mínima normal durante la época de estiaje y el nivel extremo alcanzado en el estiaje de este año. Ver mapa 2. Algo que destacar en el

grafico obtenido por el drone donde se aprecia un terraplén de 105.38 msnm sobre el río Itaya y que prácticamente no hay flujo en ese tramo.

En el mapa 3, representa una ilustración minuciosa que sintetiza la medición de flujo efectuada por el perfilador de corriente acústico Doppler (ADCP).

También de delimita el nivel mínimo del río, siendo en el mínimo valor del nivel de rio el presente año, 105.38 msnm.

En la ilustración 1 se divide en secciones:

- a) Datos de la Estación: Esta parte ofrece información acerca de la localización y el diseño de la medición, incluyendo el nombre de la estación (Puente Rio-Nanay), el número de estación y el tipo de ADCP identificado como M9.
- b) Configuración del Sistema: el cual consiste en estimar la profundidad del transductor del ADCP, la distancia desde la orilla hasta donde se encuentra la embarcación, el porcentaje de salinidad que puede hacer varias la onda de sonido y la declinación magnética en el día que se realiza el aforo, siendo de -7.9° .
- c) Ajustes del Cálculo de Caudal: en más de modo operativo donde se el margen de salida (puede ser derecha o izquierda), el sistema de coordenadas (ENU, UTM, etc) y los métodos utilizados para estimar el área de los márgenes izquierdo y derecho del flujo (donde la embarcación no puede ingresar).
- d) Resultados de la Medida: El programa utilizado para el aforo es denominado WINRIVER II, que como resultado presenta cuadro con datos del número de transectos, tiempo, duración, temperatura, trayectoria, mediciones de distancia, ancho, área, velocidad de la embarcación, profundidad del agua y caudales calculados (parcial, medio, fondo, total). Emite un resumen del cálculo a través de un reporte de los aforos. El

cual es importante para conocer si la desviación de los datos se encuentra dentro de lo permisible, es decir, <10%.

- e) Resultados del Cálculo: Esta sección presenta los parámetros de flujo calculados finalmente, incluyendo el caudal total 22.35 m³/s, la profundidad de 2.433 m y velocidad promedio medida de 0.257 m/s, y el área. Ver ilustración 3 y 4.
- f) Comentarios: Esta sección incluye información de calibración para la brújula y los resultados del análisis del sistema.

Lo más importante del presente reporte vine a hacer el resultado del porcentaje que está con 8%, que es grado de error que se obtuvo al momento de la evaluación de los flujos.

La Dinámica fluvial de corrientes: Se realizó un análisis de la dinámica de los ríos corrientes fluviales durante el periodo de estiaje a través del uso de un perfilador acústico Doppler (ADCP), el cual registró una velocidad promedio de 0.257 m/s. Esta información, sumada a los datos obtenidos a través de la fotogrametría, simplificó el entendimiento de cómo actúan las corrientes en la confluencia de los ríos y su influencia en procesos de erosión y sedimentación.

Esta figura 4, muestra la nube de puntos obtenida a partir del procesamiento de imágenes (fotografías aéreas). La nube de puntos es una representación tridimensional de la superficie, donde cada punto tiene coordenadas X, Y y Z. La "clasificación" se refiere a la asignación de etiquetas a cada punto, indicando a qué categoría pertenece (vegetación, agua, suelo, etc.). La imagen muestra esta nube de puntos con diferentes colores o símbolos representando las diferentes clases (tabla3). La clasificación nos permite tener el detalle simplificado de los puntos de interés para el área de trabajar.

La figura 5 ilustra la representación de la vegetación obtenida de la nube de puntos que ha sido clasificada. Se puede apreciar una visualización de la cobertura vegetal, ya sea con un color

homogéneo o con un mapa de textura que refleje la densidad y el tipo de vegetación.

Similar a la anterior, la Figura 6 muestra específicamente la **clasificación del agua** dentro de la nube de puntos. En el momento del procesamiento esta clasificación nos permitió delimitar el pelo de agua en el área de estudio en su mínimo nivel alcanzado.

