INFORME TECNICO GENERAL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO

CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS No. 4495 de 2023

OBJETO: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA PARA CINCO (5) CENTROS HISTÓRICOS, MEDIANTE SISTEMAS FOTOGRAMÉTRICOS NO TRIPULADOS (DRONES)

Dirigido a:

Ministerio de Cultura

Entrega:

FLY NORTH S.A.S

Medellín, diciembre de 2023

FLY NORTH S.A.S
Tel: +57 (4) 604 4914
Carrera 38 #26-41, Torre 3, Of. 432
Edificio Bio26, vía Las Palmas
info@flynorth.com.co
Medellín, Colombia

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 5
2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 6
3. OBJETIVO GENERAL 7
3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS 7
4. ALCANCE 7
4.1. RECURSOS 8
4.1.1. RECURSO HUMANO 8
4.1.2. EQUIPOS UTILIZADOS 9
5. AMARRE GEODESICO 12
5.1. METODOLOGÍA DEL POSICIONAMIENTO: 12
5.1.1. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES 12
5.1.2. POSICIONAMIENTO GNSS BASES Y PUNTOS DE CONTROL 13
5.1.3. PROCESAMIENTO 21
5.1.4. RESULTADOS 22
5.1.5. CAMBIO DE ÉPOCA 25
6. LEVANTAMIENTO Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN 29
6.1. PLANEACIÓN DEL VUELO 29
6.2. CAPTURA DE FOTOGRAFIAS 30
6.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN 32
6.3.1. CALIBRACIÓN DE COLOR 32
6.3.1. TRAYECTORIAS DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO 33
6.4. PROCESAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO 33
6.4.1. CREACIÓN DE LA NUBE DE PUNTOS Y MALLA – FASE 1: 33
6.4.2. ENERACIÓN DE MDE Y ORTOMOSAICO- FASE 2: 34
7. CONTROL DE CALIDAD ORTOMOSAICO 37

7.1. ESTRUCTURA E INTEGRIDAD DE LA ORTOFOTO 37

7.2. CALIDAD DE LAS ORTOFOTOS: 37

8. ENTREGABLES 38

9. ANEXOS 39

ANEXO 1. REPORTES PROCESAMIENTO GNSS 39

ANEXO 2. REPORTES PROCESAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO 39

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización del proyecto. 6
Ilustración 2. TOPCON HIPPER II 9
Ilustración 3. QIANXUN-SR2 9
Ilustración 4. MATRICE 300 10
Ilustración 5. Zenmuse P1 11
Ilustración 6. GS-130X 11
Ilustración 7. Localización vértices Red Activa 13
Ilustración 8. Puntos control Marinilla 14
Ilustración 9. Puntos control Aguadas 15
Ilustración 10. Puntos control Cerrito 17
Ilustración 11. Puntos control Mompox 18
Ilustración 12. Puntos control Turmequé 19
Ilustración 13. Datos cargados a Leica Infinity 21
Ilustración 14. Vectores Posicionamiento. 22
Ilustración 15. Plantilla cambio de época. 26
Ilustración 16. Planeación de vuelos 29
Ilustración 17. Registro fotográfico levantamiento fotogramétrico. 31
Ilustración 18. Fotografías Ligthroom Classic. 32
Ilustración 19. Reporte de trayectorias 33
Ilustración 20. Diagrama de obturación imágenes 33
Ilustración 21. Metodología creación de nube puntos densa y malla. 34
Ilustración 22. Metodología generación de productos cartográficos. 34
Ilustración 23. Ortofoto Sector Antiguo de la Ciudad de Marinilla 35
Ilustración 24. Ortofoto Conjunto Urbano de Aguadas. 35
Ilustración 25. Ortofoto Sector Antiguo de la Ciudad de el Cerrito 36
Ilustración 26. Ortofoto Sector Antiguo de la Ciudad de Mompox 36
Ilustración 27. Ortofoto Sector Urbano del Municipio de Turmequé 37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Localización Polígonos 6
Tabla 2. Recurso Humano 8
Tabla 3. Especificaciones Matrice 300 10
Tabla 4. Equipos GNSS 11
Tabla 5. Softwares utilizados 11
Tabla 6. Tiempo de rastreo. 12
Tabla 7. Coordenadas elipsoidales época de rastreo 2023.88 22
Tabla 8. Parámetros proyección Origen Nacional 24
Tabla 9. Coordenadas proyectadas Origen Nacional época de rastreo 2023.88 24
Tabla 10. Coordenadas elipsoidales época de referencia 2018.0 26
Tabla 11. Coordenadas Origen Nacional época de referencia 2018.0 28
Tabla 12. Parámetros de vuelo fotogramétricos 30

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento describe las actividades realizadas para llevar a cabo el levantamiento fotogramétrico georefrenciado y generación de productos cartográficos para los Centros Históricos de Sector Antiguo de la Ciudad de Marinilla - Antioquia, Conjunto Urbano de Aguadas - Caldas, Sector Antiguo de la Ciudad de el Cerrito – Valle del Cauca, Sector Antiguo de la Ciudad de Mompox – Bolivar y Sector Urbano del Municipio de Turmequé – Boyacá.

A partir de la captura de fotografías con un vehículo aéreo no tripulado y un software de procesamiento que basado en ecuaciones realiza la correlación de imágenes para la obtención de productos cartográficos como nube de puntos, modelo digital de elevación y ortomosaico. Esta metodología se empleó, ya que se cuenta con equipos de última tecnología que permiten una captura de información de manera eficiente y segura, reduciendo tiempos de ejecución en campo

La captura de la información se realizó del 26 de agosto al 1 de noviembre, los equipos utilizados cuentan con mantenimiento y documentos de calibración en los casos que aplique, para el recurso humano se contó con profesionales idóneos registrados debidamente ante la aeronáutica civil, esto cumpliendo con la calidad y características necesarias para asegurar la exactitud del producto final.

Los productos entregados se realizan en referencia a la resolución 471 de 2020 emitida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi la cual establece las especificaciones técnicas mínimas para productos de cartografía básica oficial de Colombia, los lineamientos a considerar fueron, resolución espacial, espectral y radiométrica, totalidad y consistencia lógica para la generación del ortomosaico.

2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Los Centros Históricos objeto del presente proyecto se ubican en diferentes departamentos del país, Marinilla - Antioquia, Aguadas - Caldas, El Cerrito - Valle del Cauca, Turmequé - Boyacá y Mompox, Bolívar ver **Ilustración 1.**

Tabla 1. Localización Polígonos

Polígono	Departamento	Municipio	Ha	Coordenadas
Sector Antiguo de la Ciudad de Marinilla	Antioquia	Marinilla	278.90	6.173052° N,-75.337795° W
Conjunto Urbano de Aguadas	Caldas	Aguadas	181.30	5.613026° N,-75.458345° W
Sector Antiguo de la Ciudad de el Cerrito	Valle del Cauca	Cerrito	574.52	3.685248° N,-76.312836° W
Sector Antiguo de la Ciudad de Mompox	Bolívar	Mompox	73.83	9.240597° N,-74.4249° W
Sector Urbano del Municipio de Turmequé	Boyacá	Turmequé	60.07	5.32372° N,-73.490942° W

Ilustración 1. Localización del proyecto.



Fuente: Elaboración Propia

3. OBJETIVO GENERAL

Levantamiento de información cartográfica para cinco (5) centros históricos, mediante sistemas fotogramétricos no tripulados (drones): Marinilla, Antioquia, Aguadas, Caldas, El Cerrito, Valle del Cauca, Turmequé, Boyacá y Mompox, Bolívar

3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Georreferenciación de puntos de fotocontrol para cada Centro Histórico teniendo en cuenta la normatividad vigente.
- Realizar la captura de fotografías con tamaño de pixel de 5 cm, para el procesamiento fotogramétrico
- Elaboración de salidas graficas del proyecto teniendo cuenta los requerimientos técnicos.

