

DRONES EN LAS GEOCIENCIAS GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN EN LA CARTOGRAFÍA



DRONES EN LAS GEOCIENCIAS

GUÍA DE

IMPLEMENTACIÓN EN LA

CARTOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

En la cartografía existen diversos métodos que se implementan desde muchos años antes de la tecnología y otros recientes gracias a esta misma. Por lo general en la cartografía se combinan los diferentes métodos para tratar de obtener de forma más eficiente la información requerida y gracias a estos avances como, fotografías aéreas o imágenes satelitales y tecnologías GNSS como GPS que es la más conocida a nivel mundial y RTK, podemos tener hoyen día los Drones como herramienta para producir y facilitar la realización de cartografía.

La cartografía es el arte de diseñar y producir mapas que tengan como fin servirle a la comunidad en general, se puede definir como una herramienta social y cultural para transmitir la información del espacio geográfico que habitamos y que pueda ser entendible por cualquier persona, esta práctica ha cambiado con el paso del tiempo, antiguamente la única forma de generar un mapa era de forma manual, y el acceso a la formación cartográfica y la obtención de información era de unos pocos, principalmente sacerdotes, monjes y realeza.

La guía está dividida en 6 capítulos que abordaran los temas anteriormente mencionados: Como identificar los Drones, Especificaciones Mínimas de los Drones, Creación de cartografía, Plan de vuelo y una vista al Mercado de Drones entre otros.

Finalmente, como autor de este libro-guía quiero invitar a los lectores a que indaguen aún más en el tema de los Drones en la cartografía, ya que es una nueva tecnología que está tomando fuerza en el país y en el mundo y una forma eficiente

de producir cartografía más realista que tendrá como fin aportar el conocimiento geográfico y perfeccionar la información cartográfica colombiana para la disponibilidad de cualquier persona sin importar sus conocimientos.

CONTEXTO

Con el paso del tiempo la cartografía ha ido evolucionando y de la misma manera los mapas, y ahora gracias a los conocimientos técnicos y científicos, se han inventado las cámaras fotogramétricas, los satélites y los Drones, que generan una recolección de los datos de una forma tan precisa como nunca antes se había obtenido información espacial.

Los Drones han tenido una larga historia, pero solo hasta hace poco su popularidad empezó a incrementar de una manera impresionante, de tal forma que hace cuatro años muy pocas personas sabían de su existencia e implementación, pero actualmente la situación ha cambiado tanto que, personas que no conocían la existencia y uso de estos aparatos o vehículos los implementan en sus trabajos.

Uno de los tantos beneficios de los Drones es democratizar el proceso de la cartografía. Estos son mucho más baratos que las tecnologías de cartografía que ellos remplazan... por esto y por sus múltiples beneficios están revolucionando la cartografía. La precisión y definición en las imágenes tomadas por Drones es una gran ventaja porque se puede decidir la altura de vuelo y el lugar específico para tomar las fotografías, además los procesos son relativamente fáciles y más agiles en comparación a los otros métodos. Al momento de realizar un proyecto o trabajo en el que se requiera el uso y producción de cartografía se ha encontrado como problemática, la falta de conocimientos por parte de los usuarios acerca de los usos de los Drones como herramientas que faciliten la recolección de datos, en la falta de recursos que proveen información precisa sobre los Drones y los usos específicos que se les puede dar aplicados en las geociencias.

En el contexto Colombiano los Drones aplicados al desarrollo de la cartografía nacional en sus diferentes niveles solo se

han visto realizada en proyectos privados o con fines simplemente teóricos, pues el IGAC por sus siglas *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*, hasta la fecha no ha decidido implementarlos en la cartografía oficial del país.

Como antecedentes validos están los ejemplos del Programa de Drones en la Arqueología en Machu Picchu Perú; Los Drones de la ONU y la Guerra del Congo; Los Drones en la gestión de Emergencias y Protección del Medio Ambiente en España; Una aplicación de bajo costo basada en un avión no tripulado para la identificación y mapeo de las zonas de cría de peces costeras en el Reino Unido; Cartografía del Desastre: Terremoto de Nepal; estos son algunos de los proyectos realizados en otros países en el ámbito cartográfico por medio de los Drones. En Colombia los antecedentes validos serian: Vehículos Aéreos no Tripulados DRONES y sus sistemas de comunicación en Colombia.

ALCANCES

La producción más que el proyecto de grado en sí, es del libro-guía el cual está destinada a las personas que de una u otra forma están inmersas en el mundo de las geociencias, principalmente en la cartografía, topografía, geodesia, catastro, ingeniería ambiental y ambiental, geografía, geología, minería y petróleos etc... y también para las personas que deseen conocer sobre esta área de tecnologías, de continuos cambios y mejoramientos para la comunidad científica y geográfica.

La información otorgada al lector servirá como base para tomar las decisiones en proyectos sobre todo lo que respecta a la selección del equipo "Dron" que se quiera implementar, según el trabajo a realiza, según las características deseadas del equipo y el lugar en donde se llevará a cabo el proyecto.

HISTORIA DE LOS DRONES

DRONES, QUE SON Y PARA QUÉ SIRVEN

Los Vehículos Aéreos No Tripulados, por sus siglas *VANT*, son los vehículos o "robots voladores" capaces de surcar los cielos y a la vez, grabar videos, tomar fotos y capturar datos de tipo geográfico para su posterior procesamiento.

La palabra *Dron* figura en la 23ª edición del diccionario RAE como la adaptación al español del sustantivo ingles *drone* que quiere decir abeja zángano, y que es utilizada para referirse a las aeronaves no tripuladas.

Desde inicios del siglo XX y tiempos anteriores, se viene experimentando y desarrollando esta tecnología para las "tecnologías del futuro", con la finalidad de surcar los cielos o los mares sin necesidad de un tripulante; Como resultado de estas increíbles investigaciones se desarrollaron

maquinas que dieron paso al desarrollo actual de los sistemas aéreos y marítimos no tripulados.

El *Teleautomatón* de *Nicola Tesla* en 1898, el *Breguet-Richet Autogiro* en **1907**, el *Kettering Bug* o Torpedo Aéreo diseñado por *Orville Wright* y *Elmer Ambrose Sperry* en 1918 y el *Helicóptero de Bothezat* de 1923 son algunos de los ejemplos que se pueden dar al hablar de los antecesores de los Drones.

El término vehículo aéreo no tripulado (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) se hizo común en los años 90 para describir a las aeronaves robóticas y reemplazó el término vehículo aéreo pilotado remotamente (Remotely Piloted Vehicle, RPV), el cual fue utilizado durante la guerra de Vietnam y con posterioridad.

El documento «Joint Publication 1-02, Department of Defense Dictionary» editado por el Ministerio de Defensa de los Estados unidos en el año 2010

define UAV como:

«Un vehículo aéreo motorizado que no lleva a bordo a un operador humano, utiliza las fuerzas aerodinámicas para generar la sustentación, puede volar autónomamente o ser tripulado de forma remota, que puede ser fungible o recuperable, y que puede transportar una carga de pago letal o no. No se consideran UAV a los misiles balísticos o semibalísticos, misiles crucero y proyectiles de artillería y planeadores, globos, dirigibles y objetos arriostrados».

En el 2011 la Organización de Aviación Civil Internacional, ICAO por sus siglas en inglés, publico la circular 328 titulada *Unmanned Aircraft Systems (UAS)* en la que reconoce a las aeronaves no tripuladas como aeronaves.

Para el desarrollo de estos se planteaba como barrera tecnológica el no disponer de un motor con suficiente relación potencia-peso con el que los diseños pudieran mantenerse en vuelo; En Estados Unidos y partes de Europa la segunda guerra mundial fue el impulso suficiente para generar el desarrollo de esta tecnología al punto que conocemos hoy.

La organización de aviación civil internacional-OACI considera que debido a que varios Estados de la Región Latinoamericana se encuentran fabricando aeronaves pilotadas a distancia (RPA) y desarrollando sus marcos reglamentarios, el Sistema Regional de Cooperación para la Vigilancia de la Seguridad Operacional SRVSOP, consciente que la Región debería adoptar un enfoque armonizado en cuanto a la elaboración de reglamentos, ha iniciado la planificación para el desarrollo de requisitos RPAS en los diferentes conjuntos LAR, para lo cual ha establecido un mapa de ruta por un plazo de 6 años (entre los años 2012 y 2018).