De manera análoga a las figuras anteriores, la figura 7 representa la **clasificación del suelo** en el área de estudio. Se muestra una representación visual de las áreas clasificadas como **suelo**, con un color marrón en una textura que represente la superficie del terreno y verde claro con lo que representa a la vegetación baja. La figura 8 ilustra el proceso de generación del Modelo Digital de Elevación por el software Agisoft Metashape, muestra el proceso de interpolación o creación del modelo de superficie a partir de la nube de puntos clasificada. Se podría ver una representación del MDE final.

CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusión.

- Se logro reconocer y establecer los sectores con mayor riesgo de erosión en las orillas durante la temporada de estiaje en la unión de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas.
- Se logró identificar la dinámica fluvial del río durante el estiaje mediante la fotogrametría con drones y mediciones acústicas ADCP.
- Se logro generar modelos 3D de alta precisión de la zona de confluencia de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas utilizando la fotogrametría con drones, para identificar las zonas de riesgo potencial durante el estiaje y contribuir a la gestión de riesgos para la población y la infraestructura vulnerable

5.1. Recomendaciones.

Se sugiere la utilización del modelo creado para diseñar y llevar a cabo medidas de mitigación concretas en las áreas clasificadas como de alto riesgo de erosión.

Se debe implementar un programa de monitoreo constante en la zona de confluencia mediante el uso de fotogrametría con drones y mediciones con ADCP, con el fin de identificar cambios en la dinámica de los ríos

- Se debe buscar la alternativa de un cambio del terminal portuario de Iquitos a otro lugar que no sea vulnerable.
- Continuar con trabajos de evaluación hidráulica es decir de cambios morfológicos de los principales ríos amazónicos para anticiparnos a las inversiones (priorización de inversiones).
- El uso de drones para obtener modelos 3D, ortofotos y mapas de alta resolución permite evaluar el estado del medio ambiente sin necesidad de alterar físicamente el entorno, a diferencia de los

métodos tradicionales que implican desplazamiento humano intensivo o instalación de sensores invasivos.

Referencias bibliográficas.

1. **SAAVEDRA COLLANTES, AMBAR JEMITH.** *EVALUACIÓN DEL RIESGO ANTE EL PROCESO DE INUNDACION DEL SECTOR URBANO DE PEBAS UTILIZANDO TÉCNICA FOTOGRAFÉTICA CON DRONE.* LORETO, UCP. IQUITOS: Universidad Científica del Peru - UCP, 2021.
2. **ALMEIDA DEL SAVIO, ALEXANDRE.** *Fotogrametría para la Gestión de Riesgos de Desastres. RESUMEN EXPO 2018 ARCON.* Lima - Perú: Universidad de Lima, 2018.
3. **Pinho Sousa , Misael, y otros.** *Avances y aplicaciones de drones en la gestión de recursos naturales y monitoreo ambiental en la región semiárida brasileña* *Avances y aplicaciones de drones en la gestión de recursos naturales y monitoreo ambiental en la región semiárida brasileña.* Mosoro: Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)., 2024. ISSN: 2178-9010.
4. **Olivares, Efrain Eduardo.** *PATRONES DE CAMBIO MORFOLÓGICO Y MEÁNDRICO DE 13 RÍOS PERTENECIENTES A LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL AMAZONAS [Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú].* Repositorio de la PUCP, LIMA, PERU : 2016.
5. **INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL - IGN.** *MANUAL TECNICO PARA GENERACION DE ORTOIMAGENES.* LIMA : s.n., 2021. MT N°3-01.
6. **ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL.** *INTERNATIONAL GLOSSARY HYDROLOGY.* GINEBRA : s.n., 2012. Vol. 385, 978-92-3-001154-3, 978-92-63-03385-8.
7. **CONGRESO DE LA REPUBLICA DEL PERU.** Ley N.º 30740 - Ley que regula el uso y las operaciones de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS). <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/> *LEY QUE REGULA EL USO Y LAS OPERACIONES DE LOS SISTEMAS DE AERONAVES PILOTADAS A DISTANCIA (RPAS).* LIMA, LIMA, PERU : s.n., 22 de MARZO de 2018.
8. *¿Qué es la Fotogrametría con Drones y cómo se realiza?* **group, uniles.** Madrid : <https://umilesgroup.com/fotogrametria-con-drones/>, 2022.
9. *Fotogrametría con drones: Todo lo que debes saber.* **idc.apddrones.** España : <https://idc.apddrones.com/fotogrametria/>, 2023.