4. ALCANCE

A continuación, se relaciona el alcance de los trabajos realizados:

- Captura de Fotografías aéreas con aeronaves no tripuladas, con tamaño de pixel de 5 cm
- Georreferenciación de puntos de control distribuidos en la zona de interés de cada Centro Histórico.
- Ortomosaico RGB con tamaño de pixel de 0.05 m
- Modelo digital de Superficie con resolución 1 m

El posicionamiento GNSS es entregado dentro del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA-SIRGAS) ITRF2014 época 2018.0 de acuerdo a la resolución 715 de 2018 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC, con modelo geoidal GEOCOL 2004.

Procesamiento fotogramétrico para la obtención de ortomosaico, Modelo digital de elevación de acuerdo a resolución 471 y 528 de 2020 emitida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Los productos mencionados anteriormente serán entregados en sistema de coordenadas Magna Sirgas -Origen Nacional, EPSG 9377

4.1. RECURSOS

Para la ejecución del proyecto se contó con recursos humanos, (ver **En oficina** se realizó la participación activa del personal de campo, con la descarga de datos de los equipos, carteras de campo, procesamiento de información, registros fotográficos, reconocimiento de las zonas del proyecto.

La unión y los profesionales encargados de la ejecución del proyecto se encuentran registrados ante la Aeronáutica Civil – AEROCIVIL y así mismo en el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería COPNIA.

Tabla *2*), y recursos de aspecto técnico, como equipos y demás elementos que se describen y se relacionan en los numerales **4.1.2.**

4.1.1. RECURSO HUMANO

Se contó con profesionales idóneos para realizar cada una de las actividades de campo y oficina propuestas, cumpliendo con los requerimientos. Se relacionan en la **En oficina** se realizó la participación activa del personal de campo, con la descarga de datos de los equipos, carteras de campo, procesamiento de información, registros fotográficos, reconocimiento de las zonas del proyecto.

La unión y los profesionales encargados de la ejecución del proyecto se encuentran registrados ante la Aeronáutica Civil – AEROCIVIL y así mismo en el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería COPNIA.

Tabla *2*.

En oficina se realizó la participación activa del personal de campo, con la descarga de datos de los equipos, carteras de campo, procesamiento de información, registros fotográficos, reconocimiento de las zonas del proyecto.

La unión y los profesionales encargados de la ejecución del proyecto se encuentran registrados ante la Aeronáutica Civil – AEROCIVIL y así mismo en el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería COPNIA.

Tabla 2. Recurso Humano.

Profesión	NOMBRE
Director del proyecto	Ricardo Ramos
Ingeniera Topográfica	Vanesa Sarmiento
Pilotos Proyecto	Héctor Bravo, Juan González y Santiago Trujillo
Auxiliares de Campo	Thomas Carvajal y Luis Miguel Osorio

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2. EQUIPOS UTILIZADOS

- **EQUIPOS GNSS**

Los equipos utilizados se encuentran registrados en la Natioanal Geodetic Survey (NOAA)

- GPS – TOPCON HIPER II (2 unidades)
- GPS – QIANXUN SPATIAL INTELLIGENCE INC-SR2. (2 unidades)
- Hardware para descarga y procesos (2 unidades).

Ilustración 2. TOPCON HIPPER II



Ilustración 3. QIANXUN-SR2



- **AERONOVA NO TRIPULADA**

El equipo utilizado se encuentra registrado en la Aeronáutica civil y los componentes que se utilizaron se describen a continuación.

- Matrice 300 (1 unidad)

- Phantom 4 pro RTK Multiespectral
- Cámara fotogramétrica Zenmuse P1 de 45 MP y 35 mm distancia focal.
- Sensor UAV LiDAR Scanning System GS-130X, FOV 83°, y 16 mm de distancia focal
- Hardware para descarga y procesos (1 unidad).

Tabla 3. Especificaciones Matrice 300

Aeronave	
No. Equipos proyecto	1
Material	plástico
Envergadura	90 cm
Dimensiones incluyendo hélices	43*42*43 cm (L*A*A)
Velocidad máxima de vuelo	17m/s
Autonomía	55 min
Máximo eso de despegue	9 kg
Controladora de vuelo	DJI
Baterías	5000 maH x 2
Sensores	
Pitot (IAS)	n/a
Receptor transponder	n/a
Sensores de proximidad	Frontal, laterales, trasero, inferior
Acelerómetros triaxiales	DJI
Barómetro	DJI
IMU	DJI
GPS	DJI

Ilustración 4. MATRICE 300



Ilustración 5. Zenmuse P1



Ilustración 6. GS-130X



Para el proyecto utilizaron los siguientes equipos y programas:

Tabla 4. Equipos GNSS

Equipos GNSS utilizados		
Marca	Modelo	Serie
QIANXU	SR2	08205522150334
QIANXU	SR2	08205522150308
TOPCON	HIPPER II	754-10608
TOPCON	HIPPER II	754-10310

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5. Softwares utilizados.

Software Utilizados	
1	Leica Infinity
2	Magna sirgas Pro 5.1

3	Google Earth
4	Paquete Office
5	Agisoft Metashape

Fuente: Elaboración Propia.

5. AMARRE GEODESICO

A continuación, se detalla el posicionamiento de puntos de control, con un equipo GPS receptor GNSS, con el cual se obtuvo datos para el cálculo coordenadas precisas.

5.1. METODOLOGÍA DEL POSICIONAMIENTO:

5.1.1. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

Previamente a la ejecución de labores de geodesia fue necesario realizar una planificación a los rastreos en campo y determinar los vértices que se utilizarían como bases.

El posicionamiento se realizó los días 20, 21, 22, 28 y 29 de Noviemnre del 2023, dejando como base la estación permanente de la Red MAGNA ECO, con los tiempos establecidos por el IGAC con la siguiente formula:

$$t = 65\,\text{min} + (3\,\text{min}\,\text{x}(d - 10))$$

Donde:

$t =$ Tiempo de rastreo minutos

$t =$ Distancia en kilómetros

Tabla 6. Tiempo de rastreo.

POLIGONO	BASE 1	DISTANCIA BASE 1	TIEMPO DE RASTREO	BASE 2	DISTANCIA BASE 2	TIEMPO DE RASTREO
MARINILLA	VCRG	22.8 Km	103.4 Min	VMAR	1.3 Km	38.9 Min
AGUADAS	VCRG	41.1 Km	158.3 Min	TITI	58.4 Km	210.2 Min
CERRITO	SGCC	42.2 Km	161.6 Min	VTUL	45.9 Km	172.7 Min

MOMPOX	AEMO	3.1 Km	44.3 Min	GGUE	37.1 Km	146.3 Min
TUMERQUE	TEAT	11.9 Km	70.7 Min	TUNA	26.7 Km	115.1 Min

Ilustración 7. Localización vértices Red Activa



5.1.2. POSICIONAMIENTO GNSS BASES Y PUNTOS DE CONTROL

Para poder comenzar el posicionamiento GNSS en necesario realizar un traslado de coordenadas por medio de georreferenciación, por el método estático como se mencionó anteriormente.