La implementación de los *Drones* varia y difiere según el uso que se les dé, y este

puede ser un fin lúdico, como carreras o simplemente de volarlos con el fin de divertirse. Este es el caso de los pilotos por hobbie que realizan diversas competencias en las cuales esquivan y atraviesas obstáculos, ponen a prueba la velocidad en vertical y horizontal del equipo al igual que el momento de frenar y aterrizar, todo esto variando las maneras de operación de los equipos, por ejemplo, en vista primera persona (*First Person*) por medio de la cámara, como fue el caso del Mundial de Drones que se llevó a cabo el 2016 en Dubái.

REGULACIÓN Y REGLAMENTACIÓN CAPÍTULO DOS

ASPECTOS NORMATIVOS

Las regulaciones para la implementación de los Drones son establecidas por los entes regulatorios del espacio aéreo, el gobierno y los entes internacionales, por eso es diferente según el país.

De los 194 países establecidos hasta el 2017, solo 60 países poseen algún tipo de normativa hacia los Drones o de alguna forma relacionada. De estos 60, únicamente 8 países son de América Latina:

- Argentina
- Belice
- Bolivia
- Brasil
- Chile
- Colombia
- Costa Rica
- México

Paises con Leyes CONTINENT Paises sin Leyes North America PAISES QUE POSEEN REGULACIÓN DE DRONES Leyenda

Se puede decir que las directrices principales son iguales o muy parecidas en diferentes paises y esto se debe a que todos los anteriormente mencionados toman como referencia numerosos documentos pertinentes al tema como lo son:

- Circular 328 de la OACI (2011) Sistemas de aeronaves no tripuladas
- RTCA DO-320 (2010) y EURO-CAE ER-004 (2011)
- Política EASA E. Y013-01 (2009)
- CASA CASR Parte 101-2 y -3 (2002)
- NASA/TM-2013-217969
- OTAN STANAG 4671

REGULACIÓN EN COLOMBIA

La normativa que rige a los Drones en Colombia se estableció el 27 de Julio del 2015, en la cual se establecen las limitaciones para los Drones en el espacio aéreo colombiano.

Según la Circular Reglamentaria Nº 002 de la Aeronáutica Civil Colombiana titulada "REQUISITOS GENERALES DE AERONAVEGABILIDAD Y OPERACIONES PARA RPAS", dicta que:

"Esta circular aplica a cualquier persona (natural o jurídica) u organizaciones gubernamentales civiles interesadas en efectuar operaciones en el espacio aéreo colombiano con aeronaves pilotadas a distancia RPA, con fines diferentes a los de recreación y deporte".

Las instrucciones establecidas en esta circular tienen por finalidad proteger a las aeronaves tripuladas de eventuales riegos de colisión con una aeronave no tripulada, así como evitar daños a la integridad física, vida y bienes de terceros en la superficie. Las operaciones autónomas, en el ambiente civil, haciendo uso de Vehículos Aéreos Autónomos de cualquier peso están prohibidas, independiente de cual sea su finalidad.

Las realizaciones de operaciones RPAS de recreación y deporte deberán obtener una autorización expresa de la UAEAC, sólo cuando el explotador de RPAS requiera una desviación de cualquiera de las limitaciones o de las reglas de operación establecida en los RAC numerales 4.25.8 y siguientes."

"Mediante Resolución 05545 de diciembre 26 de 2003, la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, en su condición de autoridad aeronáutica, adoptó disposiciones para la aviación deportiva, estableciendo, además, que la operación de cualquier equipo de vuelo no tripulado radio controlado, con fines no depor-

tivos tales como teledetección, fotografía o televisión, estaría sometida a las mismas disposiciones y limitaciones propias de los aeromodelos deportivos. (Numerales RAC 4.25.8. y 4.25.8.2.)."

La OACI sugiere diferentes elementos generales para evaluar la clasificación de los RPAS (Ej. Energía cinética, Peso (MTOW), criterios de performance, tipo de operación, áreas de operación, etc.), sin embargo, no ha definido límites claros en sus postulaciones. La posición de la UAEAC sobre la clasificación de las Aeronaves pilotadas a distancia RPA al momento toma como límite un peso máximo de despegue (MTOW) menor o igual a 25 Kg. La autoridad aeronáutica mediante esta Circular, regulará inicialmente la operación de las RPA hasta 25Kgs, las demás RPA que en Colombia no cumplan este requisito, por ahora queda prohibida su operación civil.

La DNSA es la encargada de dar los permisos necesarios para la navegabilidad y operatividad de los Drones RPAS que deseen realizar vuelos destinados a proyectos que impliquen equipos de mayor tamaño y peso.

"basados en la misma la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea (DSNA), determinará para cada caso concreto, las condiciones específicas de operación en el espacio aéreo nacional para este tipo de aeronaves, que garanticen niveles aceptables de Seguridad Operacional, las que serán debidamente notificadas al interesado."

Según la regulación presentada en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia o RAC por sus siglas, se muestra la siguiente citación de forma textual:

AEROMODELISMO

Los aeromodelos, no son considerados aeronaves, y en consecuencia no están, de manera general, sometidos a las disposiciones aeronáuticas; no obstante, para la ocupación del espacio aéreo por parte de tales artefactos, sus operadores deberán tomar en cuenta las siguientes limitaciones:

- a) No se podrá volar aeromodelos sobre áreas ni edificaciones o directamente sobre público o aglomeraciones de personas.
- b) No podrán volarse aeromodelos, de ningún otro modo que se pueda crear un riesgo para las personas o propiedades en la superficie; particularmente cuando el viento fuerte o cualquier otro factor meteorológico, así como desperfectos mecánicos del aparato o del equipo de control, o falta de pericia del operador puedan ocasionar que se pierda el control total

sobre el mismo.

- c) El peso máximo permitido para cualquier aeromodelo será de 25 Kg. No deberán volarse en el espacio aéreo colombiano aparatos con peso superior, a menos que se informe sobre su existencia y propietario a la Dirección de Operaciones Aéreas y este cuente con un seguro de responsabilidad por eventuales daños a terceros.
- d) No podrán utilizarse hélices metálicas de ningún tipo.
- e) Ningún aeromodelo podrá portar pesos útiles, diferentes a los elementos habitualmente requeridos para la práctica de ese deporte.
- f) Ningún Aeromodelo será volado desde un aeropuerto real o en sus proximidades dentro de un radio de 5 Km. a la redonda, a menos que exista un permiso especial de la Dirección de Operaciones Aéreas de la UAEAC.

- g) Ningún aeromodelo será volado a una altura superior a 500 pies sobre el terreno.
- h) No deberá volarse ningún aeromodelo de modo que se aleje más de 750 metros de distancia del aeromodelista que lo opera ni del lugar de su lanzamiento o despegue.
- i) Ningún aeromodelo será volado de modo que no exista o se pierda el contacto visual con quién lo opera. No deberán efectuarse tales operaciones cuando la visibilidad o las condiciones de luz solar se reduzcan de modo tal que se impida dicho contacto visual.

OTRAS OPERACIONES (4.25.8.2.)

La operación de cualquier otro equipo de vuelo no tripulado radiocontrolado, con fines no deportivos, tales como teledetección, fotografía, o televisión, estará sometida a las condiciones anteriores; salvo permiso especial de la Dirección de Operaciones Aéreas.

(Adicionado Art. 1° Res.05545 de diciembre 26 de 2003).

Mientras se organiza un sistema de registro aeronáutico para los RPA y un sistema de licencias para sus pilotos, toda RPA, explotador de RPAS y piloto a distancia /observador en Colombia debe suministrar la información requerida para la base de datos, lo cual hará mediante comunicación escrita enviada a la Secretaria de Seguridad Aérea de la UAEAC...

La nueva reglamentación de los Drones para Colombia exige los siguientes reque-

rimientos:

- Licencia de piloto privado con curso en tierra que dura unos 6 meses.
- 40 Horas de vuelo y 200 despegues y aterrizajes, previos, certificados por la escuela de aviación.
- Identificación y matrícula del dron.
- Póliza de seguro para daños a terceros.
- Solicitud con plan de vuelo ante la Aeronáutica Civil con 15 días hábiles de anticipación.
- El dron debe tener un color que permita ser identificado fácilmente en el aire.

