LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO CON AERONAVE NO TRIPULADA (DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0)



INFORME TÉCNICO

Contrato 625 de 2023

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TÉCNICOS COMO INSUMO PARA EL ACOTAMIENTO DE LA RONDA HÍDRICA DE LA QUEBRADA HONDA EN EL DRMI LAGO SOCHAGOTA Y LA CUENCA QUE LO ALIMENTA DEL MUNICIPIO DE PAIPA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

INGECONSULT
Ingeniería Y Consultoría

INGECONSULT J&C S.A.S



Dirección: Calle 14ª N°8ª - 44
Ingeconsultjc@gmail.com
Tel: 7751908

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN. 4
2. LOCALIZACIÓN. 5
3. OBJETIVO PRINCIPAL. 6
4. METODOLOGÍA. 6
5. EQUIPOS DE TRABAJO. 9
5.1. DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0. 9
5.2 EQUIPO GPS RTK SURVEY E300 PRO. 10
6. VUELOS REALIZADOS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO. 14
6.1 QUEBRADA HONDA MUNICIPIO DE PAIPA 15
7.1.1 RESULTADOS DE VUELOS. 20
7.1.2 PROCESAMIENTO EN SOFTWARE PIX4D MAPPER. 20
7.1.3 RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO. 21

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones Drone Phantom 4 pro V2.0. 9
Tabla 2. Puntos de control Buffer 100 metros Quebrada Honda 16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización General del Área de estudio. 5
Figura 2. Método de trabajo. 8
Figura 3. Proceso captura de datos. 11
Figura 4. Equipo GPS Survey e300 pro / RTK. 11
Figura 5. Antena GPS survey e300 pro / RTK. 12
Figura 6. Especificaciones Técnicas Eqiuopo GPS Survey e300 pro / RTK. 13
Figura 7. Localización de los puntos de control Buffer 100 metros Quebrada Honda – Municipio de Paipa. 19
Figura 8. Procesamiento de unión de imágenes con superposición de 75%. 21
Figura 9. Curvas de Nivel cada 0,5 metros. 22
Figura 10. Modelo de Elevación Digital (DEM). 23
Figura 11. Orto-mosaico con Resolución de celda X, Y de 0.05 m. 24



LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Equipo de vuelo Phantom 4 Pro V2.0. 10
Fotografía 2. Punto de control. 14
Fotografía 3. Punto de control. 15



1. INTRODUCCIÓN.

La fotogrametría es una técnica de la ingeniería muy utiliza hoy en la actualidad para diferentes estudios en una manera más precisa, utilizando fotografías aéreas mediante el uso de aeronaves no tripuladas, siendo información de tiempo real orientadas a reducir tiempo, riesgos humanos y optimiza los procesos, en cuanto análisis de información cartográfica rápida y confiable.

Para el proyecto específico se utilizó el equipo Drone Phantom 4 pro v2.0, el cual permite la toma de fotografías aéreas georreferenciadas con el fin de crear orto-fotos y modelos digitales del terreno además de la representación cartográfica de cada elemento encontrado en tierra, con el desarrollo de los programas especializados permiten que la técnica de la fotogrametría sea muy versátil.

El presente informe contiene las características de levantamiento topográfico con aeronave no tripulada (Drone) y puntos de control, tomados mediante equipo GPS Survey e300 pro /RTK de alta precisión, obteniendo como resultado de este levantamiento la Orto-foto, modelo de elevación digital y curvas de nivel cada metro, realizando procesamiento de fotografías en oficina mediante el uso del software Pix4D mapper.

De manera que se obtuvieron 515,39 Ha, es decir 283,12 Ha de más respecto al contrato, sin pretender generar más costos.

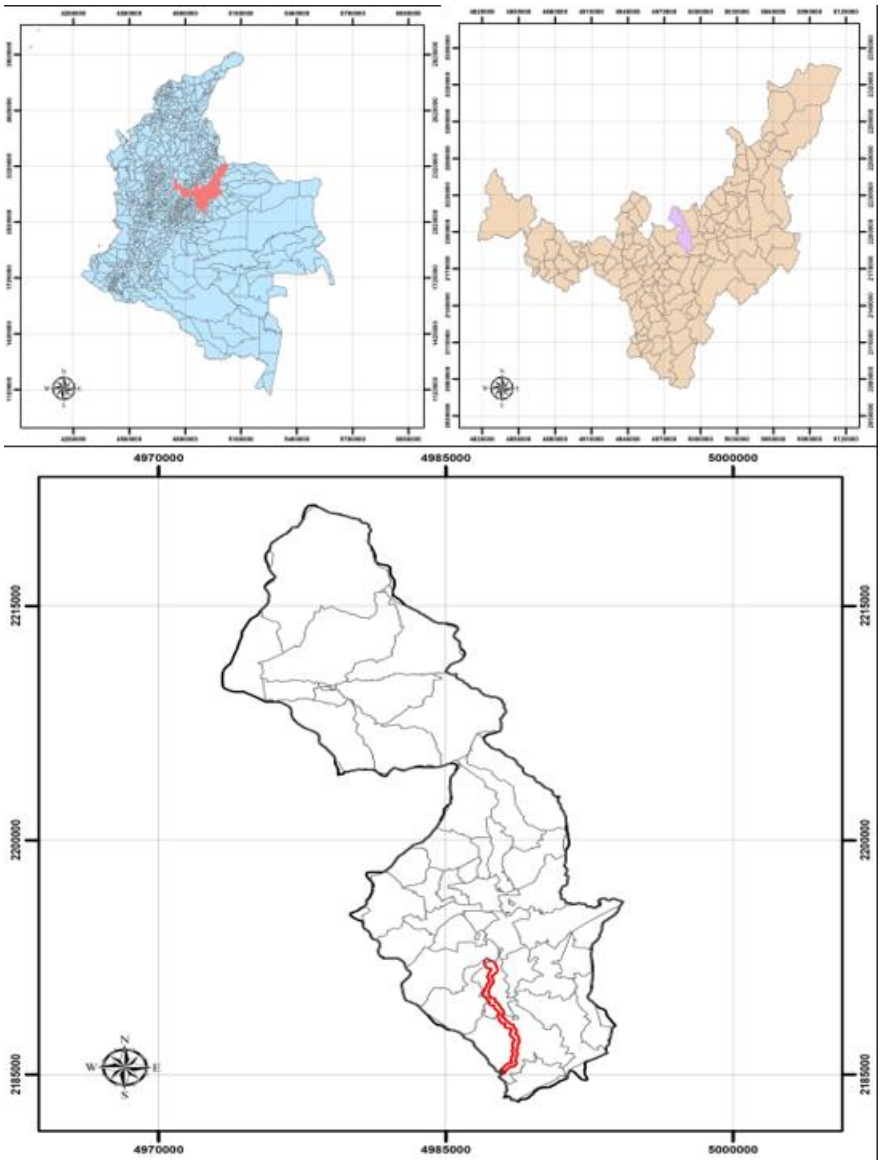
La fotogrametría realizada para la zona de estudio sirve como insumo para el acotamiento de la ronda hídrica de los cuerpos de agua priorizados en el municipio de Paipa.