Una vez identificados los puntos de control horizontal y vertical, se procedió a realizar la toma de datos para el posicionamiento de los vértices, colocando el equipo GPS centrado y nivelado, cumpliendo algunas características especiales como:

- Buenas condiciones climáticas y atmosféricas
- Que no hallan superficies reflexivas que puedan causar trayectoria múltiple.
- Obstrucciones menores a 15°
- Que los dos equipos estén completamente capturando información al mismo tiempo con el fin de obtener tiempos comunes de captura de satélites

Ilustración 8. Puntos control Marinilla

	
PC 1	PC 2
	
PC 3	PC 4
	
PC 5	PC 6

	
PC 7	PC 8

Ilustración 9. Puntos control Aguadas

	
PC 1	PC 2
	
PC 3	PC 4

	
PC 5	PC 6
	
PC 7	

FLY NORTH S.A.S
Tel: +57 (4) 604 4914
Carrera 38 #26-41, Torre 3, Of. 432
Edificio Bio26, vía Las Palmas
info@flynorth.com.co
Medellín, Colombia

Ilustración 10. Puntos control Cerrito

	
PC 1	PC 2
	
PC 3	PC 4
	
PC 5	PC 6

	
PC 7	PC 8

Ilustración 11. Puntos control Mompox

	
PC 1	PC 2
	
PC 3	PC 5

	
PC 6	PC 7

Ilustración 12. Puntos control Turmequé

	
PC 1	PC 2
	
PC 3	PC 4



PC 5



PC 6



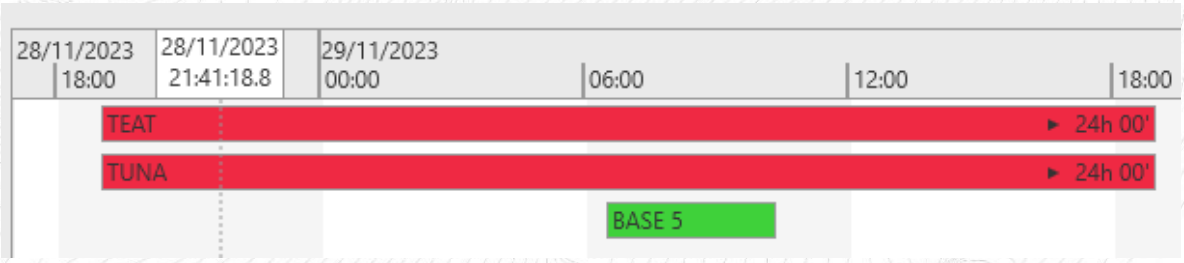
PC 7

5.1.3. PROCESAMIENTO

Para el trabajo se procesa la información obtenida en campo con el software Leica Infinity, con apoyo de los puntos del IGAC, utilizando las coordenadas semanales descargadas de la página de Sirgas y utilizando el siguiente flujo de trabajo:

- Descarga de datos crudos de los receptores GPS mediante el software nativo específico.
- Creación del proyecto, importación de los archivos RINEX y los datos crudos de los vértices.
- Definición de los puntos de control y Rover, establecer los valores correspondientes a cada una de las antenas.
- Revisión de la información registrada como las alturas de las antenas, intervalos de registro entre otros parámetros relevantes.
- Procesamiento de los vectores para la red.
- Revisión preliminar del reporte de procesamiento. Análisis de satélites y ruido en la señal.
- Ajuste del triángulo formado por los receptores simultáneos.
- Cálculo del circuito de cierre.
- Cálculo por doble comparación y ajuste de la triangulación.
- Cambio de época actual de las coordenadas a época 2018.0
- Transformación de coordenadas a Origen Nacional
- Reporte final de coordenadas

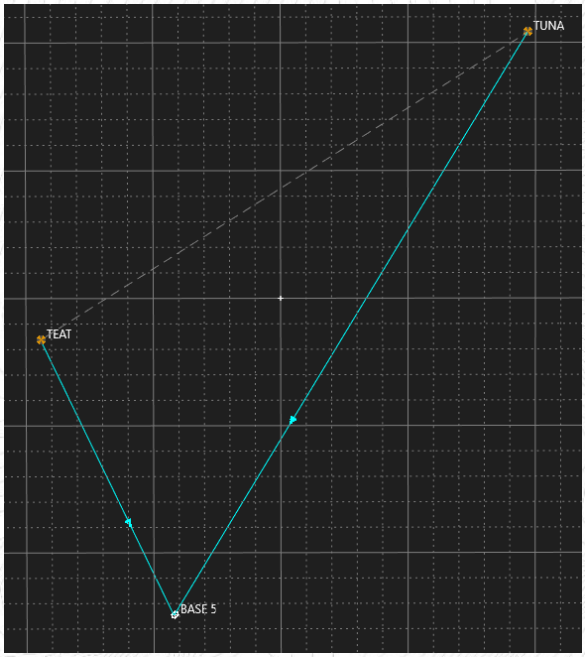
Ilustración 13. Datos cargados a Leica Infinity



Fuente: Elaboración Propia, adoptada de Leica Infinity

Inicialmente se utilizaron las estaciones de la Red Magna Sirgas como control para determinar las coordenadas de las bases de los puntos de control y los vuelos.

Ilustración 14. Vectores Posicionamiento.



Fuente: Elaboración Propia, adoptada de Leica Infinity.

5.1.4. RESULTADOS

Una vez finalizado el procesamiento se genera un reporte con las coordenadas obtenidas, esta se encuentra en época de rastreo.

Tabla 7. Coordenadas elipsoidales época de rastreo 2023.88

COORDENADAS GAUSS KRUGER ORIGEN CENTRAL 2023.88				
POLÍGONO	**PUNTO**	**LATITUD**	**LONGITUD**	**ALTURA ELIP**
MARINILLA	BASE 1	6.16634025	-75.34273798	2163.3344
	PC 1	6.168250155	-75.33263728	2115.0654
	PC 2	6.17318473	-75.32961868	2151.8484
	PC 3	6.176675609	-75.33377396	2120.9754
	PC 4	6.176622728	-75.33890922	2146.6394
	PC 5	6.175132455	-75.34294893	2107.7034
	PC 6	6.172998102	-75.33919863	2104.7574

COORDENADAS GAUSS KRUGER ORIGEN CENTRAL 2023.88				
POLÍGONO	**PUNTO**	**LATITUD**	**LONGITUD**	**ALTURA ELIP**
	PC 7	6.171398273	-75.33471318	2104.3584
	PC 8	6.173228956	-75.34650114	2106.3134
AGUADAS	BASE 2	5.61471543	-75.46264004	2240.3008
	PC 1	5.614564387	-75.46253825	2240.8718
	PC 2	5.614352847	-75.46083619	2197.4918
	PC 3	5.613164731	-75.45788049	2206.1018
	PC 4	5.616255791	-75.4560845	2162.1448
	PC 5	5.614315096	-75.45540594	2177.5798
	PC 6	5.611156895	-75.4548348	2159.2688
	PC 7	5.609079743	-75.45604058	2185.1688
CERRITO	BASE 3	3.68278685	-76.31249878	1020.689
	PC 1	3.683544542	-76.31291775	1016.559
	PC 2	3.679662013	-76.30806085	1020.539
	PC 3	3.685307053	-76.30709459	1018.357
	PC 4	3.688255538	-76.31202699	1013.671
	PC 5	3.692947355	-76.31540868	1012.013
	PC 6	3.68888095	-76.31840642	1013.117
	PC 7	3.685292558	-76.32029233	1012.154
	PC 8	3.679843182	-76.30446392	1020.768
MOMPOX	BASE 4	9.23174624	-74.42169117	15.0236
	PC 1	9.23220029	-74.4212851	15.0219
	PC 2	9.23001932	-74.4161362	16.3287
	PC 3	9.23334272	-74.41734297	15.9558
	PC 4	9.23964083	-74.42553258	15.1378
	PC 6	9.2465651	-74.4314534	13.9349
	PC 7	9.25115485	-74.428871	15.5597
TUMERQUÉ	BASE 5	5.32396026	-73.49070252	2399.8073
	PC 1	5.32364418	-73.49072039	2402.0313
	PC 2	5.321554579	-73.49075014	2413.3113
	PC 3	5.322519776	-73.48848768	2405.9893
	PC 4	5.324777635	-73.48895632	2385.1073
	PC 5	5.327510209	-73.49157292	2406.7063
	PC 6	5.325903711	-73.49316969	2395.0433
	PC 7	5.320715271	-73.49369633	2410.5723