Las principales secciones donde se explica los requerimientos anteriormente dichos se encuentran en el numeral 7.5 INFOR-

MACIÓN PARA BASE DE DATOS DE RPAS DE LA UAEAC y se muestran a continuación:

- Relación de la experiencia práctica del Piloto y Observador (si lo hubiera) en equipo RPA (piloto: mínimo 40 horas de vuelo de un RPA y 200 despegues o lanzamientos y aterrizajes o recuperaciones).
- Si el piloto RPA fuera piloto de aeronaves tripuladas no requiere los requisitos anteriores, pero deberá aportar copia de su licencia de piloto privado o piloto comercial, y deberá cumplir con la experiencia indicada en el párrafo (c) y el ítem (b).

INTRODUCCIÓN A LOS DRONES CAPÍTULO TRES

DRONES, IDENTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS

Es importante entender y conocer cuáles son los tipos de Drones, sus características y de la misma manera entender que es un Dron, para ello como en cualquier otro ejemplo se necesitan algunos conocimientos previos del tema los cuales se han presentado anteriormente y que se tendrán de base para poder entender a profundidad la esencia de un Dron y la clasificación adecuada.

¿QUÉ TIPO DE DRONES EXISTEN Y COMO SE CLASIFICAN?

Existen diferentes tipos de Drones, desde los más pequeños hasta los más grandes tienen una clasificación especifica que es dada por un proceso de selección en el cual se tienen en cuenta los aspectos físicos (como la cantidad de motores o el tipo de ala), de fabricación (las empresas y su función), y finalmente el uso (Militar o Civil) que se les da.

Existen Drones para todo fin, desde Aeromodelismo, los cuales la mayoría no requieren grandes características (denominados para Aficionados), los de implementación Civil los cuales son implementados para cualquier tipo de trabajo de implementación Civil (en esta categoría se encuentran los Drones para la Cartografía y las ciencias de la tierra), y los de uso estrictamente Militar, para implementación de las fuerzas armadas de cada país, en este caso de Colombia.

Los Drones implementados en las Ciencias de la Tierra, independiente de su uso se caracterizan por que todos deben tener unas características mínimas para cumplir los requisitos de estos trabajos, incluyendo las características externas o dispositivos adicionales. En la siguiente

lista se mostrarán los diferentes tipos de clasificación para estos dispositivos.

Como se puede evidenciar, hay varias abreviaciones para los Drones según el uso que tengan, también existe la clasificación por las características y métodos de control, todo esto junto es lo que forma a un Dron.

- La clasificación de los UAS debe ser lo más similar posible al esquema de clasificación de las aeronaves no tripuladas.
- Se debe procurar que la implementación de los reguladores, tipo de fuselaje, tipo de propulsión, y otros complementos posean un equilibrio de peso/tamaño en comparación con los Drones.

A continuación, se explicará más a fondo cada una de las características.

NOMBRE Y USOS DE LOS DRONES

El nombre generalizado que reciben los equipos robóticos voladores es "Dron" o "Drone", que significa literalmente "zángano" en inglés, lo cual hace referencia a la abeja zángano, la trabajadora.

Como se mencionó antes, estos equipos cumplen ciertas características que los hacen útiles en áreas de trabajo específicas, y así mismo reciben sus nombres. A continuación, se explicarán cada uno de los siete nombres recibidos por los Drones y de los dos nombres dados a los sistemas de yuelo.

VANT o UAV:

Vehículo Aéreo no Tripulado en español o Unmanned Aerial Vehicle en inglés, es el nombre dado al primer tipo de Dron en la lista, es una aeronave que recibe las ordenes de control vía radio del exterior; Este término actualmente es obsoleto. Término acuñado en 1992.

El Concepto operacional de gestión del tránsito aéreo mundial (Doc 9854) establece que "un vehículo aéreo no tripulado es una aeronave sin piloto en el sentido del Artículo 8 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional, que vuela sin un piloto al mando a bordo y que se controla a distancia y plenamente desde otro lugar (tierra, otra aeronave, espacio) o que ha sido programada y es plenamente autónoma". Este concepto de UAV fue avalado por el 35º periodo de sesiones de la Asamblea de la OACI.

Los *UAV* han sido utilizados en aplicaciones militares tales como reconocimiento

de terreno y ataque; así mismo son muy útiles en la detección de incendios, control policial en situaciones de riesgo, reconocimiento de desastres naturales, situaciones que sin visión aéreas serían más difíciles de detectar. Además de presentar algunas ventajas como son menor coste que las aeronaves tripuladas, no se arriesgan vidas, capacidad de incorporar muchos sensores y la posibilidad de acceder a sitios peligrosos o de difícil acceso. (Diseño e implementación del sistema de control de vuelo de un UAV-Fabio Nelson Castañeda García, Ramiro Andrés Henao, Fabio Alejandro Valencia).

Remotely Piloted Aircraft: RPA

Aeronave Pilotada Remotamente. Su término fue dado recientemente (después del 2010) por lo cual se le conoce de igual forma como Dron; Un avión no tripulado, que no sea un globo o cometa, donde el piloto que vuela no está a bordo del avión, pero sí lo controla remotamente, y son de uso civil.

Una *RPA* es una aeronave pilotada por un "piloto remoto", titular de licencia, emplazado en una "estación de piloto remoto" ubicada fuera de la aeronave (es decir, en tierra, en barco, en otra aeronave, en el espacio) quien monitorea la aeronave en todo momento y puede responder a las instrucciones expedidas por el ATC (Control del tránsito aéreo), se comunica por enlace de voz o datos según corresponda al espacio aéreo o a la operación, y tiene responsabilidad directa de la conducción segura de la aeronave durante todo su vuelo.

Las funciones de la RPA continuarán ampliándose a medida que las tecnologías y características de performance se comprendan más y mejor. Largos tiempos de vuelo, capacidades operacionales encubiertas y costos operacionales reducidos constituyen ventajas naturales para muchas comunidades, como las de represión de delitos, agrícolas y de análisis del medio ambiente. A medida que las tecnologías se desarrollan, maduran y llegan a satisfacer normas y reglamentos definidos, las funciones de las RPA podrían ampliarse para incluir operaciones que involucren el transporte de carga y en última instancia, posiblemente, pasajeros. Además, las operaciones del interior se ampliarán probablemente a vuelos transfronterizos a reserva de aprobación previa por los Estados involucrados. (Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems RPAS-ICAO).

Unmanned Combat Air Vehicle: UCAV

Vehículo aéreo no tripulado de combate, se refiere a los aparatos que son capaces de portar armamento para atacar objetivos como el conocido Predator estadounidense. Es un vehículo aéreo no tripulado al cual usualmente se le adapta armamento y como se especifica, no posee ningún tripulante humano, pero si están controlados en tiempo real por el usuario; En el 2015 solo cinco países (China, Israel, Turquía, Estados Unidos y Pakistán) producen los UCAV con el armamento incluido.

El *UCAV* representa la rama más avanzada y más letal del grupo de aeronaves VANT que han sido probadas. es un vehículo aéreo no tripulado diseñado para su empleo militar, generalmente van armados. Estos aviones carecen de piloto humano a bordo. Las misiones de los drones se realizan generalmente bajo el control humano en tiempo real, con "la interven-

ción del ser humano en el sistema UCAV varía de acuerdo con los niveles de autonomía del UCAV y la solicitud de datos de comunicación". Los VANT como no llevan piloto humano tampoco necesitan los equipos asociados (tales como cabina, blindaje, asiento eyectable, controles de vuelo, y los controles ambientales de la presión y oxígeno), lo que deviene en un menor peso y tamaño que una aeronave tripulada, que puede permitir una mayor carga útil, alcance y maniobrabilidad, esta además favorecida por no tener que respetar el límite fisiológico impuesto por el piloto.

Actualmente los tres principales nombres para referirse a los Drones son *UAV*, *RPA y UCAV*, por lo cual se manejarán las explicaciones de los usos y características de estos tres tipos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS DRO-NES.