2. LOCALIZACIÓN.

El área de estudio se encuentra ubicada en el municipio de Paipa al nor-oriente del departamento de Boyacá en la región del Alto Chicamocha. El municipio cuenta con una superficie total de 306 Km^2 con una altura sobre el nivel del mar de 2525 metros.

Figura 1. Localización General del Área de estudio.



Fuente: Autor.

La zona a realizar la fotogrametría comprende un buffer de 100 metros alrededor de la Quebrada Honda en el Municipio de Paipa.



3. OBJETIVO PRINCIPAL.

Realizar la fotogrametría mediante el uso del Drone Phantom 4 pro V2.0, para 1 área prioritaria del municipio de Paipa (Boyacá), con el fin de obtener información cartográfica (curvas de nivel, Modelo de elevación digital y Orto-mosaico de alta calidad) como insumo para el acotamiento de la ronda hídrica de los cuerpos de agua priorizados en dicho municipio.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Establecer los puntos de control para cada zona de estudio mediante el equipo GPS survey e300 pro R1 /RTK de alta precisión de doble frecuencia.
- Realizar fotogrametría según área establecida para cada área del municipio generando los diferentes productos cartográficos
- Generar los respectivos ortomosaicos georreferenciados y orto rectificado en sistema de coordenadas ORIGEN ÚNICO NACIONAL

4. METODOLOGÍA.

Para realizar el levantamiento fotogramétrico de la Quebrada Honda del municipio de Paipa se realizaron los siguientes pasos:

1. Se realiza un estudio general de las zonas a través del uso de imágenes satelitales y cartografía local existente, donde se identifican condiciones geográficas, vegetación, infraestructura, condiciones de acceso y puntos de referencia del área.

2. El grupo de trabajo se desplaza a campo junto con los equipos de geoposicionamiento y la aeronave no tripulada, con el fin de realizar el reconocimiento general de la zona, identificando los sitios de lanzamiento y aterrizaje de la aeronave, para comprobar que no existan objetos naturales y/o artificiales tales como árboles, cerros, torres de alta tensión, etc. que impidan el desarrollo del proyecto

3. Se establecen los puntos de control mediante el uso de equipos GPS survey e300 pro /RTK de alta precisión, luego se procede mediante un Rover, la captura y registro de puntos dentro de un radio máximo de 4 kilómetros para obtener una precisión menor al centímetro, para cada vuelo, definiendo el punto con sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS, origen Bogotá, el cual se convierte posteriormente a CTM 12 como lo pide la resolución 471 de 2020.

4. Se definen las misiones de vuelos necesarias para cada área de estudio, lo cual es necesario realizar un vuelo inicial de la zona, con el fin de determinar la altura y líneas de vuelo específicos para cada proyecto.

5. Se realiza la toma de información fotográfica mediante la programación de cada vuelo, mediante el uso del Drone Phantom 4 pro V2.0, verificando que