Así mismo estas coordenadas se transformaron al nuevo origen nacional EPSG 3116

Tabla 8. Parámetros proyección Origen Nacional

Parámetro	Valor
Proyección	Transversa de Mercator
Elipsoide	GRS80
Latitud de origen	4° N
Longitud de origen	73° W
Falso Este	5'000.000
Falso Norte	2'000.000
Unidades	Metros
Factor de escala	0.9992

Tabla 9. Coordenadas proyectadas Origen Nacional época de rastreo 2023.88

COORDENADAS GAUSS KRUGER ORIGEN CENTRAL 2023.88						
POLÍGONO	**PUNTO**	**NORTE**	**ESTE**	**ALTURA ELIP**	**ONDULACION GEOCOL**	**ALTURA ORTOMETRICA**
MARINILLA	BASE 1	2239938.377	4740842.873	2163.3344	25.9	2137.4344
	PC 1	2240144.689	4741961.76	2115.0654	25.8	2089.2654
	PC 2	2240688.935	4742298.248	2151.8484	25.8	2126.0484
	PC 3	2241077.001	4741840.035	2120.9754	25.8	2095.1754
	PC 4	2241073.648	4741271.641	2146.6394	25.9	2120.7394
	PC 5	2240910.806	4740823.801	2107.7034	25.9	2081.8034
	PC 6	2240672.944	4741237.848	2104.7574	25.9	2078.8574
	PC 7	2240493.842	4741733.523	2104.3584	25.8	2078.5584
	PC 8	2240702.03	4740429.713	2106.3134	25.9	2080.4134
AGUADAS	BASE 2	2178989.496	4727302.006	2240.3008	26.9	2213.4008
	PC 1	2178972.744	4727313.215	2240.8718	26.9	2213.9718
	PC 2	2178948.555	4727501.707	2197.4918	26.9	2170.5918
	PC 3	2178815.777	4727828.65	2206.1018	27	2179.1018
	PC 4	2179156.803	4728029.082	2162.1448	26.9	2135.2448
	PC 5	2178941.853	4728103.367	2177.5798	27	2150.5798
	PC 6	2178592.301	4728165.185	2159.2688	27	2132.2688
	PC 7	2178363.135	4728030.619	2185.1688	27	2158.1688

COORDENADAS GAUSS KRUGER ORIGEN CENTRAL 2023.88						
POLÍGONO	**PUNTO**	**NORTE**	**ESTE**	**ALTURA ELIP**	**ONDULACION GEOCOL**	**ALTURA ORTOMETRICA**
CERRITO	BASE 3	1965634.549	4632100.423	1020.6892	30.1	990.5892
	PC 1	1965718.58	4632054.15	1016.5592	30	986.5592
	PC 2	1965286.876	4632592.582	1020.5392	30.1	990.4392
	PC 3	1965911.239	4632702.337	1018.3572	30.1	988.2572
	PC 4	1966239.601	4632155.132	1013.6712	30.1	983.5712
	PC 5	1966760.27	4631781.067	1012.0132	30	982.0132
	PC 6	1966311.462	4631446.078	1013.1172	30	983.1172
	PC 7	1965915.096	4631234.906	1012.1542	30	982.1542
	PC 8	1965305.444	4632992.59	1020.7682	30.2	990.5682
MOMPOX	BASE 4	2578425.512	4843884.169	15.0236	-3.5	18.5236
	PC 1	2578475.528	4843928.968	15.0219	-3.5	18.5219
	PC 2	2578232.182	4844493.522	16.3287	-3.5	19.8287
	PC 3	2578600.099	4844362.439	15.9558	-3.5	19.4558
	PC 4	2579299.918	4843465.747	15.1378	-3.5	18.6378
	PC 6	2580067.982	4842818.54	13.9349	-3.5	17.4349
	PC 7	2580574.228	4843104.192	15.5597	-3.6	19.1597
TUMERQUÉ	BASE 5	2146310.193	4945652.185	2399.8073	25.5	2374.3073
	PC 1	2146275.268	4945650.178	2402.0313	25.5	2376.5313
	PC 2	2146044.371	4945646.7	2413.3113	25.5	2387.8113
	PC 3	2146150.826	4945897.37	2405.9893	25.5	2380.4893
	PC 4	2146400.359	4945845.662	2385.1073	25.5	2359.6073
	PC 5	2146702.537	4945556.094	2406.7063	25.5	2381.2063
	PC 6	2146525.161	4945379.098	2395.0433	25.5	2369.5433
	PC 7	2145951.888	4945320.311	2410.5723	25.5	2385.0723

5.1.5. CAMBIO DE ÉPOCA

La captura de datos se realizó el 20, 21, 22, 28 y 29 noviemnre del 2023 correspondiente a la semana GPS 2289, día juliano 324, es decir que la época de medición es 2023.88

Según lo establece el documento “PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN GPS CONSIDERANDO LA VARIACIÓN DE LAS COORDENADAS EN EL TIEMPO (VALOCIDADES) POR EFECTOS GEODINÁMICOS” del IGAC, en el momento de procesar información esta debe encontrase dentro de la misma época razón por la

cual se realiza el cambio de época mediante el software Magna Sirgas Pro v.5.0, modelo de velocidades VEMOS 2017.

Se utiliza las plantillas de software magna sirgas 5.0 donde de especifica la época de rastreo y la de referencia como se muestra en ilustración 15.

Ilustración 15. Plantilla cambio de época.

ID	Latitud	Longitud	Fecha_Rastreo	Fecha_Referencia	Altura_Elipsoidal
GNSS1	6.72057705	-74.3992731	25/09/2023	1/01/2018	133.3378
MIKE1	6.71295479	-74.4032238	25/09/2023	1/01/2018	142.2213
MIKE2	6.71226288	-74.4019945	25/09/2023	1/01/2018	144.3226
MIKE3	6.71118253	-74.4036224	25/09/2023	1/01/2018	125.4145
MIKE4	6.71678147	-74.4013955	25/09/2023	1/01/2018	138.9459
GNSS2	6.54833728	-74.4579733	27/09/2023	1/01/2018	163.7047
ECO1	6.58886953	-74.4512819	27/09/2023	1/01/2018	170.2735
ECO2	6.58098128	-74.4519812	27/09/2023	1/01/2018	154.4259
ECO3	6.56728497	-74.4529807	27/09/2023	1/01/2018	131.8671
ECO4	6.54632001	-74.4537355	27/09/2023	1/01/2018	147.6974
ECO5	6.5463018	-74.4546858	27/09/2023	1/01/2018	167.417

Tabla 10. Coordenadas elipsoidales época de referencia 2018.0

COORDENADAS GAUSS KRUGER ORIGEN CENTRAL 2018.0				
POLÍGONO	**PUNTO**	**LATITUD**	**LONGITUD**	**ALTURA ELIP**
MARINILLA	BASE 1	6.16633949	-75.34273828	2163.3344
	PC 1	6.168249395	-75.33263758	2115.0654
	PC 2	6.17318397	-75.32961898	2151.8484
	PC 3	6.176674849	-75.33377426	2120.9754
	PC 4	6.176621968	-75.33890952	2146.6394
	PC 5	6.175131695	-75.34294923	2107.7034
	PC 6	6.172997342	-75.33919893	2151.8484
	PC 7	6.171397513	-75.33471348	2104.3584
	PC 8	6.173228196	-75.34650144	2106.3134
AGUADAS	BASE 2	5.614714669	-75.46264028	2240.3008
	PC 1	5.614563626	-75.46253849	2240.8718
	PC 2	5.614352086	-75.46083643	2197.4918
	PC 3	5.61316397	-75.45788073	2206.1018
	PC 4	5.61625503	-75.45608474	2162.1448

