FECHA	12 de junio de 2017

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
BIBLIOTECA
Fusagasugá Cundinamarca

SEDE/SECCIONAL/EXTENSIÒN	Sede Fusagasugá
DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	**Tecnología en Cartografía**

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	NO. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Pinzón Rojas	Jefferson Duvan	1069749731

Director(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
González Rodríguez	Adrián Alejandro

TÍTULO DEL DOCUMENTO
DRONES EN LAS GEOCIENCIAS. GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN EN LA CARTOGRAFÍA.

SUBTITULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Tecnólogo en Cartografía

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÙMERO DE PÀGINAS (Opcional)
07/06/2017	85

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLES: (Usar como mínimo 6 descriptores)	
ESPAÑOL	INGLES
1.Cartografía	Cartography
2.Drones	Drone
3.GPS	GPS
4.Mapas	Maps
5.Guía	Guide
6.Programas GIS	GIS Software

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLES: (Máximo 250 palabras – 1530 caracteres):

Crear una guía en la cual se especifica la implementación de los Drones como base para generar productos cartográficos que puedan ser ofrecidos al público, identificación de los tipos de Drones y las especificaciones mínimas que poseen para ser implementados en cartografía, de igual manera, plantear las condiciones mínimas favorables para el vuelo.

Dar a conocer más a profundidad los Drones en el mundo de las geociencias, principalmente en la cartografía y carreras afines y así poder demostrar que con los avances tecnológicos podemos generar productos cartográficos de una forma más sencilla y ganando calidad en el trabajo realizado.

Para asegurarse de obtener la información verídica y adecuada se ha contactado con diversas personas que poseen conocimientos en el área y de igual manera con empresas nacionales y extranjeras de las cuales algunas muy amablemente han colaborado con la información proporcionada, se ha asistido a conferencias que tratan el tema específico, también se ha obtenido información pertinente de estudios, artículos, informes y trabajos con estudios de caso que han salido favorables en la mayoría de los casos.

Una vez recopilada toda la información se pretende realizar la guía que tendrá toda la información necesaria para determinar las necesidades y los procesos adecuados para llevar a cabo un trabajo relacionado con las ciencias de la tierra y en el cual sea de utilidad esta tecnología, además posee la información de la forma más entendible junto con los procesos para generar un producto cartográfico.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÒN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado un alianza, son:

Marque con una “x”:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la Biblioteca.	X	
2. La consulta física o electrónica según corresponda.	X	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
6. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración,

presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, *"Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores"*, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI** ___ **NO** _X_.
En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÒN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo (amos) que el documento en cuestión, es producto de mi (nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las “Condiciones de uso de estricto cumplimiento” de los recursos publicados en Repositorio Institucional, cuyo texto completo se puede consultar en biblioteca.unicundi.edu.co

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons : Atribución- No comercial- Compartir Igual.

j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.

Nota:
Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA
Pinzón Rojas Jefferson Duvan	

DRONES EN LAS GEOCIENCIAS.

GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN EN LA CARTOGRAFÍA.

JEFFERSON DUVAN PINZÓN ROJAS

Este proyecto se presenta como requisito para optar al

TÍTULO DE TECNÓLOGO EN CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA

FUSAGASUGÁ CUNDINAMARCA

2017

DRONES EN LAS GEOCIENCIAS.

GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN EN LA CARTOGRAFÍA.

JEFFERSON DUVAN PINZÓN ROJAS

CÓD. 190212219

Director:

ADRIAN ALEJANDRO GONZALES RODRÍGUEZ

Ing. Topográfico, MSC C CIC Énfasis en Geomatica

PRESENTADO A: FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
OFICINA DE CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA

FUSAGASUGÁ CUNDINAMARCA

2017

Nota de aceptación:

El comité de la Universidad de Cundinamarca aprueba el trabajo final de grado titulado “DRONES EN LAS GEOCIENCIAS. GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN EN LA CARTOGRAFÍA” En cumplimiento de los requisitos para obtener el título de Tecnólogo en Cartografía.

_____

Director del proyecto

_____

Firma jurado

_____

Firma jurado

Fusagasugá Cundinamarca. 2017

Dedicatoria

Este proyecto de grado es más que eso, es el reflejo de mis ambiciones, el inicio de mis metas propuestas, y del conocimiento adquirido durante todo este tiempo de estudios que con incontables esfuerzos y depositando todo mi esmero, pronto veré hecho realidad.

También quiero dedícalo a mis padres, Carlos y Maria, quienes con sus miles de consejos e incontables regaños siempre me hacían volver a entender la importancia del camino que yo estoy cruzando y las personas que vienen detrás de mí.

Para mis abuelos, Miguel Ángel, Evangelina, Jeremías y Maria Ana, quienes siempre esperaron grandes cosas de mí, pero en sus vidas no pude darles esta alegría.

Finalmente quiero expresar todas mis intenciones para seguir con la creación de la guía, siempre que pueda recolectar nueva información, asistir a diversas conferencias, indagar más en este maravilloso tema y tener el tiempo para poder redactar y acoplar el texto, seguramente lo haré, esperando fervientemente que aquel, sea el próximo tomo de esta Guía de bolsillo.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que de una u otra forma me ayudaron para continuar mis estudios y creyeron en mi persistencia para conseguir el título el cual por medio de esta tesis estoy optando, familiares, amigos e innumerable cantidad de personas que estuvieron presentes a lo largo de este camino recorrido.

De manera especial agradezco al Ing. Adrian Gonzales quien es mi director de tesis, quien me ha ayudado y brindado una inmensa cantidad de conocimientos sin pedir nada a cambio, además de hacerme amar aún más la carrera que escogí, cartografía. Al Ing. Gabriel Sánchez quien desde el principio confió en mí y me apoyó en el riesgo de crear un libro guía como tesis de la carrera y de igual manera, ayudarme con información y conocimientos valiosos.

"Todos tenemos un propósito en la vida… un don único o talento especial para darles a otros. Cuando combinamos este talento único con el servicio a otros, experimentamos el éxtasis y la exaltación de nuestro propio espíritu, que es la meta final de nuestras metas."

Deepak Chopra

Esta es mi Ley del Dharma…

CONTENIDO

RESUMEN 9
SUMMARY 10
INTRODUCCIÓN 11
CONTEXTO 12
OBJETIVOS 13
Objetivo general 13
Objetivos específicos 13
JUSTIFICACIÓN 14
Marco Teórico. 16
Marco Conceptual. 17
2. DISEÑO METODOLÓGICO 18
3. DRONES, QUE SON Y PARA QUÉ SIRVEN 20
4. ASPECTOS NORMATIVOS 21
4.1. Regulación en Malasia 21
4.2. Regulación en República Checa 24
4.3. Regulación en Colombia 27
4.1.1. AEROMODELISMO (4.25.8.) 28
4.1.2. OTRAS OPERACIONES (4.25.8.2.) 29
5. DRONES, IDENTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS 31
5.1. ¿Qué tipo de Drones existen y como se clasifican? 31
5.2. Clasificación por Nombre 32
5.3. Usos de los Drones 35
5.4. Características de los Drones. 36
6. LA CARTOGRAFÍA Y LOS DRONES 40
6.1. ¿Cómo se generan los mapas a partir de los Drones? 51
6.2. La forma correcta de obtener datos cartográficos a partir de un Dron. 52
7. SOFTWARE Y PROCESAMIENTO DE DATOS (METODOLOGIA) ... 56
7.1. PIX4D 57
7.2. ARDUPILOT 64
7.3. DRON2MAP ESRI 65
8. EL MERCADO DE LOS DRONES 73
CONCLUSIONES 82
REFERENCIAS 83

ÍNDICE DE FIGURAS E ILUSTRACIONES

Portada Regulaciones de la Aviación Civil 2016. Gobierno de Malasia. 22
Parte XVI – Sección 140 - Sistemas de aeronaves no tripuladas. 23
Campaña de Aviación Civil – República Checa 24
Advertencia de la Aviación Civil a las personas que pretenden volar Drones en el país. 25
ČÁST 1 - VŠEOBECNÉ ÚDAJE (GEN) / Parte 1 – Generalidades 25
Mapa de los países que actualmente poseen regulación para los Drones. 26
Imagen alusiva al Dron "UAV" eBee RTK 33
Dron "UCAV" Northrop Grumman X-47B 34
Dron "RPA" Phantom 4 de la empresa china DJI 34
Dron "Cuadcopter" Mavic Pro 37
Drones "Multicopter" S1000+ (8 Helices) y Matrice 600 Pro (6 Helices) 37
Dron "eBee – RTK" de la empresa Sensefly 39
Montaje del Mapa de Hispanoamérica American Geographical Society 1946…40
Mapa de Machu Picchu (Mapa Turístico) 41
Fragmento de mapa de suelos del municipio de Zipaquirá 43
Fragmento de mapa topográfico del estado de Utah 45
Fragmento de mapa geográfico del departamento del cauca 46
Fragmento de mapa geológico de China 1989 47
Fragmento de mapa arqueologico región arqueologica Urabá – Alto Sinú. 48
Fragmento de mapa ecológico de las zonas de vida de Brasil 1983 50
Procedimiento para la obtención y producción de cartografía por medio de un Dron – Ing. Quauhtli Martínez 51
Imagen alusiva a el reconocimiento de campo 52
Plan de Vuelo en Mission Planner, UdeC Fusagasugá 53
Plan de Vuelo en PrecisionFlight, Ciudad Verde Soacha 53
Plan de Vuelo en DroneDeploy, Ciudad Verde Soacha 54
Modos de vuelo, Funciones y advertencias 55
Diversas plataformas para la implementación del software 56
Interfaz del software Pix4D Mapper. 57
Adición de las fotografías al software Pix4D Mapper. 58
Imágenes georeferenciadas sobre el mapa. 58
Menú Opciones de Procesos y Ejecución de Procesos. 59
Puntos de Unión de las imágenes 60
Grupos de Puntos sobre Point Cloud. 60
Nube de Puntos Densificada. 61
Ortomosaico. 61
Modelo Digital de Elevación (DSM). 62
Modelo Digital de Terreno (MDT). 62
Ortomosaico y Modelo Digital de Superficie antes de la densificación 63
Carpeta con los productos y video del proyecto. 63
Interfaz del software Mission Planner 64
Interfaz del software Drone2Map. 65
Módulo de Proyectos. 66
Productos en 2D 66

Productos en 3D..... 67
Productos de Inspección. 67
Adición de las fotografías al software Drone2Map 67
Visualización de la línea de vuelo y Opciones de Procesamiento..... 68
Ruta proyecto 1 y 2. 68
Selección de la opción según tipo de vuelo. 69
Herramientas implementadas en el Ortomosaico..... 69
Ortomosaico sobre mapa base. 69
Selección del Coliseo del campus universitario..... 70
DSM y MDT a partir de Ortomosaico. 70
Recorte Ortofoto, DSM y MDT del Coliseo del campus. 71
Vista del GeoPDF con nube de puntos y textura 3D. 72
Predicciones del mercado de Drones para el 2017..... 74
Comparación 2016 Ranking de Dron Top 20 74
Variación del puesto de la empresa Parrot en el Top 20 / 2016..... 75
Variación del puesto de la empresa Airware en el Top 20 / 2016. 75
Opciones de implementación de los Drones y UAS 76
Tasa de crecimiento de los UAS estimado para el año 2020..... 77
Costo promedio evaluado de los diferentes tipos de Drones 78
Pronostico económico de la producción de los UAS a nivel mundial 78
Gráficos que respaldan los pronósticos para el 2020 de la producción e implementación de los Drones. 79
Gráficos que respaldan los pronósticos para el 2020 del mercado de consumo de los Drones según la implementación..... 80
Pronóstico del mercado civil mundial de los UAS 2016 a 2026..... 81

RESUMEN

El desarrollo de este proyecto de grado es crear una guía en la cual se pretende especifica el uso e implementación de los Drones como base para generar productos cartográficos que puedan ser ofrecidos al público, la identificación de los tipos de Drones y las especificaciones mínimas que deben poseer para ser implementados en cartografía, de igual manera se pretende plantear las condiciones mínimas favorables para el vuelo.

El propósito de crear esta guía a partir del proyecto de grado es dar a conocer más a profundidad los Drones en el mundo de las geociencias, principalmente en la cartografía y carreras afines y así poder demostrar que con los avances tecnológicos podemos generar productos cartográficos de una forma más sencilla y ganando calidad en el trabajo realizado.

Para asegurarse de obtener la información verídica y adecuada se ha contactado con diversas personas que poseen conocimientos en el área y de igual manera con empresas nacionales y extranjeras de las cuales algunas muy amablemente han colaborado con la información proporcionada, se ha asistido a conferencias que tratan el tema específico, también se ha obtenido información pertinente de estudios, artículos, informes y trabajos con estudios de caso que han salido favorables en la mayoría de los casos.

Una vez recopilada toda la información se pretende realizar la guía que tendrá toda la información necesaria para determinar las necesidades y los procesos adecuados para llevar a cabo un trabajo relacionado con las ciencias de la tierra y en el cual sea de utilidad esta tecnología, además posee la información de la forma más entendible junto con los procesos para generar un producto cartográfico.

Palabras claves: Cartografía, Drones, GPS, Guía, Mapas, VANT.

SUMMARY

The development of this degree project is to create a guide in which it is intended to specify the use and implementation of the Drones as a basis to generate cartographic products that can be offered to the public, the identification of the types of Drones and the minimum specifications that must possess to be implemented in cartography, in the same way is intended to raise the minimum conditions favorable for the flight.

The purpose of creating this guide from the degree project is to make Drones better known in the world of geosciences, mainly in cartography and related careers, and thus be able to demonstrate that with the technological advances we can generate cartographic products of one Simpler way and gaining quality in the work done.

In order to be sure of obtaining the correct and accurate information, a number of people who have knowledge in the area have been contacted, as well as with national and foreign companies, some of whom have kindly collaborated with the information provided. The specific topic has also been obtained relevant information from studies, articles, reports and papers with case studies that have been favorable in most cases.

Once all the information has been collected, it is intended to make the guide that will have all the necessary information to determine the needs and processes suitable to carry out a work related to the earth sciences and in which this technology is useful, also has the information of the most understandable form together with the processes to generate a cartographic product.

Keywords: Cartography, Drone, GPS, Guide, Maps, VANT.

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 8 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. (Kakaes, 2014)

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 las personas acerca del uso 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 está empezando a implementarlos en la cartografía oficial del país como en el caso de restitución de tierras. (Carolina Pineda - IGAC, 2013) (IGAC, 2016) (IGAC, 2016)

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.*

OBJETIVOS

Objetivo general

Elaboración de una guía de bolsillo que contenga información básica pertinente acerca de los Drones que se pueden implementar en el uso de la cartografía, identificando especificaciones, implementación y otras características que se investigaron con el fin de conocer cuáles son los equipos óptimos para realizar determinados tipos de trabajos relacionados a las geociencias.

Objetivos específicos

1. Identificar qué tipos de Drones existen en el mercado destinado hacia las geociencias.
2. Conocer cuáles son las especificaciones mínimas que debe tener un Dron para realizar determinado tipo de cartografía.
3. Entender las condiciones atmosféricas que favorecen a los Drones para una buena recolección de datos.
4. Indagar en el mercado de Drones para conocer su posición en la economía mundial.
5. Realizar la cartografía y generar los productos acordes a un ejemplo topográfico.

JUSTIFICACIÓN

El motivo principal para realizar este proyecto de grado es el innovar en la producción cartográfica que se presenta por parte de los estudiantes del programa Tecnología en Cartografía de la Universidad de Cundinamarca, ya que estos son enfocados a realizar proyectos y encontrar soluciones a problemáticas diferentes y siempre se basan en la misma metodología.

Pretendiendo que los estudiantes posean interés alguno en las nuevas tecnologías e innovación para la cartografía, se espera que al conocer este trabajo y leerlo adquieran conocimientos que son favorables para nuestra profesión y profesiones afines.

"La cartografía moderna tiene una nueva herramienta en Colombia: los Drones. Estos vehículos aéreos no tripulados, que surgieron como herramientas militares hoy sirven para tomar imágenes de la superficie terrestre para realizar los mapas del país."

Además, otros beneficios que tienen los Drones en la cartografía son:

- son ideales para captar fotos en sitios remotos o de difícil acceso como quebradas, caños y complejas zonas de orden público.
- Permite cubrir todo el territorio nacional y tener escalas más detalladas.
- Es ágil en la captura de datos, la precisión y la resolución de las imágenes y el acceso a zonas complejas por la presencia de grupos al margen de la ley.
- Puede sortear condiciones climatológicas adversas, como ejemplo de esta, no se afecta por las nubes.
- ante corrientes fuertes de aire el Dron posee un sistema que por medio de GPS que lo hace volver a su punto de lanzamiento y en caso de extravío envía una señal de GPS que permite su localización.

Como antecedentes validos que demuestran la factibilidad de los Drones en la cartografía y las diversas áreas de las geociencias están los siguientes ejemplos:

Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil de (fenercom y consejeria de economia y hacienda de Madrid, 2015)*, Drones en la Agricultura de Precisión* (Adrian González, 2016)*, Generación de modelos digitales de superficie y ortofotografías, mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT) y software de fotogrametría automatizado* (González, 2016)*, A low-cost drone based application for identifying and mapping of coastal fish nursery grounds* (Daniele Ventura, 2016)

Lo mejor de todo y la mayor justificación para el uso e implementación de estos aparatos es que el Dron es una tecnología más ecológica, es manipulado a distancia y no usa combustibles

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.

1. MARCO REFERENCIAL

Marco Teórico.

En un comienzo, los Drones o UAV (Unmanned Aerial Vehicle o vehículo aéreo no tripulado) fueron creados para uso militar a finales de la primera guerra mundial y se empezaron a implementar en la segunda guerra mundial en el que servían para explorar la zona enemiga y poder realizar estrategias de batalla. Además, se les era posible incorporarles armamento para atacar dichas zonas. Estos Drones se programaban previamente para su vuelo. Luego en la década de los 90's esta tecnología evoluciono volviéndose operativo y usando ahora un sistema de posicionamiento global (GPS). Después de un tiempo fue disminuido el uso de los Drones ya que se estaban implementando el uso de imágenes satelitales.

Los Drones pueden clasificarse según diversas características, desde el tipo de alas, método de control e implementación hasta el tipo de sensor que poseen. En la clasificación por tipo de alas se encuentran los de ala fija y multirotor. El tipo de control puede ser autónomo, supervisado o controlado remotamente y todo esto se determina según el uso y tipo de Dron, desde los RPA para inspección fiscal controlados de forma remota o semi autónoma y los UAV cartográficos hasta los UCAV con fines militares controlados de forma autónoma o remotamente. Esto se explica más adelante desde la página 31.

También están los sensores que pueden implementarse según el peso de los equipos, el peso y tipo de Dron y las leyes que los rijan dependiendo del país.

Estos operan con datos que proveen información generalmente de tipo radiación electromagnética (emisión y reflexión), para posteriormente trabajar con los datos adquiridos y poder analizarlos. Estos se clasifican según la captura del espectro electromagnético, sus diferentes bandas y de esta manera los sensores se pueden capturar datos multiespectrales, termográficos o RGB.

