



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE CUENCAS, MEDIANTE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAV).

YORDY DENNISON RÍOS ORTIZ

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
INGENIERÍA CIVIL  
PAMPLONA

2022-1



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE CUENCAS, MEDIANTE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAV).

MONOGRAFÍA

YORDY DENNISON RÍOS ORTIZ

DIEGO IVÁN SÁNCHEZ TAPIERO

Director

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

INGENIERÍA CIVIL

PAMPLONA

2022-1



SC

*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



## Agradecimientos

*Primeramente quiero agradecerle al Dios todo poderoso por permitirme avanzar en esta meta tan importante para mi vida, fueron tiempos difíciles pero agarrado de su mano se logró superar las adversidades presentadas, sin embargo, luchar para ser un gran profesional en ingeniería civil, ha costado tiempo, esfuerzo, y mucha dedicación, cuando sueñas en cumplir tus metas te preparas psicológicamente para lo más fuerte que es superar tus miedos, agradecer a mis padres Rodolfo Ríos Flórez y Lilia María Ortiz por sus enseñanzas y quienes hicieron posible este sueño, verlos trabajar fuerte para que su hijo saliera adelante es algo que en esta vida no se puede pagar, a mis docentes que con sus capacidades y destreza para enseñar lograron minimizar mi recorrido.*

*A mis amigos, familiares que también hicieron parte del proceso, esto es para todos y para el mundo entero, gracias familia Unipamplona por abrir las puertas a los jóvenes que queremos salir adelante construyendo un mejor futuro para las generaciones siguientes.*

**YORDY DENNISON RÍOS ORTIZ.**



SC

*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



## ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



<b>Contenido</b>	
1.	Introducción .....8
2.	Contexto general .....10
2.1	Avances en la topografía.....10
2.2.	Drones y Software.....10
2.2.1	Clases de Drones.....14
2.2.2	Ventajas en la topografía con el uso de drones:.....15
2.3	Sistema de control.....16
2.4.	Ortofoto.....18
2.4.1	Orto mosaico.....19
2.4.2	Orto fotogrametría digital .....20
2.5	Software de fotogrametría.....21
2.5.1.	Autodesk Recap .....22
2.5.2.	Agisoft photoscan .....23
2.5.3.	Agisoft Metashape. ....24
2.5.4.	Alicevision Meshroom.....25
2.5.5.	Solución de Fotogrametría Pix4d.....26
2.5.6.	Photomodeler Technologies.....27
2.5.7.	Capturingreality .....28
2.5.8.	Regard3D.....28
2.5.9.	Trimble Inpho .....28
2.5.10.	Webodm.....29
2.5.11.	Software de Fotogrametría 3DF Zephyr .....30
3.	Investigaciones Realizadas con Drones .....31
3.1	Levantamiento Topográfico con Drones en Colombia .....32
3.1.1	Levantamiento topográfico e imágenes de dron del centro de estudios agroambientales (cea) de la universidad de Cundinamarca sede Ubaté, evidenciando la falta de estos datos. ....32
3.1.2	Elaboración de modelos digitales de terreno por medio de fotogrametría obtenida por tecnología dron, relacionado con el método convencional, en la intersección de la vía Saboyá Sutamarchán con la Ruta 45ª, Boyacá - Colombia.....40
4.	Conclusiones .....51
	Bibliografía .....53



SC

*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> Aparición de los Primeros Drones .....	12
<b>Figura 2</b> MQM-36 Tarro Blanco / AQM-37 .....	13
<b>Figura 3</b> UAV de la década de 1970 .....	13
<b>Figura 4</b> MALE UAS Predator .....	14
<b>Figura 5</b> Dronede alasfijas .....	14
<b>Figura 6</b> Drone de alasrotativas .....	14
<b>Figura 7</b> Pautas para la generación del MDE .....	18
<b>Figura 8</b> Parámetros para la generación del orto mosaico .....	19
<b>Figura 9</b> Ejemplo final de ortofoto .....	20
<b>Figura 10</b> Software Autodesk Recap .....	23
<b>Figura 11</b> Software de Agisoft photoscan .....	24
<b>Figura 12</b> Software Agisoft Metashape .....	25
<b>Figura 13</b> Software Agisoft Metashape .....	25
<b>Figura 14</b> Alicevision Meshroom .....	26
<b>Figura 15</b> Solución de Fotogrametría Pix4d .....	27
<b>Figura 16</b> Software Photomodeler Technologies .....	27
<b>Figura 17</b> Software Capturingreality .....	28
<b>Figura 18</b> Software Trimble Inpho UASMaster .....	29
<b>Figura 19</b> Software Webodm .....	30
<b>Figura 20</b> Programa 3DF ZephyrFree .....	30
<b>Figura 21</b> Localización granja El Tibar .....	32
<b>Figura 22</b> (a) Topcon Tools Postproceso y (b) Vista en MapView desde Google Earth .....	33
<b>Figura 23</b> Importación y corrección de coordenadas .....	34
<b>Figura 24</b> (a) Selección de BS y FS y (b) Plano Inicial AUTOCAD .....	34
<b>Figura 25</b> Salida CAD con Depuración .....	35
<b>Figura 26</b> (a) Nubesde Puntos Simple y (b) Nube de Puntos densa .....	36
<b>Figura 27</b> MDE .....	36
<b>Figura 28</b> Generación Curvas de Nivel en Agisoft .....	37
<b>Figura 29</b> (a) Mapa de loteo del predio, (b) Mapa de Construcciones presentes y (c) Mapa de Salida grafica de AutoCAD .....	38
<b>Figura 30</b> Mapa Tratamiento de agua y Mapa de Curvas de nivel .....	39
<b>Figura 31</b> Ruta del vuelo vía 45ª tramos norte y sur .....	40
<b>Figura 32</b> Procesado digital .....	41
<b>Figura 33</b> (a) Puntos de fotocontrol, (b) Marca del punto de control sobre la imagen fotográfica y (c) Puntos de fotocontrol .....	42
<b>Figura 34</b> Fotografía orientada y nube discontinua de puntos .....	42
<b>Figura 35</b> (a) Nube de puntos densa y (b) Malla de puntos .....	43
<b>Figura 36</b> MDE .....	44
<b>Figura 37</b> (a) MDT y (b) Curvas de nivel .....	44
<b>Figura 38</b> Mosaico de fotografía ortogonal .....	45
<b>Figura 39</b> Modelo digital del terreno, vista en planta .....	45
<b>Figura 40</b> Cartera con los puntos obtenidos en Excel y Bloc de Notas .....	46
<b>Figura 41</b> (a) Carga de los puntos a Civil 3D y (b) Nube de puntos importada .....	46
<b>Figura 42</b> Digitalización de detalles .....	47



## ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



<b>Figura 43</b> Interpolación de los datos de altura de cada punto .....	47
<b>Figura 44</b> Limitación del área a trabajar .....	48
<b>Figura 45</b> Ejes de las vías (a) Ruta 45 y (b) Sutamarchán -Saboyá.....	48
<b>Figura 46</b> Perfiles longitudinales (a) vía 45 y (b) Sutamarchán -Saboyá .....	49
<b>Figura 47</b> Sección transversal K0+.80 .....	49



SC

*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



### Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Comparación entre los Drones de Ala Fija y Ala Rotativa</i> .....	15
<b>Tabla 2</b> <i>Comparación entre las categorías de los UAS</i> .....	15



SC

*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



## 1. Introducción

En un levantamiento topográfico se puede ver más frecuentemente la gran inversión de tiempo y costos; además de enfrentar terrenos difíciles de acceder, así como las dificultades climatológicas, los cuales se relacionan a condiciones locales, calles en arena, movimiento frecuente de actores viales, muy común en la recolecta de datos. Los levantamientos topográficos suelen realizarse con teodolitos antiguos, densa cobertura vegetal, los puntos guías al ser de madera pueden ser difíciles de encontrar, lo que dificulta el trabajo posterior de corrección de errores. Estos condicionantes hacen que los procedimientos puedan no ser correctos lo cual hace que el nivel de error sea mayor.

La presente monografía hace referencia al levantamiento topográfico de cuencas urbanas, mediante el uso de los drones no tripulados (UAVs), cuál es su origen, que funciones cumplen, impacto en la ingeniería civil, su incursión en el sector de máquinas y herramientas que ya es una realidad, los vehículos no tripulados más conocido como “Drones” surgieron en Estados Unidos como uso de combate, desde su aparición y su primera implementación en el mundo civil, estos vehículos han demostrado su grandioso potencial en diferentes áreas de la industria, la topografía adoptó como herramienta fundamental el uso del Dron, este puede inspeccionar grandes extensiones de terrenos en muy poco tiempo, un profesional duraba anteriormente hasta 3 semanas en efectuar un trabajo, ahora con el uso de los drones tarda de 3 a 4 días, y sin requerir personal.

Este documento llevará a cabo una recopilación de información secundaria en libros, documentos, tesis, revistas, entre otras. Donde se reflejara las ventajas que trae la



SC

*“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



utilización de UAVs usados por la ingeniería civil como herramienta fundamental para levantamientos topográficos de cuencas urbanas y los impactos que genera en la topografía tradicional, teniendo en cuenta algunos levantamientos de topografía realizados con vehículos aéreos no tripulados (UAV) en Colombia, los respectivos programas utilizados y una variedad de información extraída de diferentes artículos, investigaciones, trabajos de grado, que tengan como objetivo la explicación desmenuzada de cómo se lleva a cabo un levantamiento topográfico con UAVs.

En definitiva, esta investigación muestra la importancia de esta herramienta, proyectando grandes avances en la ingeniería civil, minimizando gastos y tiempo, factores importantes en las diferentes obras que se deseen realizar.



SC

*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



## 2. Contexto general

### 2.1 Avances en la topografía

Según Fernández (2019), ninguna área del conocimiento es indiferente a los cambios que se puedan provocar por avance acelerado de las herramientas tecnológicas, entre ellas la Topografía no podría ser menos, ya que han llegado avances tecnológicos fáciles de manejar e incorporarlos a nuestra actividad haciendo más fáciles los procesos de trabajo y competitivos ya que nos ahorran tiempo y costos. Así mismo, nos dice que esta innovación se da gracias al abaratamiento de la tecnología existente lo cual permite implementar dicha tecnología a nuestro interés para que resulte útil.

### 2.2. Drones y Software.

“¿Qué son los VANT, Dron o UAVs?”

- De acuerdo a Addati et al, (2014), un dron, Vehículo Aéreo No Tripulado, Dron o UAV por sus siglas en inglés, es una aeronave no tripulada, operada mediante control moto y autónoma. El dron, es una aeronave la cual cuenta con algún tipo de sensor el cual es el encargado de obtener los datos geográficos espaciales.

“¿Qué es un UAS?”

- Addati et al, (2014), nos dice que un “Unmanned Aircraft System” por sus siglas en inglés “UAS” es como se designa la totalidad del equipo (aeronave, la estación de control y la unidad de transmisión de datos).



