



GEOMATICA MONCALEANO SAENZ S.A.S.

NIT: 900.999.434 -5



**DESARROLLAR LAS ACTIVIDADES TÉCNICAS INHERENTES A LA  
EJECUCIÓN DEL PROYECTO "FORTALECIMIENTO DE LAS  
HERRAMIENTAS DE PLANIFICACIÓN CARTOGRÁFICAS Y  
TECNOLÓGICAS PARA EL DISTRITO DE BUENAVENTURA -  
DEPARTAMENTO DE VALLE DEL CAUCA" IDENTIFICADO CON EL  
CÓDIGO BPIN 2022761090121**

**INFORME FOTOCONTROL  
ÁREA RURAL, CABECERA MUNICIPAL Y 34 CENTROS POBLADOS DEL  
MUNICIPIO DE BUENAVENTURA -DEPARTAMENTO VALLE DEL CAUCA**

**CONTRATO CP-PR-2023-088 CELEBRADO ENTRE ALIANZA PUBLICA  
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL -ALDESARROLLO Y  
GEOMATICA MONCALEANO SÁENZ S.A.S.**

**DICIEMBRE 2023**



## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	4
2	OBJETIVO .....	4
3	ALCANCE .....	5
4	GLOSARIO .....	6
5	ÁREA DE ESTUDIO .....	11
6	DISEÑO PUNTOS DE FOTOCONTROL .....	14
7	METODOLOGIA FOTOCONTROL .....	17
8	GEORREFERENCIACIÓN PUNTOS DE FOTOCONTROL .....	19
8.1	Cabecera Municipal .....	20
8.2	Centros poblados .....	23
9	EXTRACCIÓN PUNTOS DE FOTOCONTROL DE DATOS LIDAR .....	25
9.1	Centros poblados .....	27
9.2	Área rural .....	28

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Área rural .....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 2 Área cabecera municipal.....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 3 Áreas Centros poblados .....</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 4 Diseño fotocontrol, Cabecera Municipal.....</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 5 Diseño fotocontrol, Centros poblados.....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 6 Diseño fotocontrol, Área rural.....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 7 Toma de puntos de fotocontrol en campo .....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 8 Puntos fotocontrol, Cabecera Municipal.....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 9 Selección punto de fotocontrol sobre los datos LIDAR .....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 10 Puntos de Fotocontrol, Centros poblados .....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 11 Zonas Puntos de Fotocontrol, Área rural .....</i>	<i>29</i>

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Extensión centros poblados .....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2. Metodología de fotocontrol según la zona .....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 3 Coordenadas puntos de fotocontrol, Cabecera municipal .....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 4 Coordenadas puntos de fotocontrol, Centros poblados.....</i>	<i>24</i>

## **1 INTRODUCCIÓN**

En el marco del proyecto con el código BPIN 2022761090121, el cual tiene por objeto el “Fortalecimiento de las herramientas de planificación cartográficas y tecnológicas para el distrito de Buenaventura - Departamento de Valle del cauca”

Se describe el proceso de las actividades de adquisición de los puntos de fotocontrol en campo, para la generación de productos cartográficos a escala 1:5.000 para el área rural y escala 1:1.000, para el área de la cabecera municipal y 34 centros poblados del Municipio de Buenaventura; en el departamento de Valle del Cauca.

## **2 OBJETIVO**

Detallar el proceso de georreferenciación de puntos de fotocontrol sobre el área rural, y las áreas urbanas de la cabecera municipal y 34 centros poblados del Distrito de Buenaventura, ubicado en el departamento de Valle del Cauca. Con este objetivo, se busca contar con una completa y actualizada base de datos geoespacial del Distrito de Buenaventura, que servirá como base para la toma de decisiones informadas y la planificación efectiva de proyectos y políticas públicas en el territorio.

### **3 ALCANCE**

La georreferenciación de puntos de fotocontrol es un proceso importante para garantizar las precisiones requeridas para los productos cartográficos establecidos en el alcance del contrato, y estos productos a su vez serán de gran utilidad para diversas aplicaciones, como la planificación territorial, la gestión de recursos naturales, la identificación de áreas de interés y el monitoreo del desarrollo urbano y rural.

Los procesos descritos a continuación están enmarcados dentro de las especificaciones establecidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, para la generación de cartografía, y sus metodologías complementarias.

## 4 GLOSARIO

**Altimetría:** Determinación de las cotas de los diferentes puntos del terreno, con respecto al plano horizontal de comparación, el cual, aunque puede ser tomado a una altura arbitraria, en general se relaciona con el plano horizontal teórico formado por el nivel medio del mar (NMM).

**Altura elipsoidal (h):** Medida a lo largo de la normal elipsoidal, es la distancia entre la superficie del elipsoide y el punto de medición. La magnitud y dirección de este vector dependen del elipsoide empleado. En esta guía se hace referencia al GRS80 (Geodetic Reference System, 1980), dado que es el datum asociado a MAGNASIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico en las Américas).

**Altura nivelada:** Distancia vertical medida entre dos puntos mediante observaciones ópticas de los desniveles existentes entre ellos. Puede ser geométrica o trigonométrica.

**Altura nivelada GPS (HGPS):** Es la denominación que se ha dado a la altura de un punto obtenida por el método aquí planteado. Es equivalente, bajo las mejores condiciones, a la altura nivelada trigonométrica.

**Altura ortométrica (H<sub>ort</sub>):** Es la distancia tomada en la dirección normal al geoide entre éste y el punto de medición. La curvatura de esta altura se debe al hecho de que la línea de la plomada coincide con el vector gravedad

a medida que atraviesa diferentes superficies equipotenciales, las cuales no son paralelas entre sí.

**Cota:** Cifra que representa la altitud de un punto con respecto a la superficie del nivel de referencia

**Estación de control:** Estación de posición conocida con precisión, donde se ubica un equipo receptor, que da el control a las unidades establecidas en estaciones remotas, de la cual se derivan todas las demás posiciones desconocidas.

**Estación base:** En posicionamiento GPS diferencial una estación base es aquella que siendo extremo de un vector se asume como de coordenadas conocidas. También se la suele llamar "estación de referencia".

**Factor de escala:** Multiplicador utilizado principalmente en los sistemas de proyección conformes para convertir distancias del elipsoide en distancias sobre el plano y viceversa. También se hace uso de un factor de escala cuando se refiere un punto expresado en un sistema a otro datum geodésico diferente, problema conocido como transformación de datum.

**Geoide:** Superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre (perpendicular a la dirección de la gravedad en todos sus puntos), que coincide con el nivel medio del mar (NMM) sin perturbaciones y que se extiende de manera continua por debajo de los continentes. Es una aproximación a la

forma real de la Tierra, la cual es difícil de describir matemáticamente debido a las irregularidades de las superficies locales y las variaciones en el lecho marino.