	Sensores y Herramientas para Drones				
	Multiespectrales				
Nombre	Tetracam ADC-SNAP	Tetracam ADC-SNAP Single Band	Tetracam RGB+3 SNAP	Mapir Survey2 Red+NIR	Parrot Sequoia
Uso	ideal para capturar imágenes multi-espectrales de cultivos, bosques y otros ecosistemas.	cámara digital agrícola, ideal para capturar imágenes multi-espectrales de cultivos.	captura imágenes multi-espectrales para calcular NDVI, SAVI, TSAVI y NDII.	Imagenes con índice NDVI para mostrar el contraste entre la vegetación sana y saludable.	analiza la vitalidad de las plantas detectando la cantidad de luz que absorben y reflejan gracias a sus dos sensores, multiespectral y de luz solar.
	Termográficas				
Nombre	Optris PILW+RECORDING BOX	FLIR VUEPRO-R	FLIR TAU2 Thermal Capt		
Uso	un PC miniatura que permite la grabación radiométrica de imágenes de vídeo desde el aire.	cada imagen contiene datos de temperatura calibrados y precisos incrustados en cada píxel.	identificar factores ambientales tales como perturbaciones atmosféricas o perturbaciones meteorológicas.		
	RGB				
Nombre	Sony Serie IIce	Nikon Coolpix A.	Sony A7R		
Uso	Aporx. 24,3 Mpx, Sistema de lentes intercambiables con montura tipo E versátil, 310 disparos aprox.	Aporx. 16,2 Mpx, Disparo continuo de 4 fps, Procesamiento de datos RAW (NEF), Sensibilidad lumínica ISO (100-6400) alta.	Aporx. 36,4 Mpx, Sistema de lentes intercambiables con montura tipo E.		

Sensores multiespectrales, termográficos y RGB - (DRONETOOLS, 2015).

Los diferentes sensores se especializan en cualquiera de estos tres tipos anteriormente mencionados; Los multiespectrales capturan imágenes de un objeto obtenidas por separado en diferentes bandas del espectro electromagnético (ILCE, 2013). Los termográficos o infrarrojos capturan las imágenes a partir de los infrarrojos medios. Los RGB capturan la información en millones de colores y determina la combinación de los colores en función del número de canales de un modelo de color implementando las diferentes bandas.

Marco Conceptual.

Hoy en día el uso de los Drones se fue incrementando gracias a su versatilidad, en la que se pueden utilizar de manera comercial (como en la entrega de mensajería), civil y militar. Además de esto, se han venido implementando en la agricultura y últimamente en la cartografía. En esta última (que es donde se enfatiza este proyecto) se ha visto muy beneficiada en donde *"Los Drones son ideales para captar fotos en sitios remotos o de difícil acceso"*, asegura Juan Antonio Nieto, director del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) además se pueden tener buenas imágenes en las que no se obtienen nubosidad debido a que estos vuelan a una altura en la que hay poca presencia de nubosidad. Estas imágenes son perfectas para la obtención de material cartográfico. El Instituto Geográfico Agustín Codazzi planea ahora el uso de los UAV para la creación de cartografía 1:50000, 1:25000 y 1:10000 de todo el país. (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI, 2013)

Los UAV, RPAS para el uso cartográfico tienen unas especificaciones que deben contener como lo puede ser una cámara de alta definición, GPS integrado para la georreferenciación de las imágenes y sensor LIDAR (para algunos de los nuevos Drones) que permite la obtención de modelos digitales. También existen algunos tipos de Drones que pueden ser utilizados como lo pueden ser los RPAS de ala fija que ofrece estabilidad y autonomía a la hora de la toma de imágenes y los UAV multirotor que tienen cámaras con plataformas de giro estabilizadoras y aislantes de vibraciones.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

Ubicación y Características agro climatológicas: Fusagasugá se encuentra ubicada entre los 4º 20' latitud norte y los 74º 21' 00" longitud oeste, la ciudad ocupa una meseta enmarcada por los ríos Cuja y Chocho y los cerros Quininí y Fusacatán que conforman el valle de los sutagaos. Dista 64 kilómetros (39,76 millas), hacia el suroeste, de la capital del país, Bogotá. Limita con los municipios de Silvania y Sibaté por el Norte, Arbeláez, Pandi e Icononzo por el Sur, Pasca y Sibaté por el Oriente y Tibacuy y Silvania por el Occidente.

El territorio fusagasugueño se encuentra entre los 550 a los 3.050 metros sobre el nivel del mar. El perímetro urbano se encuentra en una altura promedio de 1.726 msnm con una temperatura promedio de 20 °C. La humedad relativa media es de 85%, con máximos mensuales de 93% y mínimos mensuales de 74%, con una precipitación superior a los 1.250 mm.

Aproximadamente entre los 1.100 y 1.900 msnm, se encuentra un clima templado y relativamente húmedo, con algunas variaciones locales en cuanto al régimen de humedad, debido a que en esta zona los vientos que soplan son secos y ocasionan una alta evaporación. La temperatura promedio multianual del municipio es de 19.4 º C; la máxima temperatura es 26.8º C. (Alcaldia de Fusagasugá, 2015)

Universo, población y muestra: la investigación estará enfocada en las nuevas tecnologías para la cartografía, en donde se tendrá en cuenta los tipos de Drones y su comportamiento según las condiciones climatológicas y geográficas de la zona en que se hará la toma de datos, además de identificar que Drones son viables para cada tipo de cartografía.

Técnicas o instrumentos para la recolección de datos: se consulta fuentes oficiales y estudios hechos por entidades encargadas del manejo de estas tecnologías para la recolección de imágenes aéreas. Además de esto, identificar los alcances de esta tecnología para la producción de cartografía a partir de los datos obtenidos de los Drones.

Método de análisis: Con dicha información obtenida gracias a la investigación de los Drones, se analizará los tipos de Dron que pueden servir para generar la cartografía temática y en qué condiciones pueden ser óptimos el uso de estos.

Infraestructura y Equipos: El proyecto de investigación se realizará en la universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá, en la facultad de ciencias agropecuarias en convenio con el programa de tecnología en cartografía, se utilizarán software (ArcGIS for Desktop) y hardware como computadores del laboratorio de cartografía de la institución.

Diagrama Metodológico.

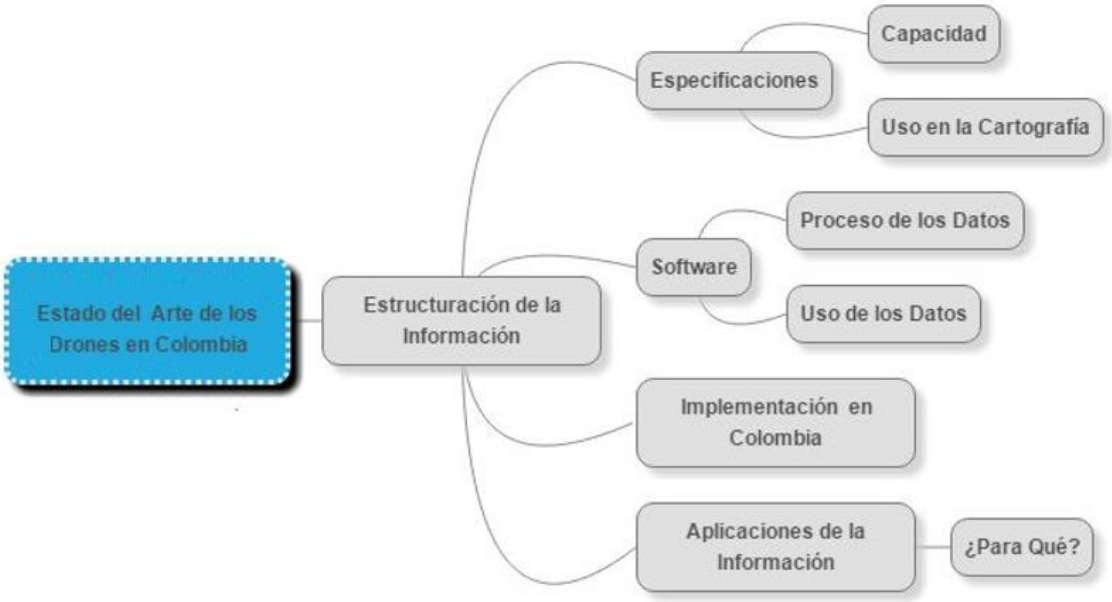


Diagrama de metodología para el desarrollo del proyecto de grado – Fuente Propia.

Recursos.

Humanos: El Ingeniero Adrian González, docente de la carrera tecnología en cartografía y director de tesis, encargado de la parte de asesoría y revisión de los resultados y metodologías adoptadas. Estudiante de tecnología en cartografía Jefferson Duvan Pinzón Rojas, responsables de la parte metodológica, conceptual y diseño del proyecto.

Institucionales:

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Implementa los Drones en la generación de Cartografía a nivel estatal en pruebas piloto desde el 2016.
- ESRI Colombia e Internacional.
- EraBal Ingeniería.
- MPSIG (Multiprocesos SIG).
- GeoSpatial.
- GeoSAT.
- GeoFields (Pipeline Management Solutions)
- GeoMarine (Ingenieros Consultores).
- Procalculo.
- ACRE (Surveying Solutions) – Leica Geosystems.

3. 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 hobbies 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.

4. 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. Como ejemplo se estudian de una manera muy básica las reglamentaciones de Malasia y República Checa.

4.1. Regulación en Malasia

Un ejemplo de esto son las regulaciones en otros países como Malasia, donde el ente regulatorio es el Departamento de Aviación Civil **(*DCA*)** y crearon la normativa en conjunto con el Ministerio de Transportes de Malasia (ya que en este país es común ver estos aparatos en actividades cotidianas, como pasear los perros o hacer entregas).

Según el Reglamento de Aviación Civil 2016: Sección 140-144.

- No vuele sus drones cerca de cualquier aeropuerto, base militar, estaciones base de telecomunicaciones y áreas residenciales o comerciales.
- No volar aviones no tripulados de más de 122 m (400 pies).
- No volar aviones no tripulados sobre una multitud de más de 1.000 personas - A MENOS QUE esas personas están realmente involucradas

en el manejo de los drones (de modo que significa NO volar en parques públicos con gente al azar alrededor).

- NO vuele aviones no tripulados cerca del barco, vehículo o edificio de otras personas.
- DEBE obtener un permiso para cada vuelo que intente operar.
- DEBE volar durante el día.
- USTED sólo debe volar en buenas condiciones climáticas.

14 April 2016
14 April 2016
P.U. (A) 97

WARTA KERAJAAN PERSEKUTUAN

FEDERAL GOVERNMENT GAZETTE

PERATURAN-PERATURAN PENERBANGAN AWAM 2016

CIVIL AVIATION REGULATIONS 2016

DISIARKAN OLEH/
PUBLISHED BY
JABATAN PEGUAM NEGARA/
ATTORNEY GENERAL'S CHAMBERS

Copyright of the Attorney General's Chambers of Malaysia

Portada de la "Warta Kerajaan Persekutuan – Peraturan-Peraturan Penerbangan Awam 2016" – Regulaciones de la Aviación Civil 2016. Gobierno de Malasia.

BAHAGIAN XVI

SISTEM KAPAL UDARA TANPA PEMANDU

Sistem kapal udara tanpa pemandu

140. (1) Tiada seorang pun boleh menerbangkan sistem kapal udara tanpa pemandu—

(a) dalam ruang udara Kelas A, B, C, atau G;

(b) dalam lingkungan zon trafik aerodrom; dan

(c) pada ketinggian melebihi 400 kaki di atas permukaan bumi,

melainkan jika dibenarkan oleh Ketua Pengarah dan hendaklah tertakluk kepada kehendak sebagaimana yang ditentukan oleh Ketua Pengarah.

PARTE XVI
sistemas de aeronaves no tripuladas
140. (1) Ninguna persona volar un avión sin el sistema de controlador
(A) en espacio aéreo de Clases A, B, C o G;
(B) dentro de la zona de tránsito de aeródromo; y
(C) a una altitud de más de 400 pies por encima de la superficie de la tierra,

salvo autorización del Director y estarán sujetos a los requisitos que determine el Director General.

Parte XVI – Sección 140 - Sistemas de aeronaves no tripuladas.

4.2. Regulación en República Checa

En el caso de República Checa, la autoridad que regula el manejo de los Drones es la Autoridad de Aviación Civil **(*CAA*)** y también lo hacen en conjunto con el Ministerio de Transportes (**ministerstvo dopravy**).

La Autoridad de Aviación Civil de la República Checa entiende las normas de la OACI como base para la seguridad en la aviación civil mundial. La condición esencial para la competitividad de la aviación civil checa dentro de la UE y la aviación mundial se aseguró después de la entrada de la República Checa en JAA y ha continuado con la pertenencia a la UE. "Las reglas europeas de la aviación" tienen carácter obligatorio y obligatorio legal en la República Checa.

El vuelo de recreo se puede hacer sin ningún permiso o licencia siempre y cuando su peso sea menor a 20kg (44 libras). Volar su drone comercialmente requerirá un permiso para ser archivado con la Autoridad de Aviación Civil de la República Checa. (dronejobs.org, 2017)

La Aviación Civil Checa pone a disposición una “campaña de educación para la seguridad centrada en el tema de los aviones no tripulados (drones)” en donde explican la importancia de saber manejar estos equipos y no tratarlos como juguetes, además de enfocarse bastante en la seguridad.

Campaña de Aviación Civil – República Checa

Všechna letadla, která nejsou ovládána pilotem na palubě, jsou souhrnně označována. BEZPILOTNÍ LETADLA nebo také DRONY
Pád nebo náraz DRONU může způsobit vážné škody na zdraví i na majetku.
Chcete-li létající hračku, volte raději model klasického letadla.
Je zábavnější a něco se naučíte.

Todas las aeronaves que no son controlados por el piloto a bordo, se denominan de la misma forma, Aviones no tripulados y Drones.
Un accidente de un avión no tripulado por caída puede causar graves daños a la salud y la propiedad de otros.
Para un juguete volador, se aconseja a los aviones modelo clásico.
Es divertido y se aprende algo.

Advertencia de la Aviación Civil a las personas que pretenden volar Drones en el país.

Directrices principales para volar un UAV en República Checa.

- SIEMPRE mantener la línea de visión.
- NO vuele su Drone cerca de multitudes o personas.
- NO vuele su Drone por la noche.
- NO manejes tu Drone en mal tiempo.
- NO vuele su drone cerca de aeropuertos o edificios gubernamentales

Requisitos de Operador de UAV para Vuelo Comercial

- Se requiere permiso para volar tu Drone comercialmente

0.1.2 APLIKOVANÉ ICAO DOKUMENTY

0.1.2.1 AIP je zpracován v souladu s normami a doporučeními (SARPs) Přílohy 15 k Úmluvě o mezinárodním civilním letectví a Manuálu pro letecké informační služby (ICAO DOC 8126). Mapy obsažené v AIP jsou zpracovány v souladu s normami a doporučeními (SARPs) Přílohy 4 k Úmluvě o mezinárodním civilním letectví a Manuálu pro letecké mapy (ICAO DOC 8697). Rozdíly od ICAO norem, doporučení a postupů jsou uvedeny v pododdílu GEN 1.7.

0.1.2 APPLICABLE ICAO DOCUMENTS

0.1.2.1 The AIP is prepared in accordance with the Standards and Recommended Practices (SARPs) of Annex 15 to the Convention on International Civil Aviation and the Aeronautical Information Services Manual (ICAO Doc 8126). Charts contained in the AIP are produced in accordance with Annex 4 to the Convention on International Civil Aviation and the Aeronautical Chart Manual (ICAO DOC 8697). Differences from ICAO Standards, Recommended Practices and Procedures are given in subsection GEN 1.7.

0.1.4 ROZDĚLENÍ LETECKÉ INFORMAČNÍ PŘÍRUČKY A STANOVENÉ INTERVALY PRAVIDELNÝCH ZMĚN

0.1.4.1 Rozděleni Letecké informační příručky

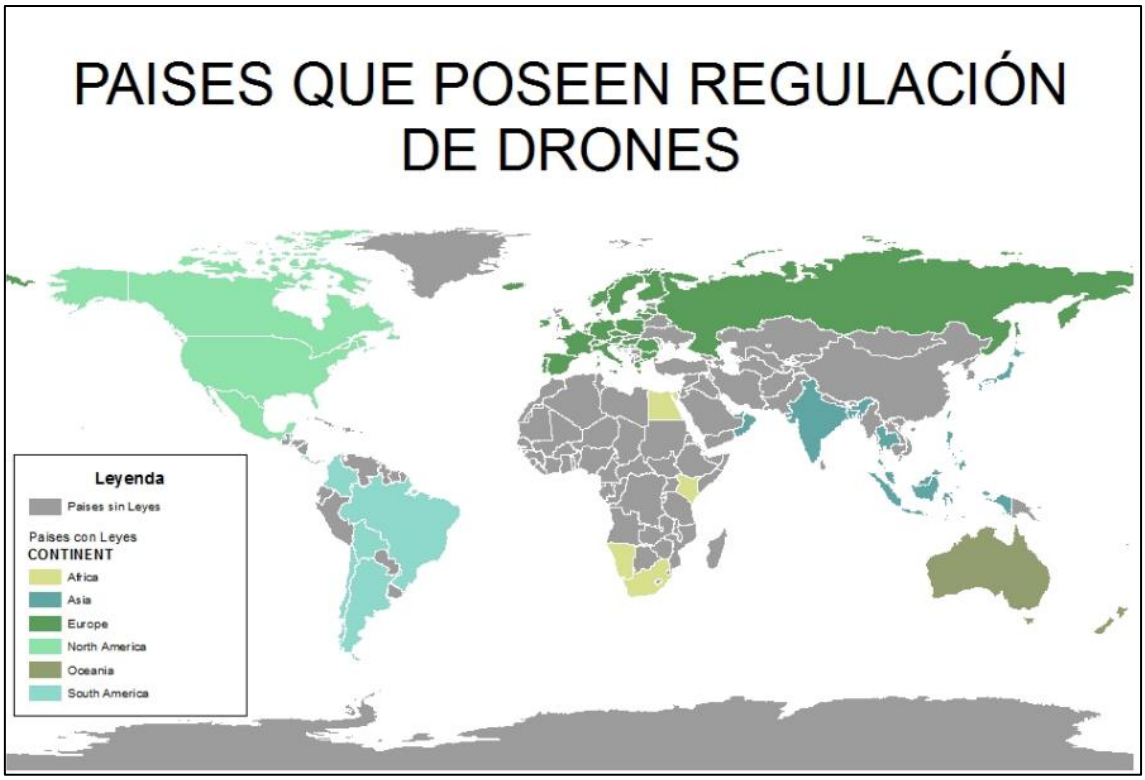
AIP je součástí Integrovaného souboru leteckých informací, podrobně popsaného v pododdíle GEN 3.1. Základní struktura AIP je znázorněna graficky na obrázku níže. AIP České republiky, se skládá ze tří částí - Všeobecná (GEN), Tratě (ENR) a Letiště (AD), z nichž každá je dále členěna do oddílů a pododdílů, viz. obsahy jednotlivých částí, GEN 0.6, ENR 0.6 a AD 0.6. Oddíly, ke kterým AIS neobdržela informace, jsou označeny "neaplikuje se" nebo "rezervováno".