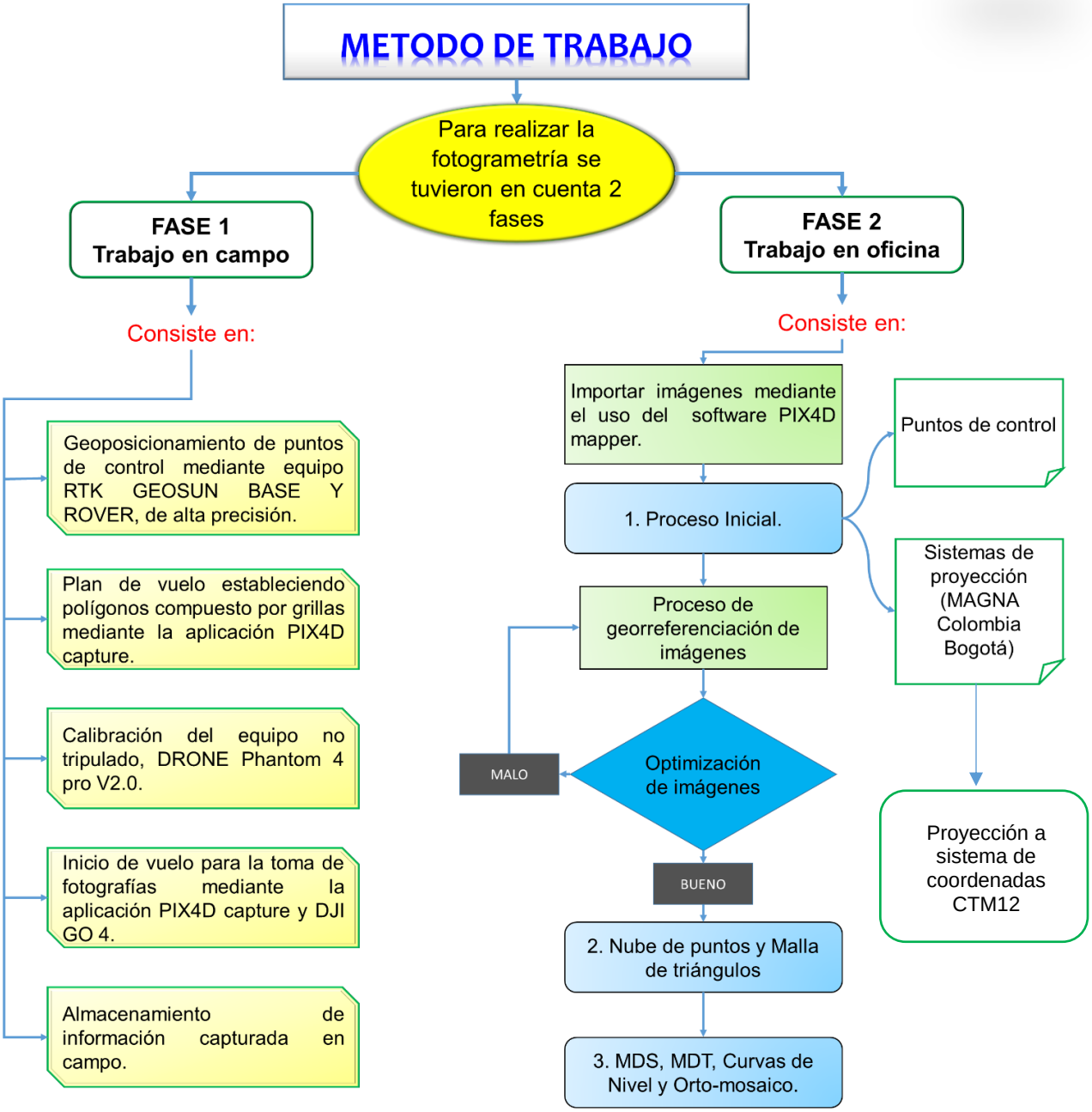


cumpla el área de estudio, condiciones climáticas, velocidad del viento, ausencia de lluvia y zonas restringidas de vuelo, con el fin de obtener los datos de una forma precisa y real.

6. Finalmente, después de la obtención de fotografías en campo, se procede a realizar el procesamiento de información en oficina, mediante el software especializado PIX4D mapper, que permite generar la nube de puntos con coordenadas X, Y y Z, obteniendo varios productos como: Modelo de elevación digital (DEM), Curvas de nivel y Orto-mosaico, para cada área de estudio.



Figura 2. Método de trabajo.



Fuente: Autor



5. EQUIPOS DE TRABAJO.

5.1. DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0.

Para llevar a cabo las áreas de estudio, fue necesario utilizar una aeronave no tripulada (Drone Phantom 4 pro V2.0) (Fotografía 1), este tipo de equipo es un Multirrotor, las posiciones de la cámara en la que se tomaron las fotografías fueron de 90° y solapamiento de imágenes Overlap del 75 %, dando un óptimo resultado con una resolución de 20 Megapíxeles.

Tabla 1. Especificaciones Drone Phantom 4 pro V2.0.

Cámara y estabilizador	- Sensor CMOS de 1” Píxels efectivos, con una resolución de 20 Megapíxeles -3 ejes (inclinación, balanceo, guiñada).
Tamaño de imagen	Relación de aspecto 3: 2: 5472 × 3648 Relación de aspecto 4: 3: 4864 × 3648 Relación de aspecto 16: 9: 5472 × 3078
Lente	Lente FOV 84 ° 8,8 mm / 24 mm (equivalente al formato de 35 mm) f / 2,8 - f / 11 enfoque automático a 1 m
Peso (batería y hélices incluidas)	1375 g
Tamaño diagonal (hélices excluidas)	350 mm
Máxima velocidad	Modo S: 45 mph (72 kph) Modo A: 36 mph (58 kph) Modo P: 31 mph (50 kph)
Control Remoto	-Control remoto del Phantom 4 Pro V2+ incluye un monitor de alta luminancia de 5.5 pulgadas con DJI GO integrado para el máximo control. -Batería: 6000 mAh LiPo 2S
Batería de Vuelo inteligente	Capacidad: 5870 mAh - Potencia: 160 W
Resistencia máxima de 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 por satélite	GPS / GLONASS

Fuente: Autor.



Fotografía 1. Equipo de vuelo Phantom 4 Pro V2.0.



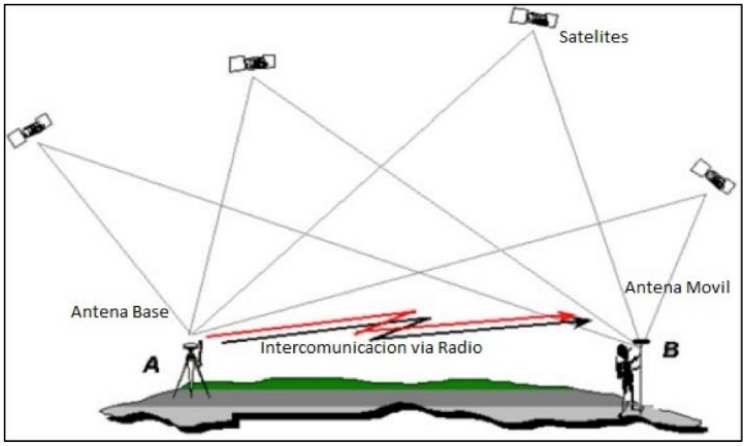
Fuente: Autor.