10. *Les apports en eau de l'Amazonie à l'Océan Atlantique*. **CALLEDE, JACQUES, y otros.** 3, PARIS: s.n., 2010, Revue des sciences de l'eau/JOURNAL OF WATER SCIENCE, Vol. 23, págs. 197-323.
11. *Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador)*. **ESPINOZA VILLAR, JHAN CARLO, y otros.** 11, 09 de 2009, INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY, Vol. 29, págs. 1574-1594.
12. *Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974-2004)*. **ESPINOZA, JHAN CARLO, y otros.** 3-4, 09 de 2009, JOURNAL OF HYDROLOGY, Vol. 375, págs. 297-311.
13. *La variabilité des débits du rio Amazonas au Pérou. Climate Variability and Change-Hydrological impacts*. **ESPINOZA, JHAN CARLO, y otros.** 2006, IAHS, Vol. 308, págs. 424-429.
14. **OMM.** Tiempo, Clima, Agua. *Noticias OMM*. [En línea] 19 de 03 de 2025. [Citado el: 15 de 05 de 2025.] <https://wmo.int/es/news/media-centre/un-informe-de-la-organizacion-meteorologica-mundial-documenta-la-espiral-de-consecuencias-de-los#:~:text=En%20el%20informe%20de%20la,la%20media%20del%20per%C3%ADodo%201850%2D>.
15. **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.** *Fenómenos Hidrológicos - Loreto*. Iquitos : SENAMHI DZ8 -, 2024.
16. **OMM.** La Organización Meteorológica Mundial confirma que 2024 fue el año más cálido jamás registrado al superar en cerca de 1,55 °C los niveles preindustriales. *NEWS*. Ginebra : s.n., 25 de 01 de 2025.
17. **SILVA VILLACORTA, GRECIA MILAGROS y DAVILA DEL CASTILLO, BRUNO ALEXANDER.** *EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS GENERADOS SOBRE EL TRÁNSITO FLUVIAL ANTE LOS ÚLTIMOS DESPLAZAMIENTOS DEL RÍO AMAZONAS EN EL SECTOR DE INGRESO AL TERMINAL PORTUARIO DE IQUITOS Y EL POSICIONAMIENTO DEL RÍO ITAYA SOBRE ESE SECTOR, 2021*. Repositorio UCP, IQUITOS : 2022.
18. *Fotogrametría con drones: ¿En qué consiste y cómo se realiza?* **Ormachea, Eduardo Sebastian Alvarez.** Mexico : KONSTRUEDU.COM, 2022.
19. **Arévalo, Johanna Raquel Dávila.** *“DELIMITACIÓN DE LA INUNDACIÓN DE LOS RÍOS NANAY, AMAZONAS E ITAYA SOBRE EL DISTRITO DE PUNCHANA UTILIZANDO DRONES”*. Iquitos : Universidad Científica del Perú, 2019.

Anexos

Instrumento de recolección de datos

Especificaciones Phantom 4 Pro V2.0

Aeronave

Peso (batería y hélices incluidas)
1375 gramos

Tamaño diagonal (hélices excluidas)
350mm

Velocidad máxima de ascenso
Modo S: 6 m/s
Modo P: 5 m/s

Velocidad máxima de descenso
Modo S: 4 m/s
Modo P: 3 m/s

Máxima velocidad
Modo S: 72 kph (45 mph)
Modo A: 58 kph (36 mph)
Modo P: 50 kph (31 mph)