Entendiendo que es un Dron y para que usos pueden implementarse se debe tener claro que se habla de aquellos drones preparados y diseñados para volar, equipados con rotores que les confieren el movimiento y giroscopios para darles estabilidad, por lo cual se dejaran a un lado los Drones en las ramas terrestres y marítimos.

Estos Drones aéreos se pueden clasificar según el número de rotores:

Desde inicios del siglo XX y tiempos anteriores, se viene experimentando y desarrollando esta tecnología para las "tecnologías del futuro", con la finalidad de surcar los cielos o los mares sin necesidad de un tripulante; Como resultado de estas increíbles investigaciones se desarrollaron maquinas que dieron paso al desarrollo actual de los sistemas aéreos y marítimos no tripulados.

El *Teleautomatón* de *Nicola Tesla* de 1898, el *Breguet-Richet Autogiro* de 1907, el *Kettering Bug* o Torpedo Aéreo diseñado por *Orville Wright* y *Elmer Ambrose Sperry* en 1918 y el *Helicóptero de Bothezat* de 1923 son algunos de los ejemplos que se pueden dar al hablar de los antecesores de los Drones.

Hay diferentes modelos que reciben su nombre de acuerdo a la cantidad de rotores que poseen, como los denominados Tricopteros (3 hélices), Quadcopteros (4 Hélices), Hexacopteros (6 Hélices) y Octacopteros de dos versiones, Quadcoptero con cuatro motores enfrentados y Octacoptero (8 Hélices) soportando uno en cada brazo.

• El *Cuadricóptero* utiliza cuatro (4) motores de hélices que se ubican en forma de cruz y posee giroscopios de diferentes ejes los cuales funcionan para conseguir la estabilidad en horizontal del equipo, suelen tener de tres a

seis.

- La función de los motores individuales es basa en la navegación por ángulos eulerianos los cuales son implementados para los movimientos y posicionamientos de objetos en el espacio, por medio de tres tipos de rotaciones:
- YAW: rotación respecto al eje
- PITCH: rotación intrínseca alrededor del eje longitudinal del avión.
- ROLL: movimiento del avión respecto del eje imaginario vertical que pasa por el centro de gravedad de la aeronave, perpendicular al de cabeceo y al de balanceo.
- Los Multicópteros son los Drones que poseen más de cuatro motores de hélices. Estos apa-

ratos al igual que los otros con diferente denominación ajustan su altitud aplicando un empuje a la cantidad de sus ejes rotores, y se estabilizan aplicando más empuje a algunos rotores, rotando en una sola dirección.

Algunos de los desarrollos que han tenido estos aparatos son el seguimiento de Way-Points determinados por el Piloto distante, lo cual permite desarrollar un plan de vuelo con mejores resultados ya que se asegura que el límite de vuelo del Dron sea restringido a un área definida por el piloto.

La Autonomía de vuelo en los Drones en muy importante, pues hay que definir de manera eficaz los componentes a asignar para realizar un vuelo que necesite unas necesidades específicas. El tiempo de vuelo, la altitud de vuelo, toma de fotos o videos, recorrido autónomo, estos son algunos de los requisitos que pueden tener los Drones.

Los Métodos de vuelo se clasifican según el tipo de control que utilice, puede ser de tipo Emisora, que es un tipo de control-mando por radio control con el cual se maneja el Dron avistándolo o visualizando por medio de la cámara (FVP), en caso de tener una equipada; El segundo tipo es por medio de los dispositivos electrónicos como smartphones o tablets que por medio de una aplicación instalada en el dispositivo y conectándose a través de una red Wi-Fi emitida por el Dron, puede manipularlo y de la misma forma, maneja el Dron avistándolo o visualizando por medio de la cámara (FVP), en caso de tener una equipada.

IMPLEMENTACIÓN CARTOGRÁFICA

LA CARTOGRAFÍA Y LOS DRONES

La cartografía es el diseño y producción de mapas, ya sea por un individuo -un cartógrafo- o una institución. Por ejemplo, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi es la entidad encargada del diseño y producción de mapas en Colombia. La práctica cartográfica ha cambiado con el paso del tiempo, ya sea por las técnicas o por la tecnología, pero también las formas de ver el mundo han influido en el desarrollo de esta disciplina. Antiguamente, la única forma de hacer los mapas era a mano, como sucede con las obras de arte.

Ahora gracias al avance tecnológico, la cartografía cuenta con múltiples opciones que agilizan el proceso de realizar la cartografía, desde los equipos utilizados en topografía para hacer las mediciones hasta los equipos de cómputo en los cuales se

elaboran los mapas y la forma de transformar esos mapas digitales a físicos por medio de las impresiones, la tecnología ha ayudado en gran medida al avance y desarrollo de la cartografía no solo como un producto de trabajo para tomar decisiones sino en la esencia del arte y la técnica aplicadas a los mapas producidos con el fin de que cualquier persona pueda comprender la información que se plasma en los productos.

Tanto la cartografía como cualquier otra área de estudio tiene sus cualidades especificas en la producción de su información, normas detalladas, información constante, y deben representar en la manera más fiel posible el área de estudio. De la misma forma, los Drones utilizados deben tener ciertas características que poseen únicamente aquellos que son fabricados expresamente para su implementación en esta área (Cartografía), o aquellos que son modificados para contar con las necesidades del trabajo, e igual a estos,

cada rama relacionada con la cartografía, como la geografía, Arqueología, Ingeniería Ambiental y muchos otros.

Un mapa sin importar que información posea o de que rama son adquiridos sus datos debe contar con ciertas características que cumplen el objetivo.

El diseño de los mapas se realiza para asignar un significado especifico a las distintas representaciones de datos y símbolos. Según Corné Van Elzakker se pueden identificar cinco objetivos del diseño de mapas:

- Claridad: La información en un mapa debe ser presentada en una forma clara y sin ambigüedades. Así, aquello que no pertenezca o mejore el mensaje del mapa, debe ser eliminado.
- Orden: Se refiere a la lógica del mapa. Los componentes del

- mapa deberán estar colocados lógicamente.
- Balance Visual: Cada elemento del mapa tiene un peso visual. Estos pesos se deben distribuir apropiadamente alrededor del punto central del mapa; en caso contrario, aparecerá muy recargado en algunas partes o se verá desbalanceada la distribución de la información.
- Contraste: Indica la diferencia entre lo ancho y delgado, pesado y liviano, claro y opaco, etc. Poco contraste en un mapa lo hará ilegible.
- Unidad: Es la relación que existe entre el texto, el propósito del mapa, la escala, la simbolización y la reproducción. El mapa deberá aparecer como una unidad y no como una serie de piezas o pedazos unidos sin relación.

Teniendo en cuenta estos aspectos se determinan los parámetros generales del mapa, los cuales son primordiales para realizar un buen mapa en todos los aspectos y con los cuales se definirán, cuál es su propósito, que tipo de mapa se requiere, cual temática especifica se implantara, cuál será su escala y formato (tamaño y forma), que sistema de coordenadas se utilizara, como se va a reproducir y finalmente cuáles serán los usuarios del mismo.

Una vez determinados todos los aspectos con los cuales se creará, el mapa se convierte en un instrumento que comunica mensajes y que contiene un sinnúmero de abstracción y de comprensión, alcanzando los siguientes objetivos:

 Orienta a las personas y puede convertirse en una clara guía que permite identificar y localizar geográficamente sitios o fenómenos.

- Brinda información ligada a la temática del mapa, la cual puede ser captada en forma concreta por el usuario.
- Proporciona información detallada acerca de las posiciones, formas y orientación de los objetos particulares y de la temática del mapa. Aquel que no posee figuras, leyendas o explicaciones claras, impide que el mensaje llegue correctamente al usuario.
- Produce información que permite la comunicación entre especialistas.

Las cualidades del mapa implican que éste cumpla con los objetivos para los cuales fue diseñado, además de tener precisión, expresión, legibilidad y eficacia.

Para que todos estos aspectos fundamentales puedan crear un buen mapa, la información que se va a plasmar debe ser lo más certera y precisa posible, por lo cual los Drones que capturen las imágenes y obtengan la información pertinente deben tener las características adecuadas para poder representarla en el mapa.

Estas características difieren según el énfasis que posea el estudio y recepción de datos, como ejemplo, en la cartografía de suelos es común centrarse en los tipos de suelos y sus características mientras que la cartografía geológica se enfatiza en crear el mapa geológico de un área específica. Cada mapa tiene unas características que se logran a partir de las características de los Drones, por eso es la importancia de estos equipos cartográficos.