5.2 EQUIPO GPS RTK SURVEY E300 PRO.

Para obtener las coordenadas geográficas del levantamiento topográfico de los puntos de control para cada vuelo, se utilizó el método de posicionamiento GNSS-RTK Doble Frecuencia Survey e300 pro. En este método de posicionamiento, el receptor de referencia (Base) se ubicó en un punto para darle coordenadas reales, mientras que el receptor móvil (Rover) estuvo estacionado en cada punto de interés, es decir, los puntos del levantamiento de detalle. Los datos capturados fueron las coordenadas geográficas y la cota elipsoidal o altura de los respectivos puntos de detalle bajo el sistema MAGNA SIRGAS; coordenadas que posteriormente fueron transformadas al sistema de coordenadas de origen único nacional (CTM12)



Figura 3. Proceso captura de datos.



Fuente: Autor.

El tipo de receptor GPS utilizado para la toma de coordenadas del estudio fueron sistemas GNSS doble frecuencia RTK para la georreferenciación del proyecto y el levantamiento de puntos de control y mejoras.

Figura 4. Equipo GPS Survey e300 pro / RTK.



Fuente: Autor.



Figura 5. Antena GPS survey e300 pro / RTK.



Fuente: Autor.

- **DESCRIPCIÓN GENERAL.**

El equipo RTK E300pro receptor GNSS, admite múltiples constelaciones de satélites, conexión rápida, voz inteligente, levantamiento de inclinación y más. El marco estructural está hecho de una aleación de magnesio, que es resistente y tiene buenas características EMC, es estéticamente agradable a la vista, simple pero sofisticado.



Figura 6. Especificaciones Técnicas Equipo GPS Survey e300 pro / RTK.

Receptor GNSS	
Canal *	800
Seguimiento por satélite	GPS: L1CA / L1P / L1C / L2P / L2C / L5
	GLONASS: G1, G2, G3
	BeiDou: B1I, B2I, B3I, B1C, B2a, B2b, ACEBOC Rango de operación
	Galileo: E1, E5a, E5b, ALTBOC, E6 SBAS: L1
	/ L5
	IRNSS
	QZSS: L1C / A, L1C, L2C, L5, LEX Banda L:
	ATLAS H10 / H30 / H50
Frecuencia de actualización	10 Hz, hasta 50 Hz <1
Readquisición de señal	segundo
Arranque en caliente	<10 segundos
Fiabilidad de inicialización > 99,9%	
Memoria	16 GB
Rendimiento (RMS)	
Precisión estática	Horizontal : 2,5 mm + 0,5 ppm vertical :
	5 mm + 0,5 ppm
Precisión RTK	Horizontal : 8 mm + 1 ppm vertical :
	15 mm + 1 ppm
Diferencial de código	Horizontal : 0,25 metros
Precisión SBAS	Horizontal : 0,3 m
Fuente de alimentación	
Batería	Batería recargable de iones de litio incorporada
	7,2 V - 6800 mAh
voltaje	Entrada de alimentación externa de 9 ~ 28 V CC Hasta
Período de funcionamiento	12 horas
Tiempo de carga	Normalmente 4 horas

Radio interna	
Rango de frecuencia	410 - 470 MHz
Espaciado de canales	12,5 KHz / 25 KHz
Emisión de energía	0,5 W / 1 W
	3 - 5 km típicamente
Comunicación	
5 pines	Conéctelo a una fuente de alimentación externa y
Tipo-C	radio Para cargar y transmitir datos NANO SIM
Tarjeta SIM	
Celular *	4G global
Bluetooth	V2.1 + EDR / V4.1 Modo dual, Clase 2
WIFI	802.11 ac / n / a / b / g
WebUI	Actualice el firmware, administre la configuración y el estado,
	descargue datos
Voz	Soporte de transmisión de voz TTS
Burbuja electrónica	Soporte
MEMS *	Soporte, hasta 60 °
Salida NMEA	GGA, ZDA, GSA, GSV, GST, VTG, RMC, GLL
Especificaciones físicas	
Dimensiones	φ158 mm x 53 mm
Peso	940 g
Temperatura de funcionamiento	-40 ℃ ~ + sesenta y cinco ℃
Temperatura de almacenamiento	- 40 ℃ ~ + 80 ℃
Prueba de agua / polvo	IP67
Conmoción	Sobrevive a una caída de poste de 2 m en un piso de concreto
	Caída libre de 1,2 m
Vibración	Resistente a vibraciones
Humedad	Hasta 100%
Indicador	Satélites, enlace de datos, nivel de batería, indicador de batería
	Bluetooth Smart

Fuente: Autor



6. VUELOS REALIZADOS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO.

Las áreas de fotogrametría, fueron allegadas y socializadas con la secretaría de planeación del municipio, mediante la generación de polígonos en formato shapefile, base para realizar las respectivas misiones de vuelos para el área priorizada, con el fin de generar los insumos para Realizar el acotamiento de la ronda hídrica de los cuerpos de agua priorizados en el municipio de Paipa - departamento de Boyacá. Se obtuvo como resultado para el sector del municipio de Paipa un área total de fotogrametría de 515,39 Hectáreas (283,12 más de las que respectan al buffer de 100 metros de la Quebrada Honda sin ningún costo adicional) con 43 puntos de control realizados en tierra para georreferenciar los productos finales.

Fotografía 2. Punto de control.

Coordenadas: E: 4987325 N: 2189507. Cota: 2575,134



Fuente: Autor.

Fotografía 3. Punto de control.

Coordenadas: E: 4988576 N: 2185759. Cota: 2628,846



Fuente: Autor.

A continuación, se explica los puntos de control tomados para cada área de vuelo y productos finales de la fotogrametría realizada para la zona de estudio.

6.1 QUEBRADA HONDA MUNICIPIO DE PAIPA

En la Quebrada Honda del municipio de Paipa, se obtuvo un área de fotogrametría de 515,39 Hectáreas, en el cual se llevó a cabo 12 misiones donde se establecieron 43 puntos de control, con el fin de georreferenciar la imagen para su procesamiento de oficina.