**Geodesia:** La geodesia estudia la forma y dimensiones de la tierra, considerándola en su totalidad. Se ocupa principalmente de su medida, para este fin se apoya en la tecnología actual. Cuando utiliza métodos geométricos se denomina G. matemática, cuando utiliza métodos indirectos (p ej. métodos gravitatorios) se denomina Dinámica, cuando utiliza la astronomía de posición se denomina G. astronómica.

**Huso horario:** Porción de la superficie terrestre limitada por dos meridianos separados por 15 grados de longitud. La Tierra está dividida en 24 husos horarios.

**Latitud geodésica:** Angulo formado por la normal al elipsoide en el punto de observación con el plano del ecuador elipsoidal. Se mide a partir de este último de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  con un signo positivo en el hemisferio norte y negativo en el hemisferio sur.

**Longitud geodésica:** Ángulo comprendido entre el plano del meridiano geodésico del lugar y el plano de un meridiano de origen arbitrariamente elegido, de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  en sentido positivo hacia el Este.





**Levantamiento geodésico:** Conjunto de procedimientos y operaciones de campo destinados a determinar las coordenadas geográficas y elevaciones sobre el nivel de referencia elegido de puntos convenientemente seleccionados y demarcados sobre el terreno.

**Nivelación Geométrica o Diferencial:** Determinación de la diferencia de elevación entre dos puntos mediante reglas graduadas (estadal) y niveles fijos de burbuja o compensadores.

**Marco de referencia:** Materialización de un sistema de referencia a través de un conjunto de estaciones de control fijas, establecidas sobre la superficie terrestre por sus respectivas coordenadas y correspondientes variaciones en el tiempo.

**Ondulación geoidal (N):** Distancia entre el geoide y el elipsoide medida a lo largo de la línea real de la plomada. También se denomina ondulación geoidal

**Posicionamiento:** Acción mediante el cual se determinan las coordenadas geográficas, producida por un receptor GPS en modo individual.

**Red geodésica:** Conjunto de puntos denominados vértices, materializados físicamente sobre el terreno, de posición conocida tanto en términos absolutos como relativos ligados a un marco de referencia común. Es la estructura que sostiene a toda la cartografía de un territorio.

**Sistema de posicionamiento global (GPS):** GPS es una constelación de 24 satélites que giran alrededor de la tierra dos veces al día. Un receptor en tierra calcula su posición geográfica determinando su posición con respecto a un conjunto de al menos tres satélites. El receptor puede calcular la localización exacta, habitualmente con un error de un centímetro, de un objeto en la superficie de la tierra.

**Sesión:** Es el conjunto de datos crudos colectados simultáneamente con dos o más receptores durante el curso de un proyecto GPS determinado.

**Topografía:** Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

**Tiempo de ocupación:** Tiempo que necesita una estación para lograr el procesamiento de puntos o líneas base GPS. Este tiempo varía en función de la técnica de posicionamiento, el tipo de receptor utilizado, y la precisión requerida para los resultados finales.

## 5 ÁREA DE ESTUDIO

Las áreas de estudio se encuentran ubicadas en el departamento de Valle del Cauca, correspondiente al área rural del Municipio de Buenaventura, con una extensión de 698.000 Ha; al área de la cabecera municipal con una extensión de 3.443 Ha y 34 centros poblados, las cuales se describe su extensión a continuación:

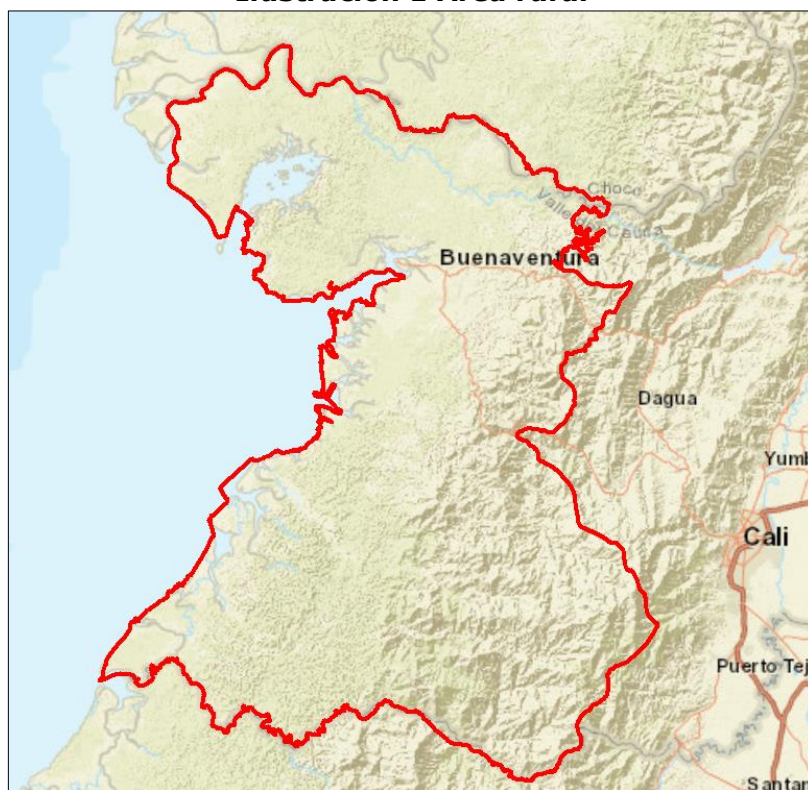
**Tabla 1 Extensión centros poblados**

<b>Centro Poblado</b>	<b>AREA (Ha)</b>
AGUACLARA	40
BAJO CALIMA	55,9
BARRIO BUENOS AIRES	44,3
BENDICIONES	15,1
CALLE LARGA - AEROPUERTO	5,2
CAMINO VIEJO - KM 40	13,7
CAMPO HERMOSO	20,2
CISNEROS	44,2
CÓRDOBA	44,1
EL CRUCERO	10,9
EL LIMONES	8,8
EL SALTO	18,1
GUAIMIA	29
JUANCHACO	55
KATANGA	17,7
LA BALASTRERA	3,7
LA BARRA	48,5
LA BOCANA	59,5
LA CONTRA	3,8

<b>Centro Poblado</b>	<b>AREA (Ha)</b>
LA DELFINA	32,2
LADRILLEROS	59,6
LAS PALMAS	3,6
LLANO BAJO	21,5
PIANGUITA	16
PUNTA SOLDADO	4,2
QUEBRADA PERICOS	19,9
SABALETA	24,6
SAN CIPRIANO	20,1
SAN MARCOS	20,7
TRIANA	15,1
UMANE	8,9
VILLA ESTELA	14,1
ZACARÍAS	44,1
ZARAGOSA	23,5