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



Fernández *et al;* (2019), Nos dice que la aplicación de Drones y Software supone la reducción del tiempo de trabajo ya que anteriormente digitalizar 100 Ha de terreno, tomaba de 3 a 4 semanas de trabajo mientras que, mediante el uso de esta tecnología la misma cantidad de hectáreas se puede desarrollar en 40 minutos. Igualmente, continúa diciendo que, un dron, sin superar un kilogramo de peso, con una hora de autonomía y con un alcance de hasta 3 Km, nos permite realizar cosas anteriormente impensables, además de ser de fácil transporte hasta zonas de difícil acceso, etc. Por otra parte, a un dron se le pueden adicionar hasta ocho cámaras, lo cual nos permite cubrir mayores áreas al mismo tiempo.

Según Cuerno et al, (2016), los orígenes de la aviación no tripulada comienzan en el momento que los pineros de la aviación tripulada quisieron desarrollar replicas pequeñas a escala, a fin de perfeccionar los modelos reales. Aunque Cayley, Ninomiya, Du Temple, Langley o Cody no se consideran los verdaderos creadores la aviación no tripulada, fueron los que iniciaron el desarrollo de esta, ya que fueron quienes crearon las primeras aeronaves no tripuladas.

Conforme a Delgado (2016), aunque los drones se han asociado con robots militares, estos, se han utilizado civilmente durante décadas. Entre los primeros registros, es en el año de 1849, en Venecia - Austria, donde volaron más o menos doscientos globos aerostáticos no tripulados. Así mismo, posterior a la guerra civil en estados unidos, los globos se utilizaban para realizar misiones de conocimiento. Por otra parte, Samuel P. Langley, en el año 1896 desarrolló aeronaves no tripuladas las cuales funcionaban a vapor



SC

*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

y fueron trasladadas por la rivera del río Potomac de manera exitosa, en cercanías de Washington D.C. Finalmente, en 1898 los militares estadounidenses durante la guerra hispano americana, usaron una cometa la cual contenía una cámara, generando así las primeras fotografías de reconocimiento aéreo,

**Figura 1** Aparición de los Primeros Drones



Fuente: Delgado (2016).

Cuerno et al, (2016), nos dicen que se han dado diferentes nombres a las aeronaves no tripuladas durante la historia, comenzando por la denominada “Teleautomaton” de Tesla, el “torpedo aéreo” de Sperry, los blancos aéreos o “drones” cuyo nombre es utilizado actualmente para relacionar a las aeronaves no tripuladas controlados remotamente, hasta llegar a un vasto número de modelos nombrados mediante siglas, así como (UMA, UAS, RPV, RPAS, UAV, o SPA).

Por otra parte, García (2017). Nos dice que, en los años 50, los drones aún se utilizaban como blancos aéreos, hasta que la empresa “RadioPlane2 creó drones integrando sistemas de radiocontrol cada vez más evolucionados, cuyo fin era el de desorientar los radares enemigos.

**Figura 2** MQM-36 Tarro Blanco / AQM-37



Fuente: GlobalSecurity.org (2022).

Igualmente, García (2017), plantea que, en los años setenta, inicia el desarrollo de tareas de reconocimiento y vigilancia de corto y largo alcance a grandes altitudes, por ejemplo, el MBLE Epervier, el cual contaba con un pequeño turborreactor además de paracaídas y era lanzado desde una rampa con un cohete. Esta nave, volaba por medio de un piloto automático programado por radio y estaba equipado con cámaras óptica que permitían grabar alrededor para procesar los datos obtenidos en la estación a su regreso.

**Figura 3** UAV de la década de 1970



Fuente: Pavía (2017).

García (2017), agrega que, en los años ochenta, los militares israelíes utilizaron el VANT con la finalidad de enfrentar las defensas antiaéreas sirias en el Líbano, dichas naves aéreas, llegaban a altitudes mayores y tenían grandes alcances, esto debido al avance meteorológico, el uso de cámaras que permitían toma de datos en vivo, el uso de sistemas de posicionamiento global, motores más evolucionados y el incremento del área de

operación a los 200 Km de radio. Por esto, los VANT eran realmente atractivos en la línea bélica y con los logros de las acometidas israelíes; USA desarrolló aeronaves como el Gnat o el MALE UAS Predator.

**Figura 4** MALE UAS Predator.



Fuente: pngtem.com (2022).

García (2017), Finaliza anexando que en los 90, gracias al impulso producido por las comunicaciones satelitales, permitió a los equipos maniobrar fuera de la señal de radio, y de los sistemas de navegación inexactos que se basaban en giroscopios y datos del aire. Ayudando a la llegada de modernas formas de control de vuelo digitales, las cuales originaron la creación de naves mucho más refinadas as como el Gnat que contaba con una gran autonomía y es considerada como el pionero de los sistemas actuales de media altitud.

### 2.2.1 Clases de Drones

Los drones se pueden clasificar en drones de ala fija y ala rotativa.

**Figura 5** Dron de ala fija



Fuente: Septentrio.com (2022).

**Figura 6** Dron de ala rotativa



Fuente: Hispa Drones (2022).

**Tabla 1** Comparación entre los Drones de Ala Fija y Ala Rotativa

Ítem	Ala Fija	Ala Rotativa
<b>vuelo</b>	Altitud y Velocidad	Estacionario y Estable
<b>Maniobrabilidad</b>	Menor	Mayor
<b>Autonomía</b>	Mayor	Menor
<b>Energía</b>	Eléctrica/Explosión	Eléctrica
<b>Carga Útil</b>	Menor	Mayor

Fuente: APD.ONG (2020).

**Tabla 2** Comparación entre las categorías de los UAS

Categoría de la UAS	Alcance en (Km)	Altitud en (M)	Autonomía (h)	MTOW(kg)
<b>Estratosfericos</b>	>2000	20000-30000	48	< 3000
<b>Elevada altitud y gran autonomía</b>	>2000	20000	48	15000
<b>Baja altitud y gran autonomía</b>	>500	14000	24-48	1500
<b>Baja altitud y gran autonomía</b>	>500	3000	Alrededor de 24	Alrededor de 30
<b>Baja altitud y penetración profunda</b>	>250	50-9000	0.25-1	350
<b>Alcance medio</b>	70 to >500	8000	6-18	1250
<b>Alcance corto</b>	10-70	3000	3-6	200
<b>Mini</b>	<10	<300	<2	<30
<b>Micro</b>	<10	<250	<0.5	<1

Fuente: Bandua (2021).

### 2.2.2 Ventajas en la topografía con el uso de drones:

#### **Reducir el tiempo de campo y los costos del levantamiento topográfico.**

Topografía y SIG (2022), argumenta que la captura de datos topográficos mediante el uso de drones es cinco veces más rápida que con los métodos terrestres, requiriéndose menos mano de obra. Así mismo se ahorra tiempo con el geotiquetado PPK, al no ser necesario colocar numerosos PAFs.



### **Proporciona datos precisos y exhaustivos.**

Igualmente, Topografía y SIG (2022), indica que una estación solo evalúa puntos individuales, distinto al uso de drones, el cual genera miles de mediciones, las cuales pueden ser de diferentes formatos (orto mosaico, nube de puntos, MDT, MDS, curvas de nivel, etc.), además que los pixeles producidos contienen datos geográficos tridimensionales.

### **Mapea áreas que de otro modo serían inaccesibles**

Por otro lado, Topografía y SIG (2022), nos dice que un dron de cartografía aérea es capaz de despegar y volar en casi cualquier zona, llegando a zonas inalcanzables, pendientes empinadas, o demás que son características inadecuadas para las herramientas de medición tradicionales. adicionalmente, con el uso de drones, no es necesario realizar el cierre de carreteras o vías, de hecho, se pueden capturar datos durante la operación normal sin ninguna sobre carga operativa.

## **2.3 Sistema de control**

**Controlador de estabilidad:** Teniendo en cuenta a J.J. Ruiz (2013), es uno de los dos controladores en los que se divide el sistema de control de un UAV. El cual está encargado de ubicación y desviación del equipo en base a los datos de Yaw, Pitch y Roll.

Roll ( $\phi$ ): Rotación sobre el eje X, permite el movimiento a la derecha o izquierda mediante la rotación de las alas.



Pitch ( $\theta$ ): Giro en el eje Y, despasándose adelante y atrás. Encargándose de la inclinación.

Yaw ( $\psi$ ): Giro en el eje Z, rotación a la derecha e izquierda.

Los movimientos de rotación son ángulos Eulerianos, cuya unidad se expresa en radianes en los ejes de coordenadas (x,y,z) y se usan para el control del equipo, Los cuales son:

**Ecuación 1.** Angulo de Yaw

$$R\psi = \begin{bmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**Ecuación 2.** Angulo de Roll.

$$R\phi = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & \sin \phi \\ 0 & -\sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix}$$

**Ecuación 3.** Angulo de Pith.

$$R\theta = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & \cos 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}$$

**Controlador de posición:** Así mismo, según J.J. Ruiz (2013), el segundo tipo de controlador del sistema de control, es aquel que recibe el posicionamiento del UAV mediante el uso de la señal de posicionamiento global y los demás detectores de altitud, la

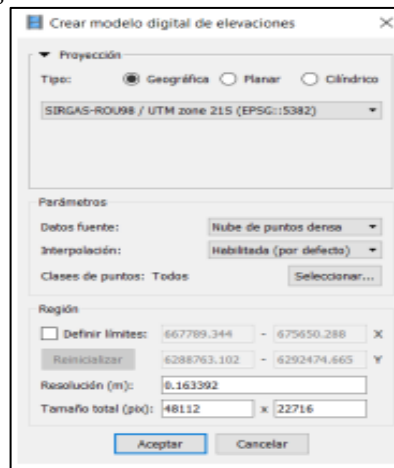
posición se calcula mediante el sistema de comunicación o el sistema de navegación que funciona de manera programada.

Finalmente J.J. Ruiz (2013), nos dice que estos controladores, se interconectan entre sí de manera de cascada, en un mismo enlace encerrado. Los UAVs, proporcionan imágenes georreferenciadas las cuales son captadas por una cámara incorporada y el uso de GPS y tecnologías de comunicación.

#### 2.4. Ortofoto.

Citando a Martínez (2018), partiendo de un modelo digital de elevación se crea un orto mosaico, utilizando el modo de mezcla mosaico, ya que el software emplea un enfoque de separación de data en múltiples dominios de frecuencia, los cuales son combinados de manera individual. La frecuencia más alta es mezclada únicamente a lo largo de la línea de costura, a cada paso más lejos de la línea de unión, lo que resulta en un número más pequeño de dominios a mezclarse.

**Figura 7** Pautas para la generación del MDE.



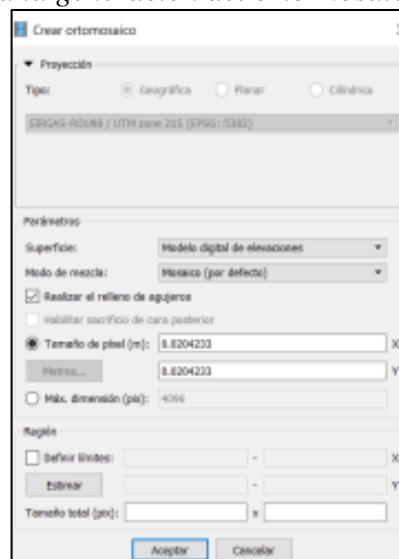
Fuente: Valencia, (2018).