Los mapas son una herramienta indispensable para la toma de decisiones en diferentes ámbitos, por eso es muy importante que estos se realicen de la mejor forma posible, incluyendo la información necesaria y siendo acorde a las normas que rigen la fabricación de productos cartográficos. A continuación, se darán algunos ejemplos de los diferentes tipos de mapas y sus características principales.

Cartografía de Suelos

Permiten identificar las características del terreno y su actual o potencial actividad. Un mapa y su leyenda no son un inventario de suelos, sino una expresión gráfica de las leyes hipotéticas de existencia de diferentes clases de suelos. Son diferentes las vías para llegar al mapa de suelos; ello es función del nivel de detalle de los levantamientos edafológicos, cada uno de los cuales involucra diversas especificaciones y procedimientos.

Cartografía Topográfica

Es el tipo básico de mapa utilizado para representar áreas del terreno en el mapa topográfico. Estos mapas muestran los elementos naturales del área analizada y también ciertos elementos artificiales, humanos o culturales, como son las redes de transporte y los asentamientos de población. También muestran fronteras políticas, como pueden ser los límites de las ciudades, de las provincias o de los estados. Los mapas topográficos, debido a la gran cantidad de información que tienen, se utilizan a menudo como mapas generales de consulta.

El mapa topográfico es una representación de la superficie terrestre mediante curvas de nivel que tiene como finalidad mostrar las variaciones del relieve de la Tierra, A diferencia de los planos topográficos, los mapas topográficos representan amplias áreas del territorio. Además de las curvas de nivel, suelen incluirse otras variables geográficas como la vegetación, los suelos, la red hidrográfica, las localidades, todas ellas con su correspondiente color y símbolo.

Gracias a los modelos tridimensionales generados a partir del vuelo del Dron, se pueden obtener las coordenadas X, Y, Z de la zona cartografiada con lo que se pueden generar las curvas de nivel, pero este no es siempre el mejor método para la generación de curvas, ya que en algunos casos, los terrenos como montañas o bosques poseen gran cantidad de vegetación la cual no permite visualizar el suelo del lugar y los valores de altura serán tomados en base a las copas de los arboles u objetos presentes que obstaculicen la vista directa al suelo, en cambio en terrenos como llanuras, donde no hay obstáculos que impidan la visión directa de la cámara o sensor, se puede realizar la toma del dato Z (altura) que siempre deberá ser corroborado con puntos foto control.

Cartografía Geográfica

Los mapas geográficos son representaciones gráficas en una superficie plana y en dos dimensiones: largo y ancho. Un mapa geográfico puede representar toda la superficie terrestre como también solo fragmento de ella, esto dependerá del territorio que se quiera visualizar.

Este tipo de mapa es utilizado para estudiar las vías, la hidrografía, orografía, fallas de la tierra, ubicaciones montañosas. llanuras, entre otros. A través de un mapa se pueden controlar y advertir a la población de catástrofes terrestres y de viento. En las escuelas, universidades y demás centros de estudios es utilizado mucho esta clase de mapas porque es el más detallado dentro de todos los tipos de mapas que existen acerca de la representación de la tierra y el estudio de esta. La información obtenida de los Drones junto con un procesamiento de software puede generar los conjuntos de datos 2.5D (perspectiva de ¾ y pseudo 3D) y 3D para crear los modelos digitales de superficie, además sirven para monitorear los cambios de la geografía de la zona cartografiada.

El geógrafo francés Pierre George explico que la diferencia de un mapa geográfico es que unos mapas surgidos de la simple proyección en el espacio de una solo serie de datos, aunque sean unos instrumentos útiles para el geógrafo, no por ello son mapas geográficos. Solamente tienen carácter geográfico los que expresan unas relaciones, lo cual supone el conocimiento del espacio partiendo de diversos sectores de análisis.

Cartografía Geológica

El mapa geológico utiliza de base un mapa topográfico sobre el cual se dibujan los accidentes geológicos que afloran en la superficie terrestre, los tipos de rocas de la superficie, tipos de contacto entre ellas, estructuras geológicas y elementos geomorfológicos.

Estos mapas suelen levantarse a escala 1:50.000 y se realizan a partir de la información recolectada en los estudios de campo y el empleo de fotografías aéreas verticales y de ortoimágenes de satélite. En este tipo de mapas se muestran los esquemas regionales, geológicos, morfo estructúrales y tectónicos que sirven para interpretarlos.

Cartografía Arqueológica

Un mapa arqueológico es un dibujo que describe asociaciones espaciales entre artefactos, yacimientos, ecofactos y los elementos del paisaje. Estos mapas se basan gran parte en información bibliográfica y cartográfica disponibles de diferentes centros de investigación del país y otros lugares. En el caso de Colombia, la información, aunque implemente el uso del datum, no toda lo está y algunos mapas se encuentran sujetos a imprecisiones de georreferenciación derivadas de los textos arqueológicos que dificultan la ubicación exacta y confiable de un punto de hallazgo.

En las excavaciones y prospecciones arqueológicas el uso de Drones puede favorecer la exploración de los posibles lugares de excavación además de generar el modelo tridimensional de un área en estudio.

Cartografía de los Ecosistemas y del Medio Natural.

Ecológico, Ambiental y Forestal.

Un mapa ecológico no se reduce a identificar la flora o la fauna urbanas, sino que debe permitir evidenciar en nuestra realidad concreta la sostenibilidad. Estos mapas pretenden integrar los caracteres naturales con los urbanos y evidenciar la interacción entre aspectos económicos, sociales y ambientales. No solo se detectan las cualidades positivas, sino también los problemas de nuestro ambiente más próximo. De esta manera el mapa integra distintas áreas, sujetas a análisis.

La utilidad principal del mapa reside en que el usuario pueda reconocer los elementos ambientales y forestales presentados en la cartografía, desde un tipo específico de vegetación y su tipo hasta los problemas ambientales que se presentan en el área cartografiada, por lo que este tipo de mapas puede ser implementado desde diferentes perspectivas, como tomar decisiones en un proyecto ambiental o servir de guía para recorridos ecológicos.

La confección de mapas de conflicto ambientales constituye una metodología de diagnóstico y planificación participativa. Nuestra representación sobre el territorio está pensada como aquel espacio construido por los grupos sociales a través del tiempo, a la medida y a la manera de sus tradiciones, pensares, sueños y necesidades. Los conflictos ambientales (que se marcan en los mapas) son aquellos que envuelven o involucran a grupos sociales con modos diferentes de apropiación, uso y significado del territorio. Hay Conflicto ambiental, cuando hay confrontación entre grupos sociales por diferentes proyectos de uso y significado.

Basados en lo propuesto por Bob R.

Parry, se reconocen como mapas ambientales los de calidad de las aguas, climatológicos, geoquímicos, de contaminación atmosférica, etc., mientras que los mapas geológicos y geomorfológicos serian catalogados como mapas de la Ciencia de la Tierra (Earth Science maps), según muestra N. J. Pruett.

A veces se la denomina Cartografía Geoambiental y del Paisaje, y aunque con este nombre responde en principio, a la unión de lo geológico con el resto de ciencias ambientales (Geología Ambiental), termina por perseguir finalmente los mismos objetivos que la cartografía ecológica, es decir, la máxima integración posible para representar la realidad ambiental plena, con vistas a la aplicación en ordenamiento y planificación.

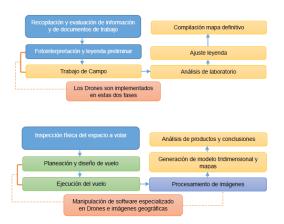


¿CÓMO SE GENERAN LOS MAPAS A PARTIR DE LOS DRONES?

Todos los mapas sin importar el tipo de cartografía que sea, tienen procedimientos a seguir que son básicos para la fabricación de los productos, por ende, estos son los pasos fundamentales para realizar cualquier mapa cartográfico.

En el momento de crear la fotointerpretación y leyenda preliminar, en lugar de usar los vuelos fotogramétricos, se realiza la toma de fotografías con el Dron y de la misma forma identificar los objetos de estudio que luego serán analizados, después se realiza la toma de información en el área específica del vuelo.