0.1.4 THE AIP STRUCTURE AND ESTABLISHED REGULAR AMENDMENT INTERVAL

0.1.4.1 The AIP structure

The AIP forms part of the Integrated Aeronautical Information Package, details of which are given in subsection GEN 3.1. The principal AIP structure is shown in graphic form on picture bellow. The AIP of the Czech Republic is made up of three Parts, General (GEN), En-route (ENR) and Aerodromes (AD), each divided into sections and subsections, se tables of contents of particular parts GEN 0.6, ENR 0.6 and AD 0.6. Sections to which AIS has not received any information are designated as "not applied" or "reserved".

ČÁST 1 - VŠEOBECNÉ ÚDAJE (GEN) / Parte 1 – Generalidades - AIP Czech Republic
http://lis.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_en_aip.htm



Mapa de los países que actualmente poseen regulación para los Drones. (60 de 194 países) – Fuente propia y datos de DroneJobs

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

Como se puede diferenciar en los ejemplos anteriores, las directrices principales son iguales o muy parecidas y esto se debe a que todos los países 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 EUROCAE ER-004 (2011)
- Política EASA E. Y013-01 (2009)
- CASA CASR Parte 101-2 y -3 (2002)
- NASA/TM–2013-217969
- OTAN STANAG 4671

4.3. 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 cuál 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 deportivos 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:

4.1.1. AEROMODELISMO (4.25.8.)

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.

4.1.2. 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 requerimientos:

1. Licencia de piloto privado con curso en tierra que dura unos 6 meses.
2. 40 horas de vuelo y 200 despegues y aterrizajes, previos, certificados por la escuela de aviación.
3. Identificación y matrícula del dron.
4. Póliza de seguro para daños a terceros.
5. Solicitud con plan de vuelo ante la Aeronáutica Civil con 15 días hábiles de anticipación.
6. 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*** *INFORMACIÓN* ***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).

5. 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.

5.1. ¿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.

Clasificación de los Drones según:			
Nombre	Siglas	VANT o UAV	Vehículo Aéreo no Tripulado o Unmanned Aerial Vehicle.
		UCAV	Unmanned Combat Aerial Vehicle
		RPA	Remotely Piloted Aircraft
		UMA	Unmanned Aircraft
		APV	Automatically Piloted Vehicle
		UTA	Unmanned Tactical Aircraft
		ROA	Remotely Operated Aircraft
	Sistema	UAS	Unmanned Aerial System
		GCS	Ground Control Station
		RPAS	Remoteli Piloted Aircraft System
		RPS	Remoteli Pilot Station

Figura 1.1. Clasificación de los Drones por nombre. Fuente Propia.

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.

5.2. Clasificación por Nombre

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 vuelo.

5.2.1. 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.

- **Unmanned Aircraft: UMA**

  Avión no Tripulado. Término acuñado en 1984.

- **Automatically Piloted Vehicle: APV**

  Vehículo pilotado de forma automática. Término acuñado en 1988.

Imagen alusiva al Dron "UAV" eBee RTK – SenseFly.com

5.2.2. 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.

- **Unmanned Tactical Aircraft: UTA**

Aviones Tácticos no tripulados. Término acuñado en 1995.

Fotografía de un Dron "UCAV" Northrop Grumman X-47B - Fuerza Aérea de los EE.UU. / Chris Neill

5.2.3. 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.

- **Remotely Operated Aircraft: ROA**

Vehículo Aéreo Operado Remotamente. Término acuñado en 1999.

Fotografía de un Dron "RPA" Phantom 4 de la empresa china DJI – www.dji.com/es/phantom-4

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.

5.3. Usos de los Drones

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).***

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)***.

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 intervención 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. (International Council of the Aeronautical Sciences, 2016)

5.4. Características de los Drones.

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 ala-ala.
- **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.

Dron "Cuadcopter" Mavic Pro – www.dji.com/mavic

- Los ***Multicópteros*** son los Drones que poseen más de cuatro motores de hélices. Estos aparatos 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.

Drones "Multicopter" S1000+ (8 Helices) y Matrice 600 Pro

(6 Helices) – www.dji.com/

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.

Los videos y fotografías son una característica importante en la obtención de información para generar cartografía, ya que se necesita que las imágenes y videos tengan una resolución optima de alta calidad, para poder visualizar la nitidez de los objetos ubicados en el suelo. Por medio del método FVP (First Person View) se visualiza en tiempo real lo que está observando la cámara del Dron.

El GPS es un dispositivo indispensable para el Dron, que facilita localizarlo y ubicarlo en coordenadas específicas para la toma exacta de la información que implementa las coordenadas, como la información geográfica. A este se le une el Altímetro que es un dispositivo que indica la altura respecto al nivel del mar, este dispositivo ayuda a determinar la coordenada “Z” que determina la altura en un plano X, Y, Z, para generar cartografía en 3D.

Por último, pero no menos importante son las dimensiones, Soporte, Repuestos y el Precio del Dron, pues según las normas de regulación de la Aeronáutica Civil Colombiana y la ICAO, los Drones tienen un límite de peso el cual de ser superado incurre en las normas y por ende en las obligaciones que debe poseer el piloto y el equipo. (ICAO, 2012)

El precio es importante al obtener un Dron, este varía según las características que posea el equipo, cuando posee una cámara de alta definición, o algún tipo de sensor especifico su precio incrementa bastante, además si el Dron está hecho para algún trabajo especial su precio puede ser considerablemente alto, tal es el caso del Dron eBee de la empresa Parrot, que es fabricado especialmente para el uso cartográfico y agrónomo y el cual tiene un valor que oscila entre los US$ 16.840 a US$ 18.520 (50 a 55 millones de pesos

colombianos) y si se quiere incorporar una antena RTK y algún tipo de sensor como el térmico su valor incrementa a los US$ 34.000 aproximadamente (101 millones de pesos colombianos). (SeseFly.com, 2015)

Imagen alusiva al Dron "eBee – RTK" de la empresa Sensefly

6. 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. (Banco de la Republica)

Montaje del Mapa de Hispanoamérica en el patio de la Sociedad Geográfica Americana – American Geographical Society Copyright 1946, renewed 1973

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.

Mapa de Machu Picchu (Mapa Turístico) – www.buscuscoollanta.com/

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 (Elzakker, 2015) 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. (IGAC, 1986)

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

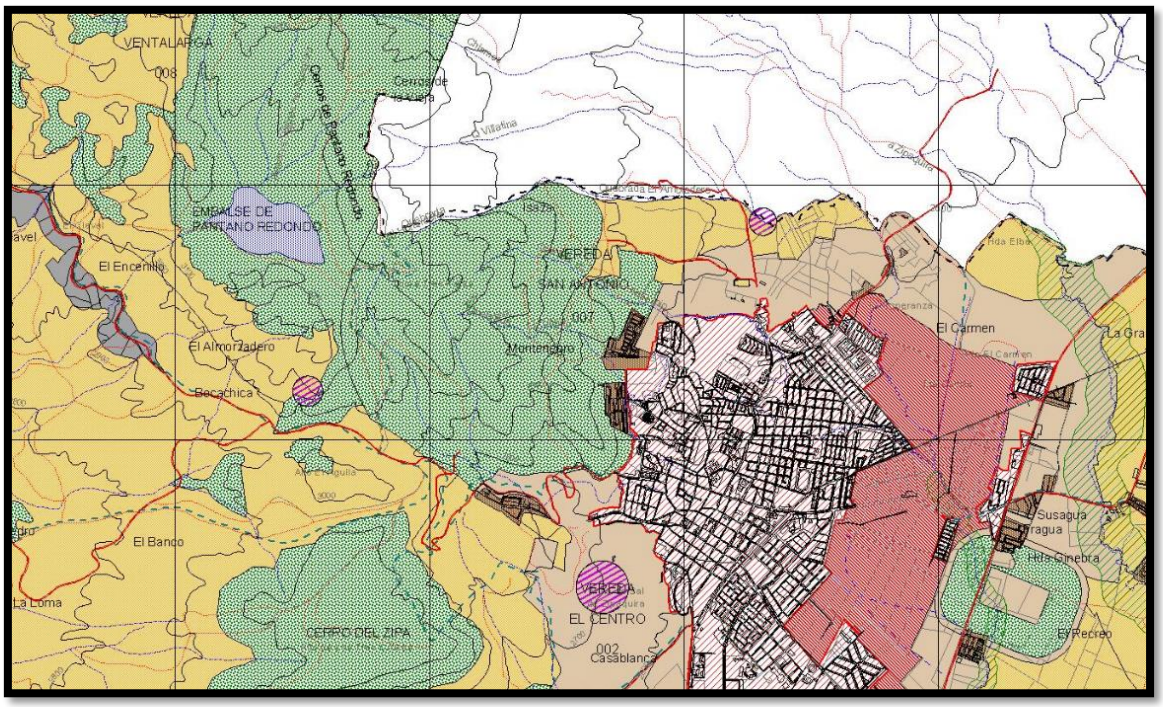
algunos ejemplos de los diferentes tipos de mapas y sus características principales.

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. (IGAC, 1986)

El mapa de suelos debe incluir:

- Leyenda perfectamente coordinada con todas las unidades que figuran en el mapa y que se describen en la memoria explicativa (posición fisiográfica, unidad cartográfica, componentes taxonómicos, sean series o familias y fases).
- Título, señalando el nivel del levantamiento: v.gr. Mapa detallado de suelos del municipio.
- Editor, Año de publicación, Escala, Convenciones, Orientación (Norte), Sistema de referencia utilizado (coordenadas geográficas).



Fragmento de mapa de suelos del municipio de Zipaquirá – Alcaldia de Zipaquirá

Cartografía Topográfica

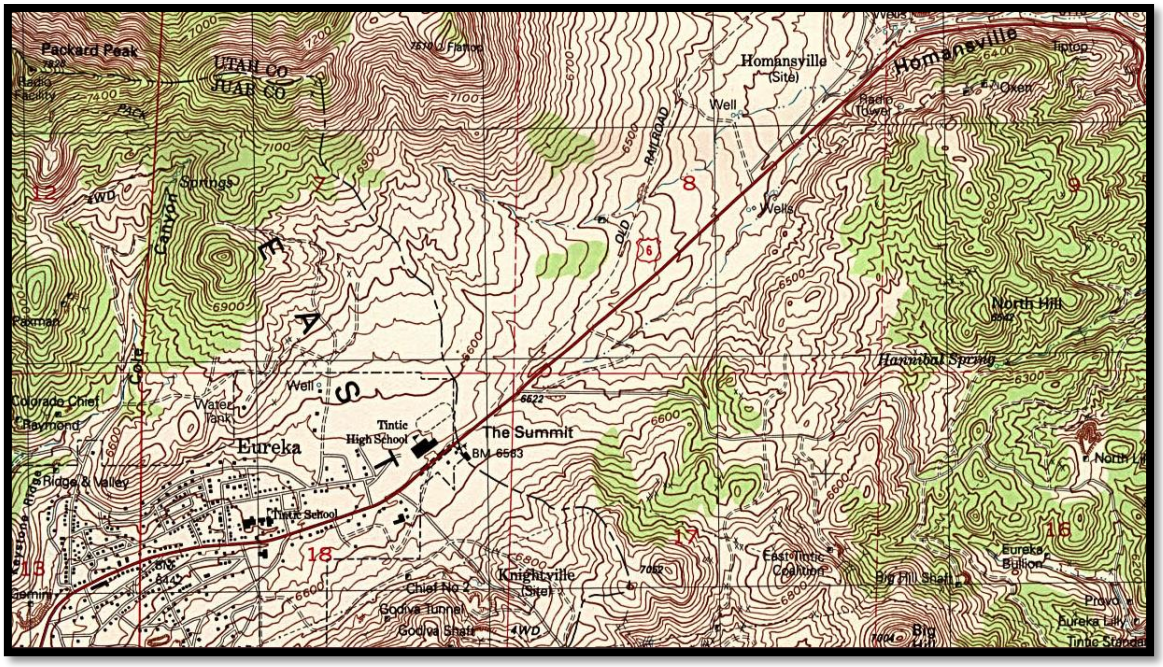
Es el tipo básico de mapa utilizado para representar áreas del terreno en el mapa topográfico. Estos mapas muestran los elementos naturales del área analizada y también ciertos elementos artificiales, humanos o culturales, como son las redes de transporte y los asentamientos de población. También muestran 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. (intef, 2016)

El mapa topográfico debe incluir:

- Curvas de nivel, construcciones, perfiles topográficos, relieve y altitud.
- Utilización de colores en los diversos niveles con otros símbolos y trazos auxiliares.
- Editor, Año de publicación, Escala, Convenciones, Leyenda, Orientación (Norte), Sistema de referencia utilizado (coordenadas geográficas).

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.



Fragmento de mapa topográfico del estado de Utah – The University of Texas at Austin

Cartografía Geográfica

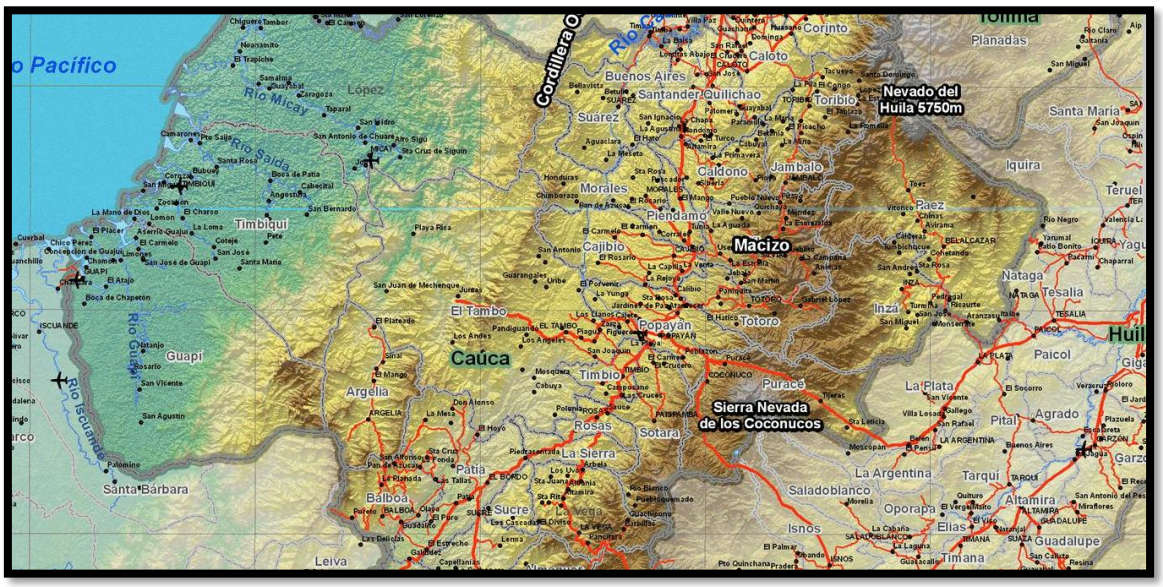
Los mapas geográficos son representaciones gráficas en una superficie plana y en dos dimensiones: largo y ancho. Un mapa geográfico puede representar toda la superficie terrestre como también solo fragmento de ella, esto dependerá del territorio que se quiera visualizar.

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 mapa geográfico debe incluir:

- Descripción del mapa según su clasificación: Generales (mapamundi y de gran extensión) o Particulares (corográficos y planos geométricos).
- Geografía de la zona ilustrada en el mapa, como la hidrografía, geomorfología, orografía y las ubicaciones destacadas como modo de ubicación.

- Clasificación tradicional por medio de color (tonos verdes, amarillos, naranjas, marrones y blanco) que se representan según la altura de la geografía de la zona.
- Editor, Año de publicación, Escala, Convenciones, Leyenda, Orientación (Norte), Sistema de referencia utilizado (coordenadas geográficas).



Fragmento de mapa geográfico del departamento del cauca – DANE - OCHA

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. (GfK GeoMarketing, s.f.)

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.

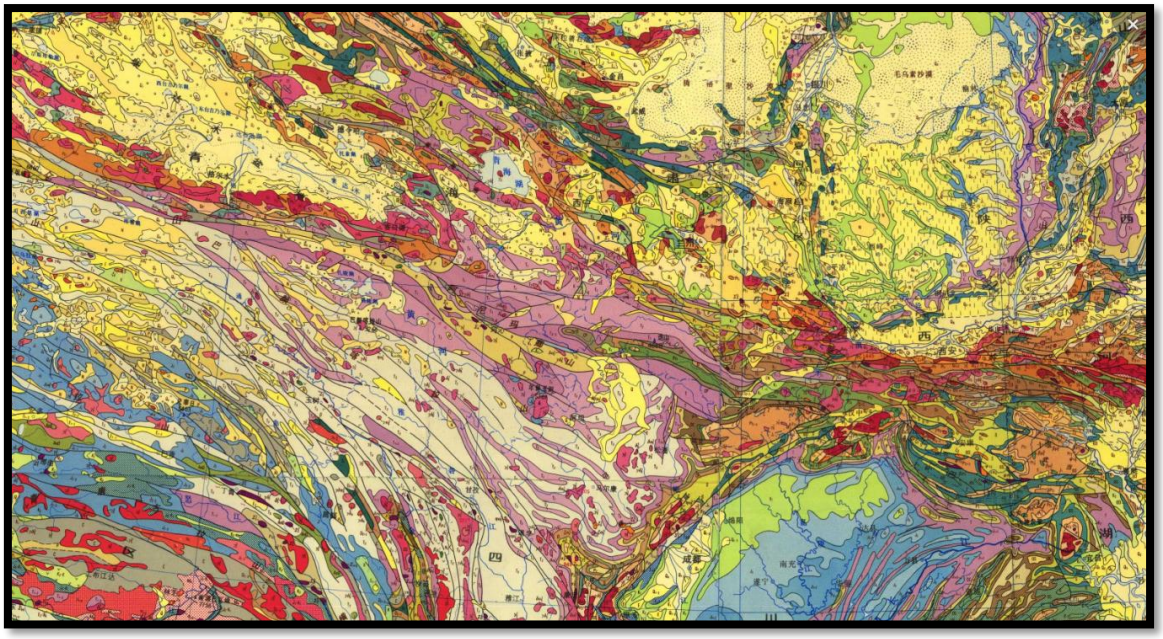
Estos mapas suelen levantarse a escala 1:50.000 y se realizan a partir de la información recolectada en los estudios de campo y el empleo de fotografías aéreas verticales y de ortoimágenes de satélite. En este tipo de mapas se muestran los esquemas regionales, geológicos, morfo estructúrales y tectónicos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

El mapa geológico debe incluir:

- La simbología de estos mapas incluye símbolos estructurales y geomorfológicos además de la cronología del mismo.
- La clasificación de las unidades litológicas o conjunto de rocas representadas por medio de tramas y colores.

cuaternario	Terciario	Secundario	Primario	Arcaico	Rocas volcánicas	Rocas ígneas

- Leyenda con cronología, columnas estratigráficas y cortes geológicos.
- Memoria del mapa, Editor, Año de publicación, Escala, Orientación (Norte), Sistema de referencia utilizado (coordenadas geográficas).