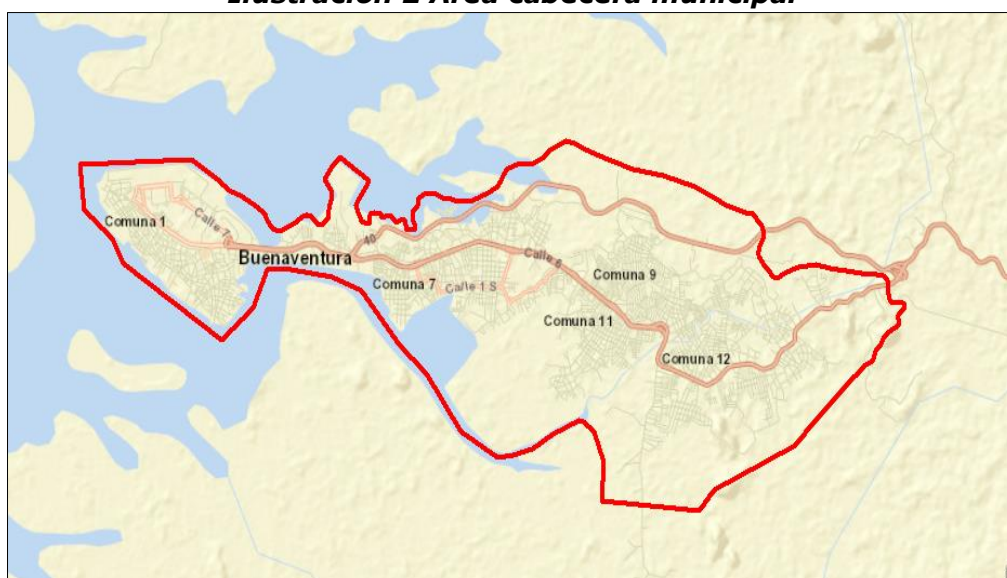
***Fuente. Propia***

***Ilustración 1 Área rural***



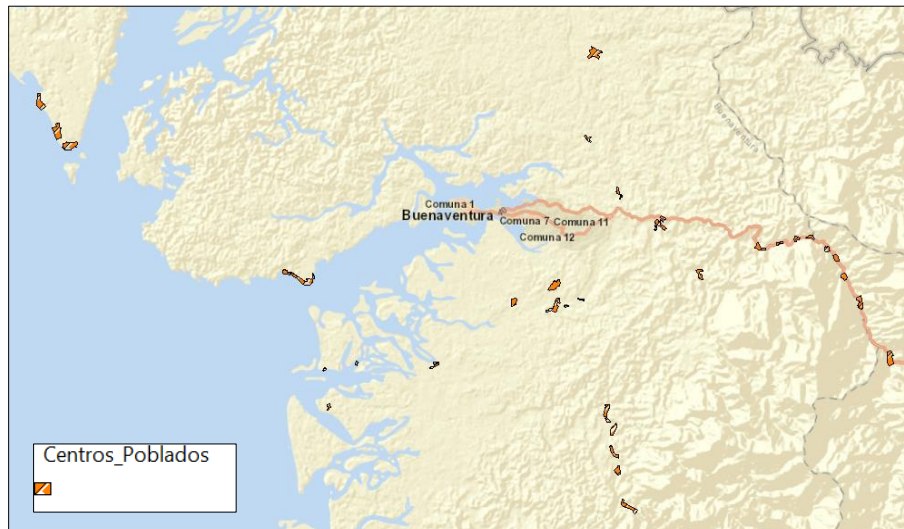
***Fuente. Propia.***

***Ilustración 2 Área cabecera municipal***



***Fuente. Propia.***

### ***Ilustración 3 Áreas Centros poblados***



***Fuente. Propia.***

## **6 DISEÑO PUNTOS DE FOTOCONTROL**

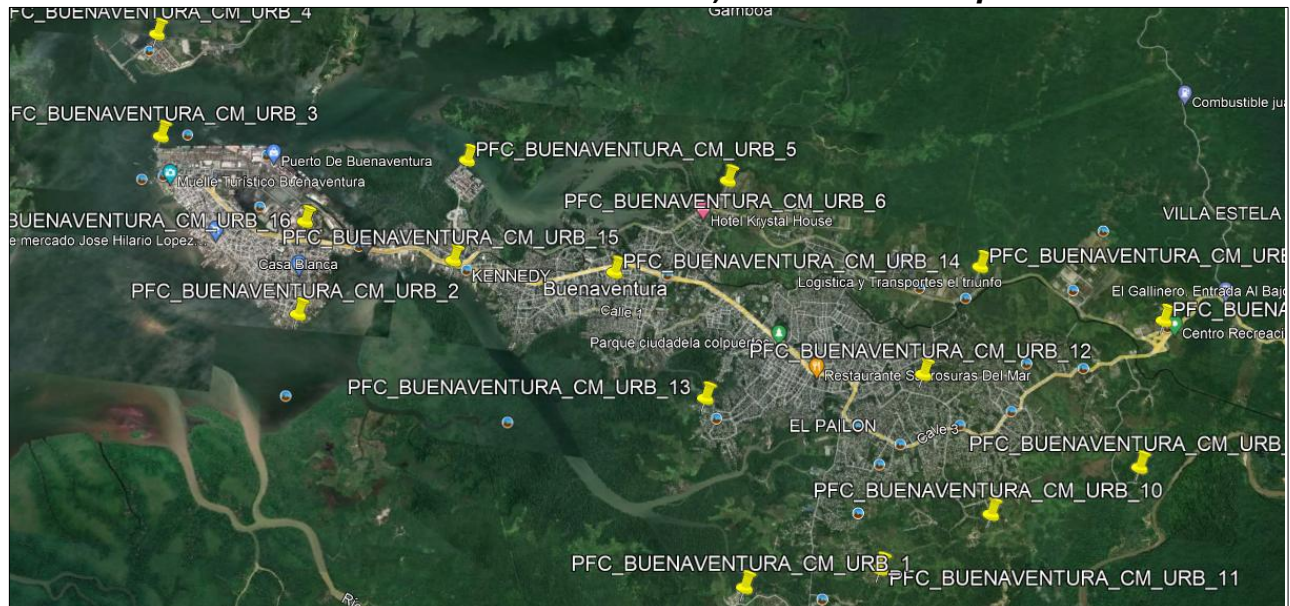
El diseño se realiza para asegurar una distribución homogénea de los puntos de fotocontrol, garantizando una cobertura uniforme y representativa de las características urbanas y rurales presentes en cada área.

Se establecieron 16 puntos de fotocontrol estratégicamente distribuidos en toda el área de la cabecera municipal de Buenaventura, y para los 34 centros poblados se establecieron un mínimo de 4 puntos de fotocontrol por centro poblado; lo que permite obtener referencias geodésicas confiables y mejorar la precisión de los datos capturados. Estos puntos de fotocontrol actúan como referencias geodésicas clave para calibrar y georreferenciar las imágenes capturadas, permitiendo una precisión de escala de 1:1000 en las mediciones realizadas.