El proceso cartográfico puede llevarse a cabo por los métodos tradicionales de dibujo manual o, mediante digitalización y salida final del producto, comúnmente siendo fotografías tomadas por un Dron, las escalas manejadas son relativas y dependen de la autonomía que maneje el Dron y la resolución de la cámara, normalmente un mapa producido mediante Drones puede tener una escala comercial de 1:100, 250, 500, 1000 como mínimo dependiendo del tamaño del área cartografiada.



¿LA FORMA CORRECTA DE OBTE-NER DATOS CARTOGRÁFICOS A PARTIR DE UN DRON.

Reconocimiento de la zona

Para realizar una buena obtención de datos se debe realizar una buena inspección, análisis e identificación de las zonas de vuelo, esto se hace de diversas formas como lo son, desplazarse hasta el lugar del vuelo antes de este, para recolectar información del terreno y los posibles obstáculos que se puedan presentar en la toma de fotografías; La otra forma es hacer una identificación de la zona por medio de visores web de imágenes satelitales, pero este presenta la dificultad de que no siempre las imágenes están actualizadas a una fecha cercana, por lo cual siempre existe la posibilidad de que los datos no sean 100% verídicos. Por lo general se recomienda realizar los dos procesos ya que nos da la oportunidad de comparar los datos y tener información más certera de la zona de vuelo.

Planeación y Diseño del vuelo

El diseño del plan de vuelo se realiza en software, basándonos en el reconocimiento y recolección de datos del terreno. Hay diversos softwares que pueden realizar estos planes de vuelo, agregando los Waypoints necesarios para obtener un buen porcentaje de traslape en las fotografías y realizando el recorrido por el área seleccionada.

Los softwares más utilizados son los que vienen por defecto con la compra del equipo, descargar gratuita para dispositivos móviles y software libre, como los son Pix4DCapture, eMotion, DroneDeploy, PrecisionFlight for DJI, Mission Planner entre otros.

Todos tienen el mismo flujo de trabajo para la creación de las líneas de vuelo;

Identificar el lugar exacto del vuelo y añadir los puntos Waypoint o simplemente delimitar el área para crear la ruta la cual deberá recorrer el equipo captando las fotografías. Lo más importante es que siempre se definan los parámetros adecuados, ya que estos varían con cada vuelo.

Algo a destacar es que los planes de vuelo que se crean en estas plataformas siempre se transmiten instantáneamente o se exportan según la plataforma y el Dron implementado. Esto sucede porque el equipo debe estar previamente conectado con el software para identificar sus características y así decidir los parámetros pertinentes al vuelo.

También se identifica el tipo de vuelo, esto según los requerimientos del trabajo o el gusto del piloto; Hay 3 tipos principales para el método de control del equipo:

- Autónomo
- Supervisado

Controlado Remotamente

Esta decisión también difiere según el tipo de ala del equipo, la implementación de este mismo y el tipo de sistema al cual pertenezca el Dron.

Autónomo

Permite al Dron comunicarse con la base (software-operario) para remitir los datos sobre el vuelo o información recogida por los sensores y cámaras y de la misma forma el operario puede enviar información al equipo para agregar puntos o cambiar la ruta sin que este deje de estar en movimiento.

Supervisado

Se podría decir que es un método pre programado, solo que, siendo supervisado, el operario del equipo debe realizar el despegue, aterrizaje y estar atento a que el Dron siga el plan de vuelo según lo planeado en el software, además el equipo no podrá enviar la información recolectada hasta que termine el vuelo y se conecte al mando o equipo de cómputo.

Controlado Remotamente

Este método es realizado de forma que el operario tenga control total sobre el Dron en todo el momento que se realiza el vuelo, así el equipo puede realizar el vuelo por medio de las líneas definidas, pero siendo manejado por el operario y capturando las fotografías de la misma forma.

Hay que tener en cuenta que estos no son los únicos modos de vuelo para un Dron, en general hay aproximadamente 14 – 15 modos de vuelo, pero estos se implementan para diferentes fines como acrobacias, deportivos, carreras, entre otros.

Luego de realizar la captura de las fotografías y obtención de datos, esta información debe exportarse a los softwares en los cuales se realizará el proceso para unir las fotografías y crear la cartografía.



SOFTWARE Y PROCESA-MIENTO DE DATOS

Existen bastantes softwares para el manejo y planeación de vuelos de los Drones, y procesamiento de imágenes desde software libre, de código abierto y software licenciado que solo se puede conseguir con la compra de un producto de determinada empresa. Cabe destacar que estos softwares que se manipulan desde plataformas virtuales como computadores o tablets y celulares tienen la misma metodología para crear un plan de vuelo, diferenciándose en la práctica por ser completamente autónomos o semi asistidos y de la misma forma la recolección de los datos obtenidos. Entre estos se encuentran los siguientes, algunos de licencia y otros de código abierto.



PIX4D

Descripción del software:

El software de fotogrametría utiliza las imágenes para generar las nubes del punto, los modelos digitales de la superficie y del terreno, ortomosaicos, modelos texturados y más. los softwares ofrecidos se clasifican según el énfasis de estos.

 PIX4Dmapper Pro: Permite experimentar con modelos y mapas 3D, con la finalidad de familiarizarse con los proyectos y procesos en el software, incluyendo la exportación y subir videos en línea Convierte automáticamente las imágenes tomadas manualmente, por UAV's o aviones y ofrece mapas 2D de alta precisión, georreferenciados y modelos 3D.

- PIX4Dcapture: Es una aplicación de plataforma Android y
 IOS que permite realizar la planificación y toma de datos con el
 Dron desde una Tablet, celular o
 IPhone y crear un plan de cartografía adaptada al volar varias
 misiones bajo un mismo proyecto.
- PIX4Dmapper Mesh: Software que permite crear los modelos 3D con las imágenes de los UAV's y Drones, exportar videos de sobrevuelo y modelos de malla con textura. Solo es compatible con ciertas cámaras de las

empresas DJI, Parrot y 3DR.

• PIX4Dmapper Ag + Sequoia: Software específico para la agricultura de precisión, el cual convierte las imágenes multiespectrales en mapas precisos de índice de reflactancia, NDVI y ortomosaicos de alta resolución. Se implementa la cámara sequoia junto al Dron para obtener las imágenes.



Interfaz del software Pix4D Mapper.

Procesamiento de datos en Pix4D Mapper

Al crear un nuevo proyecto los datos fotográficos se cargan al software, y cuando este los reconoce muestra una lista con las características Latitud, Longitud, Altura, Exactitud, Grupo de cada imagen. También se agrega información sobre el sistema de coordenadas, geolocalización y orientación y características de la cámara.



Adición de las fotografías al software.

Luego de terminar el proceso de cargar las fotografías, se podrá ver una representación de las imágenes sobre un mapa, el cual supone que debe estar en el lugar donde se tomaron los datos, ya que estas tienen coordenadas.

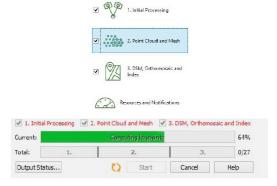


Imágenes georeferenciadas sobre cartografía base. En el menú Procesos (*Process*) se utiliza la opción Opciones de proceso (*Processing options*), la cual abrirá una ventana con múltiples opciones para la creación de los productos:

- *Initial Processing*: Permite generar un reporte de calidad del proyecto, calidad y la escala de los puntos clave.
- Point cloud and Mesh: Características de la densificación de la

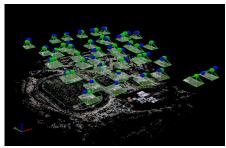
nube de puntos, generación de la textura 3D y exportación de la nube de puntos en diferentes formatos.

- DSM, Orthomosaic and Index: Características del Modelo Digital de Superficie, Raster, Filtros, Ortomosaico, Modelo Digital de Terreno, y líneas de contorno.
- Resources and Notifications: Capacidad de Memoria RAM para el uso de los procesos.



Menú Opciones de Proceso y Ejecución de Procesos

Luego de que los procesos terminen de realizarse se mostraran los productos los cuales pueden visualizarse explorando las opciones del menú lateral izquierdo, los puntos de unión de las imágenes, ortomosaico, nube de puntos, DSM y MDT entre otros.



