# UTILIZACIÓN DE RPAS PARA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA GENERACIÓN DE ESTUDIOS DETALLADOS DE GESTIÓN DEL RIESGO MUNICIPAL

# RPAS's UTILIZATION FOR OBTAINING OF GEOGRAPHICAL INFORMATION FOR THE GENERATION OF DETAILED STUDIES OF MANAGEMENT OF THE MUNICIPAL RISK

**AUTOR**
Oscar Andres Calvo Montoya
Ing. Catastral y Geodesta
U3101299@unimilitar.edu.co

**TUTOR:**
Luis Giovanny Carvajal Rodriguez
Ing. Catastral y Geodesta
Msc. En Geografía

ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
Bogotá D.C.
2016

## RESUMEN

La utilización de los RPAS en operaciones civiles cada vez son más comunes, de esta forma se plantea la utilización de estas herramientas para la captura de información que permita generar los insumos necesarios para la interpretación y análisis de la información generada por estas tecnologías para dar cumplimiento a los requerimientos legales y técnicos necesarios para realizar los planes detallados de gestión del riesgo municipal y los respectivos diseños para sus obras de mitigación según las medidas planteadas. Se proponen dos áreas pilotos para el análisis de los riesgos por inundación y movimientos en masa para realizar los modelos y análisis con los RPAS.



**Palabras clave:**
RPAS, UAV, DRONES, cambio climático, gestión del riesgo, medio ambiente, geología, anáglifo, fotografía aérea, amenazas naturales.



## ABSTRACT

The use of RPAS in civil operations is becoming more common, in this way it is proposed the use of these tools to capture information that allows generating the necessary inputs for the interpretation and analysis of the information generated by these technologies to comply To the legal and technical requirements necessary to carry out the detailed municipal risk management plans and the respective designs for their mitigation works according to the measures proposed. Two pilot areas are proposed for the analysis of flood risks and mass movements to perform the models and analysis with the RPAS



**Keywords:**
RPAS, UAV, DRONES, climate change, risk management, environment, geology, anaglyph, aerial photography, natural hazards


## INTRODUCCIÓN

Los RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) como herramienta para la obtención de información espacial ha tomado gran fuerza, ha incursado en la operación de equipos para usos civiles obteniendo grandes resultados en las áreas de la ingeniería, agricultura, minería  medio ambiente entre otros sectores. La versatilidad que presentan como sus bajos costos de operación ha permitido su aplicación e investigación en diversas áreas del conocimiento.

Debido a esta versatilidad y la facilidad en la adquisición de la información con estas herramientas se plantea la utilización de estas plataformas para la captura de la información necesaria para la realización de los estudios detallados de gestión del riesgo debido a que sus bajos costos y altas calidades en los datos obtenidos permitirán realizar estos análisis de una forma más óptima, más rápida, menores costos y reduciendo la exposición de los profesionales a los riesgos que presentan las áreas objeto de análisis como la dificultad de acceso a algunas de estas áreas.

Se presenta una solución y aplicación de los RPAS a la generación de información mediante las herramientas geomáticas que faciliten a los profesionales el acceso a la información de forma óptima, rápida y de calidad, al igual de poder generar la información geográfica necesaria para dar cumplimiento por los requerimientos establecidos por la legislación Colombiana para estos estudio.

# 1. MATERIALES Y MÉTODOS

Se plantea la utilización de los RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) por sus siglas en ingles también conocidos como UAV (Unmanned Aerial Vehicle), DRONE. Son aeronaves piloteadas a distancia conformada por su estación conexa de pilotaje a distancia, los enlaces requeridos de mando y control y cualquier otro componente según lo especificado en el diseño de tipo **[1]** para la obtención de información geográfica necesaria para la realización de estudios de gestión de riesgos municipales detallados para dar cumplimiento a lo establecido en la ley 1523 del 24 de abril de 2012 **[2]** y su decreto reglamentario 1807 del 19 de septiembre de 2014 **[3]**.

## 1.1. METODOLOGIA

Para el la planeación y obtención de la información geográfica se plantea en dos fases. La primera fase se denominara planeación y levantamiento de información con RPAS y la segunda se denominara procesamiento y análisis de la información.

### 1.1.1. METODOLOGÍA FASE PLANEACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACION CON RPAS

Para la identificación de las áreas objeto de análisis de riesgos a nivel detallado se parte de la identificación de los sitios críticos establecidos en los planes de ordenamiento territorial (POT) y el plan municipal de gestión del riesgo de desastre.

En la Figura 1 se presenta el flujograma de actividades planteadas en la metodología para la ejecución de la primera fase identificando como una de las actividades criticas la solicitud de permisos ante la UAEAC, esto debido a los requerimientos académicos, técnicos y administrativos que son requeridos para la aprobación [1].

Figura 1. Fase de planeación y levantamiento de información
**Fuente:** Elaboración propia 2016.

El decreto 1807 de 2014 [3] define como estudios detallados a los estudios orientados a determinar la categorización del riesgo y establecer las medidas de mitigación correspondientes.

Para los estudios se definen las siguientes escalas de trabajo dependiendo de la clase de suelo definido en el POT. (Ver Tabla 1 ).

**Tabla 1.** Escala de trabajo estudios detallados

| CLASE DE SUELO | ESCALA (m) |
|---|---|
| Urbano | 1:2000 |
| Expansión Urbana | 1:2000 |
| Rural Suburbano | 1:5000 |

Fuente: Decreto 1807 de 2014 [3]

Se plantean dos tipos de amenazas para el análisis las cuales son amenaza por movimientos en masa y amenaza de inundación.

En la Figura 2 se presenta el flujograma de actividades y productos obtenidos en la fase de procesamiento y análisis de la información obtenida en la primera fase con el objetivo de obtener la mayor cantidad de información geográfica para la identificación de la amenaza y la evaluación del riesgo al igual de mejorar la calidad de los datos dando cumplimiento con las escalas mínimas establecidas en la normatividad vigente.

**Figura 2.** Fase de procesamiento y análisis
**Fuente:** Elaboración propia 2016.

La captura de información con RPAS permite la obtención de información geográfica con resoluciones espaciales de 3 a 10 cm, esta resolución depende de la altura de vuelo a la que se ejecute el plan de vuelo y el tipo de cámara tomando como uno de los datos principales la distancia focal de la cámara.

Los modelos digitales de terreno (MDT) y los modelos digitales de superficie (MDS) nos permite la obtención de información necesaria para la interpretación de la superficie terrestre para realizar los análisis geológicos, geomorfológicos e hidrológicos basados en la superficie terrestre.