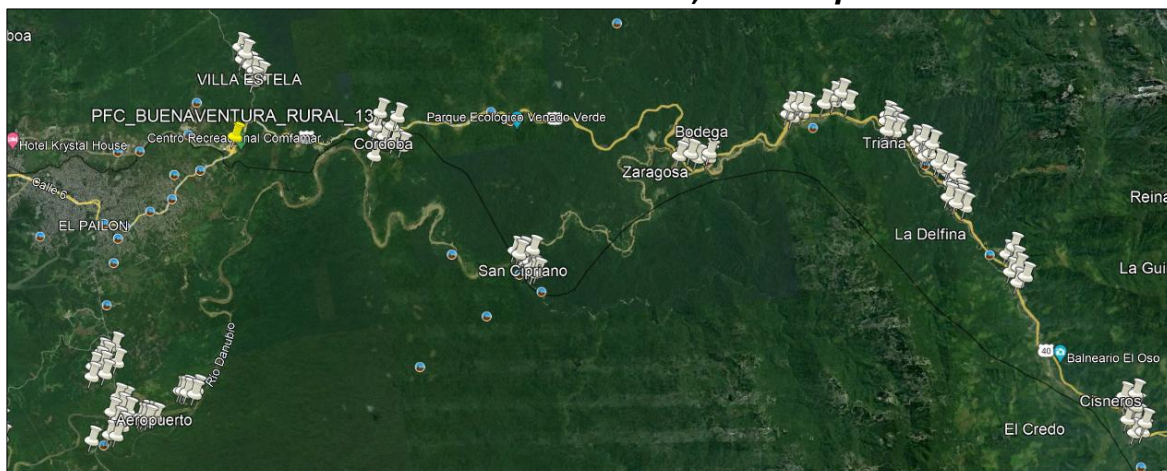
El diseño de fotocontrol para la zona rural de Buenaventura ha sido desarrollado con el objetivo de lograr una alta precisión en las mediciones y análisis geoespaciales, inicialmente, se establecieron 22 puntos de fotocontrol en ubicaciones estratégicas dentro del área rural. Sin embargo, es importante destacar que esta cantidad puede aumentar en función de las líneas de vuelo capturadas y las condiciones de acceso a cada zona. La localización precisa de los puntos de fotocontrol puede variar según la disponibilidad de acceso por tierra o afluentes hídricos.

***Ilustración 4 Diseño fotocontrol, Cabecera Municipal***



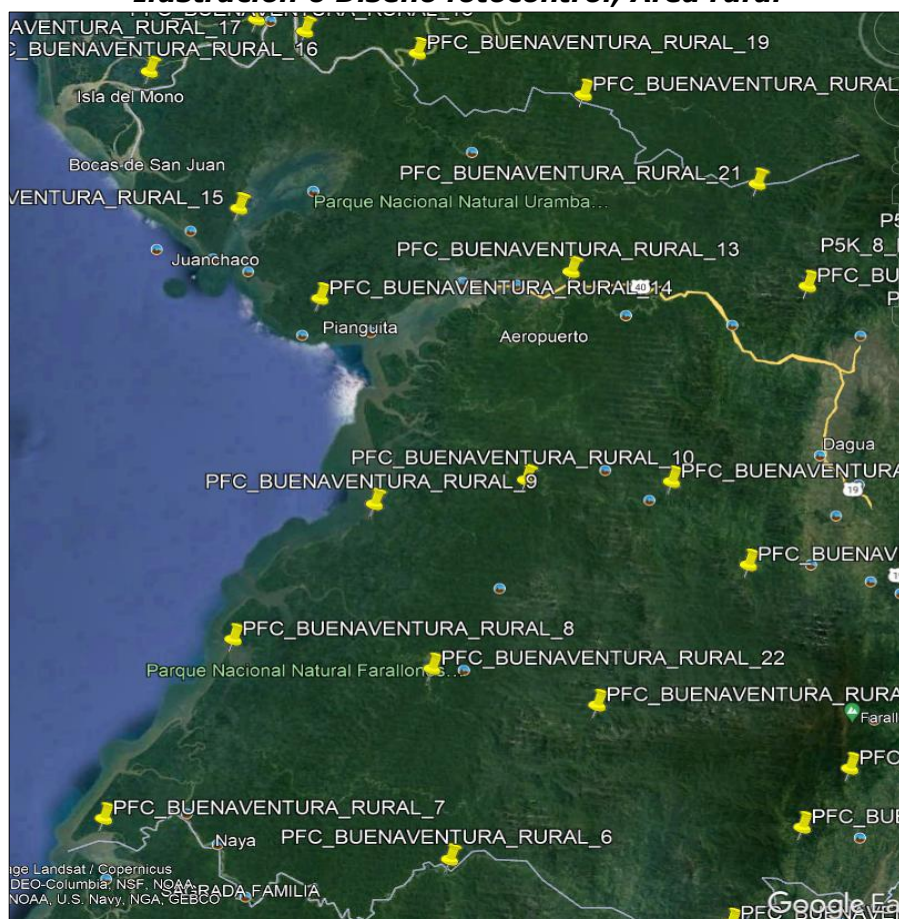
***Fuente. Propia.***

**Ilustración 5 Diseño fotocontrol, Centros poblados**



**Fuente. Propia.**

**Ilustración 6 Diseño fotocontrol, Área rural**



**Fuente. Propia.**



## **7 METODOLOGIA FOTOCONTROL**

Dado que en la zona Urbana y rural del municipio de Buenaventura del departamento del Valle del Cauca se presentaron condiciones que afectaron el orden público, y transversalmente el acceso a las zonas en las que se debían desarrollar las labores de campo relacionadas con los rastreos de puntos GNSS de fotocontrol; se optó por buscar otra metodología para la obtención de puntos de fotocontrol para garantizar la precisión de los bloques fotogramétricos.

La metodología propuesta es la extracción de puntos de fotocontrol a través de datos LIDAR, que constituye una alternativa que asegura cumplir con las precisiones esperadas en los procesos, como en los obtenidos utilizando fotocontrol convencional que se lleva a cabo en campo directamente y su aplicación se extenderá a aquellas áreas que no fueron objeto de actividades de campo.

Se logró realizar con equipos GNSS (Fotocontrol convencional) la toma de 28 puntos de control de campo y chequeo en la cabecera municipal y 144 puntos de fotocontrol en 12 centros poblados planeados inicialmente.

Y para los demás centros poblados y el área rural de Buenaventura, se optó por extraer detalles del terreno a partir de la información de la nube de puntos

LIDAR georreferenciada y clasificada, reduciendo las visitas a campo y asegurando la precisión requerida por el proyecto a sus diferentes escalas.