Puntos de Unión de las imagenes.

Finalmente, obtenemos los productos y un reporte del proyecto en general y de los procesos aplicados en formato .PDF en el cual podemos ver toda la información sobre los procesos y la descripción general.

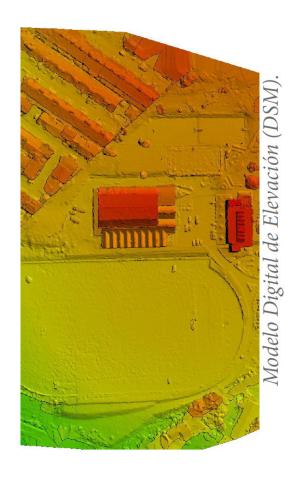


Grupo de Puntos sobre Point Cloud.

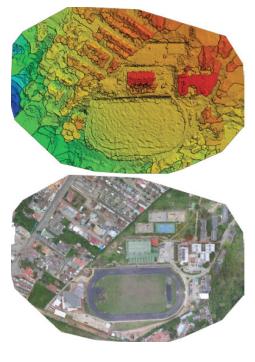


Nube de puntos Densificada.





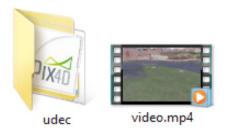




Ortomosaico y DSM antes de la densificación.

Finalmente, obtenemos los productos y un reporte del proyecto en general y de los procesos aplicados en formato .PDF en el cual podemos ver toda la información sobre los procesos y la descripción general.

También se puede generar productos como los videos de los recorridos por la nube de puntos densa y el ortomosaico, que sirven en gran medida como suplementos para presentar proyectos de una forma más didáctica.



Carpeta con los productos y video del proyecto.



DRON2MAP ESRI

Descripción del Software:

Es un programa extensión para ArcMap 10.3, 10.4 y 10.5 que está preparado para hacer un análisis de pre proceso de muestras de menor resolución, para saber si las imágenes tienen la calidad adecuada, superposición o ubicación necesarias para generar un buen resultado final.

Drone2Map necesita una mayor superposición de imágenes, puesto que para un proyecto con imágenes de Dron se necesita como mínimo las coordenadas X, Y de la ubicación de la fotografía, para poder reconocer superficies y puntos característicos en estas.

Los productos finales obtenidos mediante el análisis y proceso pueden ser modelos digitales de elevación (MDE), mallas de elevación, nubes de puntos 3D, y ortomosaicos, los cuales se pueden visualizar en ArcGIS 10.4 y ArcGIS Pro además se pueden exportar como PDF 3D.

El uso principal de estos softwares es el manejo de los Drones a través de un ordenador portátil o control remoto con asistencia automática o semiautomática, pero se puede evidenciar el desarrollo de otras aplicaciones que de forma indirecta ayudan a los diferentes procesos que realiza un UAV en un vuelo.

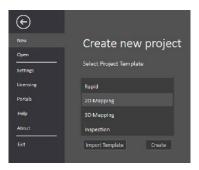


Procesamiento de datos en Drone-2Map for ArcGIS

Drone2Map transforma el Dron en una herramienta SIG de alta productividad con el objetivo de crear productos de calidad profesional en la plataforma ArcGIS para visualizar, analizar y explotar la información oculta de las imágenes.

El procesamiento de las imágenes en este software es prácticamente el mismo que en Pix4D Mapper, ya que está basado a partir de ese, pero con herramientas creadas específicamente para el manejo en softwares SIG luego de su previa exportación y migración de datos.

La apariencia en la interfaz es un poco más amigable que en Pix4D, además de tener cuatro módulos de creación de productos, Rápido, 2D, 3D e Inspección, por lo cual, en lugar de realizar todos los procesos podemos elegir que productos deseamos obtener según el tipo de trabajo que se necesite.



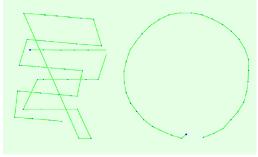
Módulo de Proyectos

El resto del proceso es prácticamente el mismo que en Pix4D, cargar las imágenes, visualizarlas sobre un mapa base (como en ArcGIS Desktop y Pro), aplicar las Opciones de proceso, generar los productos y exportarlos.



Adición de fotografías al software.

En el caso de Drone2Map se utilizaron imágenes de dos proyectos diferentes, la principal diferencia de estos radica en la forma del plan de vuelo.



Ruta proyecto 1 y 2.

El segundo proyecto se utilizó para el ejercicio de la inspección, y por ende las características de las opciones de procesamiento varia un poco en la configuración de "Matching Image Pairs" o Pares de imágenes coincidentes.

En esta opción, normalmente en proyectos como el primero se utiliza la primera opción "Aerial Grid or Corridor", pero en proyectos como el segundo se utiliza la

opción ya mencionada simplemente por la forma del vuelo, no es en línea recta, en cambio es de forma circular.

Tambien posee herramientas que se ven comunmente en el software ArcGIS y que sirven para interactuar con la ortofoto y los demas productos.



Herramientas de medición.

Finalmente, los productos que se obtienen de los procesos son los siguientes:

- GeoPDF
- Ortomosaico
- Modelos de elevación (DSM y MDT)
- NDVI (principalmente para cultivos)
- Nube de puntos densa 3D

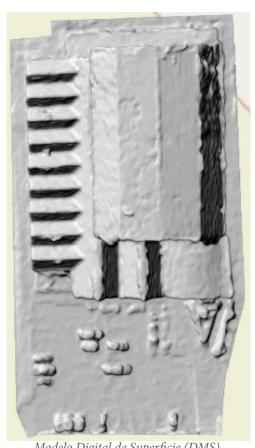
- Textura 3D
- Vistas de inspección



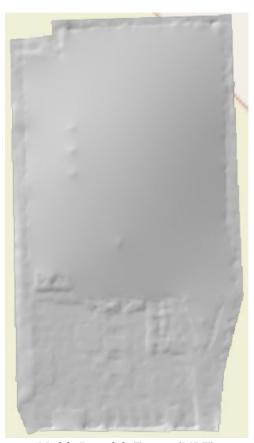
Selección del coliseo en el campus universitario.



Ortofoto Coliseo del campus.



Modelo Digital de Superficie (DMS).



Modelo Digital de Terreno (MDT).

Algo que destacar de este software es que, en productos de inspección como las anotaciones en las imágenes, podemos modificar y realizar observaciones directamente en el área que nos interesa y no solo anotar lo que nos interesa.

Además de una rápida obtención de los productos, estos van a tener una calidad profesional que pueden ayudarlo a tomar decisiones y luego migrar la información a la plataforma ArcGIS for Desktop o ArcGIS Pro.



Productos en formato .d2m y .p4d





3D Modeling and Mapping
PHOTOSCAN

Descripción del Software:

Agisoft PhotoScan es un software autónomo que realiza el procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales y genera datos espaciales 3D, para su uso en aplicaciones SIG, documentación de patrimonio cultural y producción de efectos visuales, así como para mediciones indirectas de objetos de diversas escalas.

Implementa una técnica de fotogrametría digital aplicada de forma inteligente con métodos de visión por ordenador que dan como resultado un sistema de procesa-

miento automatizado inteligente que, por un lado, puede ser manejado por un principiante en el campo de la fotogrametría, sin embargo, por otro lado, tiene mucho que ofrecer a un especialista que puede ajustar el flujo de trabajo a numerosas tareas y diferentes tipos de datos.

Este software posee diversas características direccionadas a los SIG las cuales lo hacen una de las plataformas preferidas para implementarla en los procesos de trabajos con imágenes y datos de Dron.

Entre todas sus aplicaciones se destacan para el uso de los SIG los siguientes:

- Triangulación fotogramétrica
- Modelos de elevación digital (DSM/ DTM)
- Ortomosaico Georreferenciado
- Procesamiento de imágenes espectrales

Procesamiento de datos en PhotoScan

El proceso es similar en su gran mayoría a los softwares anteriores, se deben cargar las fotografías al programa, darle los parámetros básicos y ejecutar los procesos necesarios para generar la nube de puntos y posteriormente el resto de productos derivados de esta.