### 2.4.1 Orto mosaico

W. y. Z. Y. Chen, (2011), definen un mosaico como el grupo de imágenes, las cuales están superpuestas unas con otras, y son fusionadas en una sola imagen con el fin de aumentar el área de trabajo de la escena; se nombra orto mosaico, en el momento en que el mosaico se corrige de defectos ocasionados por el relieve y los objetos encontrados en él.

Igualmente, J. J. C. J. H. P. D (2016), menciona que, para la creación de orto mosaicos, las imágenes individuales se deben rectificar partiendo de modelos de elevación, permitiendo eliminar la distorsión producida por el relieve; dicho procedimiento proyecta los píxeles de la imagen sobre el MDE con el fin de calcular la altitud, el cual se re proyecta en la imagen. dicha proyección y reproyección de cada píxel de la imagen es realizada mediante las ecuaciones de colinealidad y son rectificadas finalmente y fusionadas creando un mosaico.

**Figura 8** *Parámetros para la generación del orto mosaico*



Fuente: Valencia, (2018).

Según Valencia (2018), cuando se genera la ortofoto se guarda en formato TIFF y es importado al software Global Mapper para realizar un recorte y exportarla en formato EWC, con fondo negro para disminuir el volumen de memoria del proyecto.

**Figura 9** *Ejemplo final de ortofoto.*



Fuente: (Valencia, Julio 2018).

#### **2.4.2 Orto fotogrametría digital**

Pinzón (2019), señala que la ortofotografía es un documento fotográfico el cual ofrece más ventajas en distintas aplicaciones en relación a los mapas gráficos, debido a su mayor riqueza que nos deja sacar el mayor provecho a la información contenida en la foto aérea y efectuar medidas de la misma manera que en un plano gráfico; partiendo del evento ideal en el que la toma de la fotografía sea estrictamente vertical, la zona de estudio sea plana y horizontal, el terreno encajará con la fotografía ortogonal. En cambio, si la zona es plana y diagonal pero el eje de la toma es un poco inclinado respecto a la vertical, deberá rectificarse la fotografía convencionalmente. Por otra parte, si se cuenta con una imagen la cual fue tomada con un eje inclinado, se deberá rectificar diferencialmente para conseguir una ortofotografía.



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



**Corrección diferencial:** Como señala Pérez J. A (2001), dicha técnica corrige la deformación en la imagen, causadas por las diferencias de altura de la zona, además de la inclinación del eje de la cámara al realizar la toma, lo que genera una transformación geométrica de áreas de la imagen. Así mismo, Pérez J. A (2001), define las ortoproyección como la metodología fotogramétrica para la obtención de ortofotos precisas, sin deformaciones causadas por el relieve y la horizontalidad de la foto.

**Ortofotografía óptica:** Global Mediterránea nos dice que, partiendo de la imagen original, se transfiere la fotografía ópticamente en cantidades geométricas reducidas hasta el negativo final, el cual produce una fotografía.

**Fotografía digital ortogonal:** Igualmente, Pérez (2001) la define como fotografías digitales o imágenes fotográficas físicas las cuales han sido escaneadas; Dichas fotografías imágenes están divididas en pixeles, se puede realizar una rectificación debida a los errores producidos por el relieve y a la inclinación del eje de torna analíticamente, que resulta en una nueva imagen corregida la cual se puede reproducir fotográficamente.

## 2.5 Software de fotogrametría

Rosado (2014), citando a Bonneval, quien define la fotogrametría como el método para analizar y denominar de manera precisa la estructura, medidas y ubicación espacial cualquier objeto, mediante el uso de mediciones realizadas a una o varias imágenes fotográficas. La fotogrametría es la medida de lo escrito con la luz. Siendo así la técnica la cual usa las fotos para medir, aplicándose a numerosas áreas de conocimiento. A su vez plantea que hay una técnica diferente que usa fotos aéreas llamada foto interpretación la



SC

*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



cual tiene el fin de estudiar distintos acontecimientos de variadas clases. No obstante, la fotogrametría no se basa en la interpretación de acontecimientos, sino que, por medio de la medición en fotografías, origina mapas y planos exactos. Por último, Rosado define la fotogrametría como la ciencia para desarrollar planos o mapas mediante el uso de fotos tomadas en condiciones específicas.

Por otra parte, Rosado (2014), plantea que en la actualidad existen multitud de softwares utilizados para el procesamiento de imágenes, así como información de campo; dichos programas cambian dependiendo de su localización y la marca de fábrica, de los cuales encontramos los siguientes:

### **2.5.1. Autodesk Recap**

Según Enredándote.com Autodesk ReCap significa “Reality Capture” en castellano “**Capturar la Realidad**” y es un programa para trabajar con nubes de puntos nativas a partir de escaneos láser. Este método utiliza un láser proyectado con el fin de crear representaciones virtuales de cualquier espacio u objeto existente utilizando una colección de “puntos” que tienen una distancia y una elevación con respecto al propio láser. Cada escaneo genera una nube de puntos los cuales pueden verse como modelo simplificado de los elementos escaneados.

Enredándote.com, nos dice que el software ReCap es fácil de usar. Empezando por importar un archivo de puntos a un nuevo proyecto. La estructura del proyecto permite dividir tu escaneo en piezas y trabajar sólo con los datos necesarios al momento. por ejemplo, si se tiene una cuadra completa escaneada, se pueden dividir los datos en días



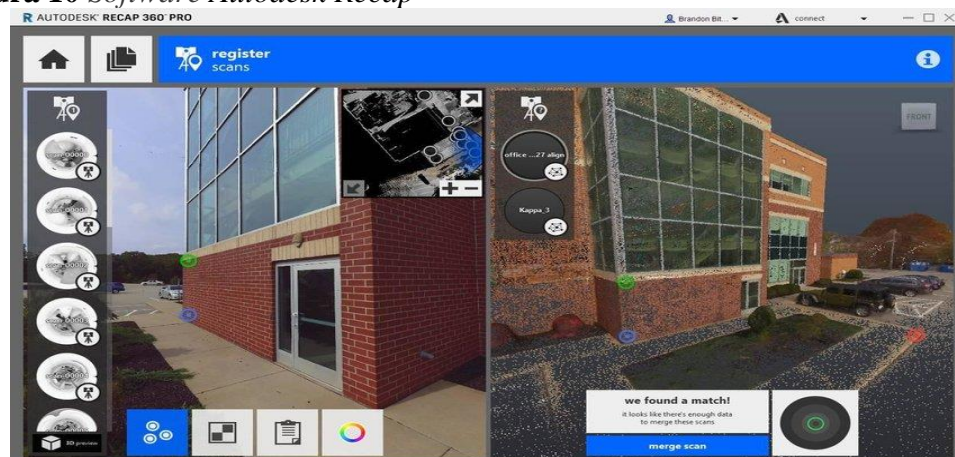
SC

*“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

concretos de escaneos o incluso por tipos de objeto (edificios, arboles, etc.). Una vez seleccionados los archivos e importar deben aplicarse los filtros a los datos; dichos filtros permiten establecer límites externos a los datos, por lo tanto, si se desea introducir un área específica del escaneado se debe elegir un límite cerca de ella, evitando que se importen los datos fuera del límite seleccionado. ReCap también te permitirá aplicar “filtros de ruido” que te permitirán eliminar los filtros perdidos que puedan haber sido detectados por el escáner.

**Figura 10** *Software Autodesk Recap*



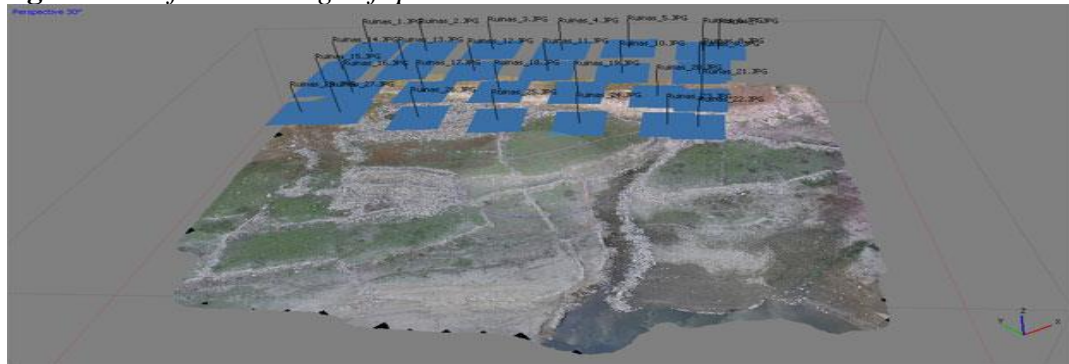
Fuente: (M Jura, 2019).

### 2.5.2. Agisoft photoscan

Según Agisoft, (2019), este programa permite realizar el proceso de imágenes digitales, combinando la fotogrametría digital con la visualización por computadora, generando una construcción tridimensional del entorno. Existiendo, una versión estándar la cual está diseñada para personas quienes quieran crear nubes de puntos, partiendo de imágenes múltiples; y la versión profesional la cual contiene funciones determinadas que

permiten generar productos geomáticos. Agisoft PhotoScan, incorpora las imágenes tomadas por un dron e iniciar el procedimiento de restitución de imágenes por coincidencia espacial entre cada uno de los componentes presentes en las imágenes, permitiendo la visualización de las fotografías realizadas en altitud y la combinación de la presentación espacial de los elementos proyectados en la superficie generando volúmenes.

**Figura 11** *Software de Agisoft photoscan*

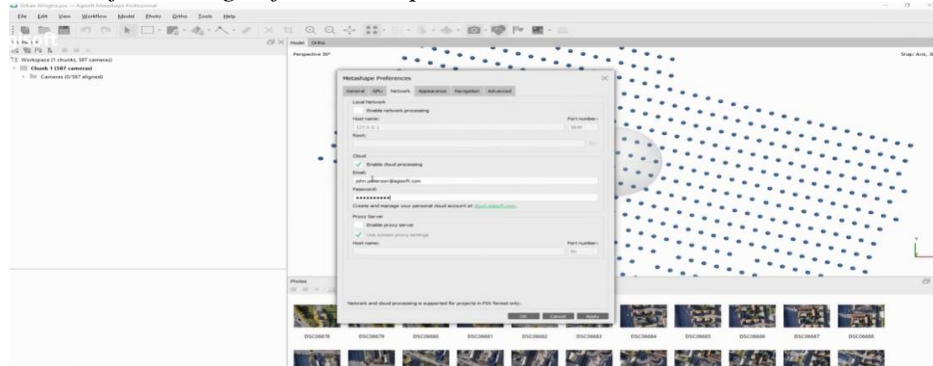


Fuente: *Gis and Beers, (2016).*

### **2.5.3. Agisoft Metashape.**

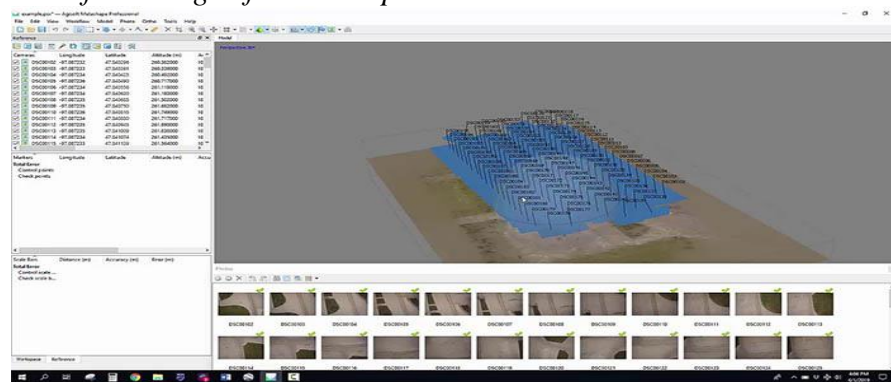
Lucia C (2019). Señala que, este es un programa profesional para procesar las imágenes digitales de manera fotogramétrica, con grandes clases de aplicabilidades como en los sistemas de información geográfica, efectos especiales, patrimonio cultural, generación y medida no directa de elementos a distintas escalas, entre otros. Metashape puede procesar varios tipos de imágenes, desarrollar modelos de dispersión, medición de longitudes, áreas y volúmenes, y creación de mallas tridimensionales, las cuales se pueden exportar a diversos formatos.