Los anáglifos permiten una representación de la superficie en tres dimensiones mediante la utilización de gafas anaglíficas, esta técnica es muy utilizada por los geólogos para la identificación de las geoformas a nivel de elementos y esta interpretación se puede realizar sin necesidad de utilización de herramientas y software especializado.

En la Figura 3 se presenta la categorización de la geomorfología indicando las diferentes fuentes y metodología existentes para la interpretación al igual que la escala de la información. Para poder realizar la interpretación a nivel de elementos la cual es exigida por la normatividad vigente se hace referencia a estudios con escalas menores a 1:10.000, las metodologías o autores que contemplan este tipo de análisis son los determinados por el INGEOMINAS en el año 1999 escrito por el geólogo José Henry Carvajal [4] actualizada en el año 2011 por la misma institución, es esta se habla de análisis a nivel de elemento o componente geomorfológico. Otra metodología que contempla este nivel de detalle en los análisis es la metodología planteada por Hugo Villota [5] en el año 1991 metodología geomorfológica aplicada a los levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras.

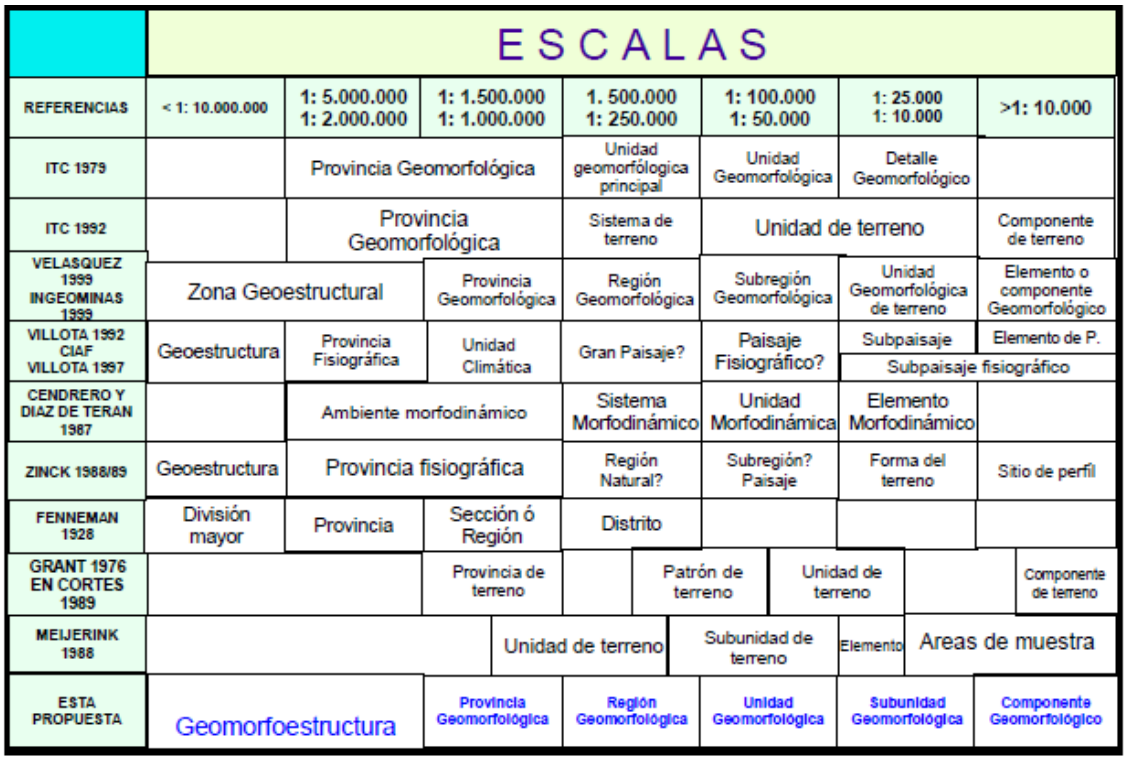


**Figura 3.** Categorización geomorfológica y fisiográfica en diferentes sistemas de clasificación
**Fuente:** Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia [4]

Los RPAS permiten obtener información necesaria para la realización de levantamientos topográficos debido a su resolución espacial y la posibilidad de obtener información en 3 dimensiones permitiendo visualizar y representar la superficie de una forma óptima para la generación de levantamientos topográficos para la gestión del riesgo.

## 2. ANALISIS Y RESULTADOS

Aplicando la metodología planteada para identificar la posibilidad de obtener la información espacial necesaria para la realización de estudios detallados de riesgos por movimiento en masa e inundación.

La identificación del punto crítico está definida dentro del plan municipal de gestión del riesgo de desastre, documento donde se realizó la identificación de los puntos críticos basados en los estudios básicos. Estos sitios son priorizados e identificados dando cumplimiento a la ley 1523 de 2012 [2] y su decreto reglamentario 1807 de 2014 [3]. Para este caso se definieron dos zonas diferentes la primera ubicada en la ciudad de Villavicencio Meta donde se realizara el análisis por amenaza de inundación y la segunda zona ubicada en el municipio de Fresno Tolima donde se realizara el análisis de amenaza por movimiento en masa.

Los resultados de los dos zonas se presentaran de forma simultánea, esto debido a que se realizan las mismas actividades pero con diferentes análisis, interpretaciones y usos de los resultados.

## 2.1. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

Para la identificaron de los puntos críticos se procedió a realizar la revisión y evaluación de los sitios identificados y priorizados en los Planes Generales de Gestión del Riesgo Municipal de los municipios de Villavicencio y Fresno [6]. En ellos se identificaron los puntos referenciados en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Puntos críticos

| MUNICIPIO | SITIO | DESCRIPCION |
|---|---|---|
| Fresno | Centro Poblado el Tablazo | Centro poblado ubicado en la cuchilla de montaña con presencia de pendientes superiores a 50%, Se presentan agrietamiento en viviendas por movimientos en masa. |
| Villavicencio | Río Ocoa- Isla San Cipriano | Área de confluencia hídrica del caño La Unión con el río Ocoa. Planicie de inundación con presencia de población en el plano deltaico del río. |

**Fuente:** Plan general de gestión de riesgo municipio de Villavicencio 2015 [7], Plan general de gestión de riesgo municipal municipio de Fresno 2016 [8]

En la Figura 4 se presenta la ubicación general de los sitios objeto de análisis, Los dos sitios presentan topografías completamente diferentes, el primero ubicado en un paisaje de montaña con presencia de altas pendientes, el segundo ubicado en un paisaje de pie de monte influenciado por la descarga de sedimento transportado por los cuerpos de agua y depositados en las zonas planas y cuencas de sedimentación de los ríos, caños y quebradas.