Luego de terminar el proceso de cargar las fotografías, se podrá ver una representación de las imágenes sobre un mapa, el cual supone que debe estar en el lugar donde se tomaron los datos, ya que estas tienen coordenadas.



Imágenes referenciadas sobre el plano X, Y, Z.

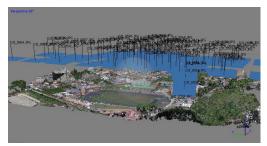
En el menú Workflow (flujo de trabajo) podemos encontrar una serie de procesos que se pueden realizar para obtener los productos deseados.

En este menú aparecen los procesos para alinear las fotografías según el plan de vuelo y detectar los puntos de relación entre varias tomas.



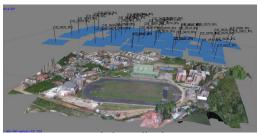
detección de puntos relacionados.

También se encuentra el proceso de la construcción de la nube densa, la cual nos proveerá una primera vista del modelado resultante a partir de los datos obtenidos.



creación de la nube densa.

Aquí se encuentra el proceso de construcción de la malla de puntos, el cual es de gran importancia para generar el texturizado en 3D.

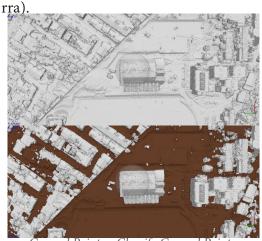


creación de la malla de puntos.

En este menú pueden encontrarse otros procesos como la creación del DEM y Ortomosaico.

Pasando a otro menú, Tools (herramientas) nos provee otros procesos para generar más productos, pero estos son dependientes de los productos ya creados en el menú anterior.

Un ejemplo son Classify Ground Points (clasificación de puntos de tierra) que nos muestra en dos clases los puntos que pertenecen al suelo y los que no, y se genera a partir de Ground Points (puntos de tie-



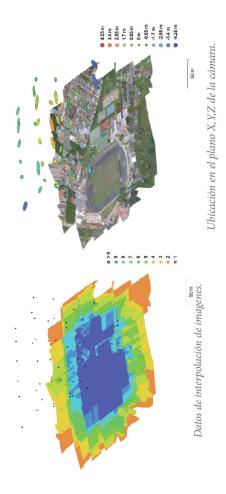
Ground Points y Classify Ground Points.

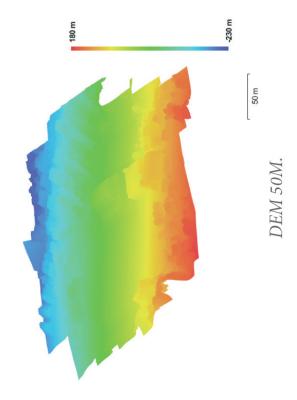
Finalmente, al igual que los softwares anteriores podemos generar un reporte que nos provee información importante sobre la construcción de los criterios y la creación de los productos.

En estos reportes nos muestran datos relevantes como una perspectiva en 3/4 del modelo 3D, distribución de las cámaras y el traslapo de las imágenes, calibración de la cámara, DEM, y algunos parámetros de procesamiento.



Modelo 3D campus universitario.





Como crear Mapas Topográficos a partir de estos datos?

Para crear los mapas y planos orientados a la topografía se deben tener en cuenta ciertos aspectos.

Como ya se había mencionado "El mapa topográfico es una representación de la superficie terrestre mediante curvas de nivel que tiene como finalidad mostrar las variaciones del relieve de la Tierra" por lo cual es indispensable crear estos mapas con curvas de nivel.

Lógicamente la mayoría de los softwares no poseen la herramienta para generar esta característica, además de que los datos no se generan en la mejor calidad, por lo cual es necesario migrar los productos a un software íntegramente cartográfico para generar los mapas.

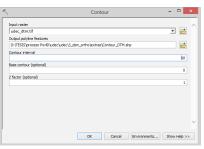
En este caso se utilizará el software Arc-Map 10.5 en el cual se realizará los procesos para georreferenciar la ortofito, generar las curvas de nivel y el DTM en una mejor calidad.

Se migran los archivos Ortofoto y DTM ambos en formato . TIFF al software y se adicionan dos mapas base, de imagen satelital y de terreno.

Después se habilita la herramienta *Geore-ferencing*, y se agregan los puntos de control a las imágenes tomando como base los mapas base.

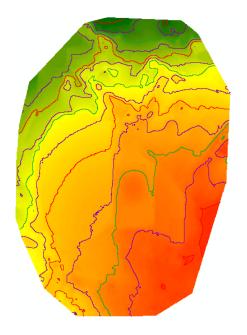
Una vez se tienen las dos imágenes referenciadas correctamente se procede a crear las curvas de nivel por medio de la herramienta *contour* desde el ArcTool-

box.



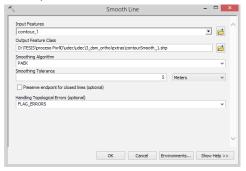
Herramienta Contour.

Habiéndose dado todos los parámetros necesarios para la creación de las curvas de nivel, se generan y pueden visualizarse sobre el DTM.



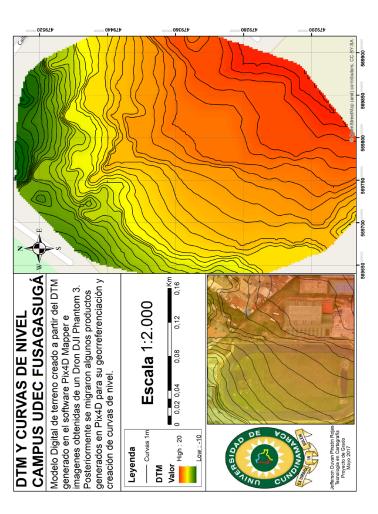
Curvas de nivel sobre DTM.

Si se desea puede realizar el proceso *smooth Line* que realiza un suavizado en el shapefile de tipo líneas seleccionado para mejorar la visualización de las líneas.



Herramienta Smooth Line.

Finalmente se puede realizar la parte grafica del mapa y la estructura para producir un buen producto cartográfico a partir de fotografías obtenidas por medio del vuelo de un Dron.



CONCLUSIONES

El proceso de la creación de este proyecto de grado me ha dado bastante tiempo para pensar en las necesidades que tiene la cartografía como materia de estudio ligada a la tecnología y sus constantes avances. Me he inmerso bastante en el mundo de los Drones, he consultado, investigado, asistido a conferencias y conversado con personas y empresas que poseen grandes conocimientos en estos equipos. Al igual que con la cartografía, me he enamorado de este tema el cual es muy amplio, complejo y que está en constante actualización, por lo cual me es difícil poder reunir toda la información y conocimientos que he adquirido en este proceso y plasmarlos en mi proyecto, por ese motivo he decidido agregar los temas más importantes y relevantes para que con el menor esfuerzo cualquier persona que desee leer la guía y esta tesis puedan comprender me una manera fácil la verdadera connotación que tiene la palabra "DRON" y como se

implementa en la cartografía.

Al hacer una retrospectiva del proyecto he encontrado ciertos puntos que son importantes, que son logros obtenidos y merecen estar destacados en esta instancia:

- Se puede comprender de manera correcta cual es la verdadera definición de los Drones como equipos tecnológicos que se pueden implementar en la producción cartográfica.
- En este proyecto se trata el tema de la normativa vigente que rige a los Drones en Colombia y se realiza la comparación con las regulaciones en otros países para entender las similitudes, el porqué de las normativas y los requisitos básicos que debe tener el operador. Además, se recalca la necesidad de indagar más en las regulaciones colombianas, leer completamente todos los documentos anexos y re-

- lacionados a esta para tener un conocimiento más amplio de lo que implica no cumplirla.
- Realmente los procesos para la recolección y producción de insumos cartográficos no son tan complejos como se espera, pero deben hacerse cumpliendo exactamente las metodologías para generar productos de la calidad requerida.
- Los Drones como equipos para generar insumos cartográficos pueden tener tantas características como implementaciones diferentes, por lo cual es de suma importancia que al momento de obtener uno de estos equipos se verifique que verdaderamente posee las características y puede cumplir con las necesidades esperadas, no es simplemente dejarse llevar por el precio, la apariencia, o algunas características específicas como cámaras, pues

todas estas deben estar complementadas para brindar una buena experiencia y de igual manera los productos.