COORDENADAS GAUSS KRUGER ORIGEN CENTRAL 2018.0				
POLÍGONO	**PUNTO**	**LATITUD**	**LONGITUD**	**ALTURA ELIP**
	PC 5	5.614314335	-75.45540618	2177.5798
	PC 6	5.611156134	-75.45483504	2159.2688
	PC 7	5.609078982	-75.45604082	2185.1688
CERRITO	BASE 3	3.682786136	-76.31249902	1020.689
	PC 1	3.683543828	-76.31291799	1016.559
	PC 2	3.679661299	-76.30806109	1020.539
	PC 3	3.685306339	-76.30709483	1018.357
	PC 4	3.688254824	-76.31202723	1013.671
	PC 5	3.692946641	-76.31540892	1012.013
	PC 6	3.688880236	-76.31840666	1013.117
	PC 7	3.685291844	-76.32029257	1012.154
	PC 8	3.679842468	-76.30446416	1020.768
MOMPOX	BASE 4	9.231745576	-74.42169178	15.0236
	PC 1	9.232199626	-74.42128571	15.0219
	PC 2	9.230018655	-74.41613681	16.3287
	PC 3	9.233342056	-74.41734358	15.9558
	PC 4	9.239640166	-74.42553319	15.1378
	PC 6	9.246564436	-74.43145401	13.9349
	PC 7	9.251154186	-74.42887161	15.5597
TUMERQUÉ	BASE 5	5.323959537	-73.49070267	2399.8073
	PC 1	5.323643457	-73.49072054	2402.0313
	PC 2	5.321553856	-73.49075029	2413.3113
	PC 3	5.322519053	-73.48848783	2405.9893
	PC 4	5.324776912	-73.48895647	2385.1073
	PC 5	5.327509486	-73.49157307	2406.7063
	PC 6	5.325902988	-73.49316984	2395.0433
	PC 7	5.320714548	-73.49369648	2410.5723

Tabla 11. Coordenadas Origen Nacional época de referencia 2018.0

COORDENADAS GAUSS KRUGER ORIGEN CENTRAL 2018.0						
POLÍGONO	**PUNTO**	**NORTE**	**ESTE**	**ALTURA ELIP**	**ONDULACION GEOCOL**	**ALTURA ORTOMETRICA**
MARINILLA	BASE 1	2239938.293	4740842.84	2163.3344	25.9	2137.4344
	PC 1	2240144.605	4741961.727	2115.0654	25.8	2089.2654
	PC 2	2240688.851	4742298.215	2151.8484	25.8	2126.0484
	PC 3	2241076.917	4741840.001	2120.9754	25.8	2095.1754
	PC 4	2241073.564	4741271.608	2146.6394	25.9	2120.7394
	PC 5	2240910.722	4740823.768	2107.7034	25.9	2081.8034
	PC 6	2240672.86	4741237.815	2151.8484	25.8	2126.0484
	PC 7	2240493.758	4741733.49	2104.3584	25.8	2078.5584
	PC 8	2240701.946	4740429.68	2106.3134	25.9	2080.4134
AGUADAS	BASE 2	2178989.412	4727301.979	2240.3008	26.9	2213.4008
	PC 1	2178972.66	4727313.188	2240.8718	26.9	2213.9718
	PC 2	2178948.471	4727501.68	2197.4918	26.9	2170.5918
	PC 3	2178815.693	4727828.623	2206.1018	27	2179.1018
	PC 4	2179156.719	4728029.055	2162.1448	26.9	2135.2448
	PC 5	2178941.769	4728103.34	2177.5798	27	2150.5798
	PC 6	2178592.217	4728165.158	2159.2688	27	2132.2688
	PC 7	2178363.051	4728030.592	2185.1688	27	2158.1688
CERRITO	BASE 3	1965634.47	4632100.396	1020.6892	30.1	990.5892
	PC 1	1965718.501	4632054.123	1016.5592	30	986.5592
	PC 2	1965286.797	4632592.555	1020.5392	30.1	990.4392
	PC 3	1965911.16	4632702.31	1018.3572	30.1	988.2572
	PC 4	1966239.522	4632155.105	1013.6712	30.1	983.5712
	PC 5	1966760.191	4631781.04	1012.0132	30	982.0132
	PC 6	1966311.383	4631446.051	1013.1172	30	983.1172
	PC 7	1965915.017	4631234.879	1012.1542	30	982.1542
	PC 8	1965305.365	4632992.563	1020.7682	30.2	990.5682
MOMPOX	BASE 4	2578425.439	4843884.102	15.0236	-3.5	18.5236
	PC 1	2578475.455	4843928.901	15.0219	-3.5	18.5219
	PC 2	2578232.109	4844493.455	16.3287	-3.5	19.8287
	PC 3	2578600.026	4844362.371	15.9558	-3.5	19.4558
	PC 4	2579299.845	4843465.679	15.1378	-3.5	18.6378
	PC 6	2580067.908	4842818.472	13.9349	-3.5	17.4349

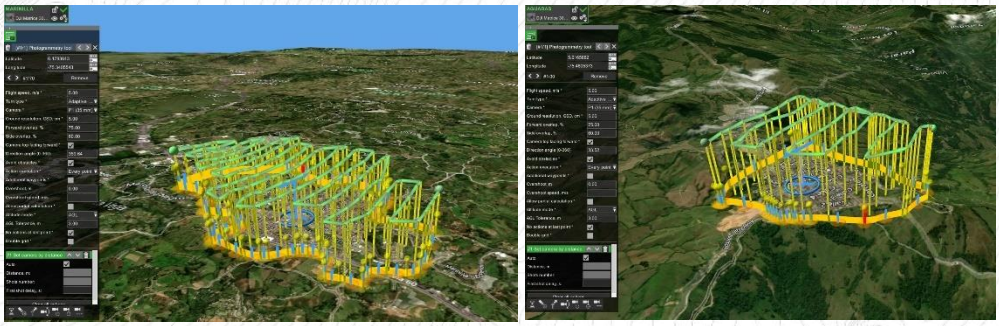
COORDENADAS GAUSS KRUGER ORIGEN CENTRAL 2018.0						
POLÍGONO	PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP	ONDULACION GEOCOL	ALTURA ORTOMETRICA
	PC 7	2580574.155	4843104.124	15.5597	-3.6	19.1597
TUMERQUÉ	BASE 5	2146310.113	4945652.168	2399.8073	25.5	2374.3073
	PC 1	2146275.188	4945650.161	2402.0313	25.5	2376.5313
	PC 2	2146044.291	4945646.683	2413.3113	25.5	2387.8113
	PC 3	2146150.746	4945897.353	2405.9893	25.5	2380.4893
	PC 4	2146400.279	4945845.645	2385.1073	25.5	2359.6073
	PC 5	2146702.457	4945556.077	2406.7063	25.5	2381.2063
	PC 6	2146525.081	4945379.082	2395.0433	25.5	2369.5433
	PC 7	2145951.808	4945320.294	2410.5723	25.5	2385.0723

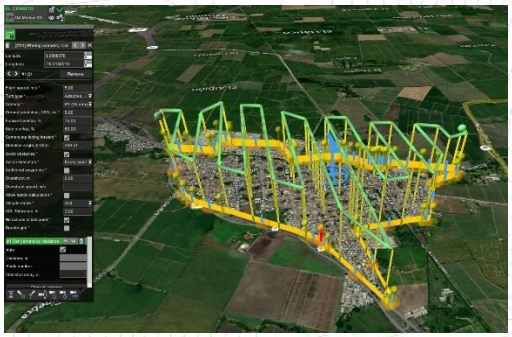
6. LEVANTAMIENTO Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

6.1. PLANEACIÓN DEL VUELO

Para realizar la planeación de la misión se utilizó el software UGCS, el cual cuenta con herramientas integradas para personalización de las características del vuelo de acuerdo a las necesidades del proyecto, adicionalmente cuenta con modo de seguimiento del terreno, permitiendo que se garantice en todo momento el GSD.