**Tabla 2 Metodología de fotocontrol según la zona**

<b>ZONA</b>	<b>METODO FOTOCONTROL</b>
<b>CENTRO POBLADO</b>	
BAJO CALIMA	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
BENDICIONES	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
CAMINO VIEJO - KM 40	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
CISNEROS	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
CÓRDOBA	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
EL SALTO	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
KATANGA	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
LA DELFINA	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
QUEBRADA PERICOS	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
TRIANA	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
VILLA ESTELA	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
ZARAGOSA	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
AGUACLARA	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
BARRIO BUENOS AIRES	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
CALLE LARGA - AEROPUERTO	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
CAMPO HERMOSO	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
EL CRUCERO	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
EL LIMONES	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
GUAIMIA	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
LA BALASTRERA	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
LA BOCANA	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
LA CONTRA	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
LAS PALMAS	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
LLANO BAJO	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
PIANGUITA	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
PUNTA SOLDADO	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
SABALETA	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
SAN CIPRIANO	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
SAN MARCOS	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
UMANE	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
ZACARÍAS	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
JUANCHACO	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
LA BARRA	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
LADRILLEROS	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR
<b>ZONA URBANA CABECERA MUNICIPAL</b>	FOTOCONTROL CONVENCIONAL
<b>ZONA RURAL</b>	FOTOCONTROL METODOLOGIA LIDAR

**Fuente. Propia.**

## **8 GEORREFERENCIACIÓN PUNTOS DE FOTOCONTROL**

La toma de puntos de fotocontrol total es un punto importante en la generación de datos geoespaciales de precisión y actualizados para la cabecera municipal de Buenaventura, lo que permite apoyar la planificación urbana, la gestión del territorio y otras aplicaciones relacionadas con la cartografía y la topografía.

A continuación, se hace una descripción general de los pasos involucrados en la toma de puntos de fotocontrol:

- Planificación y diseño: Antes de iniciar la toma de puntos de fotocontrol, se realiza una planificación detallada del vuelo fotogramétrico. Esto incluye la selección de las ubicaciones estratégicas para los puntos de control, teniendo en cuenta la topografía local y la cobertura deseada.
- Establecimiento de puntos de control: Los puntos de control son marcadores físicos, como puntos de referencia en el terreno, que se utilizan para georreferenciar las imágenes aéreas. Estos puntos deben ser claramente visibles desde el aire y deben estar distribuidos de manera uniforme en toda el área de interés. En este caso, se han seleccionado 28 puntos de control.

- **Medición de coordenadas:** Se mide con precisión las coordenadas tridimensionales (latitud, longitud y altitud) de cada punto de control utilizando equipos de topografía de alta precisión, como estaciones totales o receptores GNSS (Sistema de Navegación Global por Satélite).
- **Marcación de puntos de control:** Cada punto de control se marca físicamente en el terreno para asegurar su ubicación precisa durante el vuelo. Esto puede involucrar la colocación de estacas, marcadores de pintura u otros elementos visibles desde el aire.
- **Validación y ajuste:** Se realiza una validación cruzada de los puntos de control para asegurarse de que las imágenes se hayan georreferenciado correctamente. Si es necesario, se realizan ajustes adicionales en el proceso de Aerotriangulación.

## **8.1 Cabecera Municipal**

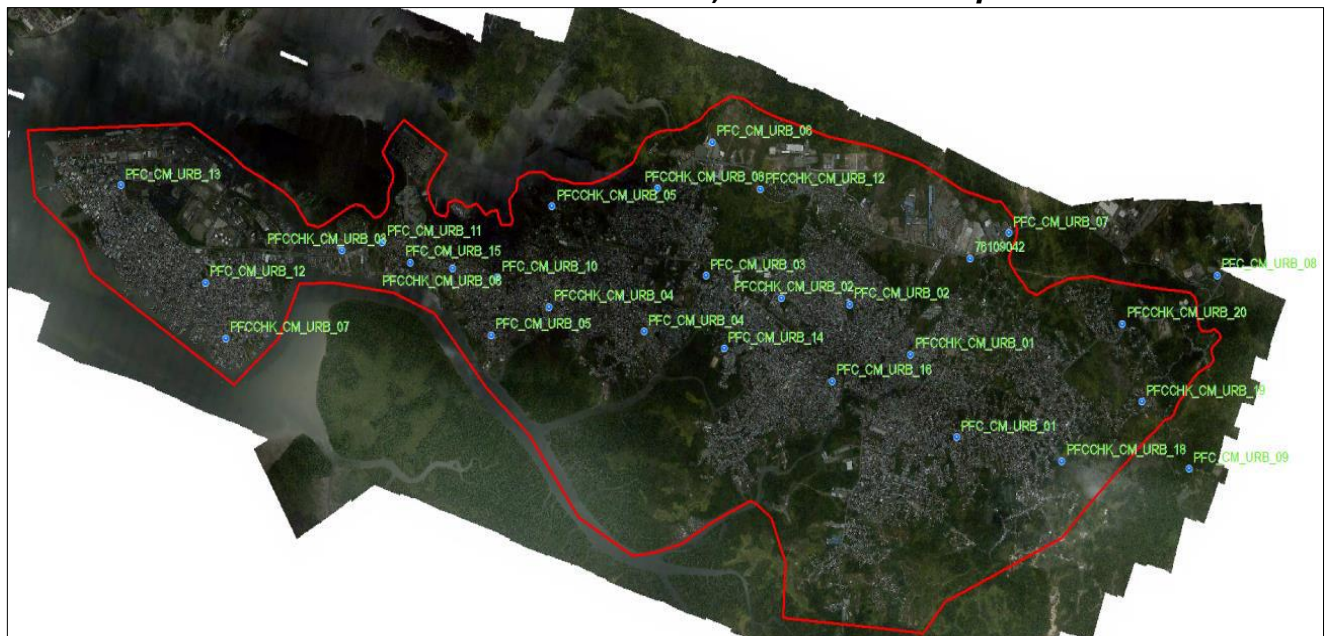
Se realizó la captura de 16 de puntos de fotocontrol y 12 puntos chequeo en la cabecera municipal de Buenaventura, ubicados estratégicamente para el proceso de aerotriangulación. Este procedimiento se realiza con el propósito de georreferenciar y mantener bajo control las imágenes aéreas adquiridas mediante sensores remotos o técnicas de fotogrametría.

**Ilustración 7 Toma de puntos de fotocontrol en campo**



**Fuente. Propia.**

**Ilustración 8 Puntos fotocontrol, Cabecera Municipal**



**Fuente. Propia.**





Para la Cabecera Municipal se realizó una Nivelación GPS de los puntos de fotocontrol para la determinación de las alturas ortométricas.