**Figura 12** Software Agisoft Metashape



Fuente: Soft Prober (2022)

**Figura 13** Software Agisoft Metashape

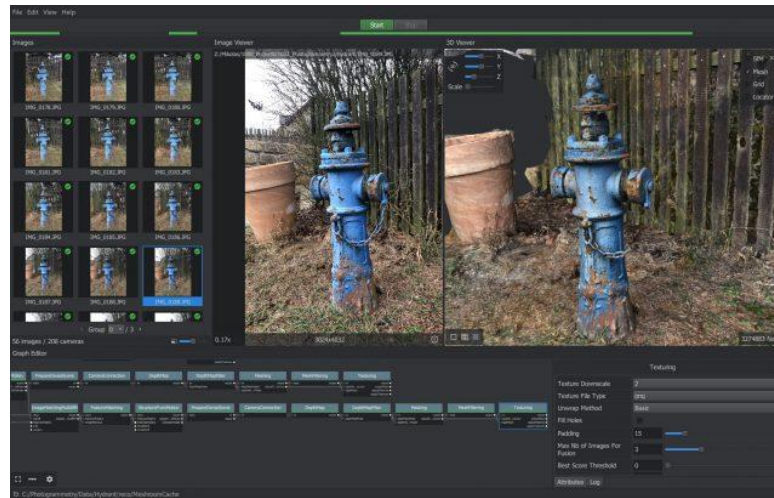


Fuente: Lucía C. (2019).

#### 2.5.4. Alicevision Meshroom

Como Plantea Zuzá (2018), es un programa libre de fotogrametría, con una presentación amigable al usuario, formado en un cerco implícito denominado *AliceVision*, el cual resulta de la participación de diferentes universidades y laboratorios (Czech Technical University, IMAGINE, INPT, Simula Research Laboratory, and Quine y Mikros Image).

**Figura 14** *Alicevision Meshroom*



Fuente: (Zuza, 2018).

### 2.5.5. Solución de Fotogrametría Pix4d

Acorde a Lucia C (2019), este programa captura fotografías adaptadas. Dicho software ha creado aplicaciones para celulares Android y iOS convirtiendo a los drones utilizados recreacionalmente en drones de uso profesional. Pix4Dmapper es el programa fotogramétrico asociado; el cual incluye Pix4Dcapture para imágenes optimizadas, Pix4Dbim para construcción, remoción de tierras e infraestructura, entre otras. Pix4Dmapper crea nubes de puntos, orto mosaicos, MDE, entre otros más. Por esto dicho software es usado en fotogrametría aplicada a bienes raíces, arquitectura, topografía y agricultura.

**Figura 15** *Solución de Fotogrametría Pix4d*

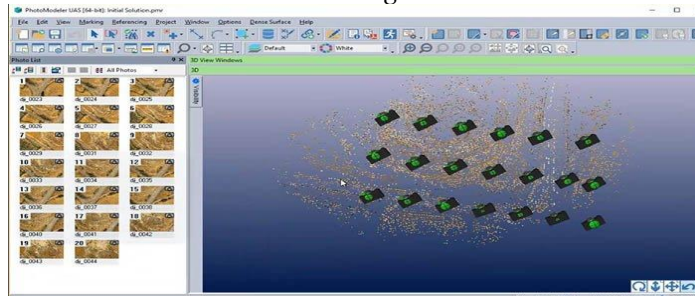


Fuente: Lucía C. (2019).

### 2.5.6. *Photomodeler Technologies*

Según Lucía C (2019), este software es usado para la creación de archivos .CAD o .CNC ya que permite realizar medidas y modelos exactos a partir de fotografías capturadas con una cámara que no sea profesional. Ofreciendo soluciones económicas y medidas exactas en dos o tres dimensiones, así como también para escaneo, topografía, entre otros. En este software es posible crear modelos mediante la unión manual de características comunes entre las imágenes; partiendo de objetivos decodificados o creando nubes de puntos a partir de imágenes superpuestas.

**Figura 16** *Software Photomodeler Technologies*

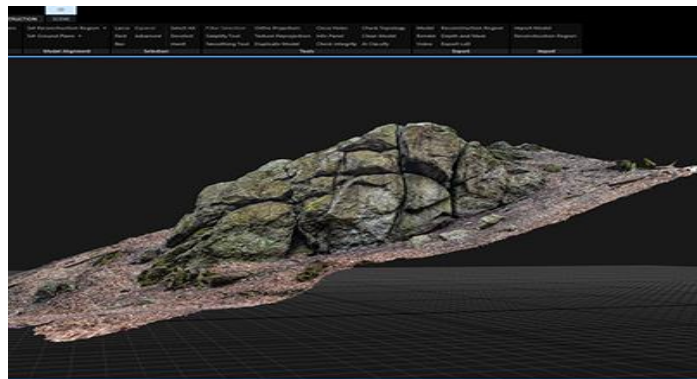


Fuente: Lucía C. (2019).

### 2.5.7. *Capturingreality*

Lucia C (2019), Expresa que este programa trabaja con gran diversidad de recursos de entrada, permitiendo generar imágenes de realidad virtual, mallas tridimensionales, proyecciones ortográficas, georreferenciación de mapas, etc. Partiendo de imágenes.

**Figura 17** *Software Capturingreality*



Fuente: CapturingReality (2022).

### 2.5.8. *Regard3D*

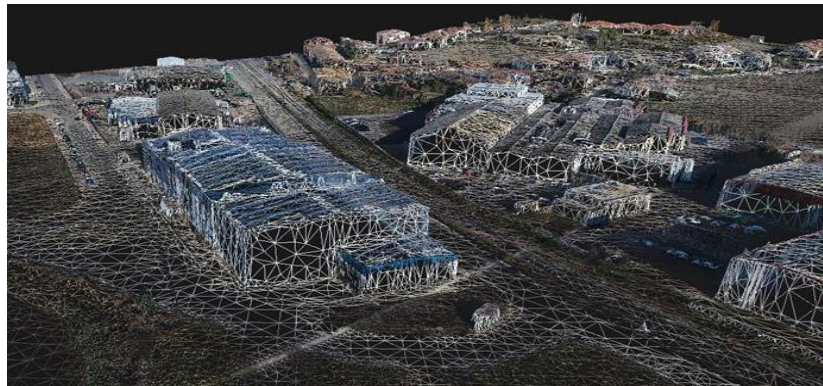
Según Lucia C (2019), Regard3D es un software libre que permite transformar las convertir las imágenes capturadas en distintos ángulos en un modelo 3D. Dicho software ha sido desarrollado para Windows, OS X y Linux, y es basado en herramientas y bibliotecas de terceros.

### 2.5.9. *Trimble Inpho*

Citando a Lucia C (2019), este software es de fotogrametría digital creado principalmente para imágenes aéreas, crea nubes de puntos exactas, modelos digitales de terreno, orto mosaicos y modelos 3D digitalizados, siendo la herramienta perfecta para el procesamiento completo de datos con sistemas de vehículos aéreos no tripulados (UAS).

Así mismo nos plantea que, UASMaster es de fácil manejo además de contar con toda la potencia de una estación de trabajo de fotografía, enfocándose en la brecha entre flujos de trabajo simples en la caja negra para tareas fotogramétricas y no fotogramétricas especializadas. Dicho software contiene la tecnología avanzada personalizada que permite obtener resultados de gran calidad con funciones especiales de datos UAS, integrados fácilmente en el mundo de la fotogrametría y los flujos de trabajo tripartitos. Inpho UASMaster puede procesar información de casi cualquier proveedor de hardware para UAS y funciona con vehículos de tracción trasera y helicópteros, siendo exitoso con globos y otros sistemas de drones.”

**Figura 18** *Software Trimble Inpho UASMaster*



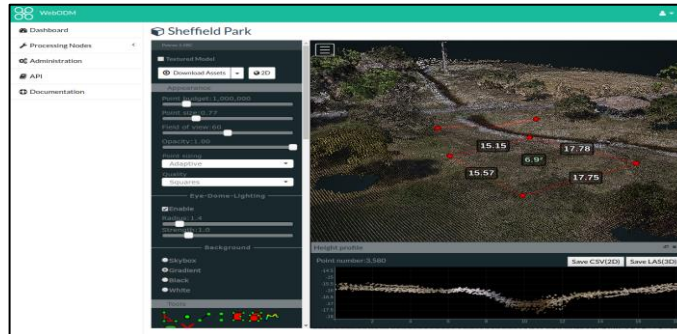
Fuente: Lucia C (2019).

#### **2.5.10. Webodm**

Teniendo en cuenta a Lucia C (2019), este software es de fácil manejo, capaz de generar nubes de puntos, mapas georreferenciados y modelos de altitud y texturizados, mediante el uso de imágenes capturadas por dron. Este programa es desarrollado por

OpenDroneMap, el cual es un conjunto de herramientas para la recopilación, procesamiento, análisis y muestreo de datos abiertos.

**Figura 19** *Software Webodm*

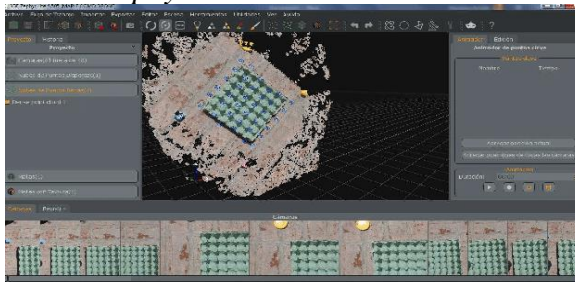


Fuente: GitHub (2022).