En la siguiente tabla se identifican los puntos de control para la Quebrada Honda del municipio de Paipa:



Tabla 2. Puntos de control Buffer 100 metros Quebrada Honda

CARTERA TOPOGRAFICA PUNTOS DE CONTROL			
Nº PTO	**ESTE**	**NORTE**	**COTA**
1	1107259,548	1119582,561	2651,721
2	1107251,748	1119462,811	2652,519
3	1107574,419	1119802,606	2639,279
4	1107934,589	1120069,669	2628,846
5	1107989,521	1120347,368	2625,960
6	1106675,618	1123818,591	2575,134
7	1106631,178	1123766,380	2588,831
8	1107316,450	1119676,215	2650,462
9	1107393,731	1119576,716	2646,990
10	1107573,610	1119801,651	2638,812
11	1107771,601	1120003,719	2634,158
12	1107934,207	1120069,763	2631,422
13	1107948,153	1120307,004	2626,840
14	1108027,172	1120526,214	2619,555
15	1107965,817	1120822,944	2610,507
16	1107965,298	1120920,044	2608,194
17	1108021,090	1121071,688	2606,251
18	1108044,515	1121242,822	2601,366
19	1108136,751	1121439,169	2596,733
20	1108091,559	1121691,373	2591,876
21	1107888,712	1121828,877	2586,328
22	1107898,634	1121979,246	2584,455
23	1107764,341	1122198,506	2579,129
24	1107469,318	1122478,996	2570,754
25	1107325,272	1122671,552	2566,727
26	1107161,549	1122903,156	2572,429
27	1107093,412	1123146,746	2563,647
28	1107125,564	1123397,865	2560,397
29	1106949,110	1123636,457	2558,785
30	1106705,360	1123776,166	2576,696
31	1106598,677	1124173,248	2553,424
32	1106631,322	1123890,081	2576,167
33	1106604,748	1124287,145	2559,320
34	1106487,206	1124487,993	2549,780
35	1106538,867	1124807,984	2539,527
36	1106625,782	1125018,693	2533,702
37	1106738,733	1125215,024	2531,194
38	1106737,031	1125525,539	2535,268
39	1106808,190	1125767,094	2527,967
40	1106972,151	1125990,732	2521,432
41	1106963,518	1126248,583	2537,728



CARTERA TOPOGRAFICA PUNTOS DE CONTROL			
N° PTO	**ESTE**	**NORTE**	**COTA**
42	1106840,925	1126206,498	2521,103
43	1106782,682	1126300,941	2517,788

Fuente: Autor.

Debido a que el software utilizado para el procesamiento digital de las imágenes (PIX4D), no trabaja con el sistema de coordenadas CTM 12, se trabaja con el sistema de coordenadas MAGNA Colombia Bogotá correspondiente a la zona y posteriormente es necesario convertir los puntos tomados y los productos al sistema de coordenadas CTM 12 como establece la resolución 471 de 2020 del IGAC, como se ve en la siguiente tabla:

Tabla 3. Puntos de control Buffer 100 metros Quebrada Honda convertidos al sistema de coordenadas CTM12.

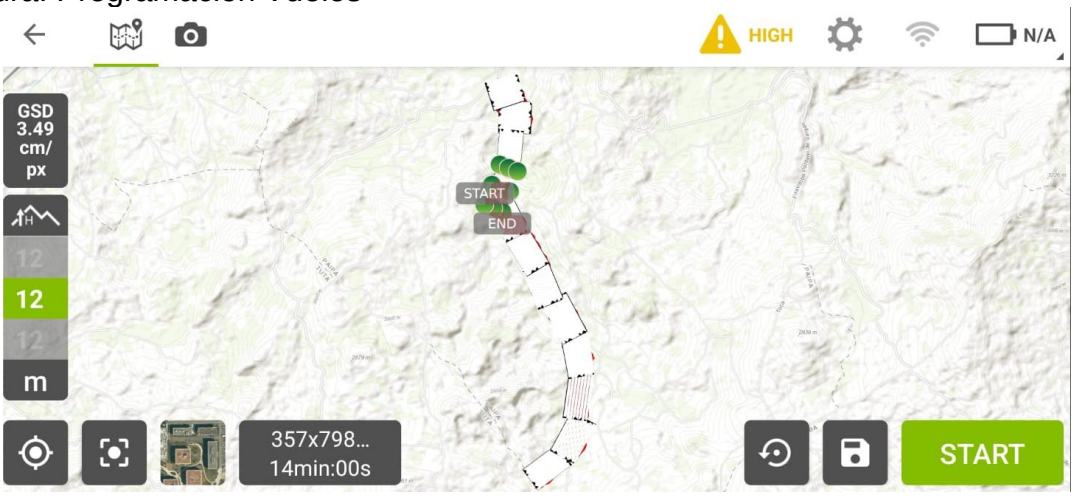
N° PTO	ESTE	NORTE	COTA
1	4987900,9	2185273,87	2651,721
2	4987892,88	2185154,25	2652,519
3	4988216,41	2185493	2639,279
4	4988576,21	2185759,26	2628,846
5	4988631,61	2186036,6	2625,96
6	4987325,42	2189507	2575,134
7	4987280,92	2189454,92	2588,831
8	4987957,95	2185370,22	2650,462
9	4988036,3	2185268,16	2646,99
10	4988215,07	2185492,17	2638,812
11	4988412,98	2185694,14	2634,158
12	4988576,3	2185759,99	2631,422
13	4988590,2	2185996,35	2626,84
14	4988669,55	2186215,21	2619,555
15	4988608,81	2186511,77	2610,507
16	4988608,47	2186608,78	2608,194
17	4988664,49	2186760,18	2606,251
18	4988688,22	2186931,1	2601,366
19	4988780,73	2187127,09	2596,733
20	4988736,05	2187379,14	2591,876
21	4988533,65	2187516,9	2586,328
22	4988543,85	2187667,1	2584,455
23	4988410,09	2187886,41	2579,129
24	4988115,87	2188167,18	2570,754
25	4987972,32	2188359,83	2566,727
26	4987809,72	2188591,82	2572,429