Fragmento de mapa geológico de China 1989 – ISRIC-WAGENINGEN

Cartografía Arqueológica

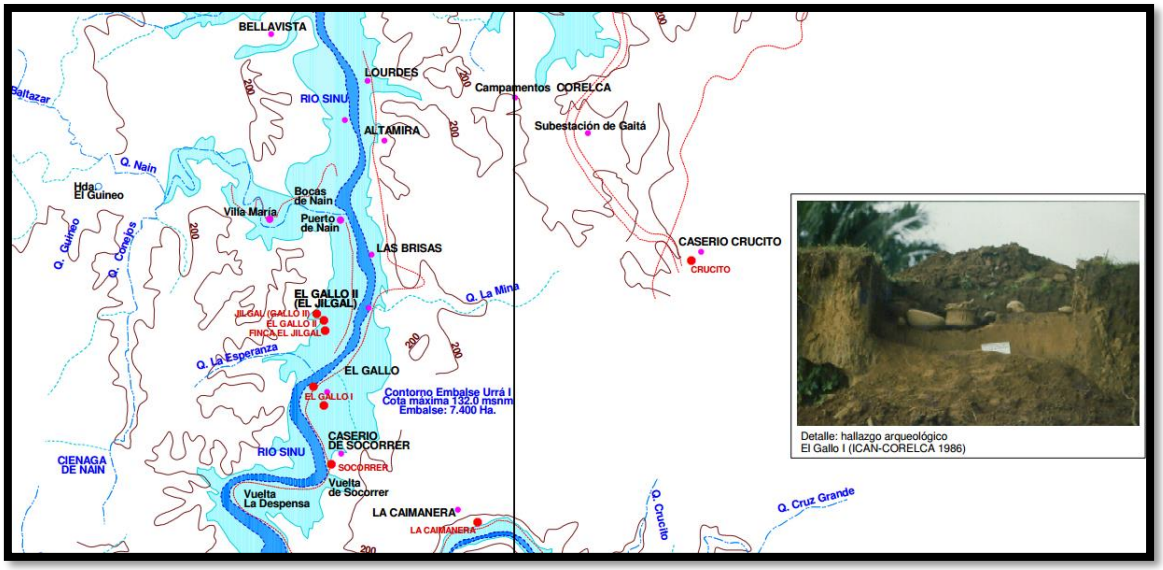
Un mapa arqueológico es un dibujo que describe asociaciones espaciales entre artefactos, yacimientos, ecofactos y los elementos del paisaje. Estos mapas se basan gran parte en información bibliográfica y cartográfica disponibles de diferentes centros de investigación del país y otros lugares. En el caso 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. (ICANH – Antropólogo Víctor Gonzáles Fernández, 2016)

El mapa arqueológico debe incluir:

- Uso del datum, localización precisa y altura sobre el nivel del mar.

- Todas las medidas para dibujar en el mapa, tanto horizontales como verticales se deben tomar desde el datum y de igual forma, tienen que ser hacia el datum y no hacia la localización del instrumento usado.
- La cuadricula debe tener como vértice el datum y orientada con el eje norte.
- Cuando se usa una estación total o GPS de precisión se debe fijar también una cuadricula, aunque esta sea virtual.
- Como los mapas arqueológicos se basan continuamente en información como los mapas topográficos, es muy importante verificar las cotas de elevación de la cartografía base implementada, y en caso de no tener el suficiente detalle, realizar una nivelación.
- Editor, Año de publicación, Escala, Convenciones, Leyenda, Orientación (Norte), Sistema de referencia utilizado (coordenadas geográficas).
- Estos mapas pueden contar con información más detallada como imágenes de las prospecciones arqueológicas y descripción de lo encontrado en estas.

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.



Fragmento de mapa arqueologico en la región arqueologica Urabá – Alto Sinú - ICAHN.

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. (Ing. Lorena García Gonzáles, 2010)

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. (Bergman, s.f.)

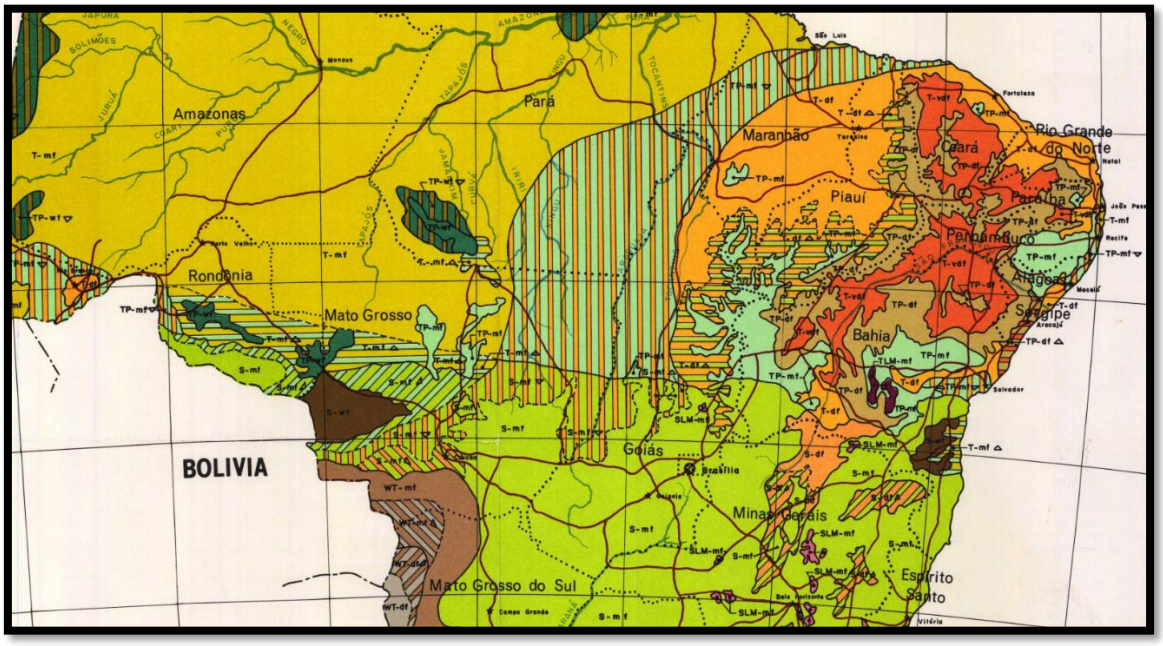
Basados en lo propuesto por Bob R. Parry, se reconocen como mapas ambientales los de calidad de las aguas, climatológicos, geoquímicos, de contaminación atmosférica, etc., mientras que los mapas geológicos y geomorfológicos serian catalogados como mapas de la Ciencia de la Tierra (Earth Science maps), según muestra N. J. Pruett. (Juan Javier García, 2002)

El mapa Ecológico debe incluir:

- Composición litológica y modelado de la superficie.
- Naturaleza del suelo y morfología funcional del humus.
- Estructura de vegetación, Estructura temporal.
- Número de especies dominantes y de las especies clave, vegetales o animales.
- Producciones primarias más importantes, Clima interno, Flujos hídricos.
- Composición estructural de ciertas poblaciones animales susceptibles de precisar unas características estructurales e históricas del ecosistema.
- Análisis tipológico de los ecosistemas y decodificación de las condiciones del medio ambiente y usos del suelo.
- Editor, Año de publicación, Escala, Convenciones, Leyenda, Orientación (Norte), Sistema de referencia utilizado (coordenadas geográficas).

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

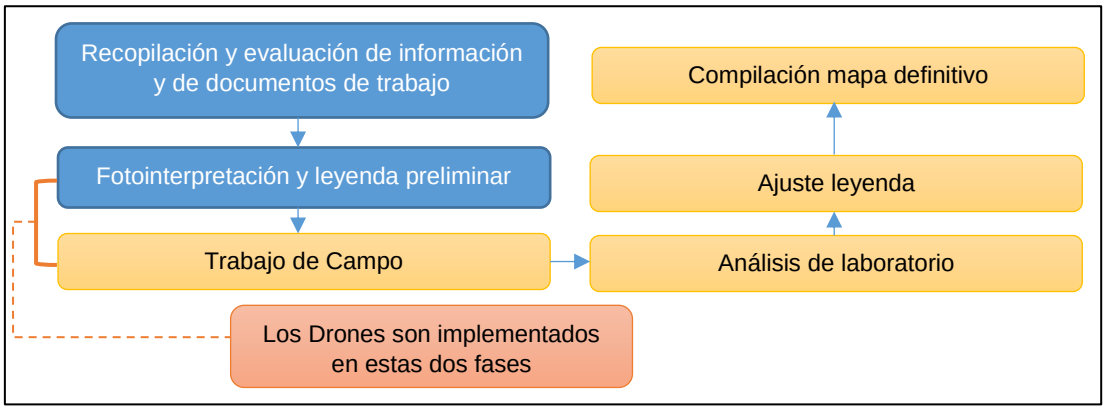
ciencias ambientales (Geología Ambiental), termina por perseguir finalmente los mismos objetivos que la cartografía ecológica, es decir, la máxima integración posible para representar la realidad ambiental plena, con vistas a la aplicación en ordenamiento y planificación.



Fragmento de mapa ecológico de las zonas de vida de Brasil de 1983 – ISRIC-WAGENINGEN

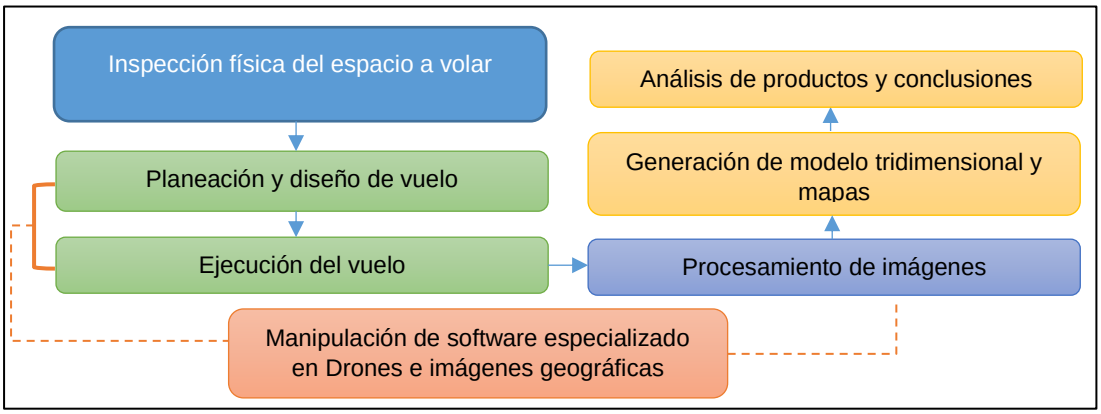
6.1. ¿Cómo se generan los mapas a partir de los Drones?

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.



Procedimiento utilizado para la obtención y producción de cartografía por medio de un Dron – Ing. Quauhtli Martínez

6.2. La forma correcta de obtener datos cartográficos a partir de un Dron.

6.2.1. 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.

Imagen alusiva a el reconocimiento de campo

6.2.2. Planeación y Diseño del vuelo

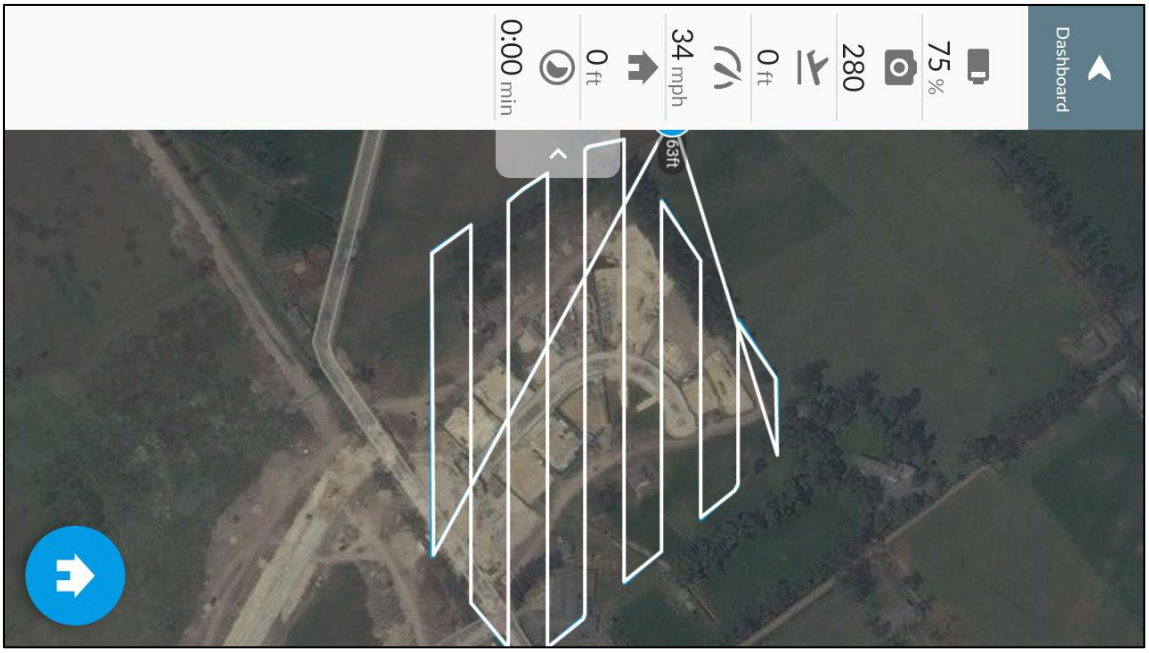
El diseño del plan de vuelo se realiza en software, basándonos en el reconocimiento y recolección de datos del terreno. Hay diversos softwares que pueden realizar estos planes de vuelo, agregando los Waypoints necesarios para obtener un buen porcentaje de traslape en las fotografías y realizando el recorrido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

Plan de Vuelo en Mission Planner, Universidad de Cundinamarca Fusagasugá –Método Waypoints, Fuente Propia.

Plan de Vuelo en PrecisionFlight, Ciudad Verde Soacha – Método Selección de Área, Fuente Propia.



Plan de Vuelo en DroneDeploy, Ciudad Verde Soacha – Método Área definida, Fuente Propia.

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.

Flight Modes, Functions and Warnings

Flight Modes

⚠ WARNING

To avoid serious injury and property damage, observe the following rule:

1) **DO NOT switch from P-mode to either A-mode or S-mode unless you are sufficiently familiar with the aircraft's behavior for each flight mode, since disabling GPS may result in being unable to land the aircraft safely.**

NOTICE

P-mode or S-mode is preferred for most flight scenarios. Users can switch to A-mode if P-mode or S-mode is unavailable. When flying in A-mode, take EXTRA precautions because some features are NOT available in A-mode.

1) P-mode (Positioning): P-mode works best when the GPS signal is strong. The aircraft utilizes the GPS and Obstacle Sensing System to automatically stabilize itself, navigate between obstacles or track a moving object. Advanced features such as TapFly and ActiveTrack are enabled in this mode.
2) S-mode (Sports): S-mode is identical to P-mode in terms of flight controller settings, except that the handling gain values of the aircraft are adjusted in order to enhance the maneuverability of the aircraft. The maximum flight speed of the aircraft is increased in this mode.
3) A-mode (Attitude): When neither the GPS nor the Obstacle Sensing System is available, the aircraft will only use its barometer for positioning to control the altitude.

If you intend to switch to modes that disable GPS assistance (e.g., Atti mode), you are required to accept the prompted disclaimer to enable this function. If this function is enabled, you further understand and agree that data including but not limited to flight telemetry data and function records could be uploaded to and maintained on a DJI designated server.

Modos de vuelo, Funciones y advertencias – Manual de instrucciones y responsabilidades de seguridad Phantom 4.

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.

7. SOFTWARE Y PROCESAMIENTO DE DATOS (METODOLOGIA)

Existe 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:

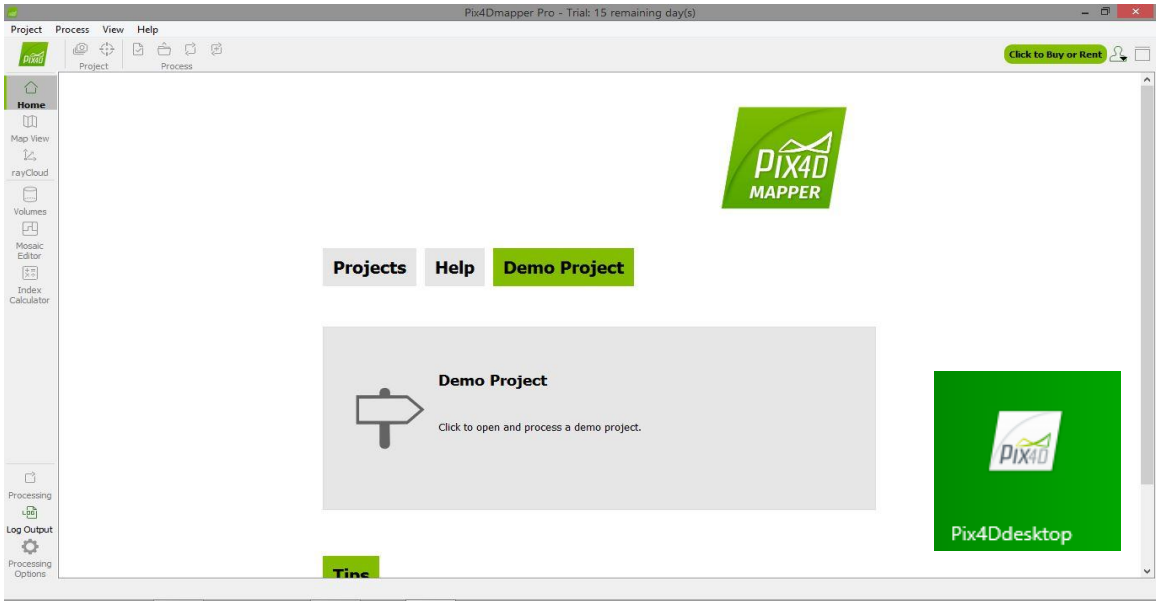
Diversas plataformas para la implementación del software - SenseFly

7.1. PIX4D

Descripción del software:

Es una empresa fundada en 2011 y ha desarrollado los productos de procesamiento de imágenes más utilizados a nivel profesional, al igual que su nombre, los softwares ofrecidos se clasifican según el énfasis de estos.

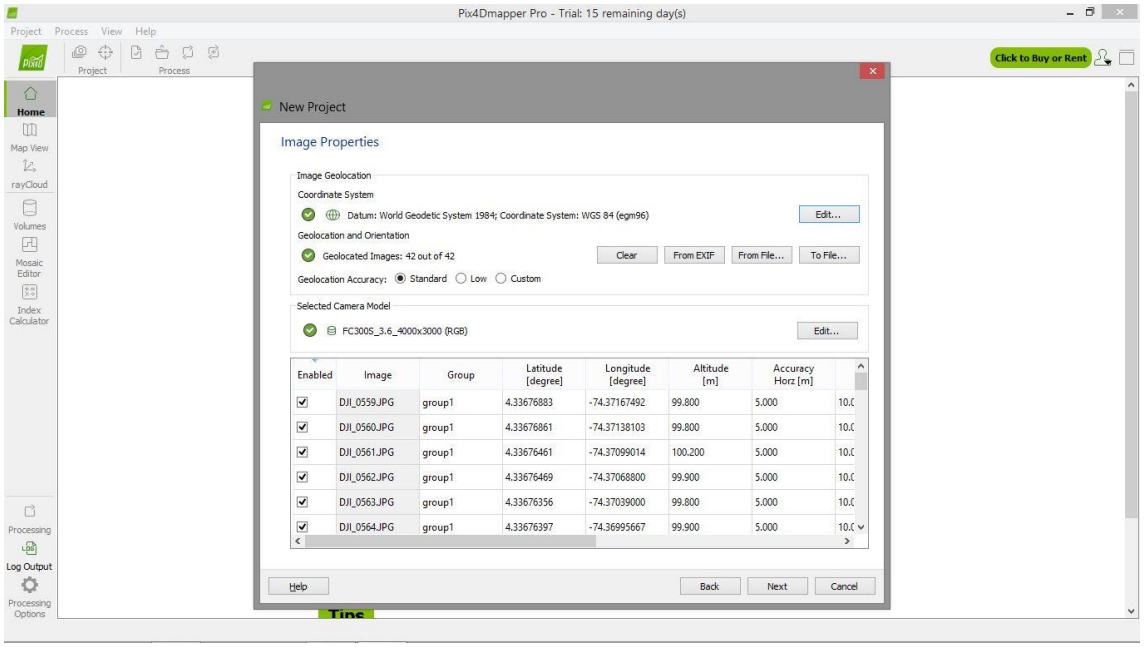
- **PIX4Dmapper Pro:** Permite experimentar con modelos y mapas 3D, con la finalidad de familiarizarse con los proyectos y procesos en el software, incluyendo la exportación y subir videos en línea Convierte automáticamente las imágenes tomadas manualmente, por UAV's o aviones y ofrece mapas 2D de alta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

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.