### 2.5.11. Software de Fotogrametría 3DF Zephyr

De acuerdo a Lucia C (2019), 3DF Zephyr es un software para la construcción tridimensional de un objeto, sin importar el tipo de laser, sensor o dron que se use, en este programa, al momento de generar de manera sencilla digitalizaciones tridimensionales, las personas más experimentadas pueden cambiar aspectos con el fin de mejorar los resultados, siendo capaz de guardar el modelo en formatos distintos, así como de unir los datos fotogramétricos mediante escáner laser para la obtención de mayor precisión.

**Figura 20** *Programa 3DF ZephyrFree*



Fuente: Mieza (2019).



### 3. Investigaciones Realizadas con Drones

Citando a Martires (2021). Los principales cometidos de un topógrafo, son los levantamientos topográficos. Dicha labor del topógrafo es fundamental en todas las etapas que se desarrollan en una obra, aportando información importante en cuanto a las necesidades técnicas de la misma, siendo fundamental la precisión de sus medidas y la eficiencia al momento de llevar a cabo su trabajo; Sin embargo, se pueden encontrar con diferentes dificultades que pueden hacer difícil la culminación de su labor como las que se nombran a continuación:

- Zonas difíciles de acceder, dando lugar a el riesgo de accidentes como caídas.
- Zonas con gran tránsito de vehículos, que aumentan la probabilidad de accidentes de tránsito.
- Condiciones climatológicas fuertes.

Por esto, de acuerdo a Martires (2021), Un dron, es de gran utilidad ya que puede ayudar a resolver en gran medida dichos problemas, además de aportar calidad al trabajo del topógrafo.

### 3.1 Levantamiento Topográfico con Drones en Colombia

#### 3.1.1 Levantamiento topográfico e imágenes de dron del centro de estudios agroambientales (cea) de la universidad de Cundinamarca sede Ubaté, evidenciando la falta de estos datos.

Citando a Herrera *et al.*, (2019), Ubaté está ubicado en el norte del departamento de Cundinamarca, en la región andina. Localizado a noventa y cinco kilómetros por vía terrestre del perímetro urbano de Bogotá D.C. geográficamente se encuentra en las coordenadas 5°18'26" Norte y 73°48'52" Oeste, a una altura media 2556 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

**Figura 21** Localización granja El Tibar



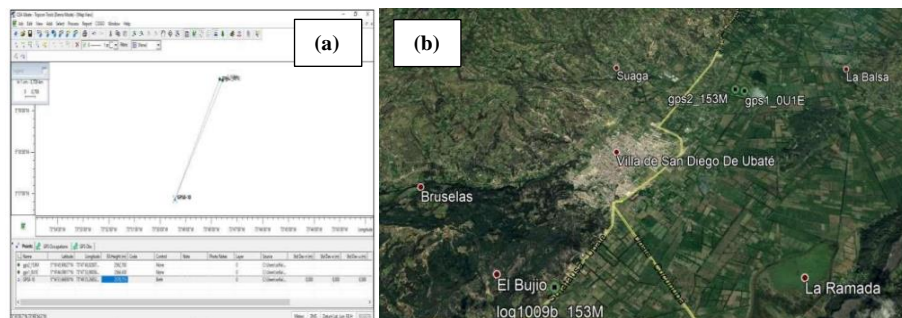
Fuente: Herrera et al (2019)

De acuerdo al PBOT, Ubaté cuenta con una temperatura promedio de 17°C, que permite el desarrollo de actividades como la industria bobina y agricultura, las cuales son la base del desarrollo económico del municipio, lo que se ratifica en el uso del suelo del municipio, ya que, según el PBOT, el principal uso es el Agropecuario Tradicional, forestal con labranza de conservación dedicándose el 20% como mínimo del predio para uso forestal.

## Procesamiento de los datos

Herrera *et al.*, (2019), Plantea que los valores dados por Topcon Sr, que se configuraron como GPS de frecuencia para realizar rastreos según la resolución la resolución 643 de 2018, se procesaron en el programa Topcon Tools, **Figura 22 (a)**. Lo que permite realizar un manejo de los periodos cada rastreo observando las intercepciones, localización y las informaciones geográficas de guía. Este software, presenta una recapitulación del tipo de rastreo, permitiendo observar la relación entre los datos obtenidos, a fin de realizar el procesamiento correcto de los datos. Para esto se hace preciso que los valores requeridos por el programa coincidan, debido a esto los tiempos de rastreo deben interceptarse con el fin de obtener una rectificación conveniente de la información, originando reportes de gran calidad. El software Topcon Tools genera reportes mediante el uso de la herramienta de visualización compatible con Google Earth, **Figura 22(b)**.” posteriormente se procedió a cargar los datos registrados por la estación Topcon.”

**Figura 22** (a) *Topcon Tools Postproceso* y (b) *Vista en MapView desde Google Earth*

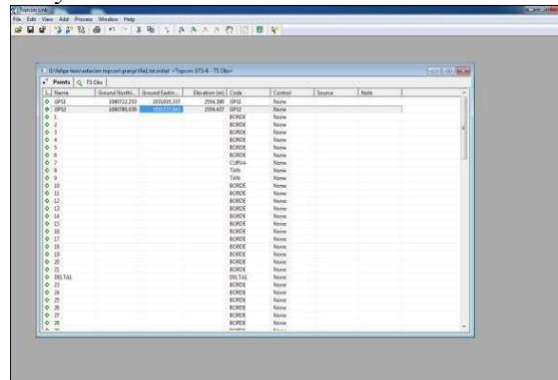


Fuente: (Herrera *et al.*, 2019).

Así mismo Herrera *et al.* (2019), mediante el tratamiento de los datos dados por los sistemas de posicionamiento global con el programa, se empezó con la rectificación de los

datos de la estación en el programa Topcon Link, el cual precisa como primer procedimiento la carga de coordenadas de los mojones materializados, **Figura 23**.

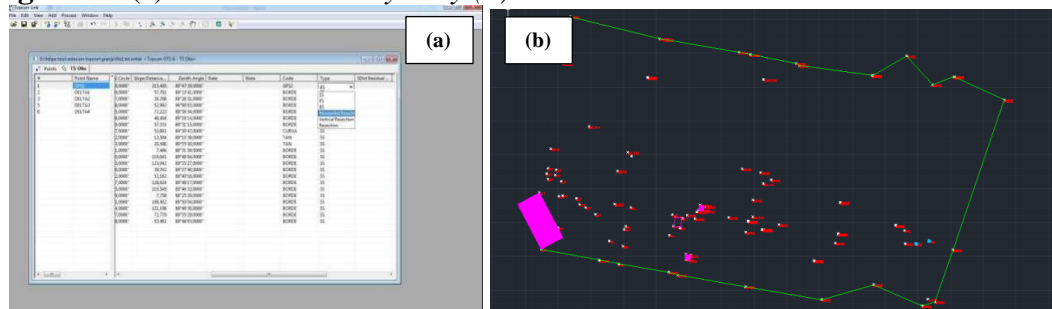
**Figura 23** *Importación y corrección de coordenadas*



Fuente: (Herrera et al, 2019).

Herrera *et al.*, (2019), al terminar la agrupación de BS y FS, **Figura 24**, revisó cada campo con la intención de corregir cualquier falla generada por el software, la carga de los datos o por falla humana. Con el fin de terminar el manejo de los datos, se realizó una exportación de los puntos de referencia a .DWG.

**Figura 24** (a) *Selección de BS y FS* y (b) *Plano Inicial AUTOCAD*

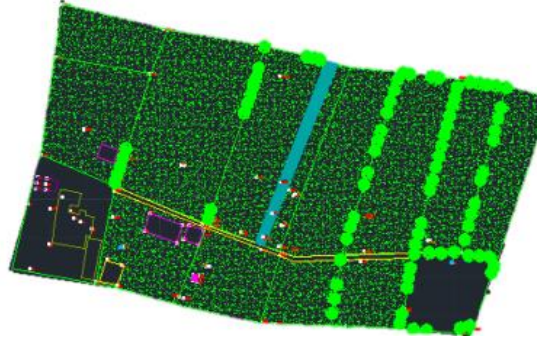


Fuente: (Herrera et al, 2019).

Para Herrera *et al.*, (2019), el resultado permitió observar la diferencia del loteo del CEA vigente al instante del levantamiento, distinguiéndose las estructuras de forma clara;

no obstante, ciertas de dichas construcciones pudieron haberse cambiado de lugar debido a su movilidad fácil por el uso asignado.

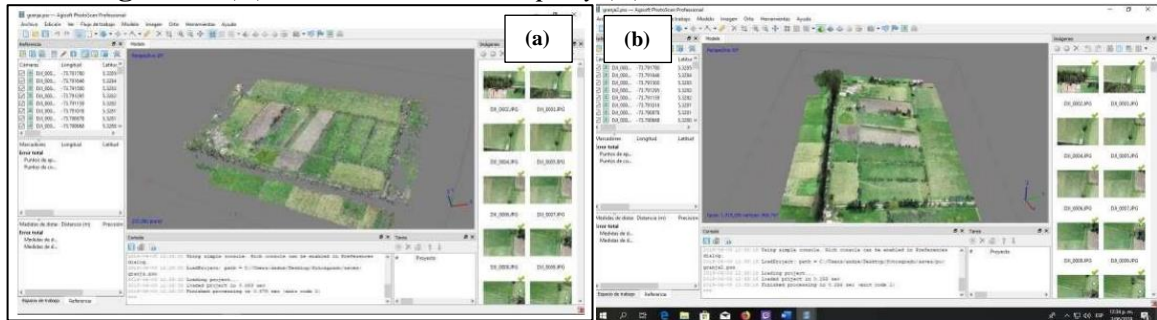
**Figura 25** Salida CAD con Depuración



Fuente: (Herrera et al, 2019).

Por otra parte, Herrera et al (2019), comenta que el uso de los programas Pix 4D y Agisoft, es dificultoso toda vez que toman tiempo considerable, por el tipo de procesador que tenga la computadora, ya que está sujeto a las de las memorias Ram y GPU de la computadora. De dichos softwares, se utilizó Pix4d, para la generación de la ortofoto, ya que la aplicación Agisoft presentaba conflictos. La nube de puntos se genera después de configurar el sistema de coordenadas del software, generándose una nube de puntos simple, **Figura 26(a)**. Se continúa generando la nube de puntos densa, **Figura 26(b)**, método que crea las estructuras a detalle en base a la nube de puntos simple, comparando las fotos con el modelo simple.

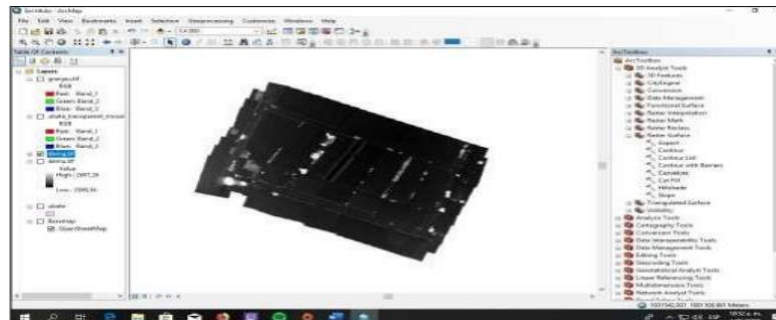
**Figura 26 (a) Nube de Puntos Simple y (b) Nube de Puntos densa.**



Fuente: (Herrera et al, 2019).