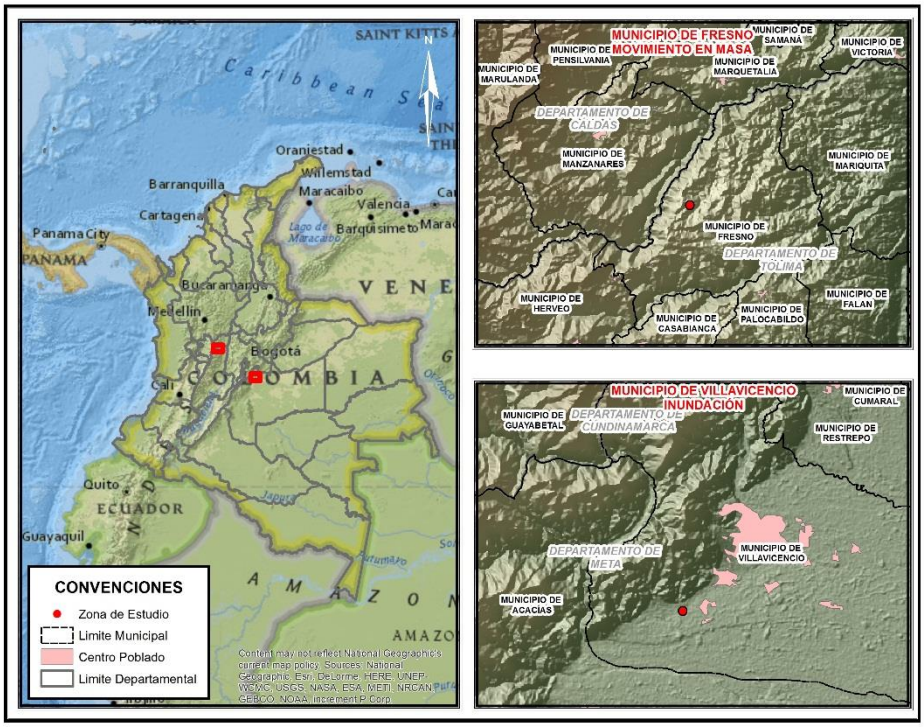


**Figura 4.** Localización general de las zonas de estudio.
**Fuente:** Elaboración propia 2016.

Los dos sitios identificados presentan asentamientos humanos con una vulnerabilidad alta a media según lo establecido en los planes generales de gestión del riesgo municipal.

## 2.2. EVALUACIÓN DE AMENAZAS PRESENTES

Una vez identificado los sitios críticos se realiza una primera evaluación de los fenómenos naturales amenazantes predominantes en cada una de las áreas de estudio con el objetivo de identificar el manejo y el análisis que se realizara con la información obtenida del RPAS.

Para el centro poblado de El Tablazo se identifica que todo en centro poblado se encuentra en una amenaza alta por movimientos en masa representado en color marrón oscuro en la Figura 5, esto debido a la ubicación y a la forma de ocupación del territorio de la población construyendo en la cuchilla de la montaña zona por donde cruza la vía más importante de esta zona para desplazarse a la cabecera municipal.

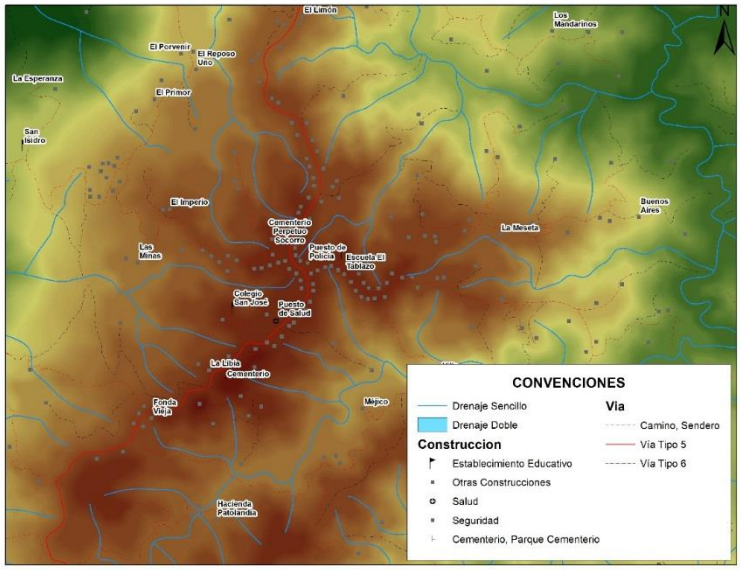


**Figura 5.** Amenaza por movimiento en masa centro poblado El Tablazo.
**Fuente:** Plan general de gestión de riesgo municipal municipio de Fresno 2016 [8].

Para el municipio de Villavicencio en el plan general de gestión del riesgo se identifica al río Ocoa y su planicie de inundación con un grado de amenaza alta como se puede apreciar en la Figura 6, por ser un estudio general es necesario realizar el análisis detallado de este sector con el fin de identificar las zonas amenazadas por este fenómeno natural.

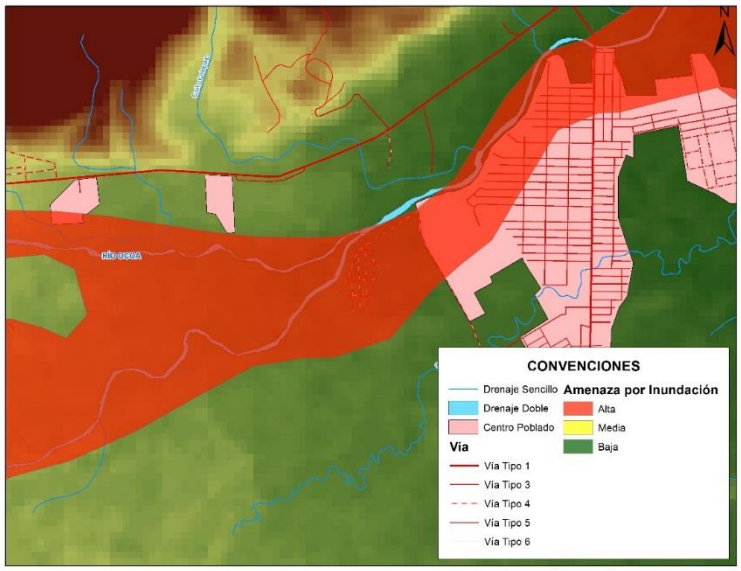


**Figura 6.** Amenaza por inundación cabecera municipal de Villavicencio.
**Fuente:** Plan general de gestión de riesgo municipio de Villavicencio 2015 [7].