Ilustración 16. Planeación de vuelos





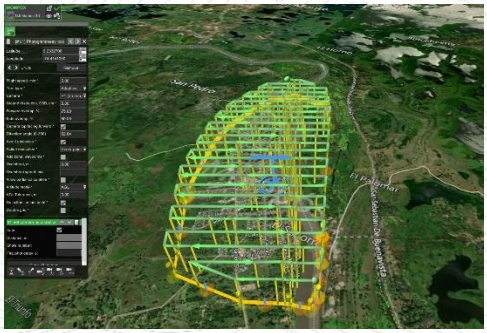




Tabla 12. Parámetros de vuelo fotogramétricos

Polígono	N° Fotografías	Altura de vuelo (metros)	Traslape lateral	Traslape frontal
Marinilla	706	122	70%	80%
Aguadas	612	122	70%	80%
Cerrito	507	122	70%	80%
Mompox	848	122	70%	80%
Turmequé	277	122	70%	80%

6.2. CAPTURA DE FOTOGRAFIAS

La captura de fotografías aéreas se realizó el 20, 21, 22, 28 y 29 de noviembre de 2023 para los sobrevuelos, para los sobrevuelos con fines fotogramétricos se s ejecutaron con una aeronave no tripulada DJI Matrice 300 y cámara fotogramétrica Zenmuse P1, teniendo en cuenta los siguientes parámetros y flujo de trabajo.

Control geométrico de la Ejecución de las misiones de vuelo.

1. Control de calidad de la fecha de vuelo y la altura solar de la toma.
- 1.1. Control de la fecha de vuelo
- 1.2. Control de la hora de inicio y hora de fin del vuelo

2. Control de calidad del tamaño de pixel (GSD) y la altura de vuelo
- 2.1. Tamaño de pixel medio para toda la pasada
- 2.2. Tamaño del GSD del fotograma por pasada

3. Control de calidad del recubrimiento entre fotogramas
- 3.1. Recubrimiento longitudinal
- 3.2. Recubrimiento lateral

4. Control de calidad de la verticalidad de la cámara
- 4.1. Desviación de la verticalidad de la cámara
- 4.2. Diferencias de verticalidad entre fotogramas consecutivos

5. Control de calidad de la deriva.

6. Control de calidad de la distancia de los centros de proyección a las estaciones GNSS de referencia utilizadas

7. Control de calidad de cobertura de la zona de vuelo

8. Inspección visual de los fotogramas para evaluar sombras, nubes o zonas sobreexpuestas

9. Control radiométrico de los fotogramas evaluando saturación en los extremos del histograma

10. Post proceso de los datos GPS en tierra e IMU avión para verificación de las trayectorias de las fotografías

Ilustración 17. *Registro fotográfico levantamiento fotogramétrico.*



6.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

6.3.1. CALIBRACIÓN DE COLOR

Una vez capturada la información, esta es enviada al equipo de procesamiento, el cual realiza la descargada de la información y realiza un proceso inicial de mejora de cada una de las fotografías tomadas por el equipo en el software *Ligthroom Classic*, el cual consiste en un balance de color, exposición, contraste, nitidez y textura, lo anterior con el fin de mejorar la calidad de la información ingresada al software de procesamiento Ilustración 8.

Ilustración 18. *Fotografías Ligthroom Classic.*

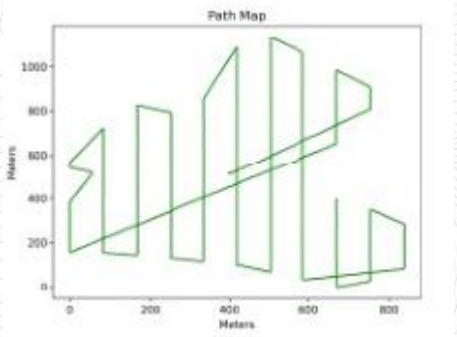


Fuente: *Elaboración propia, adoptada de Ligthroom Classic.*

6.3.1. TRAYECTORIAS DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO

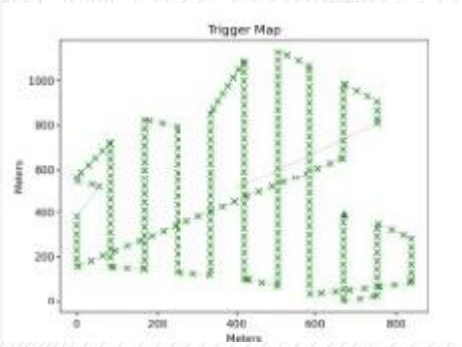
Luego de cada vuelo se descargan los datos de las trayectorias de vuelo que guardan toda la información relevante al control de calidad de cada misión de vuelo. Esto permite revisar parámetros del vuelo, como elevación, velocidad, tiempos de vuelo entre otros.

Ilustración 19. Reporte de trayectorias



Fuente: Elaboración propia, adoptada de REDtoolbox

Ilustración 20. Diagrama de obturación imágenes



Fuente: Elaboración propia, adoptada de REDtoolbox

6.4. PROCESAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO

Para el procesamiento fotogramétrico se utilizó el software Agisoft Metashape, el cual incluye un flujo de trabajo.

6.4.1. CREACIÓN DE LA NUBE DE PUNTOS Y MALLA – FASE 1:

- Cargar imágenes y geoetiquetas

- Calibración de la cámara.
- Definición del sistema de coordenadas de salida del proyecto.
- Alineación de las imágenes.
- Marcar puntos de control con sus coordenadas precisas
- Creación de nube densa de puntos y malla.

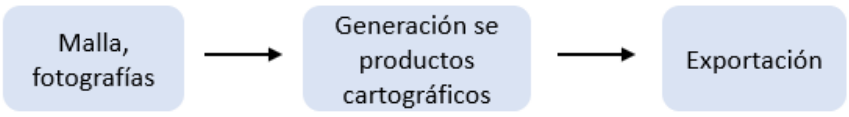
Ilustración 21. Metodología creación de nube puntos densa y malla.



6.4.2. ENERACIÓN DE MDE Y ORTOMOSAICO- FASE 2:

- Con base en la malla se genera el modelo digital de elevación.
- Por último, se genera el ortomosaico en base a las fotografías y el Modelo digital de elevación.

Ilustración 22. Metodología generación de productos cartográficos.



Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 23. Ortofoto Sector Antiguo de la Ciudad de Marinilla

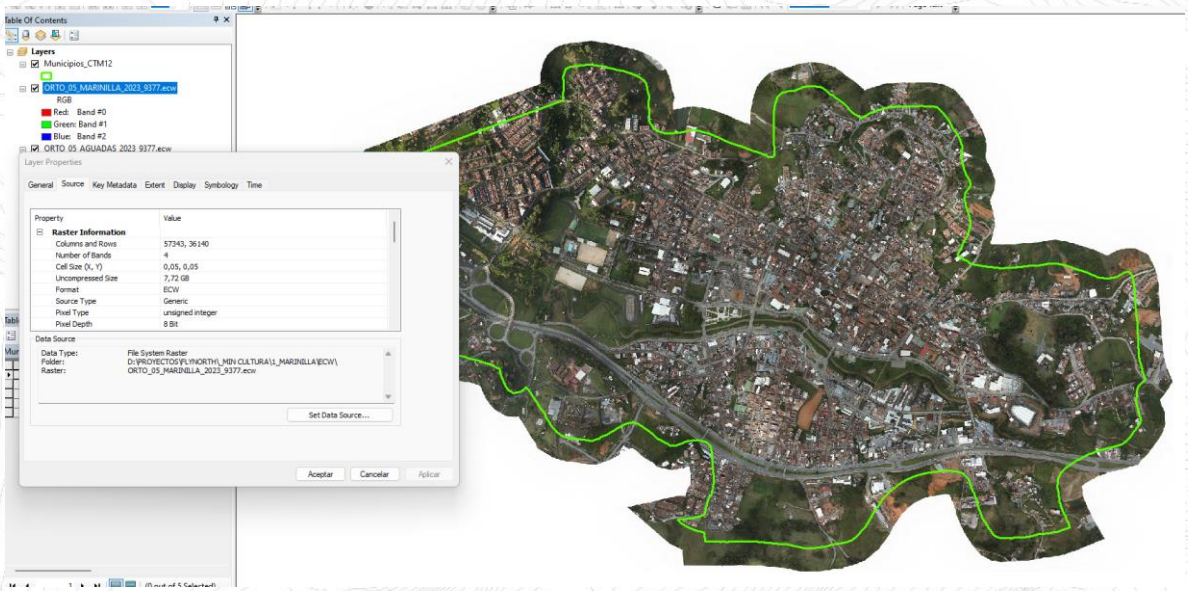


Ilustración 24. Ortofoto Conjunto Urbano de Aguadas.