El sistema de posicionamiento global GPS puede utilizarse para expandir el control vertical en áreas donde no existen puntos de nivelación disponibles y se requiere una precisión dentro del ámbito trigonométrico. Combinado con un modelo geoidal de alta resolución, es una herramienta efectiva y económica para establecer nuevos puntos de referencia en aplicaciones geodésicas o topográficas, por su capacidad de uso en cualquier momento, condiciones climáticas y topográficas.

Con base en lo anterior, a los puntos de fotocontrol levantados en la cabecera municipal de Buenaventura, se les determinó la altura ortométrica por metodología de nivelación GPS, tomando como bases de ajuste un par de vértices geodésicos (A57-W-3 y A44-W-3) de la red pasiva del IGAC con alturas niveladas y posición calculada localizados en el municipio para referir estas alturas de estos puntos de control.

**Tabla 3 Coordenadas puntos de fotocontrol, Cabecera municipal**

CUADRO DE COORDENADAS EPOCA ACTUAL 2023.73 (21Septiembre)							
COORDENADAS GEOGRAFICAS				ONDULACION GEODAL	COORDENADAS PLANAS ORIGEN UNICO NACIONAL 2018.0		ALTURA NIVELACION GPS
PUNTO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA elipsoidal	GEOCOL 2004	NORTE	ESTE	
A57-W-3	3°51'58.55040"N	76°49'10.934400"W	185.315	22.20			163.1505
PFCCHK_CM_URB_1	3°52'22.81447"N	76°59'40.28341"W	32.804	18.80	1987013.917	4556336.693	14.017
PFCCHK_CM_URB_2	3°52'45.83669"N	77°00'22.92387"W	30.252	18.60	1987728.464	4555022.353	11.642
PFCCHK_CM_URB_4	3°52'46.99320"N	77°01'51.33430"W	35.259	18.20	1987777.034	4552290.392	17.026
PFCCHK_CM_URB_6	3°52'55.32219"N	77°02'25.61119"W	22.151	18.10	1988038.359	4551232.343	3.995
PFCCHK_CM_URB_7	3°52'32.10887"N	77°03'47.02698"W	20.149	17.80	1987336.174	4548712.839	2.270
PFC_CM_URB_1	3°52'02.22491"N	76°59'19.62980"W	59.354	19.00	1986377.445	4556971.950	40.252
PFC_CM_URB_2	3°52'39.97771"N	77°00'00.50200"W	35.420	18.70	1987544.922	4555714.386	16.595
PFC_CM_URB_3	3°52'47.79396"N	77°00'56.32977"W	42.115	18.50	1987793.582	4553990.313	23.467
PFC_CM_URB_4	3°52'35.15632"N	77°01'12.83912"W	25.840	18.40	1987407.179	4553478.280	7.269
PFC_CM_URB_5	3°52'39.91705"N	77°02'11.34607"W	20.685	18.20	1987562.266	4551670.921	2.291
PFC_CM_URB_10	3°52'51.85718"N	77°02'08.19508"W	26.031	18.20	1987929.175	4551770.052	7.614
PFC_CM_URB_11	3°53'01.10303"N	77°02'52.41659"W	24.046	18.00	1988220.192	4550404.810	5.806
PFC_CM_URB_12	3°52'53.53986"N	77°03'54.03264"W	23.379	17.80	1987996.627	4548499.502	5.316
PFC_CM_URB_13	3°53'28.18539"N	77°04'17.50639"W	21.296	17.60	1989066.141	4547779.198	3.410
PFC_CM_URB_14	3°52'30.34329"N	77°00'47.79191"W	26.915	18.50	1987255.421	4554251.607	8.106
PFC_CM_URB_16	3°52'19.56332"N	77°00'05.29035"W	32.124	18.70	1986917.538	4555563.446	13.092
CUADRO DE COORDENADAS EPOCA ACTUAL 2023.26 (26Mayo)					NORTE	ESTE	ALTURA NIVELACION GPS
76109042	3°52'58.80164"N	76°59'15.17315"W	52.264	18.90	1988117.449	4557117.870	33.009
PFC_CM_URB_6	3°53'35.49006"N	77°00'49.38824"W	28.237	18.40	1989260.042	4554211.806	9.459
PFC_CM_URB_7	3°53'06.89756"N	76°59'01.26186"W	61.786	18.90	1988364.504	4557548.926	42.485
PFC_CM_URB_8	3°52'53.76844"N	76°57'45.03393"W	78.562	19.30	1987949.498	4559902.541	58.838
PFC_CM_URB_9	3°51'51.85291"N	76°57'55.05783"W	50.643	19.40	1986046.096	4559583.877	30.796
PFC_CM_URB_15	3°52'56.45345"N	77°02'39.59612"W	26.381	18.00	1988075.238	4550800.327	7.911
PFCCHK_CM_URB_3	3°53'00.24857"N	77°03'04.41415"W	23.038	17.90	1988195.684	4550033.915	4.645
PFCCHK_CM_URB_5	3°53'14.59039"N	77°01'47.86672"W	31.095	18.20	1988625.633	4552401.605	12.379
PFCCHK_CM_URB_8	3°53'20.62005"N	77°01'09.33288"W	33.138	18.40	1988805.469	4553593.290	14.199
PFCCHK_CM_URB_12	3°53'20.46314"N	77°00'31.94147"W	47.105	18.50	1988795.142	4554748.747	28.043
PFCCHK_CM_URB_18	3°51'54.17216"N	76°58'41.63737"W	54.937	19.20	1986124.185	4558144.829	35.162
PFCCHK_CM_URB_19	3°52'13.19568"N	76°58'12.46270"W	67.215	19.30	1986705.232	4559049.115	47.307
PFCCHK_CM_URB_20	3°52'38.15453"N	76°58'19.69153"W	80.993	19.20	1987474.154	4558829.337	61.162
A44-W-3	3°46'26.51160"N	76°43'47.10000"W	516.791	24.80			491.3325

**Fuente. Propia.**

## 8.2 Centros poblados

Se llevó a cabo la toma de 144 puntos de fotocontrol en los centros poblados de Bajo Calima, Bendiciones, Camino Viejo KM 40, Cisneros, Córdoba, El Salto, Katanga, La Delfina, Quebrada Pericos, Triana, Villa Estela y Zaragoza. Esta estrategia consistió en distribuir de manera proporcional entre 10 y 12 puntos en cada una de estas áreas, con el objetivo de capturar información geoespacial precisa y detallada. La utilización de equipos GPS de última

generación fue fundamental para lograr la alta precisión requerida en la captura de los puntos de fotocontrol. Estos dispositivos están equipados con tecnología avanzada que garantiza una georreferenciación exacta, lo que a su vez asegura la calidad y fiabilidad de los datos recopilados. Esto resulta en una cartografía precisa y confiable, que puede ser utilizada para diversos fines, como la gestión del territorio, la planificación de infraestructuras y la toma de decisiones estratégicas.