Ángulo de inclinación máximo
Modo S: 42°
Modo A: 35°
Modo P: 25°

Velocidad angular máxima
Modo S: 250 °/s
Modo A: 150 °/s

Techo máximo de servicio sobre el nivel del mar
19685 pies (6000 m)

Resistencia máxima a la velocidad del viento
10 m/s

Tiempo máximo de vuelo
Aprox. 30 minutos

Rango de temperatura de funcionamiento
32° a 104°F (0° a 40°C)

Sistemas de posicionamiento satelital
GPS/GLONASS

Rango de precisión de desplazamiento
Vertical:
±0,1 m (con posicionamiento visual)
±0,5 m (con posicionamiento GPS)
Horizontal:



Fuente: Propia

Matriz de consistencia

FOTOGRAMETRÍA CON DRONE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS HIDROLÓGICOS DEL ESTIAJE EN LA CONFLUENCIA DEL RIO NANAY, ITAYA Y AMAZONAS, IQUITOS, LORETO 2024					
Problema General	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p>Problema general.</p> <p>Existe poca información de la migración de los ríos amazónicos, en especial, el Amazonas en el sector de Iquitos, donde confluye con el río Itaya.</p> <p>Problemas específicos.</p> <p>No se tiene identificado las áreas de sedimentación críticas para el tránsito fluvial en el sector de la confluencia de los ríos Itaya y Amazonas, el cual puede determinarse con la fotogrametría.</p> <p>Carencia de conocimiento sobre el comportamiento de la dinámica fluvial que afecta a la navegación fluvial en la época de estiaje.</p> <p>Carencia de la aplicación de la tecnología de punta: fotogrametría con drones, para generar modelos 3D que identifiquen la zona de peligro durante el estiaje, ayudando a la gestión de riesgos y la disminución de los impactos en el sector de la confluencia de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas.</p>	<p>General</p> <p>Usar la fotogrametría con drones para la gestión de los riesgos hidrológicos en la confluencia de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas a orillas de la ciudad de Iquitos en el departamento de Loreto.</p> <p>Objetivos específicos.</p> <p>Reconocer y establecer los sectores de peligro de sedimentación en las orillas durante la temporada de estiaje en la unión de los ríos Itaya y Amazonas, mediante el uso de fotogrametría con drones.</p> <p>Determinar la dinámica fluvial durante la época de estiaje mediante la fotogrametría con drones y mediciones acústicas con ADCP, con el fin de identificar zonas de mayor riesgo en la navegación fluvial y la calidad del agua.</p> <p>Generar modelos 3D de la zona de confluencia de los ríos Itaya y Amazonas utilizando la fotogrametría con dron, donde se identifiquen las zonas de peligro para las diferentes actividades de la región Loreto.</p>	<p>La utilización de dron como herramienta fundamental, ayuda a identificar los peligros hidrológicos durante las diferentes etapas hidrológicas en el sector de la confluencia de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas en Iquitos, al ofrecer información precisa sobre la dinámica del estiaje y la geomorfología del área</p>	<p>INDEPENDIENTE (X): Fotogrametría con drones.</p> <p>DEPENDIENTE (Y): Peligros hidrológicos por estiaje.</p>	<p>INDEPENDIENTE (X): Densidad de puntos Tiempo de procesamiento:</p> <p>DEPENDIENTE (Y): Nivel de agua: Afectación a la navegación fluvial:</p>	<p>Tipo y diseño de investigación: Cuantitativo, descriptivo y exploratorio.</p> <p>Población y muestra Como muestra se seleccionará una zona representativa de la confluencia de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas. Ver mapa ubicación en anexos</p>