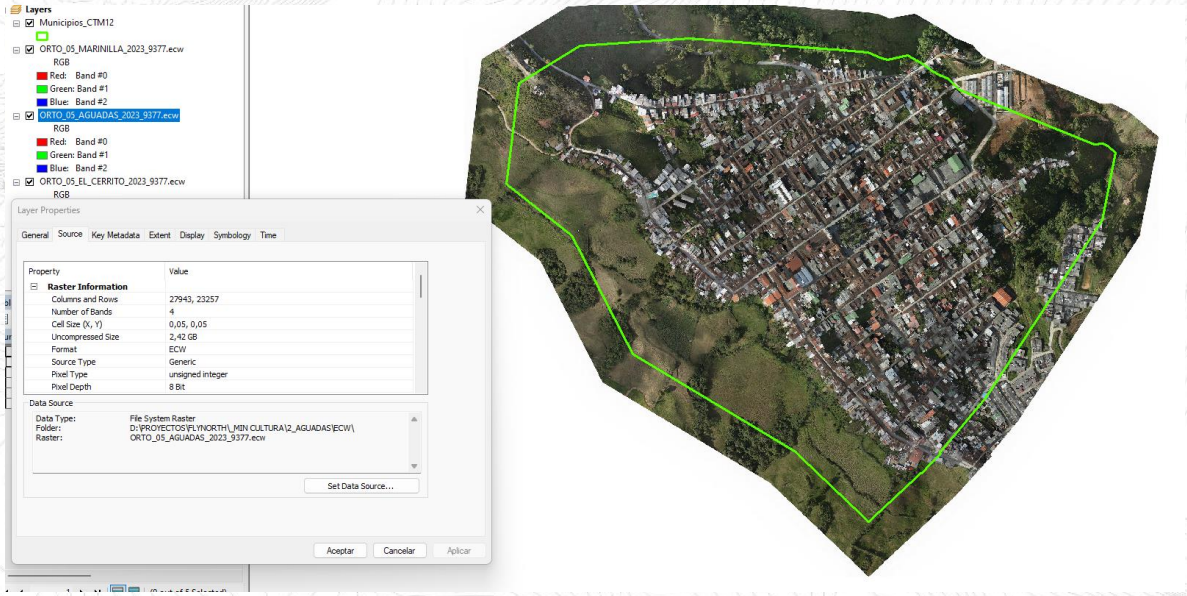


Ilustración 25. Ortofoto Sector Antiguo de la Ciudad de el Cerrito

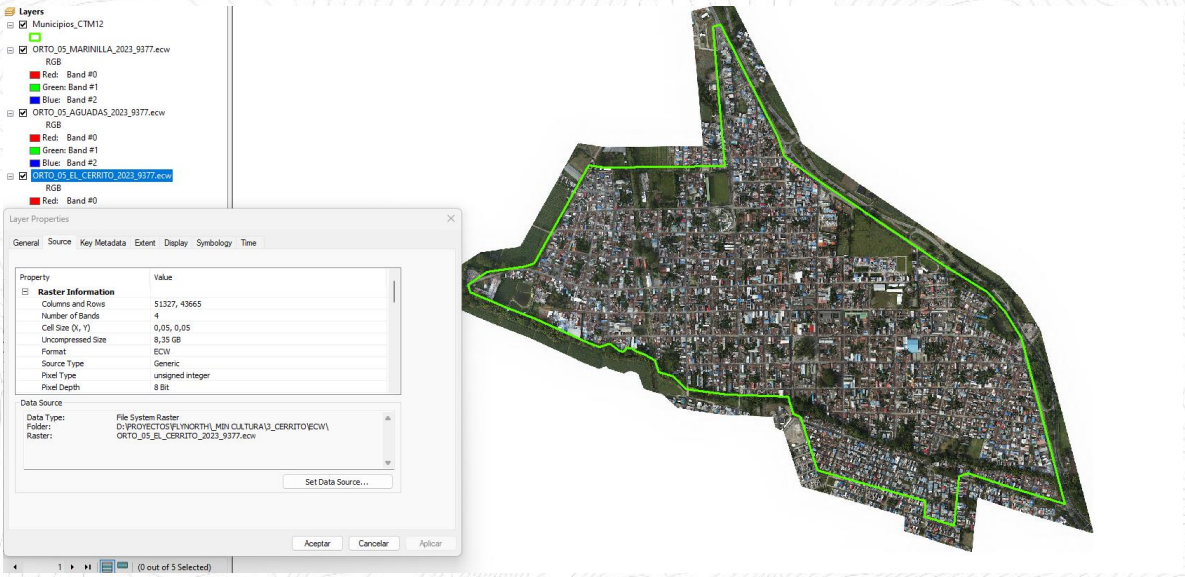


Ilustración 26. Ortofoto Sector Antiguo de la Ciudad de Mompox

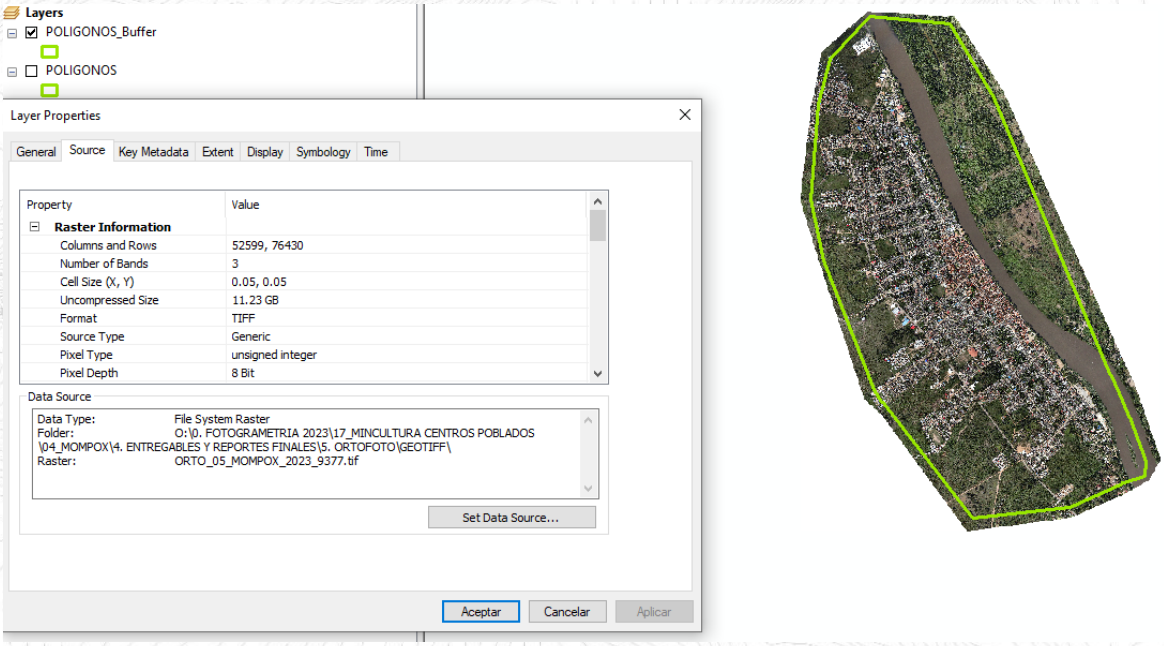
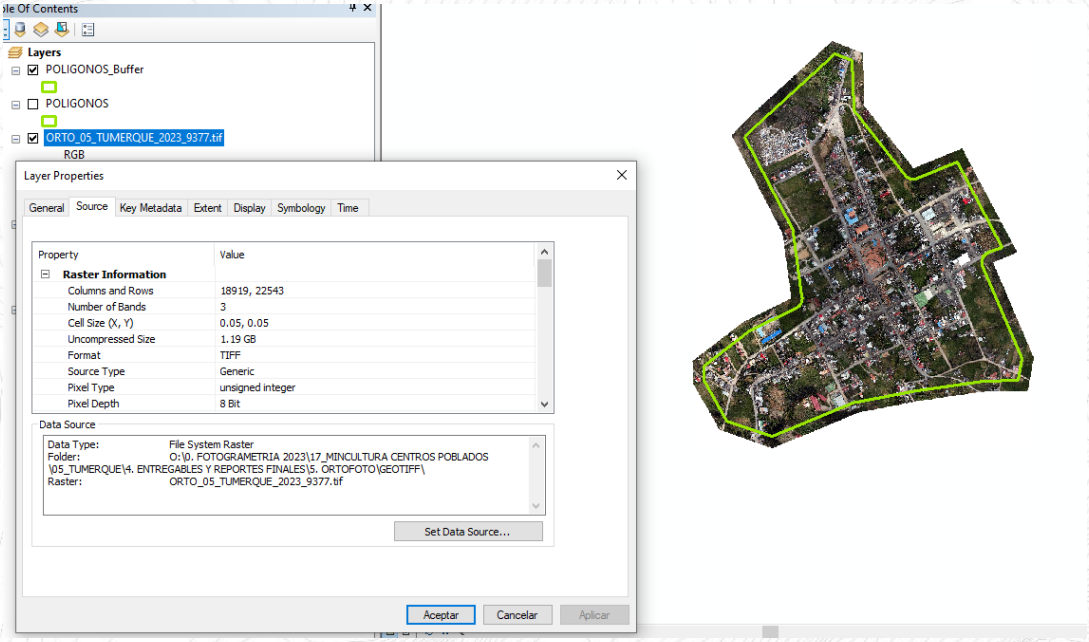


Ilustración 27. Ortofoto Sector Urbano del Municipio de Turmequé



7. CONTROL DE CALIDAD ORTOMOSAICO

7.1. ESTRUCTURA E INTEGRIDAD DE LA ORTOFOTO

a. Resolución espacial: La resolución de la ortofoto debe ser de 0.05 m.
b. Resolución espectral: Para el proyecto se estableció una resolución espectral de 3 bandas RGB, cumple
c. Resolución radiométrica: La resolución radiométrica de la ortofoto es de 8 bits y cumple con la norma.

7.2. CALIDAD DE LAS ORTOFOTOS:

- Omisión: Se ha capturado el 100% de la información, y el porcentaje de omisión por nubes, sombras, huecos es del 0%, para los centros históricos de Marinilla, Aguadas y El cerrito
- Exactitud absoluta de posición: Para el cálculo de exactitud posicional todas las unidades están en metros y se realiza ubicando cada punto de chequeo

identificando sobre el ortomosaico mediante el uso de software SIG, para extraer las respectivas coordenadas y poder calcular en comparación a las coordenadas ajustadas, el método empleado fue el NSSDA

Analizando en el RMSE r en los informes de aerotriangulación se puede evidenciar que cumple de acuerdo a la norma se obtuvieron valores menores este menor a 0.1 m, de igual manera la precisión horizontal al 95% siendo inferior al máximo permitido de 0.52 m.

- Consistencia Lógica: El producto no debe tener discontinuidad, distorsiones geométricas, o errores groseros que superen el tamaño de 2 pixeles. La ortofoto no presenta errores de empalmes superiores a 2 pixeles o distorsión geométrica y desbalances radiométricos mayores al 1%. El producto cumple.

8. ENTREGABLES

Para la entrega final se encuentra la siguiente información para cada uno de los 5 polígonos:

FLY NORTH		CONTROL DE ENTREGABLES		
		PROYECTO	MINISTERIO DE CULTURA-CENTROS HISTORICOS	
		SISTEMA DE COORDENADAS	ORIGEN NACIONAL EPSG 9377	
CARPETA	**SUBCARPETA**	**CONTENIDO**	**FORMATO**	**OBSERVACIÓN**
1. PROCESAMIENTO GNSS	RINEX	Rinex de cada punto	Nativo y rinex	
	CORS	Rinex de las Cors	Rinex	
	EFEMERIDES	Efermerides rapidas	sp3	
	SOFTWARE	Archivo del proyecto	iprj	
	COORDENADAS	Coordenadas semanales y procesadas	Excel, txt y png	
	REPORTE	Reporte procesamiento GNSS	pdf	
	RESGISTRO FOTOGRAFICO	Registro fotografico en campo	jpeg	
2. MDS	N/A	Modelo digital de superficie	TIF	Resolusion de 1 metro
3. ORTOFOTO	TIF	Ortofoto	TIF	Resolusion de 0.05 metros
	ECW	Ortofoto	ECW	Resolusion de 0.05 metros
	JPJ	Ortofoto	JPG	Resolusion de 0.05 metros
4. REPORTES	N/A	Reporte de procesamiento GNSS y reporte de procesamiento fotogrametrico	PDF	
5. FOTOGRAFIAS	N/A	Fotografias obtenidas con areronave no tripulada	JPG	Tambien se incluye reporte de trayectorias

9. ANEXOS

ANEXO 1. REPORTES PROCESAMIENTO GNSS


Sector Antiguo de la ciudad de Marinil


Conjunto Urbano de Aguadas Networ


Sector Antiguo de la Ciudad de el Cerri


Sector Antiguo de la Ciudad de Mompo


Sector Urbano del Municipio de Turme

ANEXO 2. REPORTES PROCESAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO


Reporte de Procesamiento Foto


Reporte de Procesamiento Foto


Reporte de Procesamiento Foto


Reporte de Procesamiento Foto


Reporte de Procesamiento Foto