27	4987741,56	2188835,01	2563,647
28	4987774,15	2189085,83	2560,397
29	4987598,31	2189324,53	2558,785
30	4987354,05	2189463,98	2576,696
31	4987249,21	2189861,47	2553,424
32	4987281,3	2189578,51	2576,167
33	4987255,49	2189975,25	2559,32
34	4987138,44	2190176,13	2549,78
35	4987190,65	2190495,72	2539,527
36	4987277,88	2190706,07	2533,702
37	4987391,09	2190902	2531,194
38	4987389,97	2191212,23	2535,268
39	4987461,52	2191453,42	2527,967
40	4987624,6	2191680,48	2521,432
41	4987617,6	2191934,17	2537,728
42	4987495,05	2191892,35	2521,103
43	4987436,72	2191983,4	2517,788

Fuente. Autor

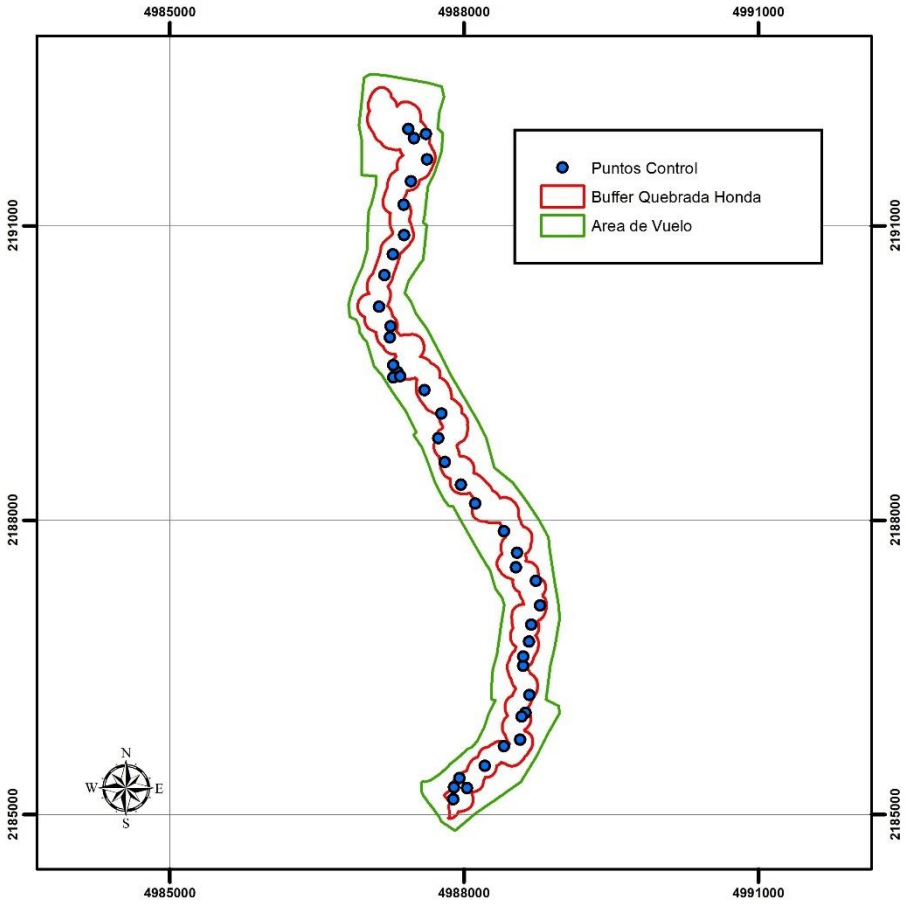
Figura. Programación Vuelos



Fuente: Autor



Figura 7. Localización de los puntos de control Buffer 100 metros Quebrada Honda – Municipio de Paipa.



Fuente: Autor.

Teniendo los puntos de control en tierra (marcadas en forma de x), se establecieron 12 grillas para dar inicio las misiones de vuelos, a una altura constante de 120 metros aproximadamente mediante el software PIX4D capture, con una duración aproximada entre 14 a 15 minutos.