Herrera et al, (2019), menciona que al crear la nube de puntos densa es posible distinguir las variaciones en la altitud causada por el cálculo del software, el cual usa como base cada pixel de las fotografías, las intersecciones entre las mismas y el modelo. Al terminar la creación del modelo de puntos denso, se continua con la creación de la malla de textura y la creación del Modelo Digital de la Elevación; una vez realizado el DEM, se origina la foto ortogonal mediante el uso del software Pix4D, ya que se generó un problema entre el software Agisoft y el equipo. Una vez obtenido el DEM se importa al programa ArcMap para crear las curvas de nivel.

**Figura 27 MDE**



Fuente: (Herrera et al, 2019).

Herrera et al (2019), comenta que el DEM es base en la creación de las curvas de nivel, que se generaron partiendo de imágenes del municipio de Ubaté, presentando la formación de la topografía; lo que se reflejó en el Centro de estudios Agroambientales Granja el Tíbar el cual muestra pequeñas variaciones altitudes. Por otra parte, se depuraron las curvas altitudinales, **Figura 28**, ya que la mayoría de las mismas fueron tomadas en las estructuras o en presencia de árboles en el terreno, terminado este paso se observa que la zona del CEA no contiene variación altitudinal excepto por unos puntos. Finalizada corrección de las curvas de nivel se comienza a exportar las salidas gráficas, además de calcular las áreas por lotes, vías y canales presentes en la zona. Dichas salidas, se utilizan para el análisis de la investigación.

**Figura 28** *Generación Curvas de Nivel en Agisoft*

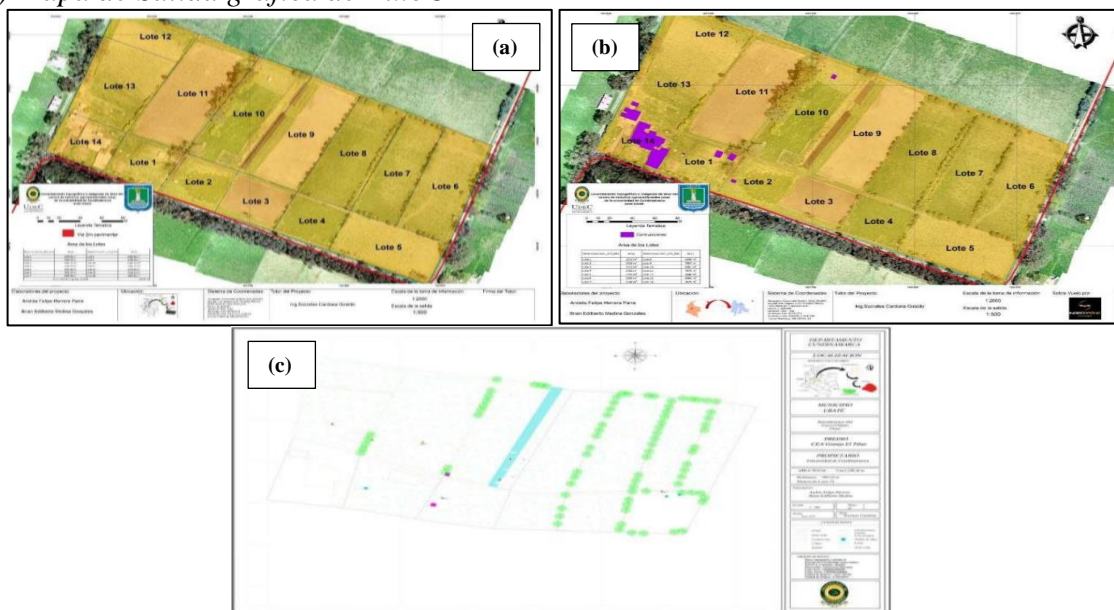


Fuente: (Herrera et al, 2019)

Según Herrera et al, (2019), partiendo de la técnica planteada, A partir de la metodología propuesta, se realiza el estudio de la foto ortogonal generada con las 270 fotografías captadas por el Dron Phantom 4 y los datos dados por el programa Tools, que permiten observar la confianza de los datos de los rastreos. Conteniendo distintos cuadros, los primeros a ser estudiados fueron el control de calidad, seguido por los reportes

arrojados culminando con el de áreas de los lotes. La granja El Tibar, está dividida en catorce loques. Con dichos datos, se puede analizar que la zona de estudio posee una superficie de 5 ha y 5000 m<sup>2</sup> en donde los estudiantes consiguen llevar a cabo sus prácticas. Los lotes de la granja están divididos desigualmente de acuerdo a diferentes usos, observando que los lotes número 2,4,5,6,7,8,10,12 y 13 están determinados a la crianza de ganado y pastaje, **Figura 29 (a)**. contando con una superficie total de 0.044739 Km<sup>2</sup> destinada a la crianza de ganado, obteniéndose que la mayor ocupación de dicho terreno es la crianza de ganado. Observándose igualmente, que, de los lotes para construcciones, el lote número 14 tiene una ocupación mayor de terreno para construcciones que los demás, **Figura 29 (b)**; ya que en este lote notamos más o menos un 80% del terreno total. Para los demás lotes, el porcentaje es sumamente bajo, volviéndose casi insignificante.

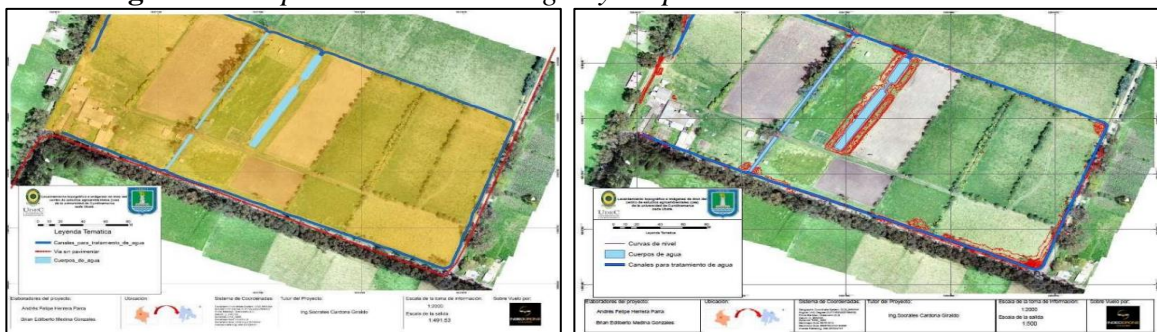
**Figura 29** (a) Mapa de loteo del predio, (b) Mapa de Construcciones presentes y (c) Mapa de Salida grafica de AutoCAD



Fuente: (Herrera et al, 2019)

Así mismo, Herrera et al (2019), nos dice que en época de inviernos se afecta en gran medida la composición topográfica y geológica de Ubaté, presentándose afectaciones para sus habitantes debido al aumento del caudal de los ríos y al cubrimiento de los terrenos por parte de las precipitaciones alterando los cultivos y la crianza animal directamente. En la actualidad el municipio de Ubaté, cuenta con un PBOT del año 2003, el cual no considera un estudio de riesgos y amenazas, significando un gran riesgo para la población municipal, y para todo el territorio. Los ciudadanos del perímetro rural han tratado de mitigar las amenazas de inundaciones mediante el uso de barreras, ocasionando desniveles en el terreno y pequeños montículos, así como canales que transportan el agua, **Figura 30.**

**Figura 30** Mapa Tratamiento de agua y Mapa de Curvas de nivel



Fuente: (Herrera et al, 2019)

Finalmente, Herrera et al (2019), afirma que el levantamiento de la topografía fue realizado de acuerdo a la resolución 643 de 2018 del IGAC. En la cual se establece la adecuada ejecución de los levantamientos topográficos, por eso fue necesario cumplir con los tiempos de rastreo exigidos en el documento, además de materializar los dos mojones llamados GPS 1 con coordenadas  $5^{\circ}19'44,09817''$  norte y  $73^{\circ}47'33,98056''$  oeste y GPS 2 con coordenadas  $5^{\circ}19'45,90627''$  norte y  $73^{\circ}47'40,82007''$  oeste.

**3.1.2 Elaboración de modelos digitales de terreno por medio de fotogrametría obtenida por tecnología dron, relacionado con el método convencional, en la intersección de la vía Saboyá Sutamarchán con la Ruta 45ª, Boyacá - Colombia.**

**Planeación del vuelo y toma de la información**

Para Nieto et al (2019), Este paso contempla los parámetros para caracterizar el área a capturar mediante GPS y los parámetros del vuelo para la toma de imágenes fotográficas, realizando bloques fotogramétricos, vuelos a 50 m de altitud, de acuerdo a la normativa de Colombia, con un trasposición lateral del 80% y una trasposición longitudinal del 60%, efectuándose 4 grupos fotogramétricos con una cantidad de 1501 fotografías y 1497 imágenes corregidas, para este trabajo se utilizó el software Pix4D, **Figura 31**, permitiendo trazar una ruta de vuelo, la cual permite que se tomen fotografías de manera secuencial a la vez que desde la base de control se monitoree el progreso de la captación de información, así como la situación del equipo, altitud del vuelo, etc.

**Figura 31** Ruta del vuelo vía 45ª tramos norte y sur.



Fuente: (Nieto et al, 2019).

**Procesamiento digital.**

Según Nieto et al (2019), se utilizó Argisoft Photoscan para realizar el procesamiento digital, el cual es un programa creado para el procesado digital de imágenes

bidimensionales, pudiendo crear modelos tridimensionales de valores espaciales, **Figura 32**, abarcando así grandes aplicabilidades en los SIG, obteniéndose gran nivel de exactitud y solidez al procesar grandes cantidades de fotografías.

**Figura 32** *Procesado digital*

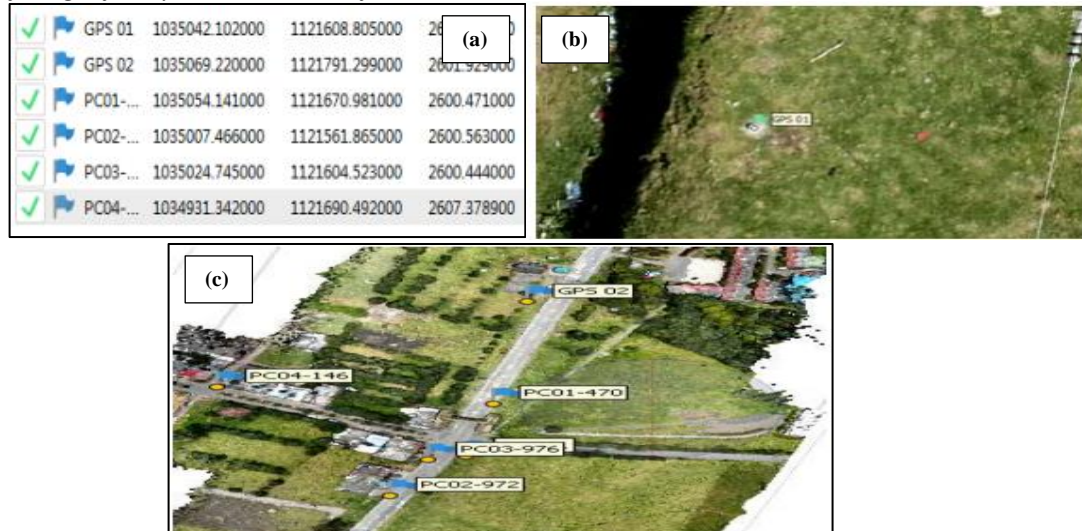


Fuente: (Nieto et al, 2019).