## 2.3. PLAN DE VUELO

Para la realización del plan de vuelo fue necesario primero evaluar el tipo de aeronave (RPA) que se acopla mejor a los requerimientos de información. Para este caso se identificó que las aeronave óptima para estos levantamientos son la aeronave tipo multicolor [1], esto debido a la facilidad que cuentas estas aeronaves para despegar de forma vertical requiriendo un área pequeña para su despegue y aterrizaje de forma segura y controlada.

Una vez identificada el tipo de aeronave se procede a realizar el plan de vuelo. Este plan de vuelo se realizó con dos software diferentes uno para cada una de las áreas de estudio, esto con el objetivo de evaluar la posibilidad de la toma de información con cada uno de ellos.

Para el caso del área de estudio del centro poblado de El Tablazo se realizó el plan de vuelo utilizando la aplicación DroneDeploy, aplicación compatible con dispositivos móviles tipo tableta o celular con los sistemas operativos IOS o Andriod. Para el área de estudio del municipio de Villavicencio se realizó el plan de vuelo con el programa Mission Planner programa manejado en el sistema operativo Windows. La aplicación DroneDeploy es de descarga gratuita y el programas Mission Planner es software libre de código abierto.

### 2.3.1. PLAN DE VUELO EL TABLAZO

Para la realización del plan de vuelo del centro poblado El Tablazo se contempló la forma del terreno, esto debido a que las líneas de vuelo se planearon lo más paralelas a las curvas de nivel, como el centro poblado se encuentra en la cuchilla de una montaña presenta una topografía heterogénea. Los criterios para el plan de vuelo se presentan en la Tabla 3

**Tabla 3.** Criterios plan de vuelo centro poblado El Tablazo

| CRITERIO | VALOR |
|---|---|
| Altura de Vuelo | 100 m |
| Recubrimiento longitudinal | 70% |
| Recubrimiento transversal | 65% |
| Área Cubierta | 40 Hectáreas |
| Tiempo estimado de Vuelo | 15:46 Min |
| Resolución (GSD) | 4.3 cm/pix |

**Fuente:** Elaboración propia 2016

En la Figura 7 se presenta el plan de vuelo en forma gráfica, para la zona de estudio el aplicativo no contaba con imagen de referencia en esta zona, razón por la cual se dificulto un poco la identificación del área objeto de captura de información con RPAS.

La aplicación utilizada permite el trabajo online como offline, para el trabajo offline es necesario realizar el inicio de sesión en la aplicación utilizando conexión a internet posterior al hacer el inicio de sesión permite trabajar sin necesidad de tener una conexión a internet.

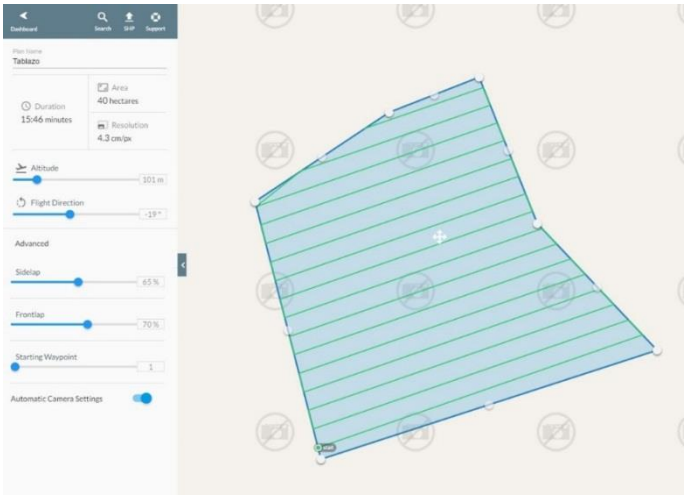


**Figura 7.** Plan de vuelo centro poblado El Tablazo.
**Fuente:** Elaboración propia 2016

### 2.3.2. PLAN DE VUELO VILLAVICENCIO

Para la realización del plan de vuelo se realizó a lo largo del trazado del río Ocoa, esto con el objetivo de evitar volar sobre las zonas densamente pobladas de la cabecera municipal, la planeación de este plan de vuelo se realizó previa a la publicación de circular 002 de la UAEAC [1]. Los criterios para el plan de vuelo se presentan en la Tabla 4

**Tabla 4.** Criterios plan de vuelo río Ocoa municipio de Villavicencio

| CRITERIO | VALOR |
|---|---|
| Altura de Vuelo | 340 m |
| Recubrimiento longitudinal | 70% |
| Recubrimiento transversal | 70% |
| Número de fotografías | 1402 |
| Resolución (GSD) | 30 cm/pix |

**Fuente:** Elaboración propia 2016

En la Figura 8 se presenta el plan de vuelo planeado con los criterios presentados en la Tabla 4, en esta zona se logra identificar 2 aeropuertos cercanos los cuales son en la parte norte el aeropuerto de Vanguardia y en la parte sur oriental el aeropuerto de la Base Aérea de Apiay.

**Figura 8.** Plan de vuelo río Ocoa municipio de Villavicencio.
**Fuente:** Elaboración propia 2016

## 2.4. SOLICITUD DE PERMISOS ANTE LA UAEAC

Este trámite está regulado bajo la Circular reglamentaria N° 002 [1] del año 2015, donde se establecen los requerimientos técnicos, administrativos y de formación para realizar la solicitud y la obtención de los permisos para la operación de los RPAS en el territorio nacional. En la circular indica que los permisos se deben tramitar 15 días previos a la ejecución del levantamiento.

Para el caso del levantamiento realizado en el municipio de Villavicencio fue realizado previo a la publicación de la circular reglamentaria por esta razón para esta área no se realizó el procedimiento. Para el área del centro poblado El Tablazo se realizó el trámite del permiso solicitado en la circular aprobando el plan de vuelo planteado con la restricción de realizar la verificación de las condiciones climatológicas para la zona de estudio previo a la operación e informar a las autoridades policiales de la operación del RPAS en esta zona.

Esta es una de las etapas críticas del proyecto ya que requieren de trámites administrativos ajenos a la ejecución del proyecto pero son necesarios para el cumplimiento de las normatividades vigentes.