Informe de procesamiento

Procesamiento Data Confluencia ; Nanay, Amazonas, Itaya

Informe de procesamiento

Bach. Henry Calixtro/Sory Vasquez

16 December 2024



Datos del levantamiento

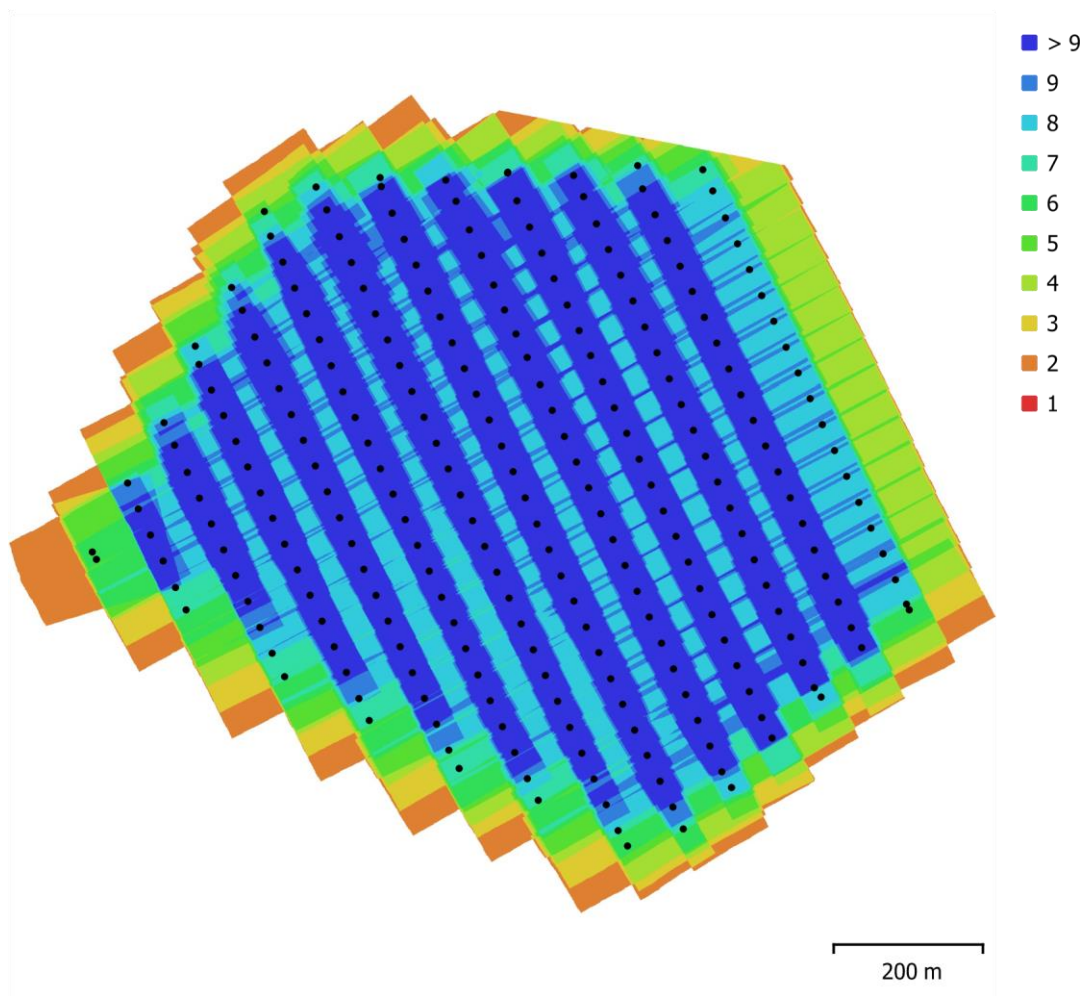


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 243 Panorámicas
 Altitud media de vuelo: 172 m multicámara: 243
 Resolución en terreno: 4.19 Puntos de paso: 249,270
 cm/pix Proyecciones: 690,784
 Área cubierta: 0.909 km² Error de reproyección: 0.366 pix

Modelo de cámara	de	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310S (8.8mm)		4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