7.1.1 RESULTADOS DE VUELOS.

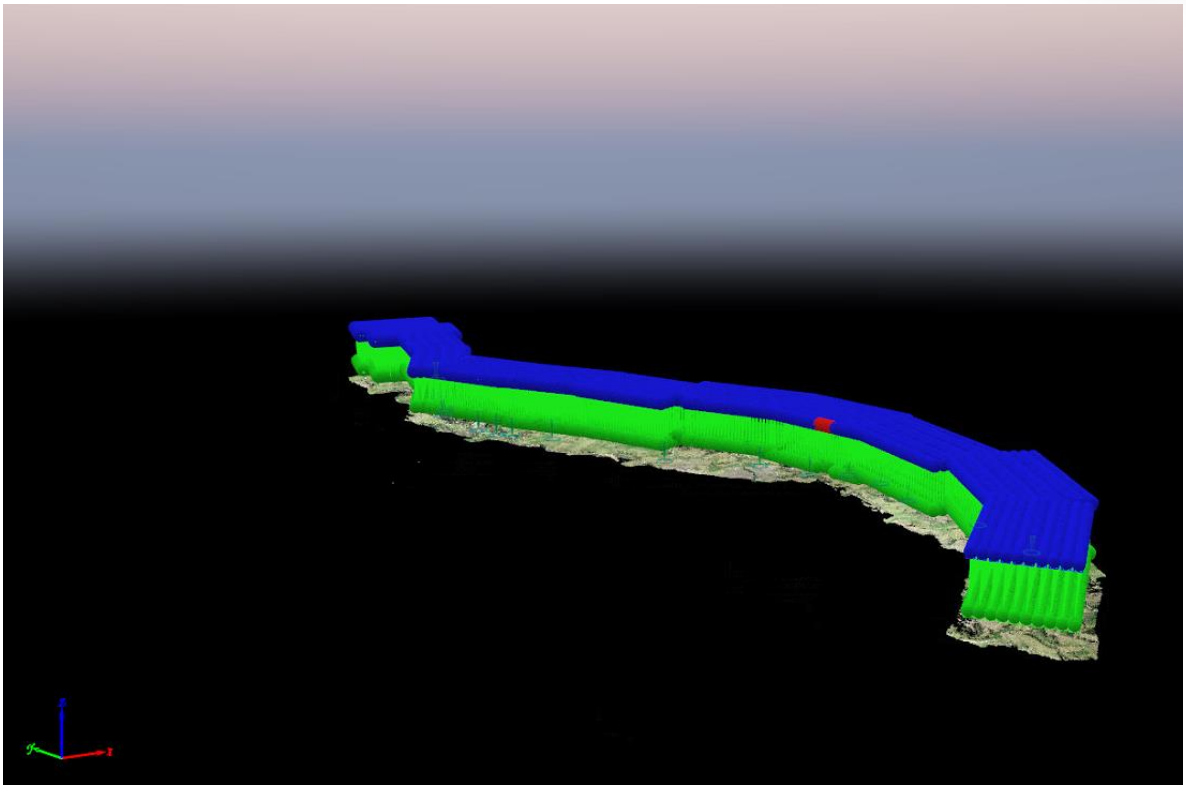
En la Quebrada Honda del municipio de Paipa, se llevaron a cabo 12 misiones de vuelo, donde se tuvieron en cuenta variables como: misiones de tipo Grid, con superposición de imágenes del 75% y ángulo de cámara de 90

7.1.2 PROCESAMIENTO EN SOFTWARE PIX4D MAPPER.

Después de haber finalizado la captura de fotografías aéreas en campo mediante el Drone Phantom 4 pro V2.0, y los puntos de control mediante estación topográfica de alta precisión; se inicia el trabajo en oficina, procesando las imágenes mediante el uso del software PIX4D Mapper, uniendo cada fotografía con una superposición de 75% para obtener una malla completa generalizada, luego se inicia a establecer los puntos de control para georreferenciar con sistema de coordenadas Magna Colombia Bogotá, puntos que posteriormente serán proyectados al sistema de coordenadas de origen único nacional (CTM12),lo anterior debido a que el software pix4d mapper no viene con el sistema de coordenadas de origen único nacional preestablecido. Finalmente se re-optimiza cada imagen para poder obtener una nube de puntos y una malla, con el fin de poder mejorar la topografía del terreno y el orto-mosaico, generando un buen resultado en los productos a entregar siendo de alta resolución y precisión.



Figura 8. Procesamiento de unión de imágenes con superposición de 75%.



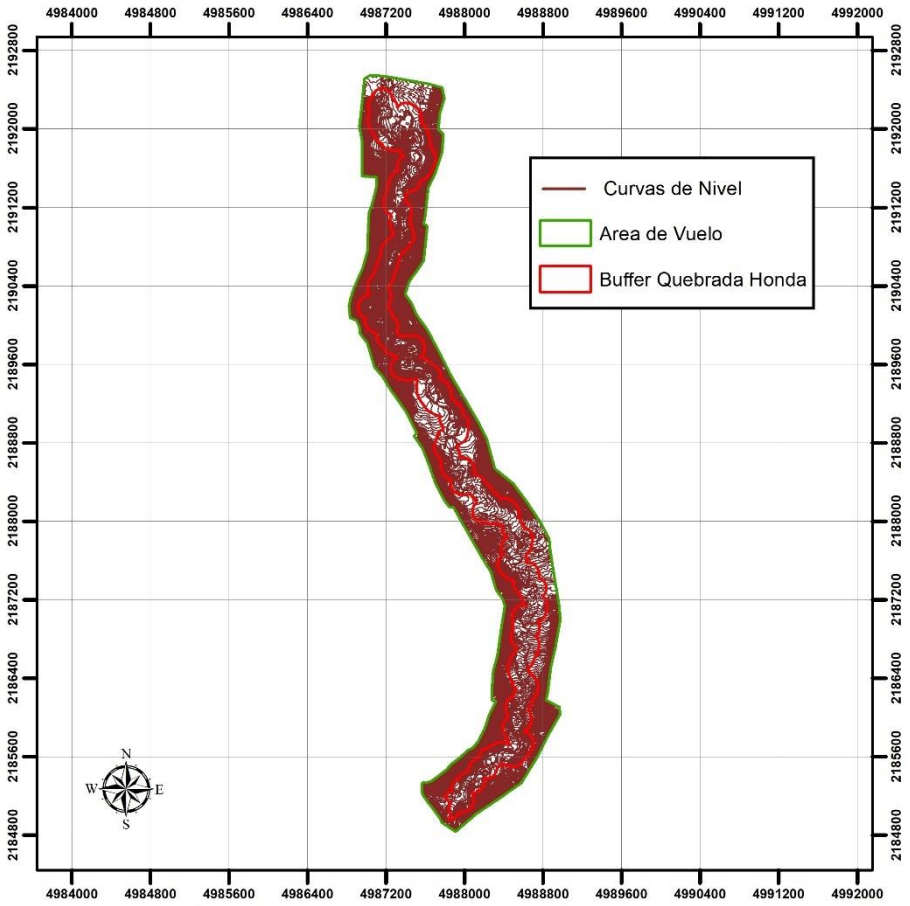
Fuente: Autor.