### Foto control

Nieto *et al.*, 2019), indican que, los puntos control se tomaron en áreas sin vegetación para que fuera más fácil y preciso identificarlos y ubicarlos en las fotografías, así mismo, dichos puntos se ubicaron homogéneamente en el trazado de la investigación y se posicionaron satelitalmente, en esta investigación se instalaron 6 puntos de control, dos fueron placas con coordenadas y cuatro fueron puntos relevantes en la zona, **Figura 33 (a)**. posteriormente se registran las coordenadas para todos los puntos de control, **Figura 33 (b)**, finalmente se realiza el filtrado de las fotografías en donde se observen los distintos puntos de control, digitando manualmente cada marcador ubicado en la imagen. **Figura 33 (c)**.

**Figura 33** (a) Puntos de fotocontrol, (b) Marca del punto de control sobre la imagen fotográfica y (c) Puntos de fotocontrol.

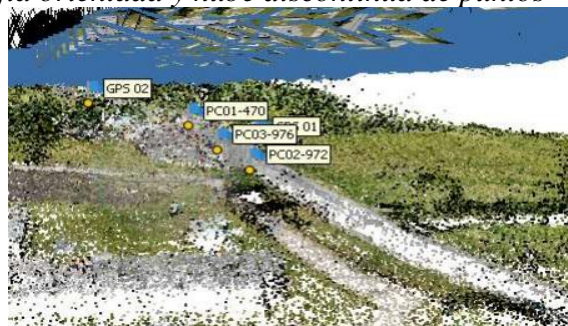


Fuente: (Nieto et al, 2019).

### Orientar fotos

Así mismo, Nieto et al (2019), dicen que la dirección de las fotografías es basada en los datos de campo, ángulos de inclinación y coordenadas, así cada una de las imágenes tienen coordenadas geográficas que son transformadas por el programa a planas. Con dichas coordenadas las imágenes poseen una orientación permanente, consiguiendo un proceso inicial, nube de puntos discontinuos y un grupo fotogramétrico, **Figura 34**.

**Figura 34** Fotografía orientada y nube discontinua de puntos

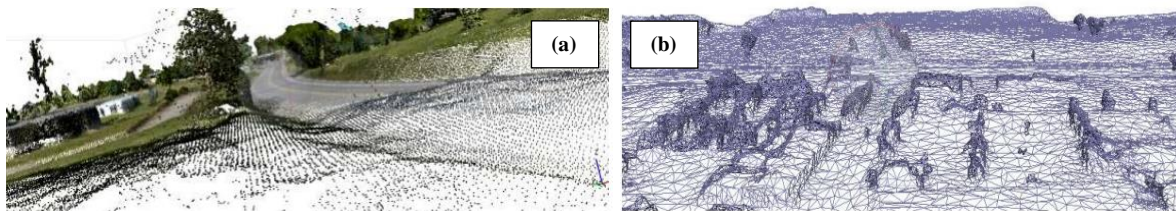


Fuente: (Nieto et al, 2019).

### **Nube densa de puntos.**

Para Nieto et al (2019), la nube de puntos densa, es el grupo de puntos georreferenciados tridimensionalmente que representan el terreno levantado, **Figura 35(a)**. Dicha nube incluye los elementos capturados como zonas arbóreas, autos, viviendas, entre otros. Estos elementos generalmente encuentran el insumo para la creación de distintos tipos de productos como modelo digital de terreno, de superficie y curvas de nivel; siendo reproducidos en programas como Civil 3D o Arcmap. Así mismo definen la malla de puntos como la combinación de la nube densa de puntos que crea un modelo de elevaciones que texturiza la superficie, **Figura 35(b)**.

**Figura 35** (a) Nube de puntos densa y (b) Malla de puntos.



Fuente: (Nieto et al, 2019).

### **Modelo digital de elevación.**

Tal como lo expresan Nieto et al (2019), el MDE, es la simbolización 3D de la fotogrametría georreferenciada y niveles altitudinales, dicho MDE es un modelo con grandes aplicaciones, siendo la base en el instante de generar el MDT. Esta superficie, **Figura 36**, al igual que la nube densa de puntos, tiene en cuenta la totalidad de los datos en la imagen, mostrando las alturas de la zona vegetal, viviendas, estructuras, así como la forma y morfometría del terreno.

**Figura 36 MDE**

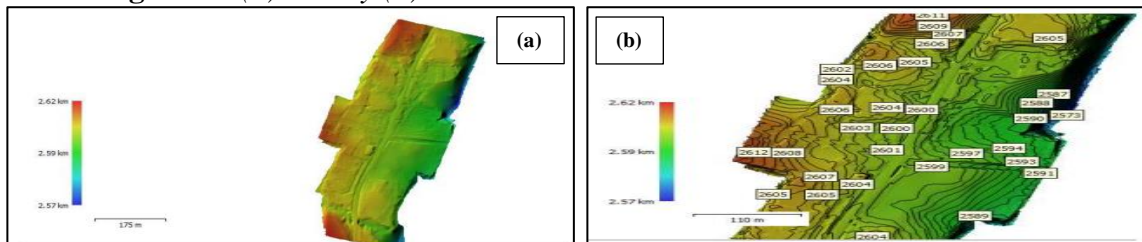


Fuente: (Nieto et al, 2019).

### Modelo digital de terreno

Nieto et al (2019), Plantean que, una vez obtenido el primer insumo, se pueden quitar aquellos componentes no deseados como plantas arbóreas, arbustos, etc. Del modelo digital de elevación, **Figura 37(a)**. Partiendo de este modelo se generan las curvas de nivel, **Figura 37(b)**, creando un MDT el cual se puede exportar para realizar cualquier diseño.

**Figura 37 (a) MDT y (b) Curvas de nivel.**



Fuente: (Nieto et al, 2019).

### Ortofotomosaico.

Posteriormente Nieto et al (2019), obtienen el ortofotomosaico, uniendo las superposiciones de las imágenes con su ajuste de foto de control.

**Figura 38** Mosaico de fotografía ortogonal



Fuente: (Nieto et al, 2019).

### **Exportación a AutoCAD Civil 3D.**

Nieto et al (2019), realizaron un paso adicional, exportando el modelo digital del terreno, a un programa como Civil 3D, para realizar el diseño geométrico de las vías, calcular los volúmenes, delimitar áreas, etc.

**Figura 39** Modelo digital del terreno, vista en planta



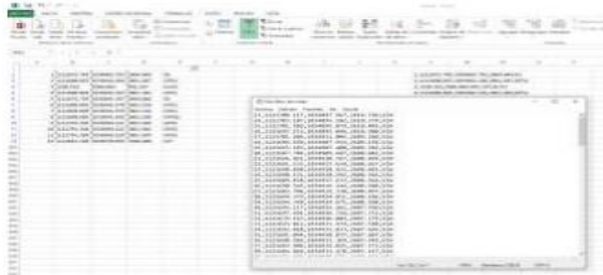
Fuente: (Nieto et al, 2019).

### **Carga de la nube de puntos a Civil 3D.**

Siguiendo la metodología, Nieto et al (2019), Una vez realizado el levantamiento topográfico del terreno, se descarga la información contenida en la estación en el computador cambiando su formato a .txt delimitado por comas, para que se puedan localizar dichos puntos en Civil 3D el cual en la mayoría de veces posee el siguiente orden:

número del punto, coordenada y, coordenada x, descripción. Dicho orden hace posible que el programa reconozca y separe las coordenadas norte y este al mismo tiempo que da una posición de altitud al conjunto de puntos importado.

**Figura 40** Cartera con los puntos obtenidos en Excel y Bloc de Notas

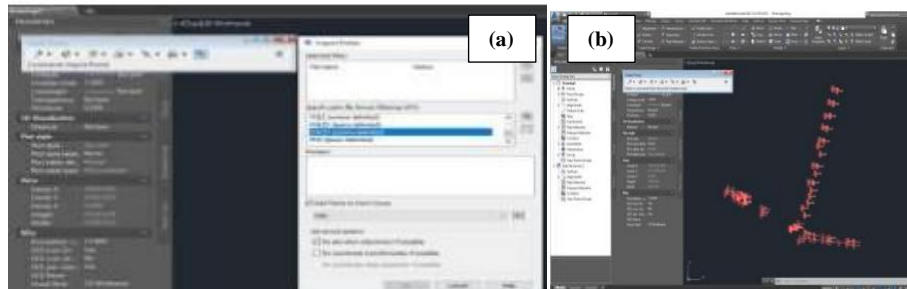


Fuente: (Nieto et al, 2019).

### Carga de puntos a Civil 3D

Nieto et al (2019), proceden cargar los puntos antes convertidos, indicando la organización de los mismos, en esta ocasión se seleccionó el orden PNEZD (número del punto, coordenada y, coordenada x, coordenada z y descripción) separado por comas, coincidiendo con el formato del archivo .txt.

**Figura 41** (a) Carga de los puntos a Civil 3D y (b) Nube de puntos importada

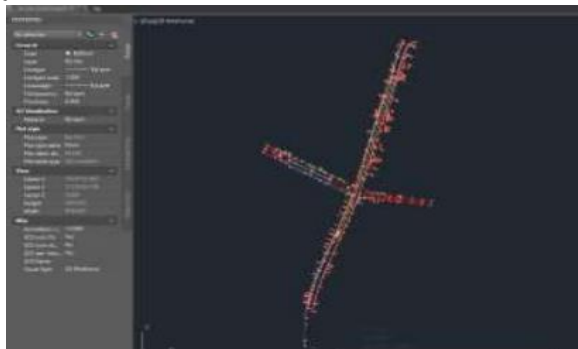


Fuente: (Nieto et al, 2019).

### **Digitalización de detalles y triangulación de superficie**

Una vez importados los puntos en el programa Civil 3D, Nieto et al (2019), realizaron el dibujo de los detalles radiados en el levantamiento.

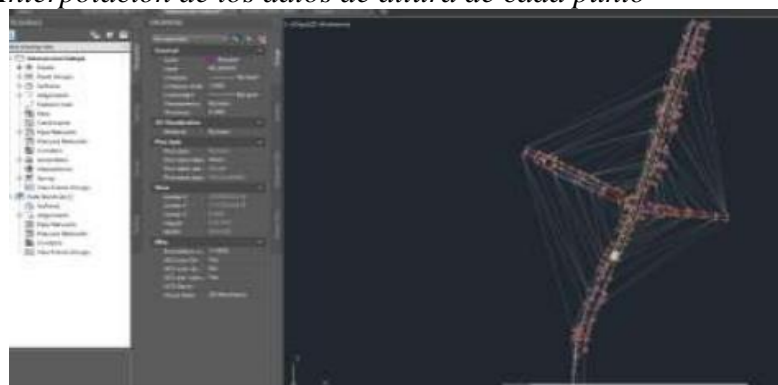
**Figura 42** *Digitalización de detalles*



Fuente: (Nieto et al, 2019).