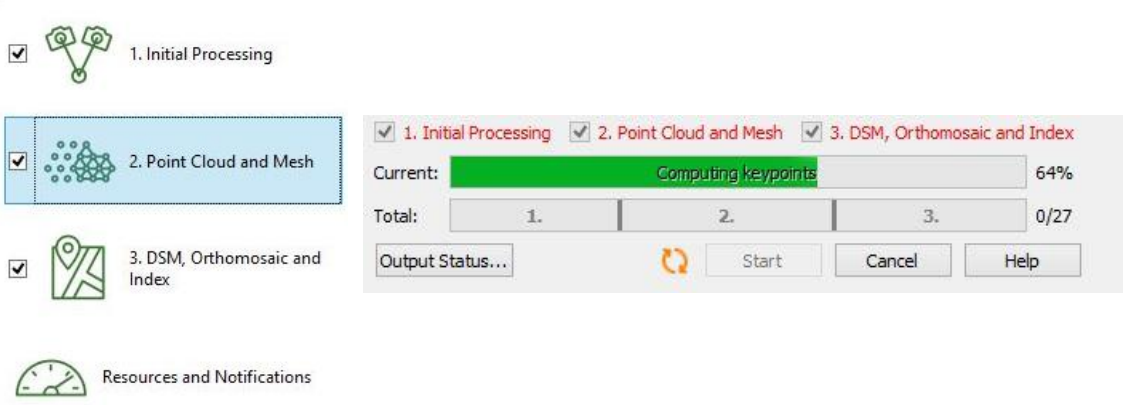
Adición de las fotografías al software Pix4D Mapper – Fuente propia.

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 el mapa – Fuente propia.

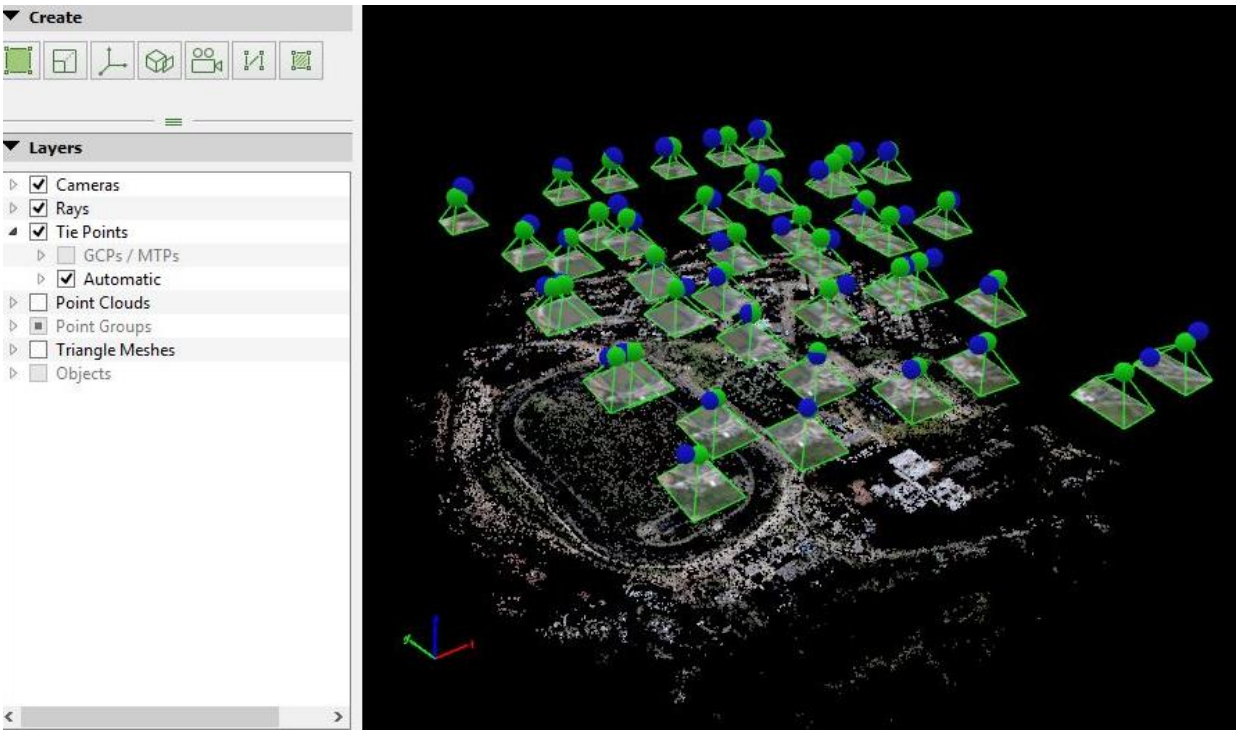
En el menú Procesos (*Process*) se utiliza la opción Opciones de proceso (*Processing options*), la cual abrirá una ventana con múltiples opciones para la creación de los productos:

- ***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 Procesos y Ejecución de Procesos – Fuente propia.

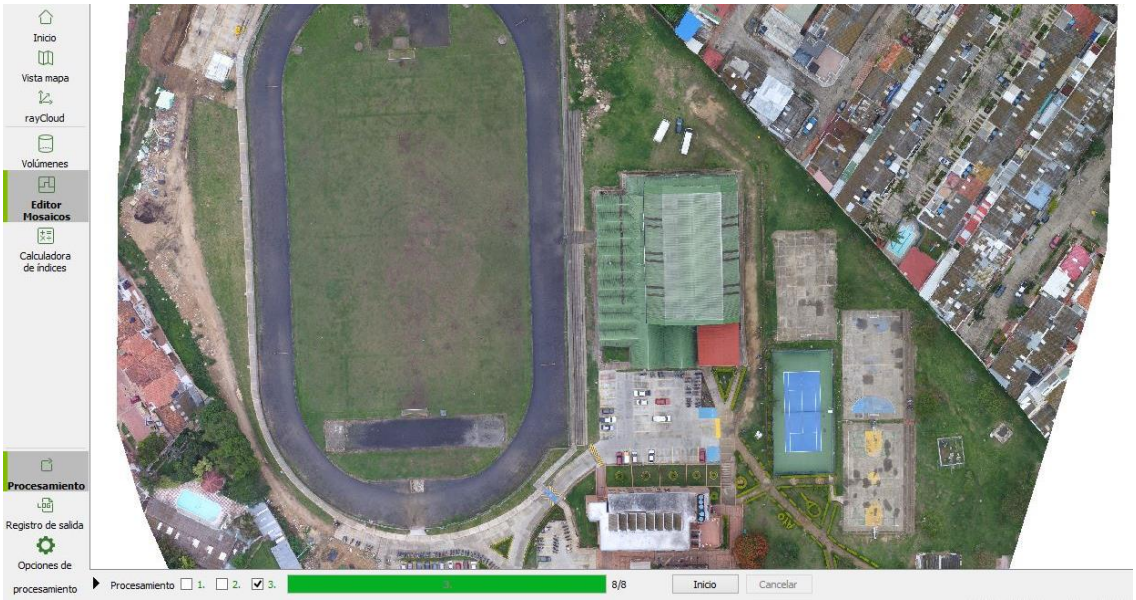
Luego de que los procesos terminen de realizarse se mostraran los productos los cuales pueden visualizarse explorando las opciones del menú lateral izquierdo, los puntos de unión de las imágenes, ortomosaico, nube de puntos, DSM y MDT entre otros.



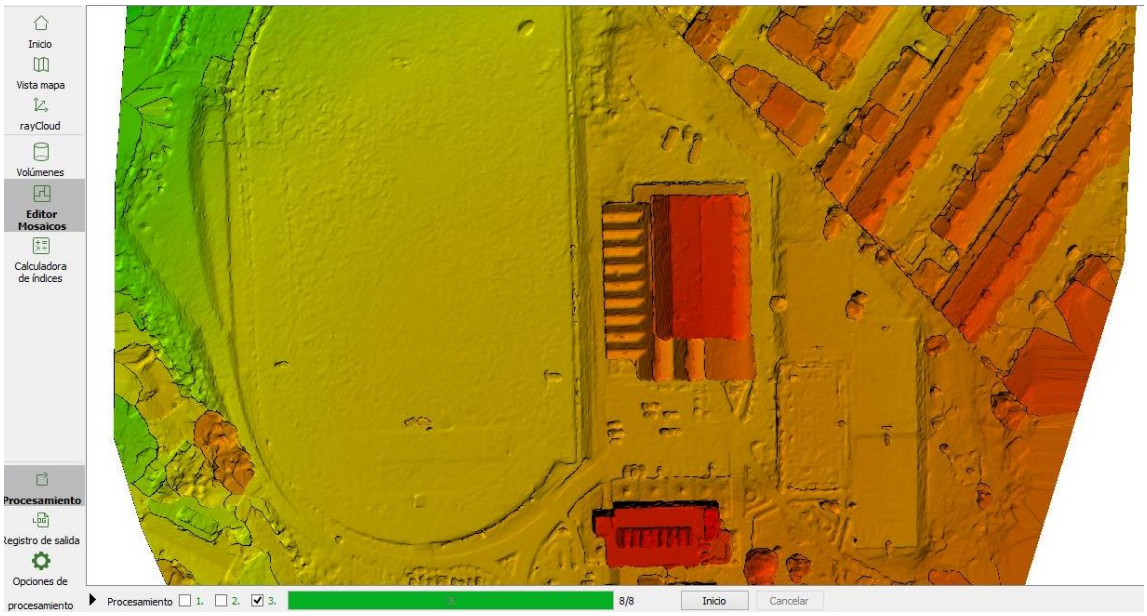
Puntos de Unión de las imágenes – Fuente propia.

Grupos de Puntos sobre Point Cloud – Fuente propia.

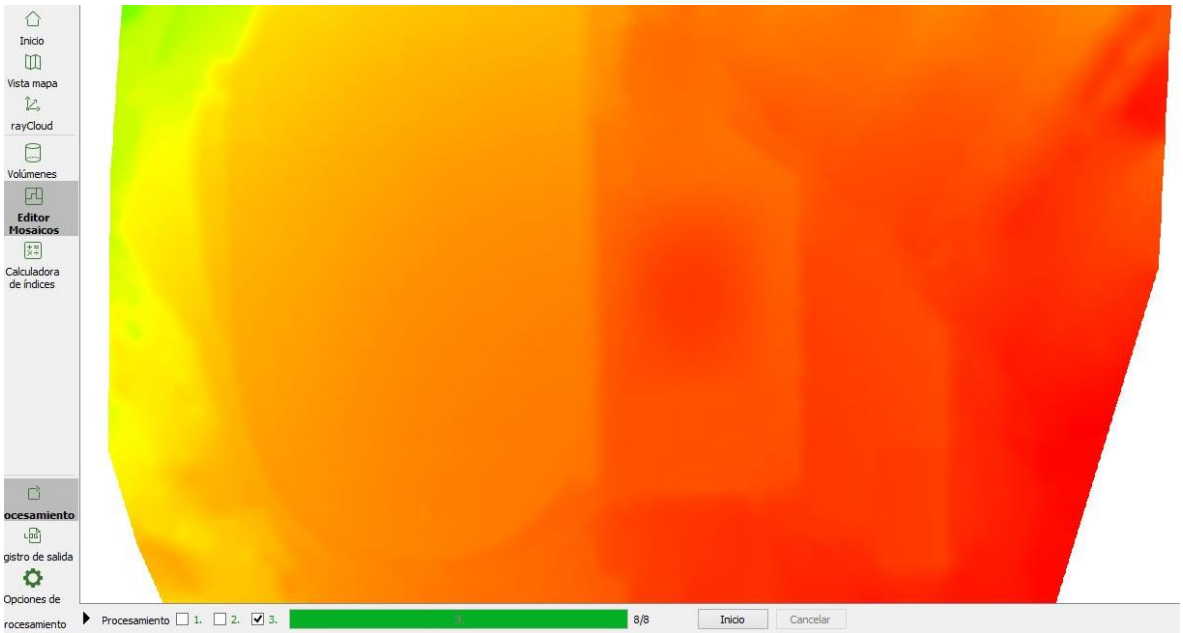
Nube de Puntos Densificada – Fuente propia.



Ortomosaico – Fuente propia.



Modelo Digital de Elevación (DSM) – Fuente propia.



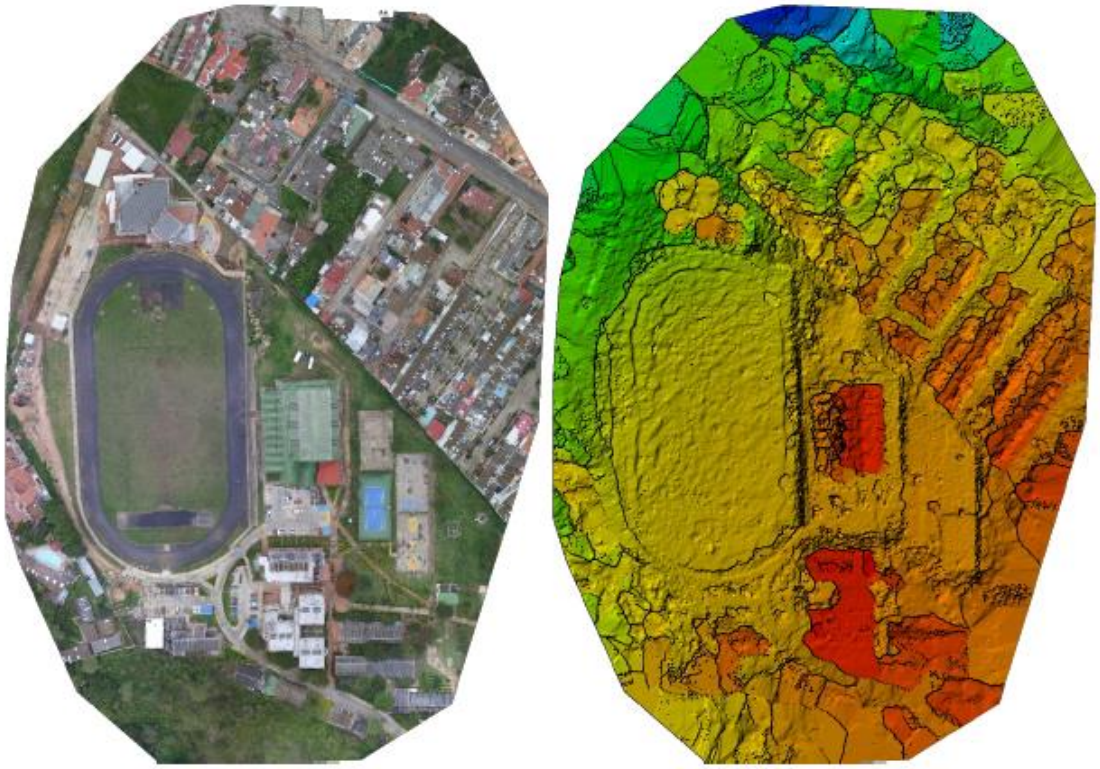
Modelo Digital de Terreno (MDT) – Fuente propia.

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.

Este es un reporte de calidad en el cual se muestran los parámetros que obtuvieron los procesos como el ortomosaico, calibración o traslapo de las fotografías.

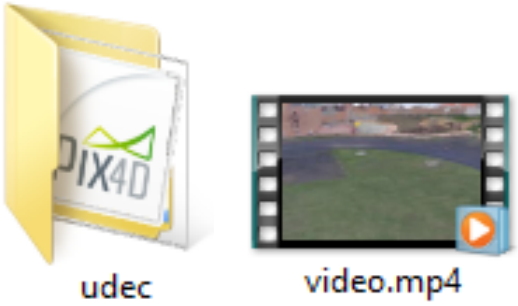
Quality Check

Images	median of 33045 keypoints per image	✓
Dataset	42 out of 42 images calibrated (100%), all images enabled	✓
Camera Optimization	2.6% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
Matching	median of 9635.26 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	yes, no 3D GCP	⚠



Ortomosaico y Modelo Digital de Superficie antes de la densificación – Fuente propia.

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 – Fuente propia.

7.2. ARDUPILOT

Descripción del Software:

Es un equipo de desarrollador que han creado software, firmware y hardware respectivos a los Drones, UAV's y enseña cómo manejarlos responsablemente. Es el encargado de gestionar toda la información que recibe del exterior (sensores físicos y radio) y actuar en consecuencia sobre los actuadores de la aeronave. Los productos principales de esta empresa son:

- **Mission Planner:** Es un software libre compatible únicamente con Windows, el cual tiene todas las funciones para planificar los vuelos teniendo en cuenta que estos no son automáticos, sino que simplemente serán de ayuda como suplemento para el control dinámico del Dron.
- **AMP Planner 2.0:** Es un software de código abierto para la implementación en los pilotos automáticos basados en MAVlink[1].
- **Antenna Tracker Home:** Es un proyecto de firmware libre que permite conectar un producto con soporte de tarjeta como la Pixhawk o APM2 de ardupilot para utilizarla como antena tracker.
- **AMP: Copter:** Es un controlador de Multicóptero UAV de código abierto, utilizado para todo tipo de vuelos, desde carreras hasta misiones complejas totalmente autónomas.
- **AMP: Plane:** Es un firmware libre que se ejecuta a través de una tarjeta arduino y proporciona funciones avanzadas como el soporte para cientos de puntos de referencia tridimensionales, despegue y aterrizaje automáticos y sofisticados controles de planificación de la cámara y las misiones. Únicamente compatible con Drones de ala fija tipo avión.

Interfaz del software Mission Planner – Fuente propia.