7.1.3 RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO.

Como resultado del procesamiento de las fotografías para La Quebrada Honda, tomadas en campo, se obtuvo como productos finales, Curvas de nivel cada 0,5 metros, Modelo de Elevación Digital del terreno y Orto-mosaico georreferenciado. A continuación, se observan los productos de salida:

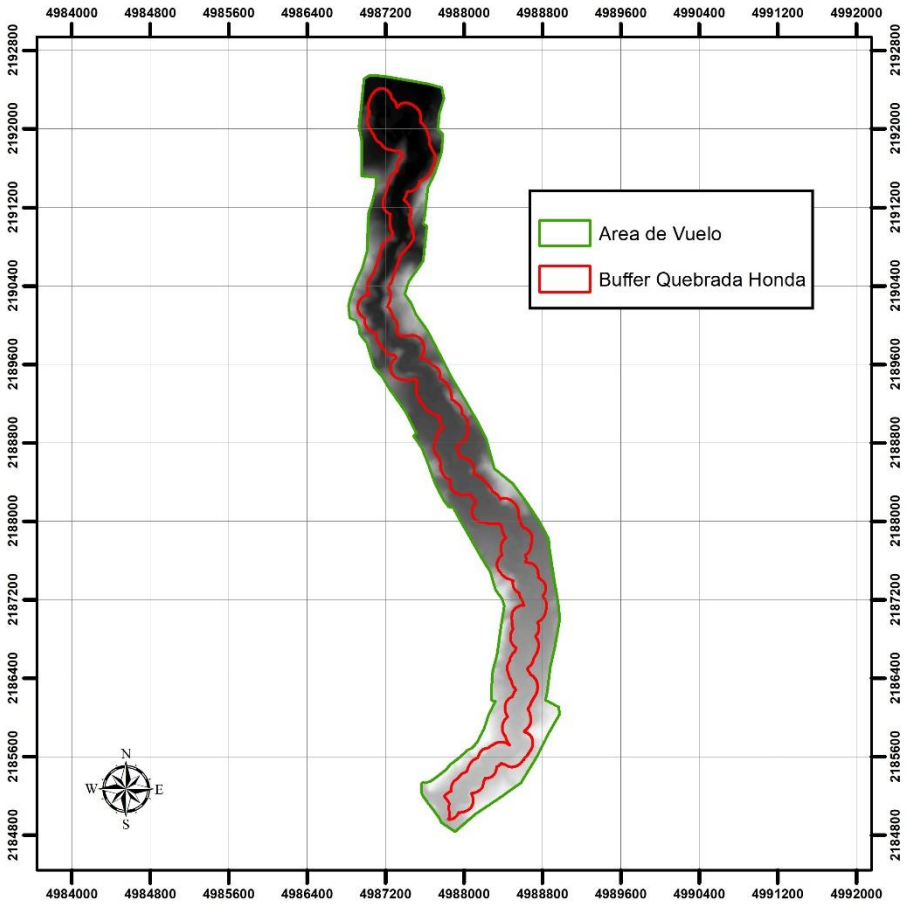


Figura 9. Curvas de Nivel cada 0,5 metros.



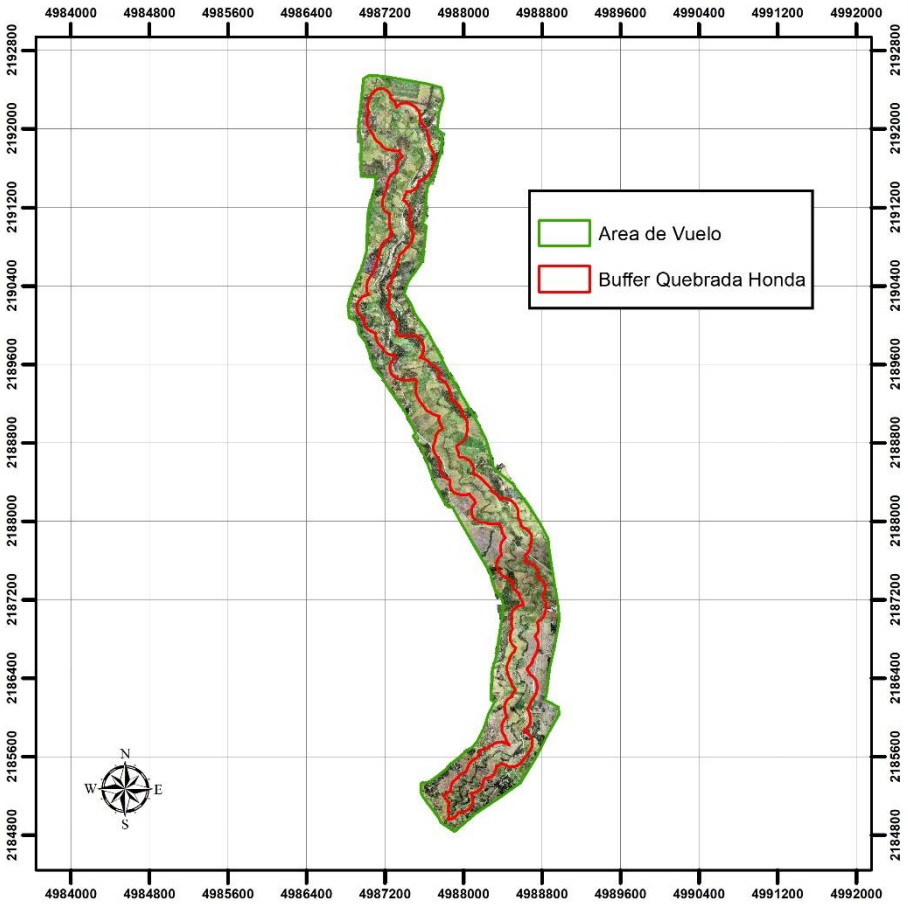
Fuente: Autor.

Figura 10. Modelo de Elevación Digital (DEM).



Fuente: Autor.

Figura 11. Orto-mosaico con Resolución de celda X, Y de 0.05 m.



Fuente: Autor.