## 2.5. EJECUCION DEL PLAN DE VUELO-CAPTURA DE INFORMACIÓN CON RPAS

Previo a la ejecución del plan de vuelo se realiza la verificación de los equipos según lo establecido en los protocolos de seguridad de RPA, se realiza la verificación de las condiciones climáticas de los servidores del IDEAM y los

publicados en la página oficial de la UAEAC como también los NOTAM[1] de los aeropuertos cercanos.

Una ver realizadas esta verificación de seguridad se procede a realizar la evaluación de la zona identificando posibles riesgos que puedan perjudicar la operación del RPA en vuelo, esta actividad se realiza elevando el RPA a la altura estimada del plan de vuelo y realizar una vista panorámica de la zona para realizar estas verificaciones.

### 2.5.1. EJECUCIÓN PLAN DE VUELO EL TABLAZO

El vuelo fue realizado el día 19 de octubre del año 2016 entre las 14:10 y las 14:30 bajo condiciones climáticas óptimas para la operación. Se realizó la captura de 324 fotografías. En la Figura 9 se presenta el plan de vuelo ejecutado.

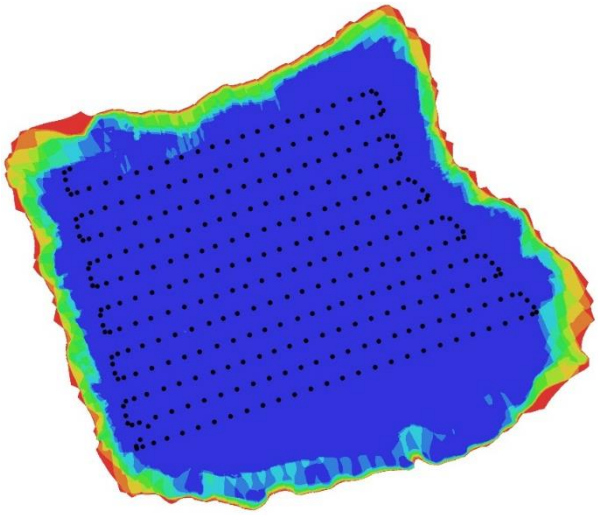

**Figura 9.** Plan de vuelo ejecutado El Tablazo.
**Fuente:** Elaboración propia 2016

### 2.5.2. EJECUCIÓN PLAN DE VUELO VILLAVICENCIO

Debido a los factores climáticos la ejecución de los vuelos, se realizaron los días: 05 y 06 de enero de 2015 entre las 10:00 y las 16:00 horas. Se realizó la toma de 1402 fotografías. En la Figura 10 se presenta el resultado de la ejecución del plan de vuelo, se logra identificar superposición de puntos por la toma de la información en varias oportunidades por interrupciones en la ejecución del vuelo

[1] Los NOTAM contienen información temporal cuyo previo conocimiento es de vital importancia para la realización del vuelo. Se publican por medio del Servicio fijo aeronáutico (AFS)

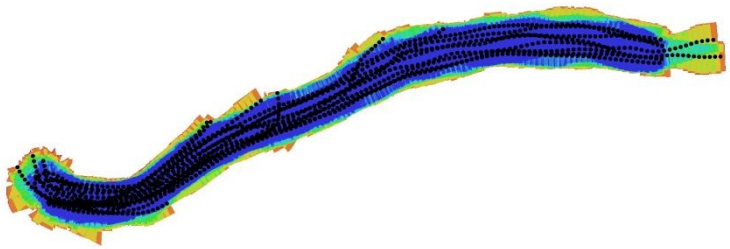

**Figura 10.** Plan de vuelo ejecutado río Ocoa municipio de Villavicencio.
**Fuente:** Elaboración propia 2016

## 2.6. CAPTURA PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE

Los puntos de control se ubicaron en cada área del proyecto, los cuales se ligaron por medio de técnicas geodésicas a la red nacional de coordenadas de acuerdo a la resolución 068 de 2005 del IGAC [9].

Se realizó la captura de puntos de control en cada uno de las áreas de interés tomando como puntos de control detalles a lo largo de la zona, estos detalles fueron alcantarillas, esquinas de canchas múltiples, objetivos dispuestos en el suelo previo a la toma de las coordenadas para su identificación. En la Tabla 5 se presenta el número de puntos de control capturados para cada uno de los sitios levantados con RPAS.

**Tabla 5.** Criterios plan de vuelo centro poblado El Tablazo

| SITIO | NÚMERO PUNTOS DE CONTROL |
|---|---|
| Centro Poblado el Tablazo | 4 |
| Río Ocoa- Isla San Cipriano | 18 |

**Fuente:** Elaboración propia 2016

## 2.7. EVALUACION DE CALIAD DE INFORMACIÓN

Una vez capturada la información se procede a realizar la evaluación de la calidad. Para la evaluación de la calidad de la información obtenida se evalúan dos criterios. El primero es la evaluación de la calidad de las fotografías capturadas evaluando que no presente distorsiones en la imagen, que no presente nubosidad en ninguna de sus fotografías, no presente sobre exposición por luz solar y no se presenten en la fotografías pastes del RPA por movimientos bruscos del equipo. Hay que resaltar que los equipos cuentan con sistemas giro estabilizados en el montaje de las cámaras para reducir las distorsiones. El segundo criterio de evaluación es la revisión de las fotografías para identificar los puntos de control, esta consiste en verificar que en las fotografías que tengan presencia de los puntos de control que estos se encuentren y que sean plenamente identificables.

Para las dos zonas de estudio se realizó la evaluación de calidad y se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Criterios plan de vuelo centro poblado El Tablazo

| SITIO | FOTOS CAPTURADAS | FOTOS DESCARTADAS | PORCENTAJE DE DESCARTE |
|---|---|---|---|
| Centro Poblado el Tablazo | 324 | 8 | 2% |
| Río Ocoa- Isla San Cipriano | 1402 | 130 | 9% |

**Fuente:** Elaboración propia 2016

Se identifica que el porcentaje de descarte es bajo, los criterios que predominaron en el descarte fue por distorsiones de las fotografías y por presencia de partes del RPAS en la fotografía.

## 2.8. PROCESAMIENTO DE FOTOGRAFIAS AEREAS

Una vez realizada la evaluación de la calidad de la información levantada con RPAS se finaliza la fase de campo y se procese a continuar con la fase de procesamiento y análisis de la información el primer paso en esta fase es el procesamiento de las fotografías obtenidas, para los dos sitios se utilizó el programa Aguisoft PhotoScan en su versión demo. Para realizar el procesamiento se realiza el cargue de las fotografías aéreas capturadas con el RPAS, estas fotografías presentan en sus metadatos la información de las coordenadas aproximadas de los puntos de tomas obtenidas del GPS integrado al sistema de navegación del RPA. En la Figura 11 se presenta la visualización de los puntos aproximados del centro de proyección de las fotografías capturadas con RPAS.