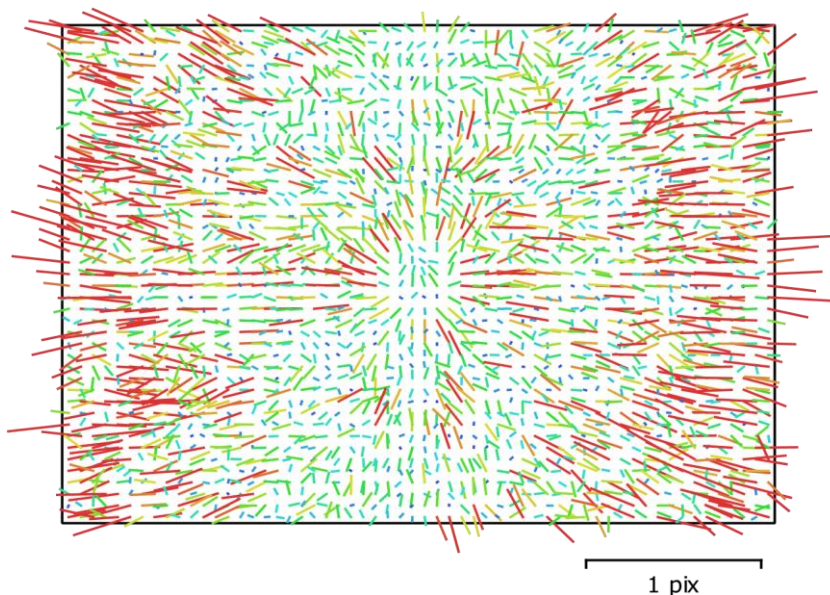


Fig. 2. Gráfico de residuos para FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

243 imágenes

Tipo Cuadro Resolución 4864 x 3648 Distancia focal 8.8 mm Tamaño de píxel 2.61 x 2.61 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	3702.18	6.8	1.00	0.37	-0.52	0.07	-0.02	0.17	-0.80	0.90	-0.92	-0.68	-0.54
Cx	-10.1189	0.12		1.00	-0.14	0.08	-0.06	0.07	-0.29	0.33	-0.34	-0.20	-0.19
Cy	-14.6816	0.099			1.00	-0.00	0.04	-0.06	0.41	-0.46	0.47	0.36	0.45
B1	-0.157186	0.11				1.00	-0.04	-0.01	-0.07	0.08	-0.08	-0.00	-0.09
B2	0.226792	0.11					1.00	-0.02	0.02	-0.02	0.02	0.04	0.08
K1	0.00107754	0.00016						1.00	-0.40	0.34	-0.31	0.02	-0.16
K2	-0.0587529	0.00055							1.00	-0.98	0.96	0.54	0.44
K3	0.13702	0.0017								1.00	-1.00	-0.60	-0.49
K4	-0.0932535	0.0015									1.00	0.62	0.50
P1	-0.00115624	3e-006										1.00	0.34
P2	-0.00097019	3.1e-006											1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Posiciones de cámaras