[1] http://qgroundcontrol.org/mavlink/start

7.3. DRON2MAP ESRI

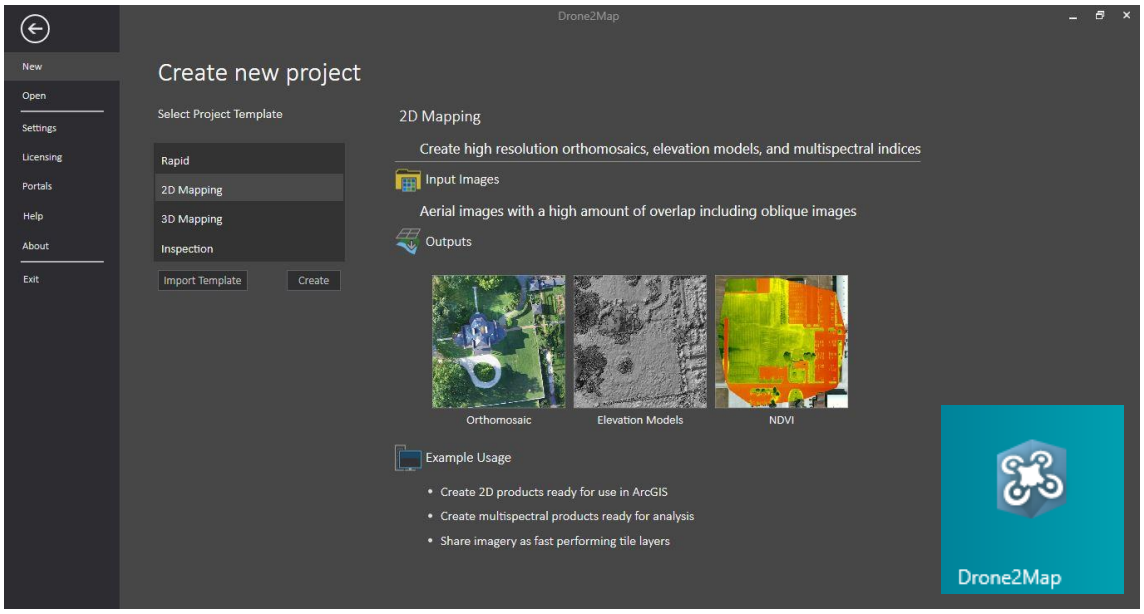
Descripción del Software:

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.



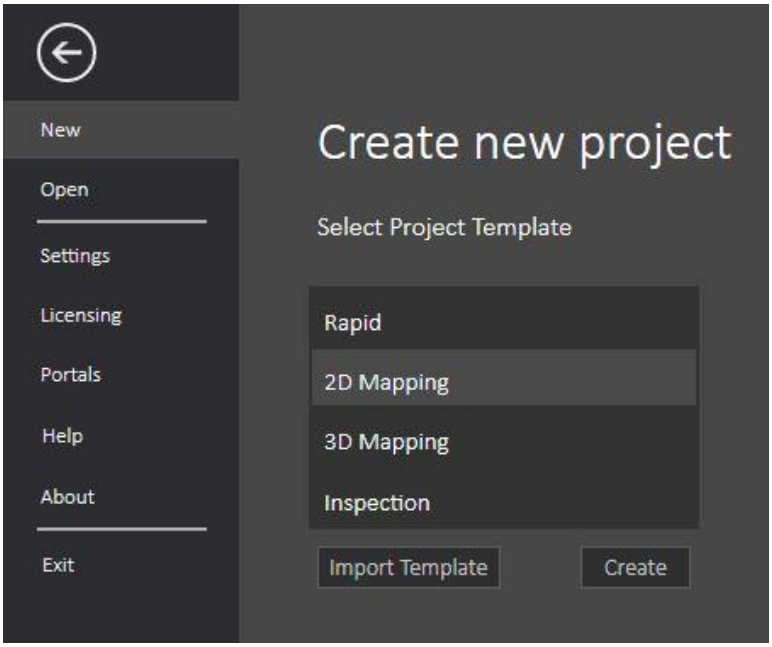
Interfaz del software Drone2Map for ArcGIS V1.1, complemento ArcGIS 10.5 – Fuente propia.

Procesamiento de datos en Drone2Map 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.

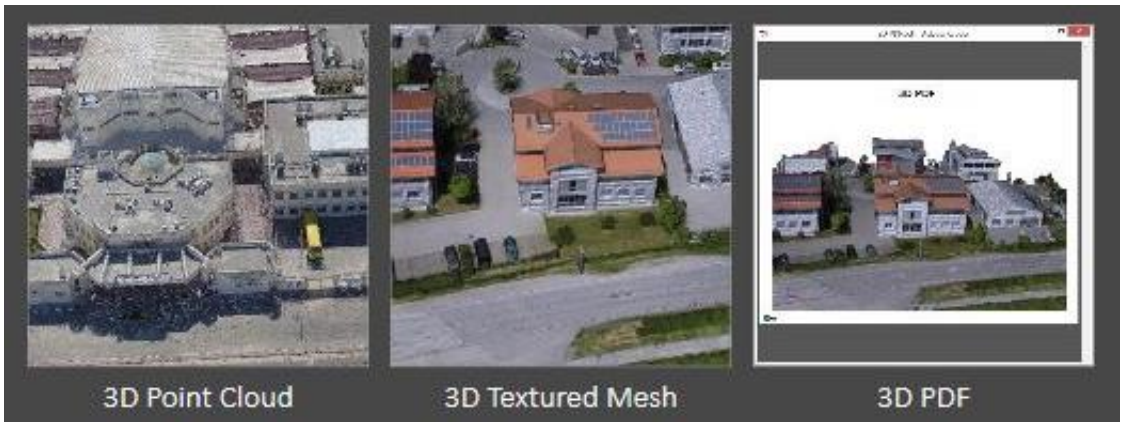
El procesamiento de las imágenes en este software es prácticamente el mismo que en Pix4D Mapper, ya que está basado a partir de ese, pero con herramientas creadas específicamente para el manejo en softwares SIG luego de su previa exportación y migración de datos.

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.

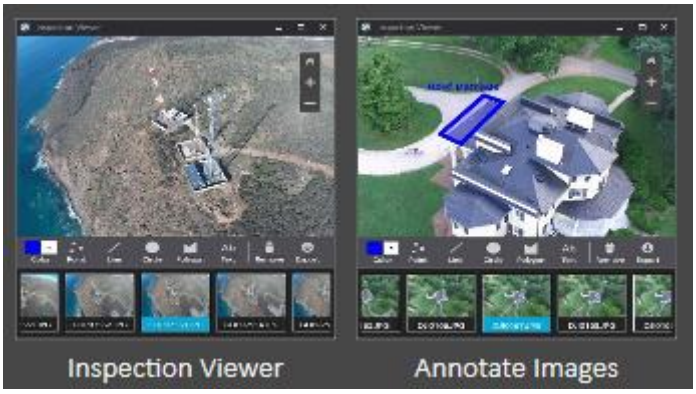


Módulo de Proyectos – Fuente propia.

Productos en 2D – Fuente Propia

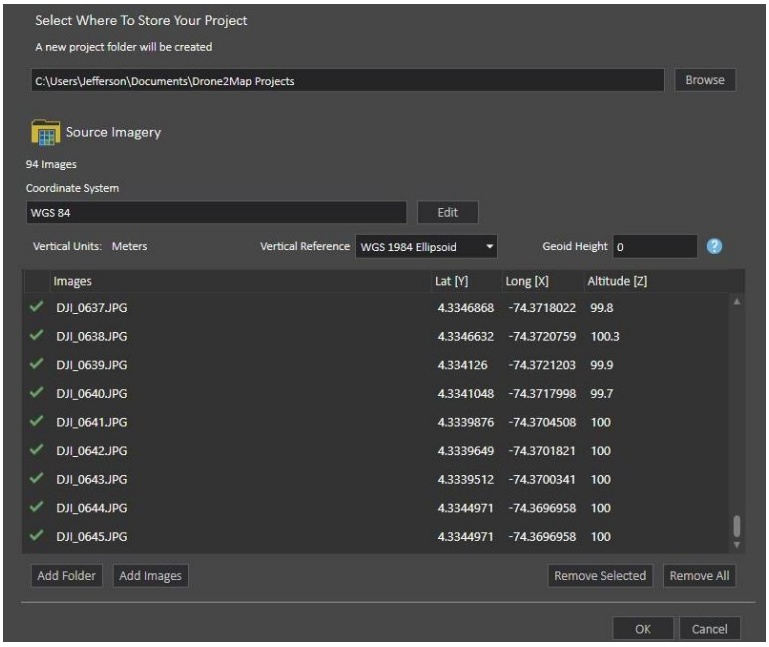


Productos en 3D – Fuente Propia.

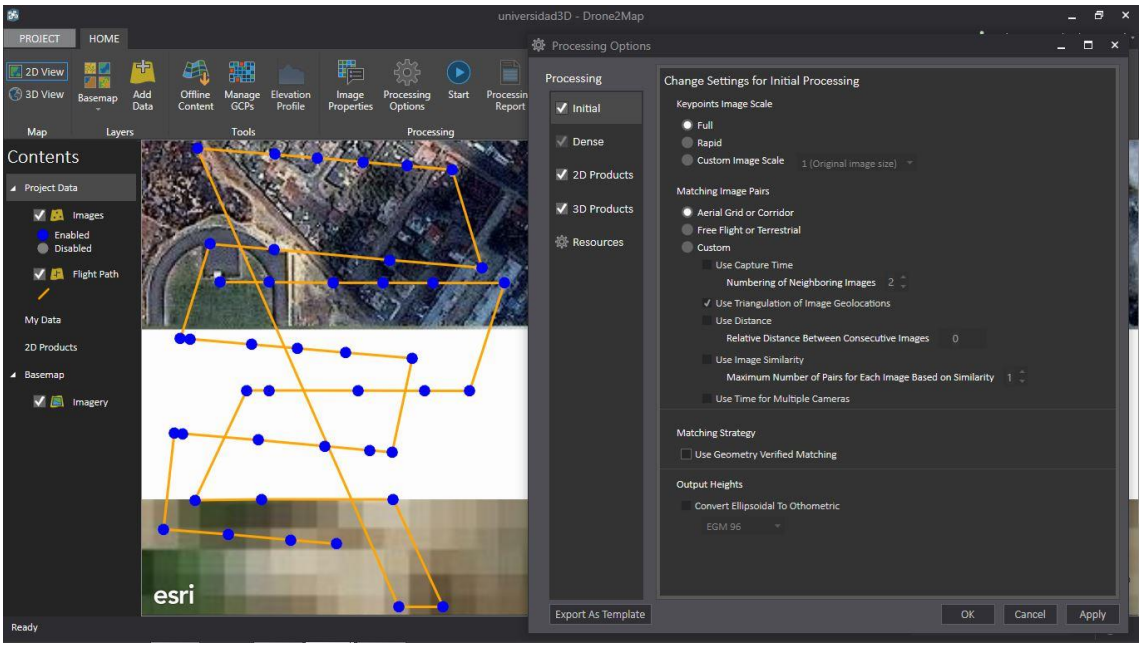


Productos de Inspección – Fuente propia.

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.

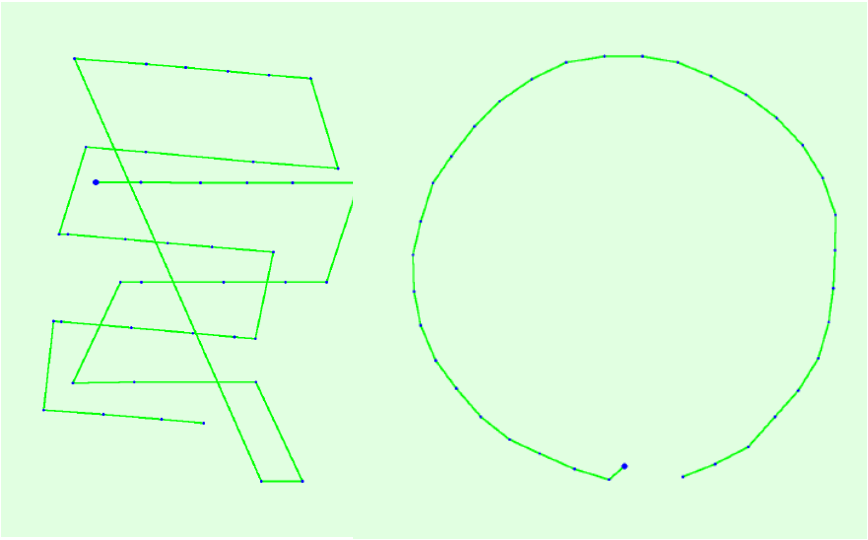


Adición de las fotografías al software Drone2Map – Fuente propia.



Visualización de la línea de vuelo y Opciones de Procesamiento – Fuente propia.

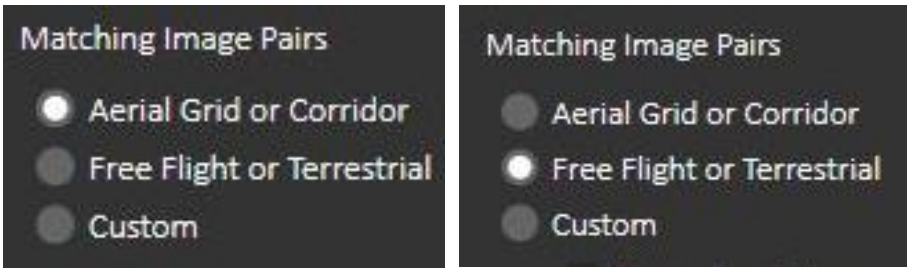
En el caso de Drone2Map se utilizaron imágenes de dos proyectos diferentes, la principal diferencia de estos radica en la forma del plan de vuelo.



Ruta proyecto 1 y 2 – Fuente propia.

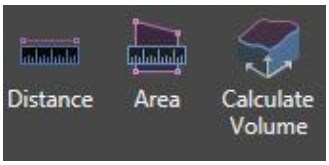
El segundo proyecto se utilizó para el ejercicio de la inspección, y por ende las características de las opciones de procesamiento varia un poco en la configuración de *"Matching Image Pairs"* o Pares de imágenes coincidentes.

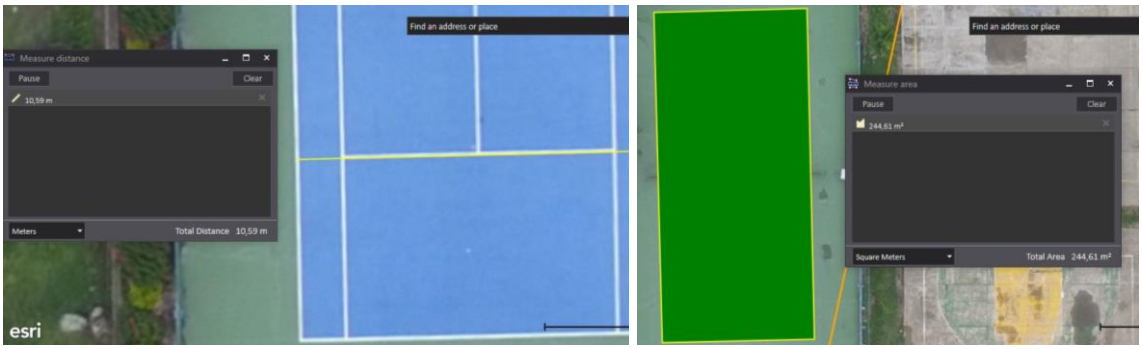
En esta opción, normalmente en proyectos como el primero se utiliza la primera opción *"Aerial Grid or Corridor"*, pero en proyectos como el segundo se utiliza la opción ya mencionada simplemente por la forma del vuelo, no es en línea recta, en cambio es de forma circular.



Selección de la opción según tipo de vuelo – Fuente propia.

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



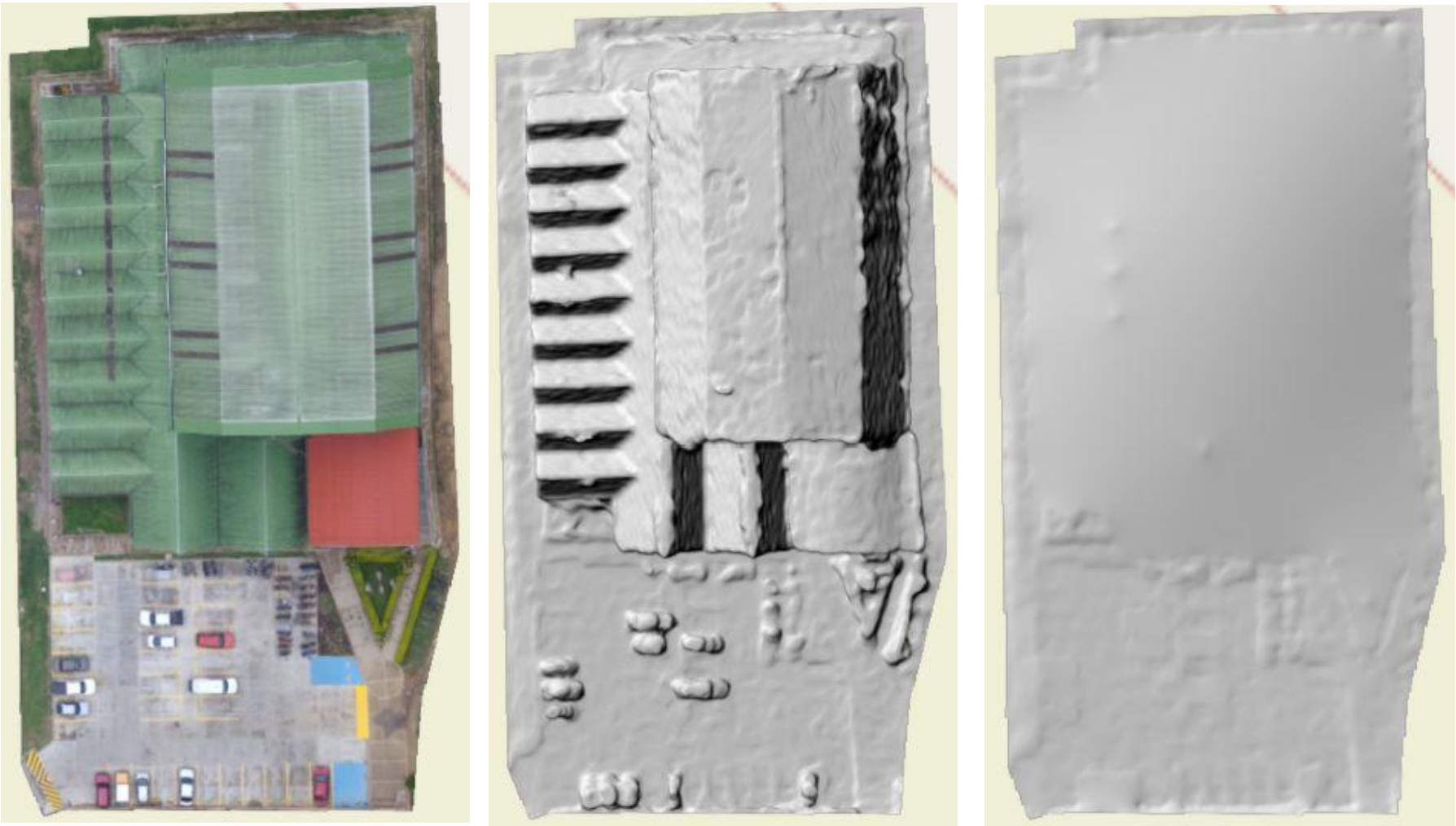


Herramientas implementadas en el Ortomosaico – Fuente propia.

Ortomosaico sobre mapa base – Fuente propia.

Selección del Coliseo del campus universitario – Fuente propia.

DSM y MDT a partir de Ortomosaico – Fuente propia.



Recorte Ortofoto, DSM y MDT del Coliseo del campus – Fuente propia.