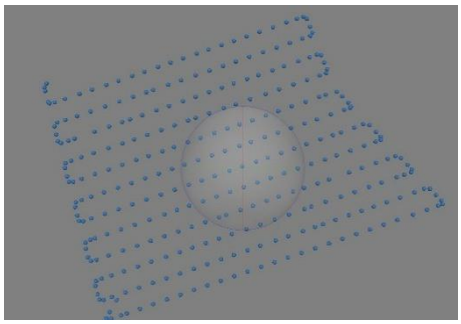

**Figura 11.** Coordenadas fotografías obtenidas.
**Fuente:** Elaboración propia 2016

Una vez cargadas las fotografías y verificado que todas las fotografías cuenten con la coordenada del centro de proyección se procede a realizar la alineación de las fotografías este es el proceso de orientación externa de las fotografías, lo realiza mediante el proceso de correlación de imágenes, en el programa este proceso es llamado alineación de imágenes.

## 2.9. GENERACIÓN DE MDT Y MDS

Una vez orientadas las fotografías se procede a realizar la creación de una nube de puntos densa, esta nube de puntos realiza la identificación de puntos homólogos que hicieron parte de la correlación de imágenes y le asigna valores

en los tres ejes (x,y,z). El resultado obtenido de este proceso es la presentación de los puntos tomados en la correlación de imágenes como apoyo en la orientación externa de las imágenes (Ver Figura 12).

**Figura 12.** Nube de puntos densa.
**Fuente:** Elaboración propia 2016

Una vez se obtienen estos puntos se procede a realizar el cálculo de una malla de alambre, esto se obtienen mediante procesos de interpolación y extrapolación de la información obtenida y procesada hasta el momento. Una vez concluido este proceso se obtienen tres (3) resultados. Estos resultados se presentan la Figura 13

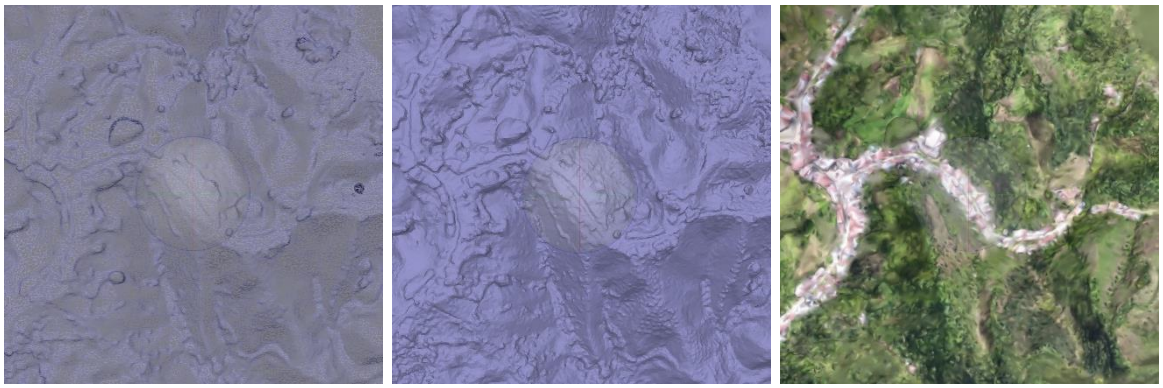

**Figura 13.** Resultados maya de alambre
Izquierda: Maya de alambre, centro: sombreado monocromático, Derecha: sombreado a color.
**Fuente:** Elaboración propia 2016

El resultado de la izquierda es la malla de alambre obtenida los otros dos resultados son la presentación de la malla de alambre en solido de los cuales en central esta monocromático y el derecho presenta una representación en colores.

Este es el procedimiento que se requiere para realizar la obtención de los modelos digitales su variación está en la selección del tipo de superficie al momento de la creación de la malla de alambre [10].

Para la generación de MDS se hace la selección del tipo de superficie Arbitrario, para la generación de MDT se hace la selección del tipo de superficie Bajorelieve/Terreno [11].

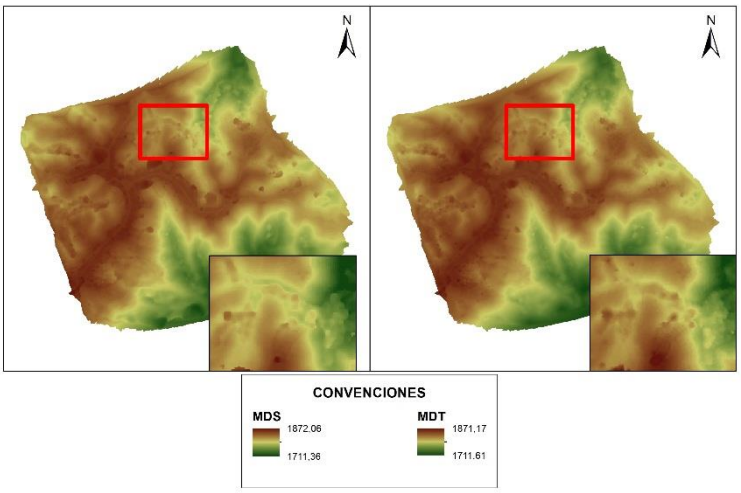


**Figura 14.** Modelos digitales
Izquierda: Modelo digital de superficie MDS, Derecha: Modelo digital de terreno MDT
**Fuente:** Elaboración propia 2016

## 2.10. GENERACIÓN DE ORTOFOTOMOSAICO

Una vez obtenidos los modelos digitales se procede a realizar la ortorectificación de las imágenes con estos modelos, este proceso se realiza mediante la creación de texturas a cada punto del modelo digital se le realiza la asignación de un valor digital obtenido de las fotografías.

En la Figura 15 se presentan los resultado de esta información de obtienen los ortofotomosaicos de las zonas de estudio.