**Tabla 4 Coordenadas puntos de fotocontrol, Centros poblados**

					COORDENADAS FOTOCONTROLES EPOCA 2023.2603						
					ORIGEN NACIONAL				GEOGRAFICAS WGS84		
CASERIO	PUNTO	ALTURA GPS	ALTURA OBJETO	EQUIPO	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation GPS Geocoid2004(m)	Ondulacion	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	WGS84 Ell.Height GPS (m)
BAJO CALIMA	FTC2	2.300	2.230	A60012204100	2000625.136	4558417.775	28.671	18.370	3°59'45.53410"N	76°58'35.04174"W	47.041
	FTC3	2.190	2.090	A60012204100	2000626.419	4558302.850	26.837	18.354	3°59'45.55772"N	76°58'38.76148"W	45.191
	FTC4	1.580	0.205	E30P3A2101128	2000579.584	4558538.671	30.319	18.390	3°59'44.07258"N	76°58'31.12181"W	48.709
	FTC5	2.590	2.327	E30P3A2101205	2000537.614	4558640.166	27.553	18.406	3°59'42.72441"N	76°58'27.83034"W	45.959
	FTC6	2.790	2.730	E30P3A2101171	2000494.291	4558687.768	24.771	18.415	3°59'41.32375"N	76°58'26.28293"W	43.186
	FTC7	2.260	2.160	E30P3A2101128	2000615.921	4558653.436	28.520	18.405	3°59'45.27168"N	76°58'27.41314"W	46.925
	FTC8	2.540	2.190	E30P3A2101205	2000659.957	4558637.944	29.627	18.400	3°59'46.70054"N	76°58'27.92144"W	48.027
	FTC9	2.690	2.560	E30P3A2101171	2000734.616	4558584.730	27.412	18.389	3°59'49.11879"N	76°58'29.65542"W	45.801
	FTC10	2.448	2.385	E30P3A2101128	2000837.419	4558681.551	26.687	18.398	3°59'52.47544"N	76°58'26.53790"W	45.085
	FTC11	2.490	2.100	E30P3A2101205	2000868.949	4558522.349	26.681	18.374	3°59'53.47519"N	76°58'31.69543"W	45.055
	FTC12	2.590	2.510	E30P3A2101171	2000955.692	4558610.609	27.670	18.383	3°59'56.30848"N	76°58'28.85250"W	46.053
	76233020	1.590	0.000	E5003A2200229	1984447.562	4578139.419	193.712	22.781	3°51'02.64127"N	76°47'54.30369"W	216.493
QUEBRADA PERICOS	76233022	1.640	0.000	E30P3A2101151	1983354.219	4578673.099	226.147	22.977	3°50'27.17397"N	76°47'36.87303"W	249.124
	FTC1	2.090	2.000	A60012204100	1983557.313	4578733.498	224.071	22.972	3°50'33.78530"N	76°47'34.94735"W	247.042
	FTC2	2.900	2.810	A60012204100	1983506.954	4578743.522	226.893	22.978	3°50'32.14957"N	76°47'34.61568"W	249.871
	FTC3	2.095	2.030	A60012204100	1983605.098	4578869.462	235.022	22.993	3°50'35.35844"N	76°47'30.55357"W	258.015
	FTC4	2.440	2.370	E30P3A2101128	1983552.752	4578657.538	220.894	22.958	3°50'33.62604"N	76°47'37.40522"W	243.852
	FTC5	1.590	1.090	E30P3A2101205	1983608.845	4578696.233	222.270	22.960	3°50'35.45521"N	76°47'36.16090"W	245.230
	FTC6	2.490	2.340	E30P3A2101171	1983658.472	4578716.871	221.179	22.960	3°50'37.07156"N	76°47'35.50006"W	244.139
	FTC7	2.570	1.300	E30P3A2101205	1983706.471	4578654.474	215.784	22.944	3°50'38.62299"N	76°47'37.52650"W	238.728
	FTC8	3.190	2.920	E30P3A2101171	1983809.214	4578652.673	211.417	22.935	3°50'41.96291"N	76°47'37.59958"W	234.351
	FTC9	3.090	2.910	E30P3A2101128	1983804.437	4578567.383	207.599	22.919	3°50'41.79528"N	76°47'40.35942"W	230.518
	FTC10	2.290	2.140	E30P3A2101171	1984042.117	4578375.048	205.051	22.861	3°50'49.49442"N	76°47'46.61880"W	227.913
	FTC11	2.290	2.120	E30P3A2101205	1983994.183	4578385.858	205.618	22.868	3°50'47.93767"N	76°47'46.26200"W	228.485
	FTC12	2.270	2.180	E30P3A2101128	1984089.332	4578353.602	200.033	22.853	3°50'51.02629"N	76°47'47.31971"W	222.887

**Fuente. Propia.**



## 9 EXTRACCIÓN PUNTOS DE FOTOCONTROL DE DATOS LIDAR

La metodología que se desarrolló para la extracción de los puntos de control a partir de la nube de puntos LiDAR georreferenciados y clasificados se basa en los siguientes aspectos técnicos:

- Verificación de la precisión obtenida de la nube de puntos LiDAR georreferenciada y clasificada.
- Selección de los sectores donde se extraerán los puntos de control a partir de LiDAR
- Generación de imágenes de intensidad de cada uno de los sectores donde se extraerán los puntos de control a partir de LiDAR.
- Corte de la nube de puntos LiDAR en cada sector seleccionado.
- Obtención de detalles y coordenadas tridimensionales (X, Y, Z) de los puntos de control extraídos de LiDAR.
- Incorporación de los puntos de control extraídos de LiDAR al bloque de aerotriangulación.
- Verificación de coordenadas de los puntos extraídos de LiDAR en el bloque aerotriangulado.

Un elemento clave de los datos LiDAR es la precisión del sistema de posicionamiento global (GPS) utilizado para georreferenciar las nubes de puntos. La integración de sistemas de posicionamiento preciso y la aplicación de correcciones diferenciales son prácticas que mejoran la exactitud. Adicionalmente, la calibración del sensor, el correcto pos procesamiento, alineación y densidad propia de las nubes de puntos, son factores que garantizan una muy alta precisión en posición de cualquier información de referencia que se derive de los datos LiDAR.

Por lo anterior relacionado a la precisión, se determinó como alternativa de ajuste de las aerotriangulaciones de los vuelos de los centros poblados en los

que no fue posible realizar fotocontrol en campo, extraer puntos de control de los datos LiDAR considerando factores como una correcta visualización las nubes de puntos, identificación plena de los elementos de interés, criterios de selección como establecer objetos plenamente fotoidentificables para determinar posición XY y zonas planas para obtener las alturas.