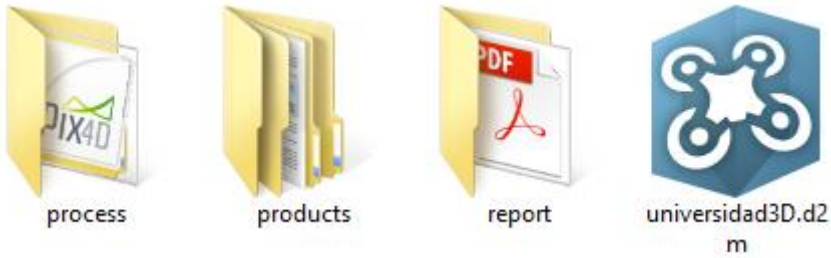
Finalmente, los productos que se obtienen de los procesos son los siguientes:

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

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.

Vista del GeoPDF con nube de puntos y textura 3D – Fuente propia.



Productos en formato .d2m y .p4d – Fuente propia.

8. EL MERCADO DE LOS DRONES

Este mercado está sujeto a variaciones por diversas características como las económicas, legales o ambientales, por lo cual no es fácil realizar una proyección económica o estudio de mercado del precio de un equipo con una tendencia a futuro, pues no sabemos cómo va a moverse el dólar en la bolsa de valores por el tiempo determinado del estudio.

En cambio, si podemos realizar estudios hacia una posible tendencia económica en el mercado en general de estos equipos, y poder identificar si invertir en los Drones será una buena o mala decisión a corto y largo plazo.

Abordando este tema, la empresa ***Drone Industry Insights*** realiza estudios de investigación y análisis sobre el mercado de los Drones y crean documentos que recopilan toda esta información, y la ponen a la venta al público en general. Prestan servicios de consultoría acorde a los Drones de uso comercial donde abarcan desde temas operacionales hasta soluciones de estrategia corporativa.

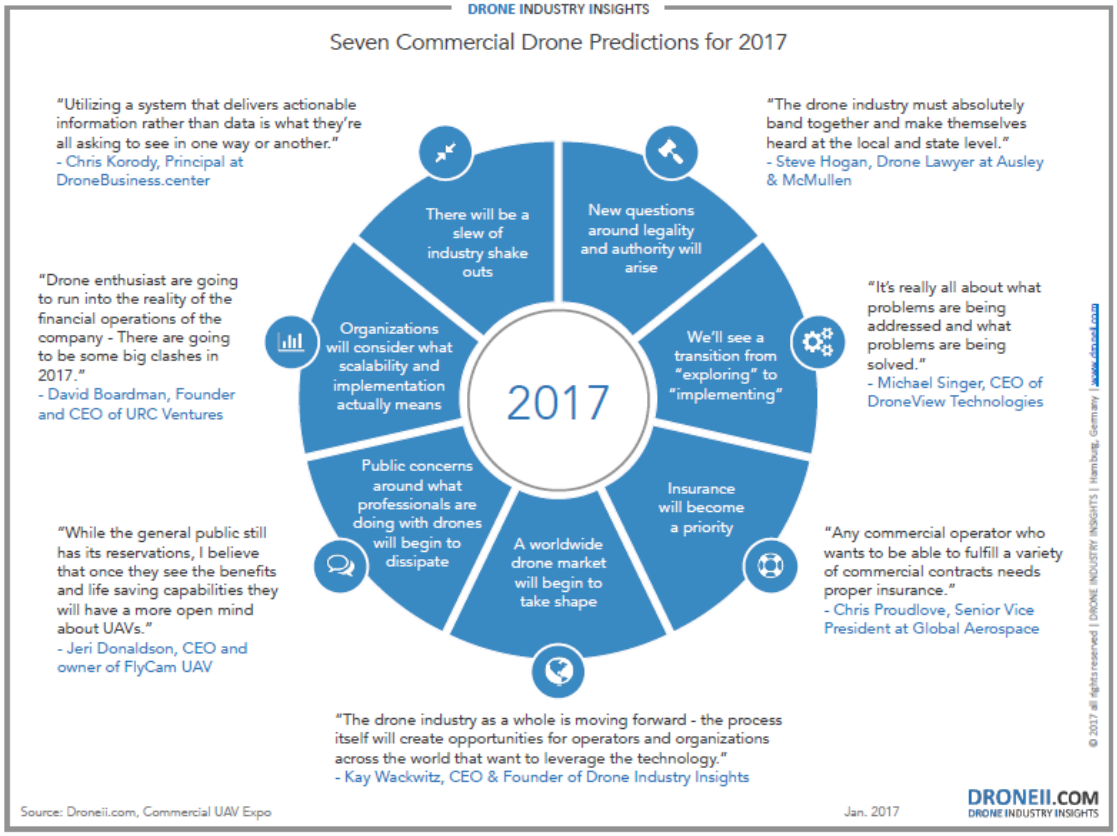
“Si necesita ayuda con su proyecto actual, no importa si es un fabricante de hardware / software, operador, compañía de seguros, universidad, minorista u organización gubernamental, tenemos las ideas correctas para proporcionar una base impermeable para la toma de decisiones. (DRONEII.com, 2017)

Esta empresa alemana estudia las diferentes categorías a tener en cuenta en el mercado de Drones, las cuales permiten una mejor toma de decisiones:

- Manufactura
- Mercado
- Investigación
- Adquisición
- Network
- Tecnología
- Autoridades
- Operador
- Tendencias y clasificaciones

En el caso de la información aplicada a las geociencias, específicamente a la cartografía podemos analizar la categoría de Investigación, Autoridades y Operador en primera instancia, ya que podremos encontrar información relevante hacia las investigaciones y desarrollos con los Drones, las leyes actuales y nuevas que los regulan y las nuevas formas de manipular los equipos.

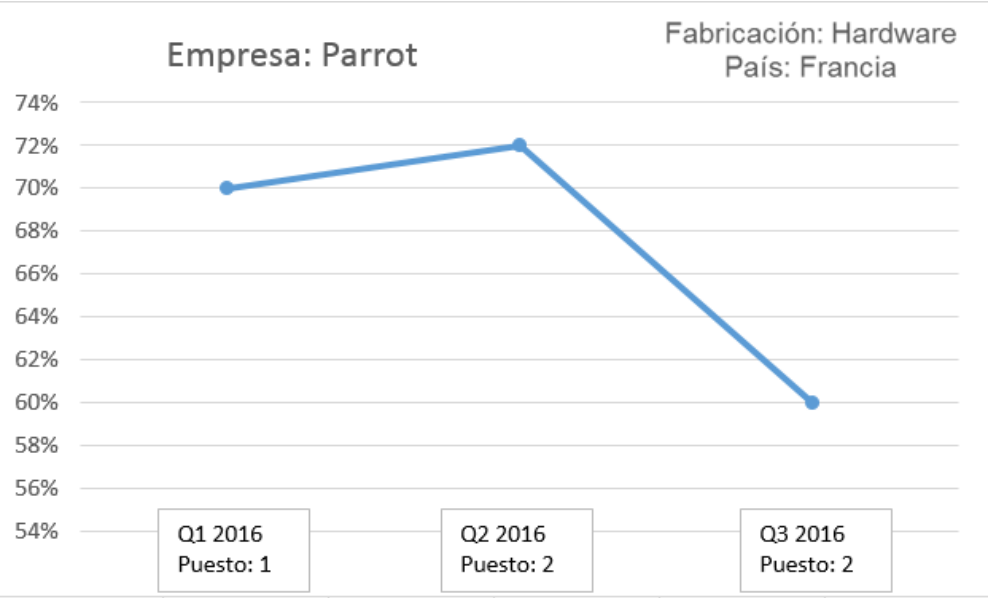
Actualmente han realizado diversos documentos de circulación anual que presenta de forma estadística el ranking de las compañías productoras del hardware y software de estos equipos a nivel mundial, además de realizar un documento que plantea predicciones para el mercado de los Drones en el 2017.



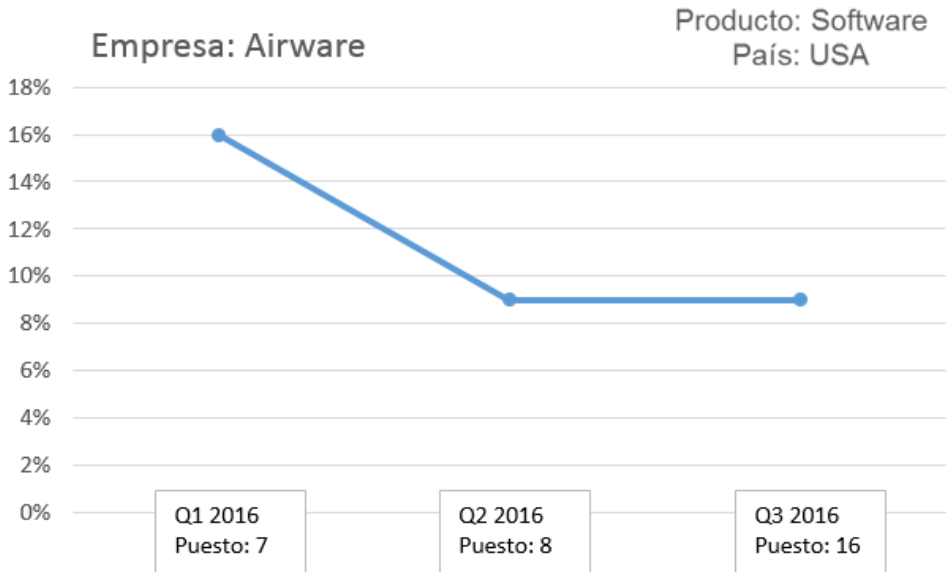
Predicciones del mercado de Drones para el 2017 - DRONEII.com

			Q1 2016	Q2 2016	Q3 2016
Parrot	Hardw	Francia	70%	72%	60%
DJI	Hardw	China	63%	75%	65%
Ehang	Hardw	China	41%	12%	10%
3D Robotics	Hardw	USA	29%	21%	15%
Squadrone System	Hardw	Francia	19%		
INSITU	Hardw	USA	18%	14%	13%
Airware	Softw	USA	16%	9%	9%
Yuneec	Hardw	China	13%	9%	11%
Aeryon	Hardw	Canada	12%	10%	10%
MapBox	Softw	USA	11%	8%	8%
Xiro	Hardw	China	10%		
SenseFly	Hardw	Suiza	10%	8%	8%
Skycatch	Hardw	USA	9%	5%	
PrecisionHawk	Hardw	USA	9%	7%	8%
Sabre	Hardw	UK	8%		
CyPhy	Hardw	USA	7%	5%	
Ascending Technologies	Hardw	Alemania	6%		
Pix4D	Softw	Suiza	5%	4%	
CybAero	Hardw	Suecia	5%		
AEE Technology	Hardw	China	5%		
Lily Robotics	Hardw	USA		7%	
DroneDeploy	Softw	USA		6%	10%
RedBird	Softw	Francia		5%	9%
Syma Toys	Hardw	China		4%	10%
Esri	Softw	USA		4%	
FLIR	Hardw	USA		4%	
XiaoMi	Hardw	China			41%
Hover	Hardw	USA			36%
AeroVironment	Hardw	USA			19%
ECA Group	Hardw	Francia			9%
Deltadrone	Hardw	Francia			9%
Airbus D&S	Hardw	USA			8%

Comparación 2016 Ranking de Dron Top 20 – DRONEII.com



Variación del puesto de la empresa Parrot en el Top 20 / 2016 – Fuente propia.



Variación del puesto de la empresa Airware en el Top 20 / 2016 – Fuente propia.

La empresa con mayor puntuación en cada dimensión recibe una calificación del 100%, con todas las demás compañías de drones recibiendo un porcentaje más bajo en relación lineal con la puntuación de la empresa de mayor rango.

La puntuación total es una media de las cuatro dimensiones medidas. Una empresa puede alcanzar un índice del 100% si dirige todas las fuentes consideradas.

- Número de búsquedas en Google: la frecuencia con la que las personas buscan las compañías en Google junto con "Drone" y "UAV".

- Número de artículos de noticias: con qué frecuencia los periódicos y los blogs mencionan a las compañías en conjunto con "Drone" y "UAV".
- Número de empleados de la empresa Drone: cuántos empleados de la compañía llevan la etiqueta "drone" o "UAS" en LinkedIn.

Hoy en día, hay muchas maneras de usar un UAS profesionalmente y como la evolución tecnológica continúa se puede esperar que muchos más casos de uso surgirán. Desde el punto de vista de la industria, los UAV son capaces de crear nuevas áreas de negocio y de racionalizar los procesos de negocio existentes. Ya hay muchas soluciones altamente sofisticadas en el mercado, mientras que la investigación y el desarrollo sigue progresando.

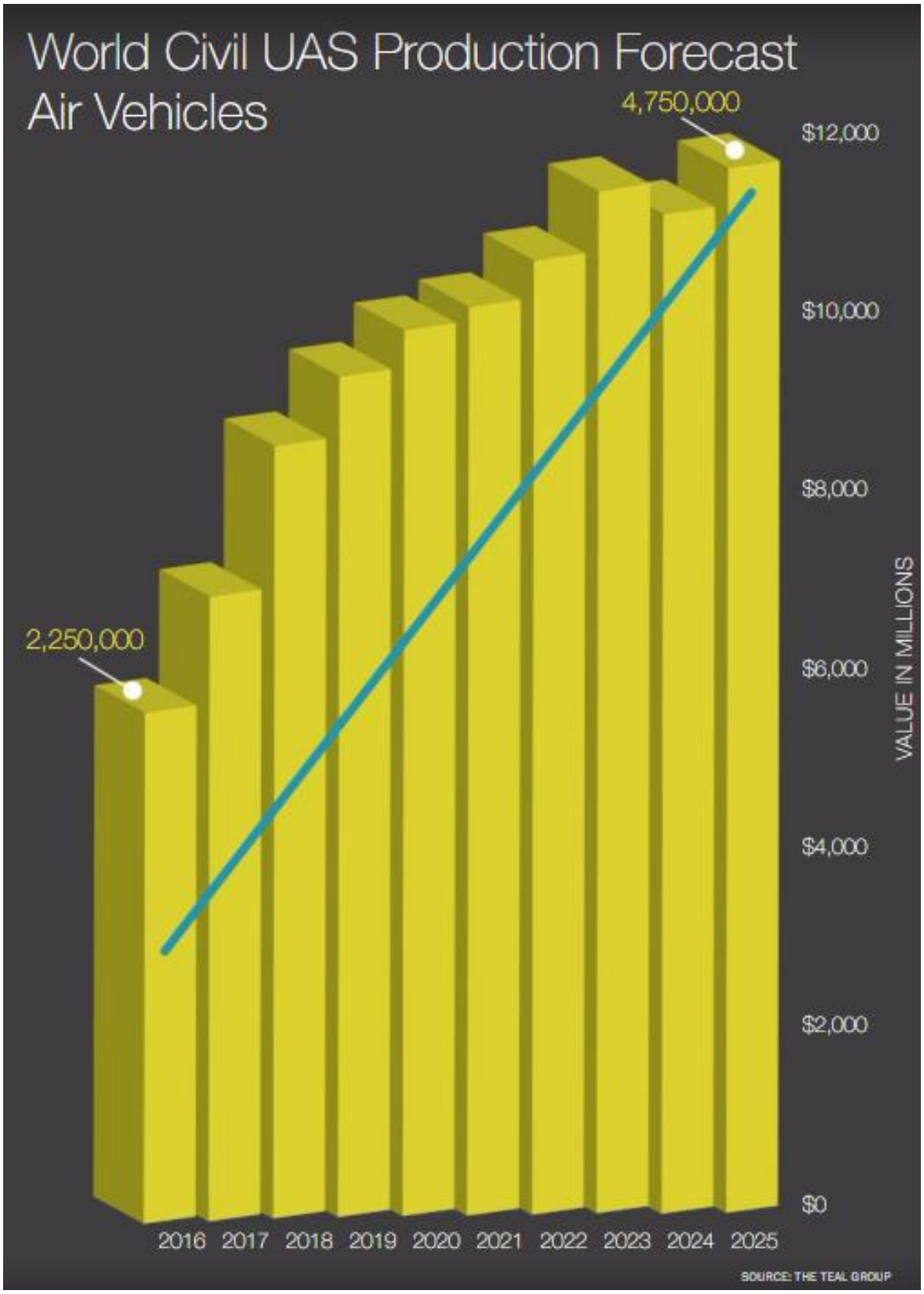
Opciones de implementación de los Drones y UAS – DRONEII.com

Las plataformas de UAV son cada vez más capaces de transportar cargas pesadas más “pesadas” y volar largas distancias, mientras que las cargas útiles (cámaras, detectores, etc.) se vuelven más pequeñas y ligeras. Estos dos desarrollos complementarios acelerarán el crecimiento de la industria de UAV durante la próxima década, abriendo oportunidades sin precedentes.

Algunas de estas aplicaciones sólo serán eficientes si el funcionamiento autónomo / BVLOS se hacen disponibles. Generalmente, sólo se autoriza la operación VLOS controlada manualmente (BVLOS / autónomo en autorización individual). Aunque, hay algunos conceptos muy avanzados alrededor, los UAS para la entrega todavía están en la fase de prueba. (DRONEII.com, 2017)

Por otra parte, Teal Group Corporation es una empresa estadounidense dedicada a realizar informes y documentos sobre el mercado de los sistemas aeronáuticos y entre esos, los mercados de Drones hacia las oportunidades de negocio lucrativas en el gobierno civil emergente y el mercado comercial de UAS.

Según las opiniones de Phil Finnegan, líder de la compañía, en la próxima década la tasa de crecimiento de los UAS civiles se cuadruplicará… En el 2018 habrá dos millones (2’000.000) de UAV’s producidos y operando alrededor del mundo.



Tasa de crecimiento de los UAS estimado para el año 2020 – Teal Group.

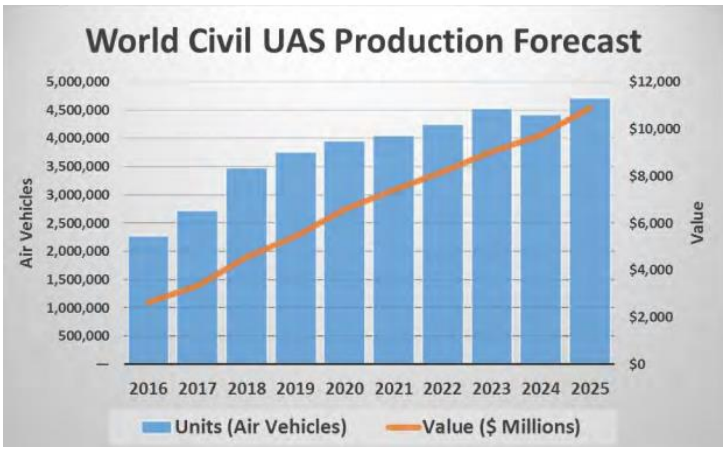
Para los fines militares, los gobiernos están dispuestos a pagar más por mejoras tecnológicas, que les permitan agilizar las misiones y aumentar la efectividad de

las mismas, en cambio para los fines comerciales, la mayoría de las empresas que implementan los Drones en sus labores piensan únicamente en que estos equipos cumplan íntegramente su propósito.

Costo promedio evaluado de los diferentes tipos de Drones – Teal Group.