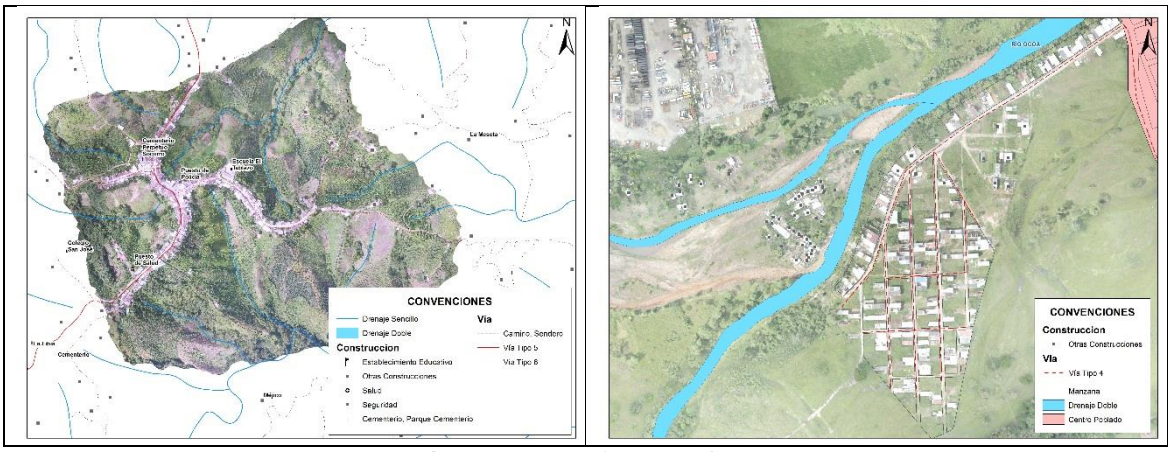


**Figura 15.** Ortofotomosaicos
Izquierda: Centro poblado El Tablazo, Derecha: Río Ocoa- Isla San Cipriano
**Fuente:** Elaboración propia 2016

La resolución espacial o GSD (Ground Sample Distance) obtenido posterior al procesamiento de la información obtenida de los RPAS se presenta en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Resolución espacial o GSD de las ortofotografías

| SITIO | GSD |
|---|---|
| Centro Poblado el Tablazo | 0,07 m |
| Río Ocoa- Isla San Cipriano | 0,10 m |

**Fuente:** Elaboración propia 2016

Las resoluciones espaciales obtenidas superan las que se pueden llegar a obtener con sensores aerotransportados y satelitales.

## **2.11.** OBTENCION MODELOS 2.5 D

Con los modelos digitales obtenidos se puede obtener información de modelos 2.5D, estos modelos permiten una interpretación de la superficie de la tierra simulando una vista en tres dimensiones. Insumo necesario para el análisis geomorfológico al igual para la identificación y delimitación de zonas en condición de amenaza por el criterio de topografía o relieve. Para realizar análisis con esta información se requiere se software especializado.

## **2.12.** GENERACIÓN DE ANAGLIFOS PARA INTERPRETACIÓN

Como los modelos 2.5D esta es una herramienta para la interpretación de geomorfología e identificación de amenazas por las condiciones de la superficie de la tierra. En la Figura 16 se presenta un anáglifo, para realizar la visualización de esta información se requiere de gafas anaglíficas únicamente, gafas de fácil acceso.

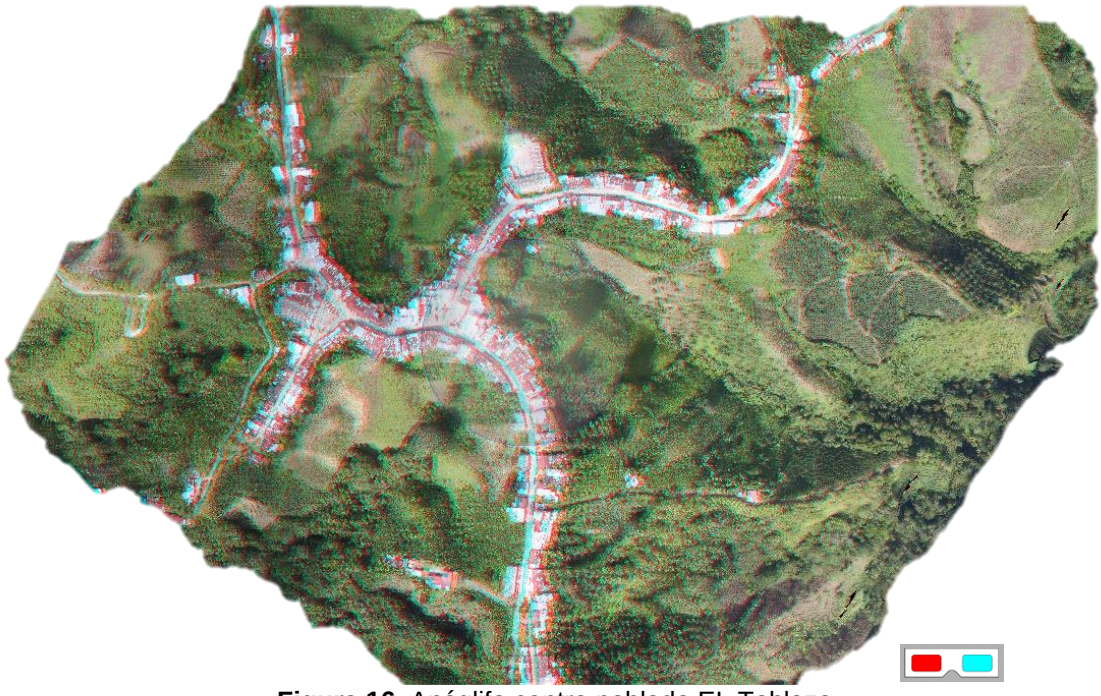

**Figura 16.** Anáglifo centro poblado EL Tablazo
**Fuente:** Elaboración propia 2016

Para poder realizar la visualización en 3D no se requiere de software especializado, este producto se puede trabajar tanto en medio magnético en imagen como en medio impreso, de ambas formas se puede realizar la visualización de las fotografías obtenida del procesamiento de la información capturada con RPAS en 3D.

## **2.13.** INTERPRETACION USO Y COBERTURA DEL SUELO

Por la resolución obtenida en los ortofotomosaicos es posible realizar una mejor interpretación de coberturas de la tierra, al igual que la identificación de pequeños cuerpos de agua y áreas erosionadas o desprovistas de vegetación que pueden llegar a intensificar los fenómenos naturales amenazantes en las zonas de estudio.

## **2.14.** INTERPRETACIÓN GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA A NIVEL DE ELEMENTOS

Con el apoyo de resultados obtenidos de los niveles digitales, los modelos 2.5D y los anáglifos es posible realizar la interpretación de las unidades geomorfológicas a nivel de elementos, con apoyo del ortofotomosaico se pueden llegar a identificar procesos morfo dinámico que pueden ser detonantes o que requieran medidas de manejo para la reducción de la amenaza.