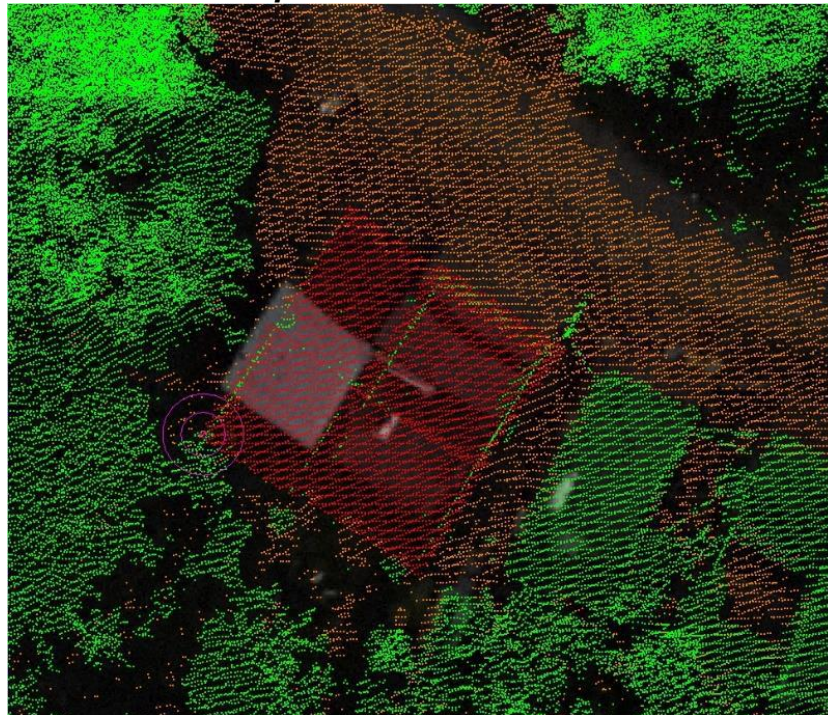
Para lograr lo anterior, se generaron imágenes de intensidad que están basadas en la medida de la energía de retorno del láser que es registrada por el sensor LiDAR, en donde cada pulso láser enviado al terreno puede experimentar diferentes niveles de reflexión, absorción y dispersión al interactuar con los objetos en su camino, y puede ayudar a distinguir entre diferentes tipos de materiales o superficies.

Dichas imágenes fueron utilizadas principalmente para determinar puntos en objetos fotoidentificables con alta precisión en posición XY, mientras que, para obtener el valor de las alturas (elipsoidales), se determinaron puntos en zonas planas mediante perfiles en las nubes de puntos, que posteriormente fueron nivelados por metodología GPS a partir de 2 vértices de la red pasiva del IGAC con alturas geométricas de precisión, para obtener las elevaciones ortométricas.

## 9.1 Centros poblados

Se llevó a cabo la extracción de puntos de fotocontrol a partir de los datos LIDAR, en los centros poblados de Aguaclara, Barrio Buenos Aires, Calle larga aeropuerto, Campo Hermoso, El Crucero, El Limones, Guaimia, La Balastrea, La Bocana, La Contra, Las Palmas, Llano Bajo, Pianguita, Punta Soldado, Sabaleta, San Cipriano, San Marcos, Umane, Zacarias, Juanchaco, La Barra y Ladrilleros.

***Ilustración 9 Selección punto de fotocontrol sobre los datos LIDAR***



***Fuente. Propia.***

**Ilustración 10 Puntos de Fotocontrol, Centros poblados****Fuente. Propia.**

## 9.2 Área rural

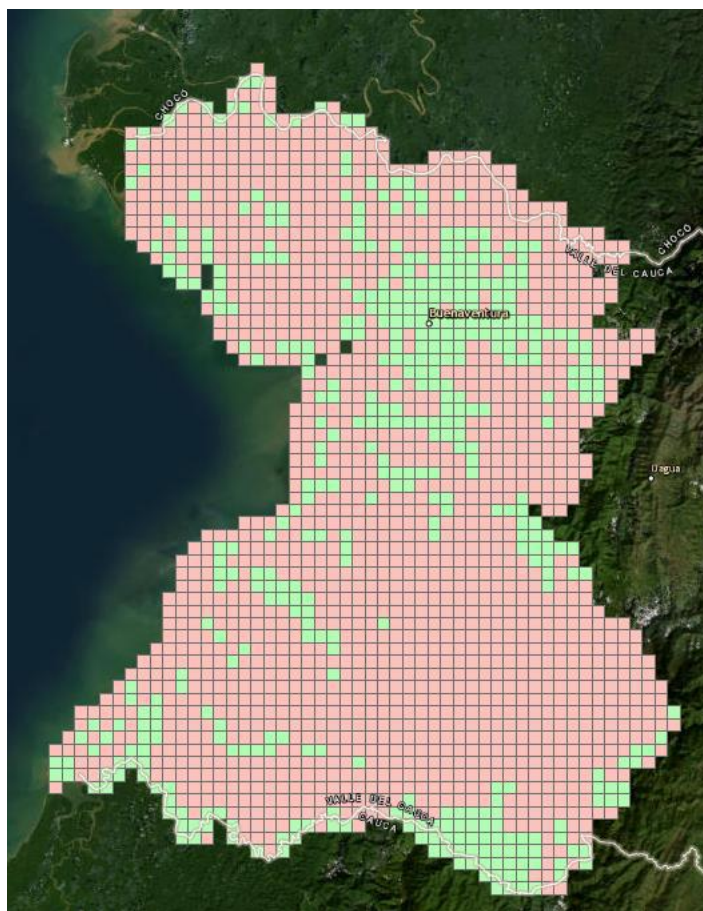
Con base en la metodología LIDAR previamente aprobada, se llevó a cabo la selección de puntos de control mediante la identificación de elementos y datos LIDAR disponibles. Se implementó un sistema de cuadrícula que dividió la zona en 1956 cuadros individuales. Este enfoque permitió una revisión exhaustiva de cada cuadro con el fin de identificar elementos cartografiables y seleccionables para la posterior toma de puntos de fotocontrol.

El 23% del total de recuadros, contienen elementos susceptibles de ser utilizados para control, de donde se seleccionaron puntos de fotocontrol ubicados estratégicamente, que garantice la precisión requerida en el proceso de aerotriangulación para escala 1:5000.



Adicionalmente se utilizaron como puntos de fotocontrol, los puntos ubicados en los centros poblados y cabecera municipal.

***Ilustración 11 Zonas Puntos de Fotocontrol, Área rural***



***Fuente. Propia.***

Versión	Fecha Acción	Tipo de Modificación	Modificaciones	Elaboró	Revisó	Aprobó
01	Diciembre 2023	TI	Creación	Equipo Dirección proyectos	Director Proyecto	Directo Proyecto

\* TI-Texto Incluido, TE-Texto Eliminado, TM-Texto Modificado, TC-Texto Corregido, Ninguno