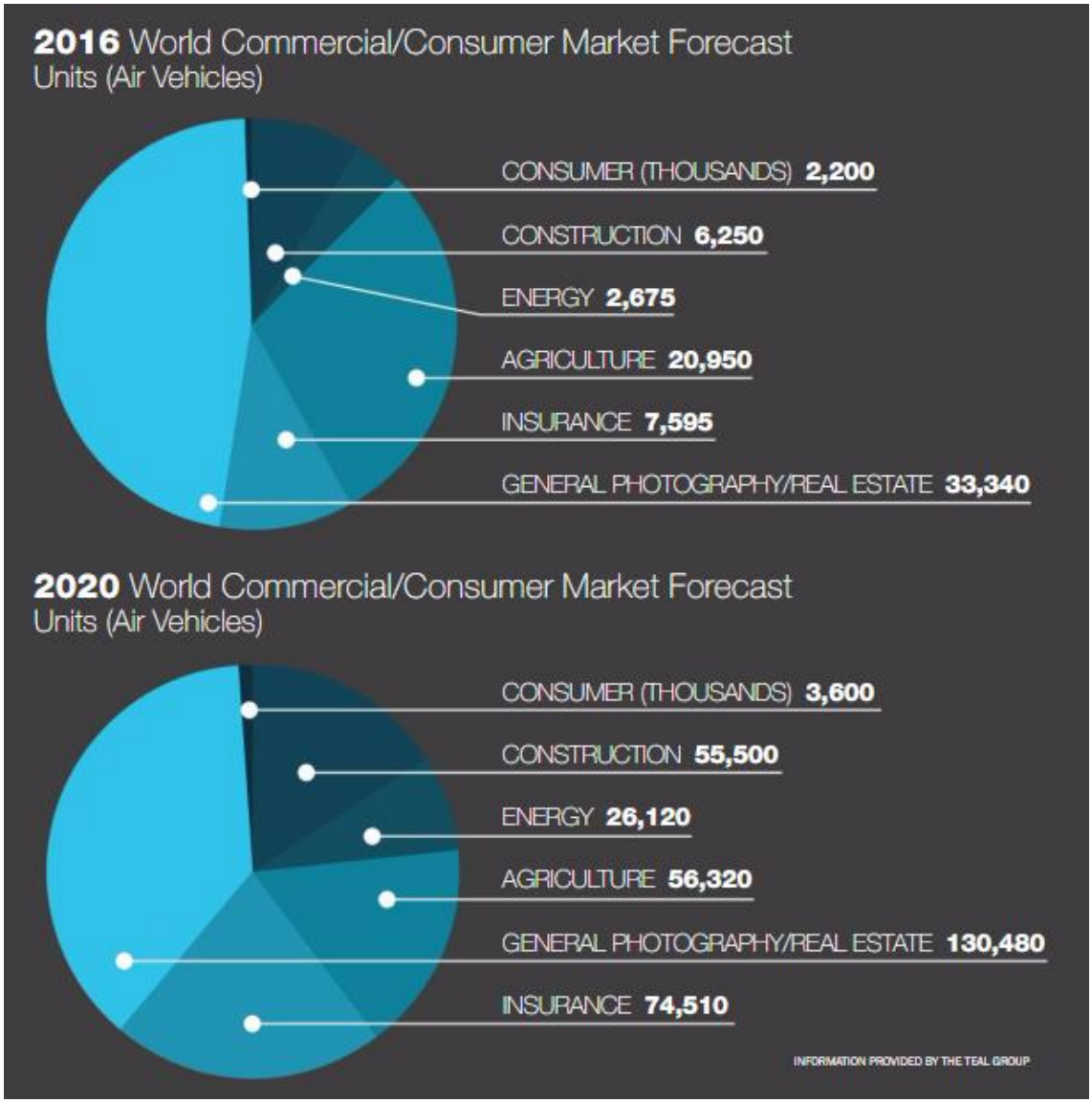
Es importante tener en cuenta las nuevas leyes aprobadas en diversos países en torno al tema de los Drones, los UAS y el funcionamiento en el territorio. Las regulaciones establecidas en los últimos dos años han hecho que operar en el espacio comercial no solo sea factible, sino económicamente lucrativo.

Debido a las nuevas reglamentaciones, actualmente en 60 países, la perspectiva global nunca ha sido tan positiva como lo es actualmente; Según Phil Finnegan "*las líneas de tendencia son bastante claras ahora que puedes ver cómo se desarrollarán las cosas*".

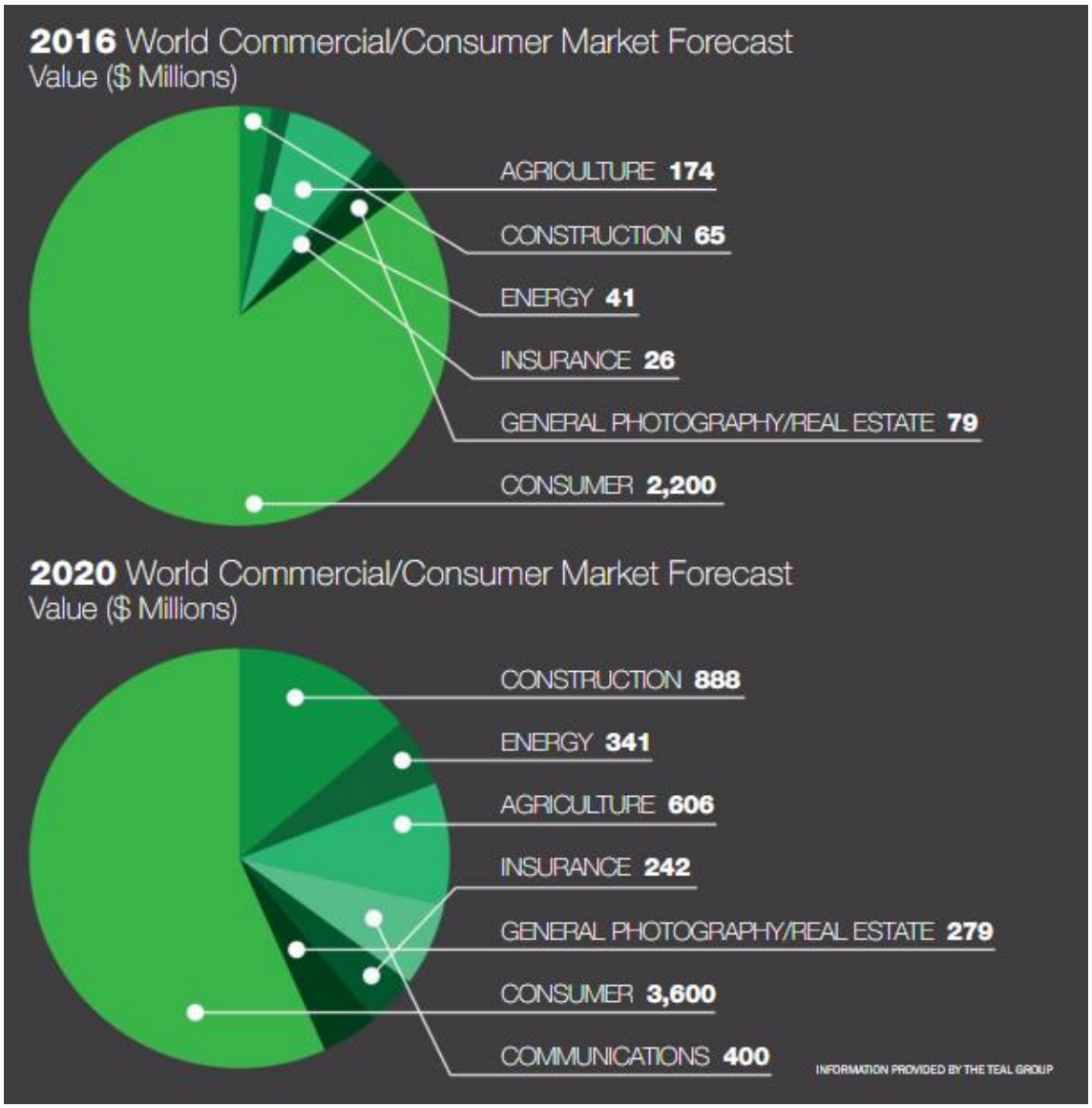


Pronostico económico de la producción de los UAS a nivel mundial – Teal Group.

Según investigaciones de la propia empresa, a corto plazo, las industrias de construcción, topografía y energía liderarán la implementación de estos equipos y los casos de crecimiento del uso de los UAV's.



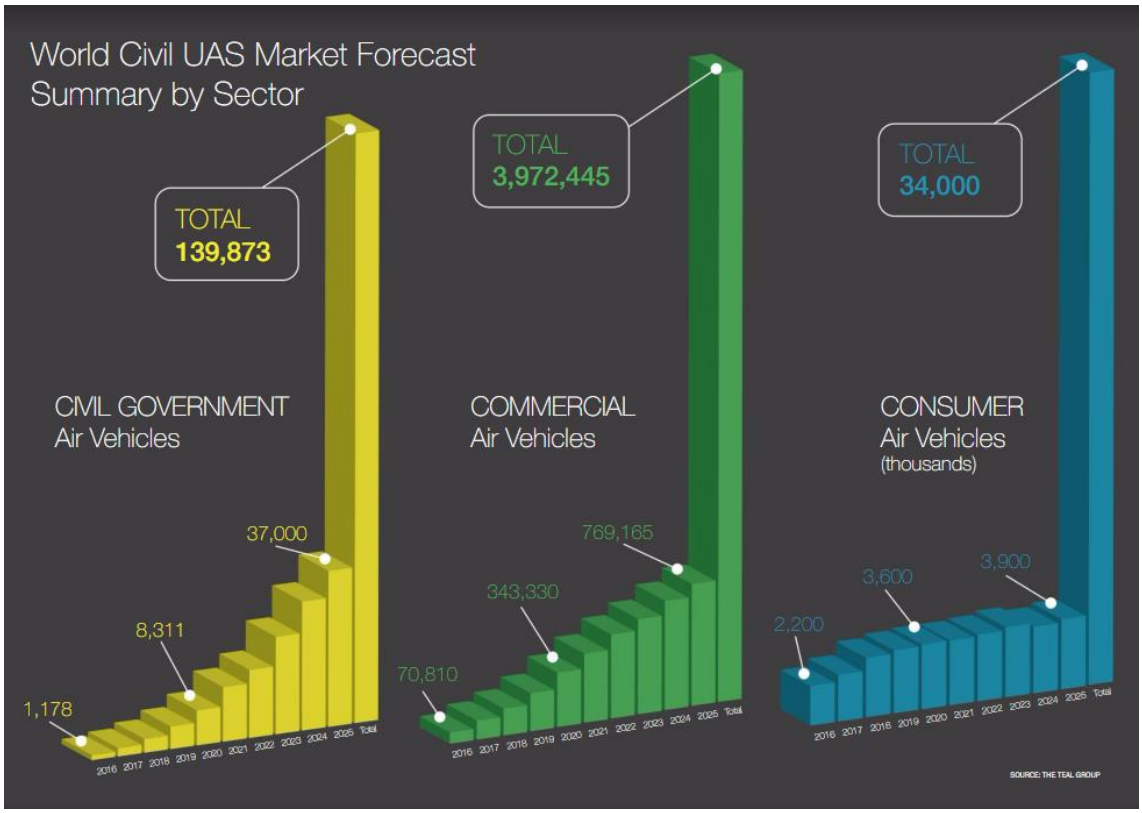
Gráficos que respaldan los pronósticos para el 2020 de la producción e implementación de los Drones – Teal Group.



Gráficos que respaldan los pronósticos para el 2020 del mercado de consumo de los Drones según la implementación – Teal Group.

Realizando bastantes pronósticos hacia el mercado de los Drones el grupo de consultores de Teal Group ha concluido que el vínculo entre los UAV y la agricultura de precisión puede tardar más en hacerse de lo que algunos podrían creer, y al igual que esta, la entrega de carga ha sido un caso de uso que muchos creen que pasará… *"aún no se pueden hacer proyecciones amplias sobre las cronologías o factibilidad…"* por la falta de información sobre los sistemas disponibles o sobre un marco regulador claro para implementarse a estas áreas de trabajo.

Esto no significa que no sea factible implementar estos equipos en la agricultura de precisión, simplemente se deben realizar más estudios, investigaciones y ponerlas en práctica para que muy pronto se pueda crear un marco regulatorio específicamente para esta área de trabajo, ya que los pronósticos son favorables en el mercado y el desarrollo.



Pronóstico del mercado civil mundial de los UAS 2016 a 2026 – Teal Group.

CONCLUSIONES

- Se ha logrado demostrar la funcionalidad de los Drones como un insumo complementario para la captura de datos y con ayuda de los softwares, la obtención de los productos que pueden generar un mapa o plano como producto final.

- Se entiende que los Drones no son el remplazo “económico” de las tecnologías convencionales, pues se tienen más como un apoyo a estos procesos para generar los productos de forma más detallada y con precisiones aún más elevadas que un producto generado solo con topografía o fotogrametría convencional.

- 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.

- El mercado de los Drones, es muy amplio y depende de diversas posiciones como las económicas y políticas, entre otras, que generan proyecciones estadísticas del futuro en base a los datos recolectados de los años pasados; Es conveniente basarse en ellos si queremos hacer una gran inversión, pero no siempre es bueno confiarse por completo a una sola opción.

REFERENCIAS

Adobe. (2017). *helpx.adobe.com*. Obtenido de helpx.adobe.com: https://helpx.adobe.com/es/photoshop/using/color-modes.html

Adrian González, G. A. (2016). Drones en la Agricultura de Precisión. *Revista Especializada en Ingeniería UNAD*, 23-38.

Alcaldia de Fusagasugá. (2015). *Alcaldia de Fusagasugá*. Obtenido de Alcaldia de Fusagasugá: http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co/

Banco de la Republica. (s.f.). Definición de mapa.

Bergman, R. S. (s.f.). *Argentina.gov.ar*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/ambiente

Carolina Pineda - IGAC. (2013). *igac.gov.co.* Obtenido de Drones y radares: tecnologías del IGAC para apoyar el proceso de restitución de tierras: http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/e313c30042359f45b9c9fda2b03bb2df/Drones+y+radares.pdf?MOD=AJPERES

Daniele Ventura, M. B. (2016). A low-cost drone based application for identifying and mapping of coastal fish nursery grounds . *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85-98.

DRONEII.com. (2017). *Drone Business Development Guide- Mayo 2016 – DRONEII.com*. Obtenido de https://www.droneii.com/

dronejobs.org. (2017). *dronejobs.org*. Obtenido de https://www.dronejobs.org/drone-laws-in-czech-republic

DRONETOOLS. (2015). *DRONETOOLS*. Obtenido de DRONETOOLS: http://www.dronetools.es/sensores/

Elzakker, C. V. (2015). En I. y. autores, *El Mundo de los Mapas.*

fenercom y consejeria de economia y hacienda de Madrid. (2015). *Los Drones y sus aplicaciones en la ingeniería civil.* Madrid: Gráficas Arias Montano S.A.

FLIR Systems Inc. (2017). *flir.com*. Obtenido de flir.com: http://www.flir.com/suas/vuepror/

Fuerza Aerea Ecuatoriana. (abril de 2012). SISTEMAS AÉREOS NO TRIPULADOS MÁS LIVIANOS QUE EL AIRE - APLICACIONES CIVILES Y MILITARES. Ecuador.

GfK GeoMarketing. (s.f.). *orbemap.com*. Obtenido de orbemap.com

González, H. D. (2016). *Generación de modelos digitales de superficie y ortofotografías, mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT) y software de fotogrametría automatizado.* Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

ICANH – Antropólogo Víctor Gonzáles Fernández. (6 de julio de 2016). Alto Sinú - Sitios Arqueológicos. Tierralta, Cordoba, Colombia.

ICAO. (2 de abril de 2012). Circular 328 Sistemas de Aeronaves no Tripuladas (UAS).

IDETEC. (marzo de 2012). sUAS para Agricultura de Precisión y Monitoreo Medioambiental. Chile.

IGAC. (19 de agosto de 2016). *http://noticias.igac.gov.co*. Obtenido de Pacho, Cundinamarca le abrió las puertas al IGAC para la realización de la segunda prueba con drones: http://noticias.igac.gov.co/pacho-cundinamarca-le-abrio-las-puertas-al-igac-la-realizacion-la-segunda-prueba-drones/

IGAC. (8 de marzo de 2016). *noticias.igac.gov.co*. Obtenido de Con imágenes de alta resolución, IGAC realizará actualización de cartografía de detalle en zonas urbanas pequeñas: http://noticias.igac.gov.co/con-imagenes-de-alta-resolucion-igac-espera-realizar-la-actualizacion-de-cartografia-de-detalle-en-municipios-de-zonas-urbanas-pequenas/

IGAC, M. d. (1986). Principios Básicos de Cartografía Temática. En I. G. Codazzi, *Principios Básicos de Cartografía Temática* (pág. 136). Santafe de Bogotá: IGAC.

ILCE. (2013). *bibliotecadigital.ilce.edu.mx*. Obtenido de bibliotecadigital.ilce.edu.mx: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/086/htm/sec_11.htm

Ing. Lorena García Gonzáles. (24 de septiembre de 2010). El mapa ecológico. Una herramienta para la educación ambiental en secundaria. *Eduinnova*, 101 - 111.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. (11 de Septiembre de 2013). *Drones y radares: tecnologías del IGAC para apoyar el proceso de restitución de tierras.* Bogotá: IGAC. Obtenido de MundoGEO: www.mundogeo.com

intef. (2016). *intef*. Obtenido de intef: http://educalab.es/intef

International Council of the Aeronautical Sciences. (2016). Obtenido de http://www.icas.org/

Juan Javier García, A. A. (5 de febrero de 2002). Cartografía ambiental. Desarrollo y propuestas de sistematización. Alcalá, España. Obtenido de Cartografía ambiental. Desarrollo y propuestas de sistematización.

Kakaes, K. (2014). What the History of Drone Technology Says About the Future. En D. Rothenberg, *Drone Wars: Transforming Conflict, Law, and Policy* (págs. 359-387). New York: Oxford University Press.

Mapir Camera. (29 de mayo de 2017). *Mapir Camera*. Obtenido de Mapir Camera: https://www.mapir.camera/products/

Nikon. (2017). *Nikon*. Obtenido de Nikon: http://www.nikon.es/es_ES/product/discontinued/digital-cameras/coolpix/2017/coolpix-a

Optros GmbH. (2008). *Optris.es*. Obtenido de Optris.es: http://www.optris.es/productos

Parra, A. (17 de abril de 2012). Perspectiva y Desarrollo Reglamentario de los UAS en Colombia. Bogotá D.C.

Parrot S.A. (2016). *Parrot.com*. Obtenido de Parrot.com: https://www.parrot.com/es/profesional/parrot-sequoia

SeseFly.com. (2015). Obtenido de www.sensefly.com/drones/ebee

Sony. (2017). *Sony*. Obtenido de Sony: https://www.sony.es/electronics/productos-camara-lentes-intercambiables/t/camaras-con-lentes-intercambiables

Tetracam Inc. (29 de mayo de 2017). *Tetracam.com*. Obtenido de Tetracam.com: http://www.tetracam.com/Products1.htm

U.S. Government, Departament of Defense, U.S. Army, U.S. Air Force, U.S. Navy. (2011). *UAS Encyclopedia.* Whashington: Smashwords.