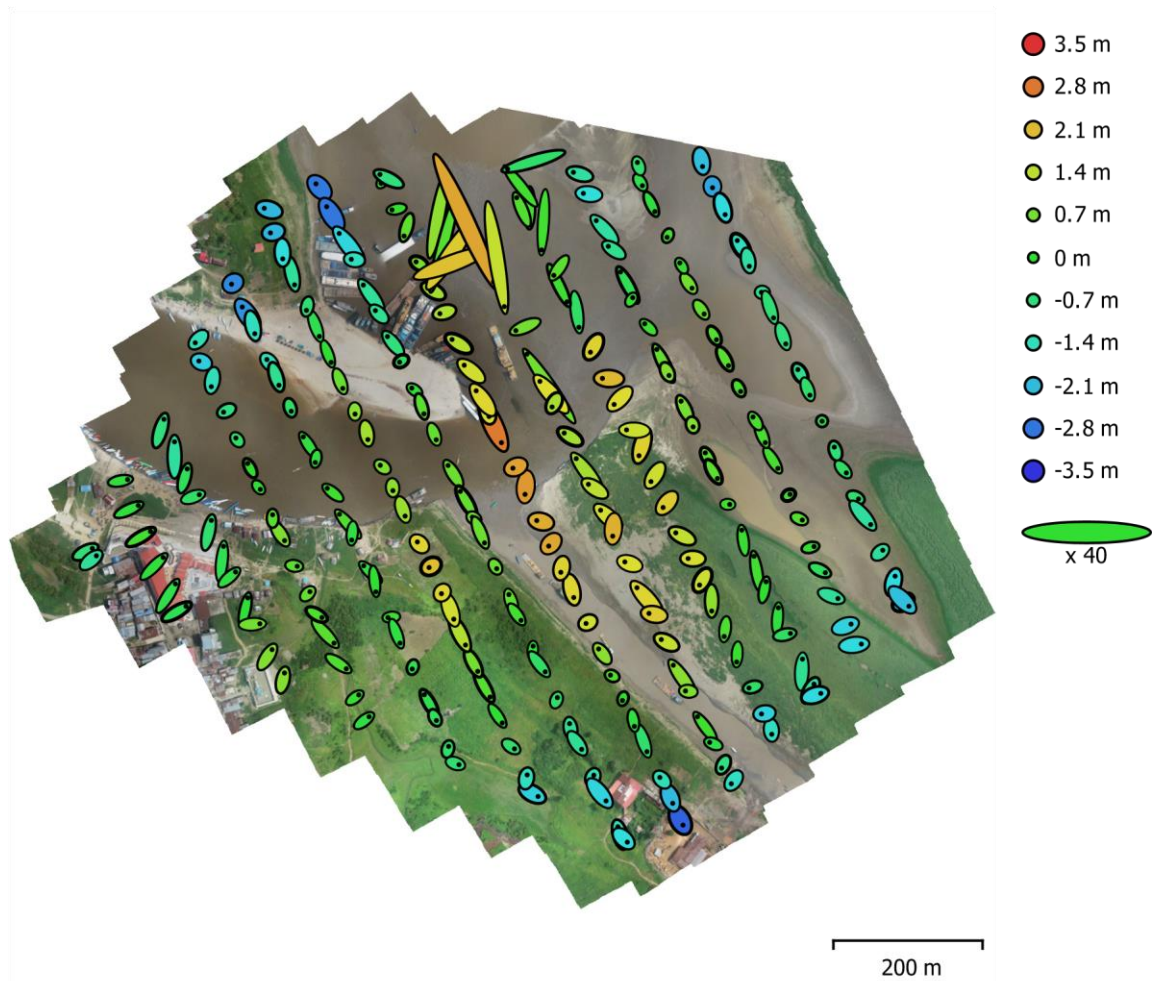


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.

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)
0.390431	0.646755	1.17299	0.755466	1.39522

Tabla 3. Errores medios de las posiciones de cámaras.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