## **2.15.** LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y CATASTRALES

La información obtenida del procesamiento de la información capturada por los RPAS como los son los MDT y el ortofotomosaico, permite realizar la captura de información con un gran detalles, permitiendo realizar levantamientos a escalas inferiores a las requeridas en el decreto 1807 del 19 de septiembre de 2014, debido a que se pueden realizar el levantamiento de información a escalas 1:1000 o mayores llegando a escalas 1:500. Con los MDT se pueden obtener mapas de contornos o cuervas de nivel con un rango inferior a 1m, esto depende de la calidad de la información y los puntos de control como también de la altura de vuelo a la cual fue adquirida la información.

Los insumos permiten la clara identificación de los linderos de los predios al igual la identificación de las construcciones, permitiendo realizar la captura de información puntual y detallada de las zonas de interés.

Esta información generada puede ser generada en menores tiempos ya que solo requiere no requiere de largas temporadas en campo para el levantamiento de la información, tiempo que puede ser dedicado ala captura de mayor información.

## **2.16.** BATIMETRIAS

La información capturada por los RPAS presentan deficiencias en la captura de información detalladas sobre las superficies de agua, esto debido a que debido al proceso utilizado para la generación de los MDT y MDS no es posible la representación del lecho del río o cuerpo de agua con presencia de espejo de

agua. Si representa de una forma adecuada y con la calidad necesaria para la generación de los modelos en las áreas sin presencia de espejo de agua como lo son los arenales y riveras de los ríos, por esta razón es necesario el levantamiento de información batimétrica en las áreas con presencia de espejo de agua tomando como cota de inicio puntos de control que hacen parte del foto control para de esta forma realizar el empalme de la información y así generar los perfiles necesarios para los modelamientos hidrológicos. [12]

En la Tabla 8 se presentan los requerimientos de información geográfica y temática para realizar los análisis y generación de los estudios detallados de gestión del riesgo.

**Tabla 8.** Cumplimientos información con RPAS.

| REQUERIMIENTO | CUMPLIMIENTO RPAS | INSUMO GENERADO |
|---|---|---|
| Cartografía Base | Si | Ortofotomosaico- MDT |
| **AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA** | | |
| Geología para Ingeniería | SI | Ortofotomosaico- MDT- Anáglifo (Modelos 2.5D) |
| Geología a nivel de elementos | Si | Ortofotomosaico- MDT- Anáglifo (Modelos 2.5D) |
| Hidrogeología | No | |
| Evaluación del drenaje superficial | Si | Orotofotomosaico |
| Sismología | No | |
| Uso el suelo | SI | Orotofotomosaico |
| Levantamientos topográficos. | SI | Ortofotomosaico- MDT |
| **AMENAZA INUNDACION** | | |
| Información topográfica detallada | Si | Ortofotomosaico- MDT |
| Coberturas de la tierra | Si | Orotofotomosaico |
| Batimetrías | No | |
| **MEDIDAS DE INTERVENCION** | | |
| Diseños | SI | Ortofotomosaico- MDT (Formato dxf) |

**Fuente:** Elaboración propia 2016

## 3. CONCLUSIONES

- Los RPAS son una tecnología con la cual es posible la captura de información necesaria para los estudios detallados de gestión del riesgo. Obteniendo resultados con altas resoluciones espaciales en tiempos cortos y facilitando el acceso a zonas con ingresos restringidos.

- La utilización de estas nuevas tecnologías permiten introducir información de alta calidad para el análisis y generación de información cartográfica básica y temática a menores costos

- Los RPAS permiten cumplir con la mayoría de los requerimientos geográficos necesarios para los estudios detallados. Presenta limitaciones en la generación de información batimétrica debido a ser información

obtenida por procesamientos fotogramétricos de sensores óptico-electrónicos.

- La presentación de la información en anáglifo añade en el análisis de información un gran apoyo, esto debido a que permite el análisis no solo de la información presentada en las imágenes sino también su integración con los MDT permitiendo realizar la delimitación y observación de los fenómenos detonantes de las amenazas como también las áreas vulnerables y permiten el planteamiento de medidas más acertadas para su mitigación y control.

- La utilización de RPAS para la captura de información en áreas con coberturas boscosas densas no logra obtener los requerimientos necesarios para la obtención de MDT de alta calidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


[1] Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil- UAEAC, Requisitos generales de aeronavegabilidad y operación para RPAS, Bogotá: Circular Reglamentaria No 002, 2015.

[2] C. y. T. Ministerio de Vivienda, «Ley 1523,» Ministerio de Vivienda,Ciudad y Territorio, Bogotá D.C., 2012.

[3] C. y. T. Ministerio de Vivienda, «Resolución 1807,» Ministerio de Vivienda,Ciudad y Territorio, Bogotá, 2014.

[4] J. H. Carvajal, Propuesta estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia, Bogotá: Instituto Colombiano de Geoloía y Mineria -INGEOMINAS, 2011.

[5] H. Villota, Geomorfología aplicada a levantamiento esdafológico y zonificación física de las tierras, Santafe de Bogotá D.C.: Instituto Geografico Agustin Codazzi - IGAC, 1991.

[6] M. d. I. y. d. Justicia, Guia Municipal para la Gestión del Riesgo, Bogotá D.C.: Ministeerio del Interior y de Justicia, 2010.

[7] A. m. M. d. Villavicenio, «Plan general de gestión de riegos municpio de Villavicencio,» AlcaldiaMunicipal, Villavicencio Meta, 2015.

[8] Alcaldia mucipal Municipio de Fresno Tolima, «Plan general de gestión de riesgo municipal de Fresno,» Alcaldia Municipal, Fresno Tolima, 2016.

[9] I. G. A. C. IGAC, «Resolución 068,» Instituto Geografico Agustín Codazzi IGAC, Bogotá D.C., 2005.

[10] A. PhotoScan, *Agisoft PhotoScan User Manual,* Agisoft PhotoScan, 2016.

[11] F. H. A. M. Abdulla Al-Rawabdeh, «Using an Unmanned Aerial Vehicle-Based Digital Imaging System to Derive a 3D Point Cloud for Landslide Scarp Recognition,» *Remote sensing,* vol. 8, nº 95, p. 32, 2015.

[12] S. P. C. O. N. F. Alessandra Capolupo, «Photogrammetry for environmental monitoring: The use of drones and hydrological models for detection of soil contaminated by copper,» *Science of the Total Environment,* vol. 298, nº 306, p. 9, 2015.