Posteriormente, Nieto et al (2019), generan la superficie de la zona mediante los valores de altura de la totalidad de los puntos capturados en el levantamiento de la topografía, mediante la triangulación de la altura de los puntos generando las curvas de nivel que dan forma al MDT.

**Figura 43** *Interpolación de los datos de altura de cada punto*

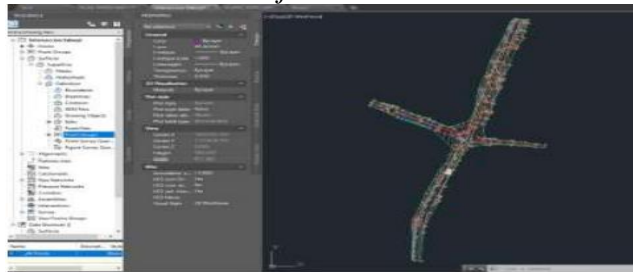


Fuente: (Nieto et al, 2019).

### Delimitación de la superficie

Así mismo, Nieto et al (2019), delimitan la superficie ya que el programa correlaciona todos los puntos interpolados unos con otros, debiéndose delimitar la zona, para este caso formando una especie de rombo.

**Figura 44** Limitación del área a trabajar

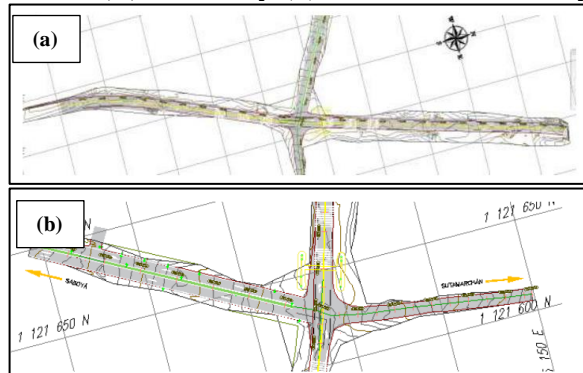


Fuente: (Nieto et al, 2019).

### Perfiles longitudinales de las vías

Después de que se generan las curvas de nivel y la superficie, Nieto et al (2019), proceden a definir los ejes de las vías de la ruta 45 y de la vía secundaria la cual interconecta los pueblos Sutamarchán y Saboyá; con su correspondientes coordenadas y cotas.

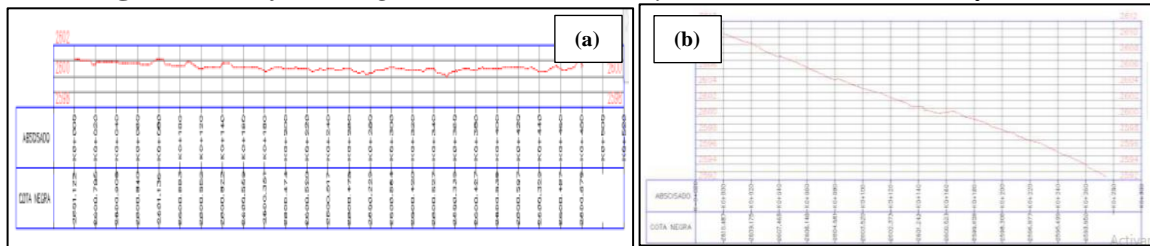
**Figura 45** Ejes de las vías (a) Ruta 45 y (b) Sutamarchán -Saboyá



Fuente: (Nieto et al, 2019).

Una vez definido el eje de cada vía, Nieto *et al.*, (2019), generan los perfiles longitudinales de las mismas, obteniendo valores de la pendiente y la diferencia de alturas de las vías, así como un concepto sobre la forma y tipo del relieve de la zona.

**Figura 46** Perfiles longitudinales (a) vía 45 y (b) Sutamarchán -Saboyá

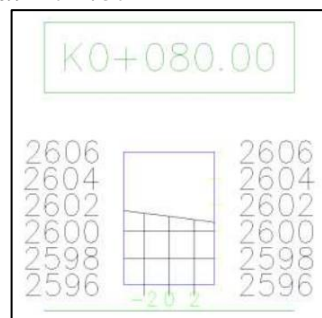


Fuente: (Nieto et al, 2019).

### Sección transversal

Posteriormente, Nieto *et al.*, (2019), generan cada sección transversal para el terreno.

**Figura 47** Sección transversal K0+.80



Fuente: (Nieto et al, 2019).

Finalmente, Nieto et al (2019), Concluyen que cada sección transversal ayuda a comprender el comportamiento del terreno respecto a su movimiento, dichas secciones deberán realizarse cuando se diseña una vía o un talud, siendo, además, una variable de gran importancia ya que permite que se detalle a un nivel mayor el relieve de la zona



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



levantada. Por otra parte, afirman que para que un levantamiento de topografía con el uso de dron se realice de manera exitosa, se basa en el diseño de la ruta de vuelo, esto de acuerdo a los parámetros a utilizar, la zona de estudio y el dron a usar, se puede determinar la cantidad de datos a almacenar y procesar, debido a que al levantar terrenos de gran superficie es necesario capacidades altas de almacenamiento y procesamiento para dicha información, convirtiéndose en una limitación al momento de generar grandes cantidades de imágenes en alta resolución así como copiar datos de un equipo a otro. De igual forma siendo muy importante el sistema de coordenadas y la manera en que esté configurados.



SC

*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



#### 4. Conclusiones

Acorde a los datos obtenidos en el presente trabajo, ha tenido por finalidad dar a conocer el papel que cumplen los Drones en los levantamientos de topografía, las ventajas respecto a la minimización de tiempo en que se lleva a cabo un levantamiento, el ahorro de costos, y la menor cantidad de personal requerido para realizar dichos levantamientos, haciendo que se generen en cuestión de minutos los levantamientos que antes tomaban semanas.

Actualmente se cuenta con diferentes métodos y herramientas que facilitan la recolección de datos en zonas de difícil acceso, rectificando que los drones, pueden ser herramientas eficaces al momento de realizar un levantamiento topográfico de cualquier tipo de proyecto.

Actualmente el procesamiento de la información puede verse limitado por el nivel de memoria del hardware a utilizar, así como su tipo de procesador, lo cual puede no permitir realizar el levantamiento topográfico de una zona de gran extensión.

Se puede concluir que el software es la alternativa para el futuro, con ellos se pueden llevar a cabo múltiples funciones que requiere la Ingeniería Civil, cada uno de ellos cumplen un Roll importante en el levantamiento topográfico con Drones, se logra obtener, ortomosaicos, fotogrametría, nubes de puntos, disminuyendo con estos sistemas avanzados el porcentaje de error.



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



Todas las nuevas alternativas que lleven al mejoramiento de los levantamientos topográficos mediante la tecnología deben ser aplicadas para garantizar un buen trabajo y desempeño en la Ingeniería Civil.



SC

*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



## Bibliografía

- Tacca, H., & Quelca. (26 de 08 de 2015). *Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional*. Obtenido de Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional:  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3882>
- (13 de Septiembre de 2021). Obtenido de <https://acgdrone.com/levantamientos-topograficos-con-drones/>
- 3DCadPortal. (23 de Marzo de 2013). *Autodesk Recap*. Obtenido de Autodesk Recap: .  
<https://www.3dcadportal.com/que-es-autodesk-recap.html>
- A, V. (31 de Marzo de 2017). *Drones para la topografía, ventajas importantes para el sector*. Obtenido de Drones para la topografía, ventajas importantes para el sector:  
<https://www.pilotando.es/drones-para-topografia/>.
- Aereospacial, O. (17 de julio de 2020). *La evolucion de los Drones*. Obtenido de la evolucion de los Drones : <http://www.esga.milar.ar>
- C., L. (19 de Septiembre de 2019). *Los 10 mejores programas para la fotogrametría*. Obtenido de Los 10 mejores programas para la fotogrametría:  
<https://www.3dnatives.com/es/mejores-sofware-programas-fotogrametria-190920192/#!>



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



Corredor, J. G. (05 de Diciembre de 2015). *Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá – Rio Frio*. Obtenido de Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá – Rio Frio.: <http://hdl.handle.net/10654/7596>.

Escalante T., Cáceres J., J.J., & Porras D., H. (2016). Ortomosaicos y modelos digitales de elevación generados a partir de imágenes tomadas con sistemas UAV. *Tecnura*, 119-140.

Gis&Beer. (02 de Octubre de 2016). *Agisoft PhotoScan, ortomosaicos para drones*. Obtenido de Agisoft PhotoScan, ortomosaicos para drones: <http://www.gisandbeers.com/agisoft-photoscan-ortomosaicos-para-drones/>

Jura, M. (20 de Diciembre de 2019). *Creative Commons Attribution 3.0 Unported*. Obtenido de Creative Commons Attribution 3.0 Unported: [https://www.researchgate.net/figure/Autodesk-ReCap-autodeskcom\\_fig2\\_338082126](https://www.researchgate.net/figure/Autodesk-ReCap-autodeskcom_fig2_338082126)

Knisely, T. (09 de Julio de 2020). *Todo lo que necesitas saber sobre topografía con drones*. Obtenido de Todo lo que necesitas saber sobre topografía con drones: <https://enterprise-insights.dji.com/>



SC

*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL**  
*Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!*



Margarita. (01 de Septiembre de 2015). *MUPPette, el dron volador que imprime en 3D*.

Obtenido de MUPPette, el dron volador que imprime en 3D:

<https://www.3dnatives.com>

Martínez Martínez, J., & Carrasco . (04 de Octubre de 2020). *DEFINICIÓN E HISTORIA*

*DE LOS DRONES*. Obtenido de DEFINICIÓN E HISTORIA DE LOS DRONES:

<https://repositorio.upct.es>

Santana Peña, J., & Sanz Méndez, T. (2011). *Fundamentos de Fotogrametría*. Obtenido de

Fundamentos de Fotogrametría.: [file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Dialnet-](file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Dialnet-FundamentosDeFotogrametria-492591%20(1).pdf)

[FundamentosDeFotogrametria-492591%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Dialnet-FundamentosDeFotogrametria-492591%20(1).pdf)

Zuza, M. (03 de Diciembre de 2018). *Photogrammetry 2- 3D Scanning simpler, better than*

*ever!* Obtenido de Photogrammetry 2- 3D Scanning simpler, better than ever!:

[https://blog.prusa3d.com/photogrammetry-2-3d-scanning-simpler-better-than-](https://blog.prusa3d.com/photogrammetry-2-3d-scanning-simpler-better-than-ever_29393/)

[ever\\_29393/](https://blog.prusa3d.com/photogrammetry-2-3d-scanning-simpler-better-than-ever_29393/)



SC

*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en*

Universidad de Pamplona

Pamplona - Norte de Santander - Colombia

Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750