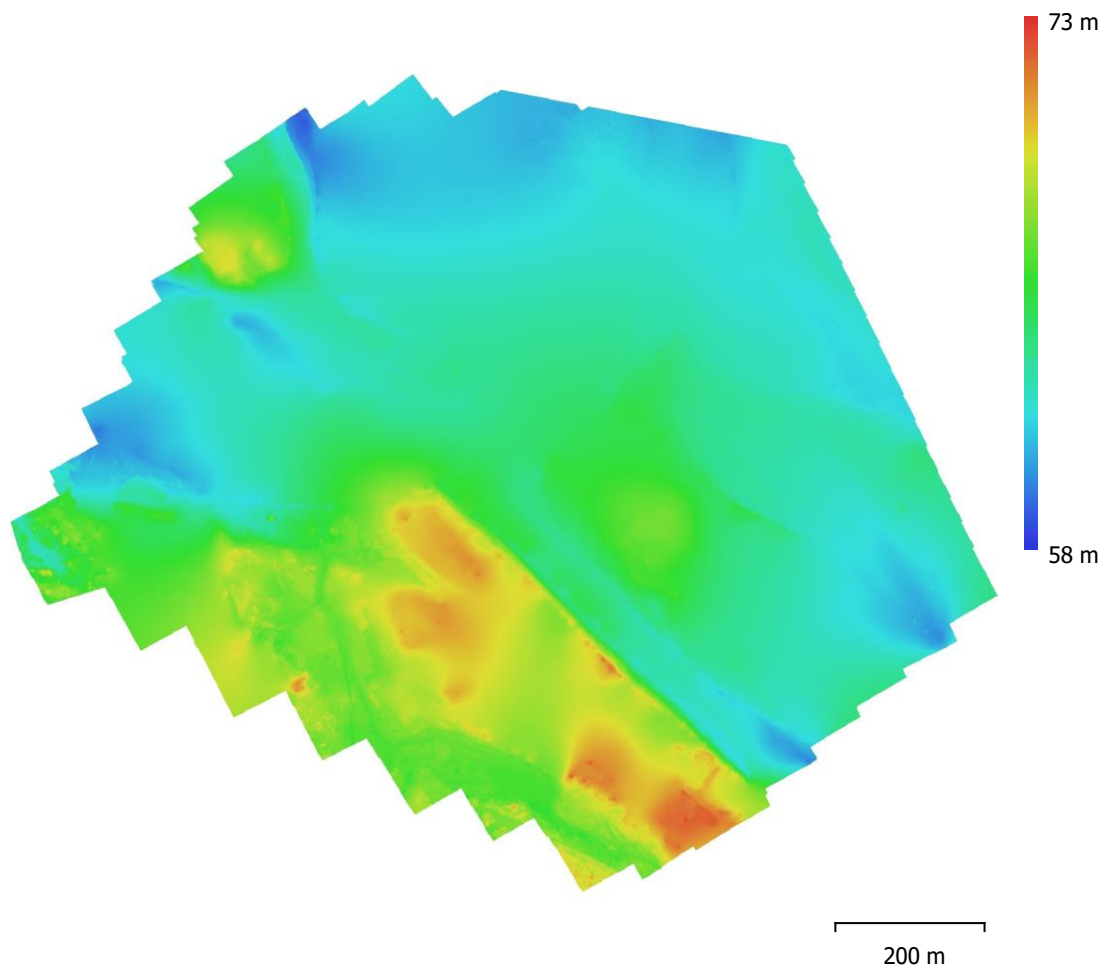


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 16.8 cm/pix
Densidad de puntos: 35.5 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales

Cámaras	243
Cámaras orientadas	243
Formas	
Polilíneas	311
Polígonos	12127
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	249,270 de 263,617
RMS error de reproyección	0.192878 (0.365799 pix)
Error de reproyección máximo	0.663509 (15.4767 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	1.93054 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	2.83303
Parámetros de orientación	
Precisión	Máxima
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	Sí
Tiempo búsqueda de emparejamientos	5 minutos 3 segundos
Tiempo de orientación	1 minuto 44 segundos
de optimización	
Parámetros	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	5 segundos
Versión del programa	1.5.3.8469
Mapas de profundidad	
Número	242
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Agresivo
Tiempo de procesamiento	4 minutos 2 segundos
Versión del programa	1.5.3.8469
Nube de puntos densa	
Puntos	35,479,515
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Agresivo
Tiempo de procesamiento	4 minutos 2 segundos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	10 minutos 3 segundos
Versión del programa	1.5.3.8469
Modelo de teselas	
Textura	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	

Generales

Calidad		Media
Nivel de filtrado		Agresivo
Tiempo de procesamiento de reconstrucción	Parámetros	4 minutos 2 segundos
Datos fuente		Nube de puntos densa
Tamaño de tesela		256
Número de caras		Alta
Tiempo de procesamiento		1 hora 1 minuto
Versión del programa		1.5.3.8469
Modelo digital de elevaciones		
Tamaño		9,552 x 7,831
Sistema de coordenadas		WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Parámetros de reconstrucción		
Datos fuente		Nube de puntos densa
Interpolación		Habilitada
Tiempo de procesamiento		45 segundos
Versión del programa		1.5.3.8469
Ortomosaico		
Tamaño		31,555 x 26,159
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		5 minutos 11 segundos
Versión del programa		1.5.3.8469
Software		
Versión		1.5.3 build 8469
Plataforma		Windows 64