

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

MÁSTER EN TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACION
GEOGRAFICA



“PLANIFICACION DE VUELOS FOTOGRAMÉTRICOS PARA U.A.V.”

TRABAJO FIN DE MASTER

AUTOR: Eduardo García Fernández
TUTORES: Carlos Espadas (ingecor Geomatica) y Silverio García Cortes
Fecha: Julio 2015

INDICE

Resumen	3
Introducción	3
Normativa de vuelo con UAVS	4
Dron MD4-1000	6
Motivos de la elección del dron MD4-100.....	7
Ventaja e inconvenientes del uso de drones.....	8
Aplicaciones civiles de los drones	8
Fases del proceso fotogramétrico:.....	9
Objetivo	10
Procedimiento	11
Elección del software Mflip	11
Condiciones a la hora de la elección de la zona de trabajo.....	12
Creación del fichero dxf	12
Uso de las herramientas en MFlip.....	14
Transformación de DXF a SHP de planificación de vuelo.....	14
Conversión del MDT a formato Raster	15
Definición de las cámaras fotogramétricas del proyecto	17
Cámaras disponibles en el proyecto de vuelo	18
Análisis de la cámara fotográfica utilizada	20
Creación de un nuevo proyecto en MFlip.....	21
Planificación de bloque de vuelo.....	22
Parámetros Geométricos	23
Precisiones.....	25
Escala de la cámara resultante	27
Escala de visualización.....	27
Escala de impresión	28
Definición de los parámetros para el vuelo	28
Parámetros de bloque de vuelo insertados.....	29
Exportar bloque de vuelo a formato shape	30
.....	31
Visualización de los resultados en Qgis	31
Perfil de vuelo.....	32
Resultados	33
Informe de vuelo utilizando la cámara Sony ilce-6000.....	33
Tiempo de vuelo	33
Conclusiones	38
Bibliografía	38

Resumen

Con este trabajo se pretende dar a conocer el procedimiento para la planificación de un vuelo con UAVS valiéndose del software de la empresa Ingecor Geomatica "Mflip", y del software libre Qgis.

Gracias al uso de UAVS se puede obtener cartografía de forma mas económica y precisa respecto a los vuelos convencionales.

En este trabajo se pretende también comparar como varia el tiempo de vuelo cuando al UAV se le acopla diferentes cámaras fotográficas, cuanto mayor peso de carga aumenta el tiempo de vuelo.

Abstract

The purpose of this work is show the procedure of the UAVs flights planning using Ingecor Geomatica software "Mflip" and free software Qgis.

Using UAVS we can acquire economic and accurate cartography if we compare it with the cartography that we obtain using conventional flights

The pretension of this work is also collect variations of the flights times when the docks cameras have different weights. Greater weight trigger longer flights

Introduccion

Un vehículo aéreo no tripulado conocido también como UAS o dron es una aeronave que no requiere de tripulación para volar. Los drones tienen aplicaciones diversas en la actualidad, aunque inicialmente solo eran usados con fines militares, en los tiempos que corren tienen también su uso como herramienta recreativa y para aplicaciones cartográficas y topográficas.

Hay gran variedad de formas y tamaños, características técnicas y de diseño dentro de los vehículos aéreos no tripulados. Los primeros modelos eran aviones pilotados remotamente, pero cada vez se está empleando el uso de controles autónomos de los mismos. Dentro de los controles autónomos, unos pueden ser controlados desde una ubicación remota o pueden tener plan de vuelo pre programado usando sistemas de automatización dinámica, es decir pueden despegar, aterrizar y controlar su vector de vuelo automáticamente.

Normativa de vuelo con UAVS

La actual regulación Española permite la utilización de UAVS para la realización de trabajos aéreos como:

- Actividades de investigación y desarrollo
- Tratamientos aéreos, fitosanitarios y otros que supongan esparcir sustancias en el suelo o a la atmosfera, incluyendo actividades de lanzamientos de productos para la extinción de incendios
- Levantamientos aéreos
- Observación y vigilancia aérea incluyendo la filmación y actividades de vigilancia de incendios forestales
- Publicidad aérea, emisiones de radio y TV
- Operaciones de emergencia, búsqueda y salvamento

La primera regulación temporal permite el uso de UAVS sobre zonas no habitadas y por ahora no está permitido el uso de los mismos en ciudades o sobre aglomeraciones de personas al aire libre, como pueden ser parques y ciudades, playas llenas de gente, campos de futbol, etc. La normativa permite para una aeronave de hasta 25 kg grabar en exteriores pero ha de hacerse de día y en condiciones meteorológicas visuales en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado, dentro del alcance visual del piloto, a una distancia de este no mayor de 500 metros y a una altura sobre el terreno no mayor de 120 metros (400 pies) sobre el terreno.

Para conseguir la habilitación como operador de UAVS, es necesario un permiso que debe de ser presentado en el Registro de AESA junto a la documentación exigida cuyo acuse de recibo habilitara a la persona correspondiente como operador de UAVS. Para poder realizar fotografías y filmaciones usando UAVS es necesario obtener una autorización específica de AESA para cada tipo de actividad, en virtud de una Orden de Presidencia de Gobierno de 14 de Mayo de 1957.

Todos los pilotos de UAVS deberán de acreditar que son poseedores de los conocimientos teóricos necesarios, estos conocimientos pueden obtenerse de las siguientes tres formas:

- Tener licencia de piloto
- Obtener un certificado de conocimientos teóricos obtenidos dentro de una organización aprobado por AESA

- Realizar de forma satisfactoria el curso de la organización ATO para el despegue de aeronaves no superiores a 25 kg

Por último, cada operador debe de estar en posesión de los siguientes documentos y requisitos que son indispensables:

- Documentación sobre las características de la aeronave
- Disponer del manual de operaciones de la zona de vuelo
- Estudio aeronáutico de seguridad de la operación
- Realizar un mantenimiento de la aeronave según las recomendaciones del fabricante
- Disponer de un seguro en regla
- Adoptar medidas para evitar interferencias ilícita durante las operaciones
- Garantizar que la operación se va ha realizar a una distancia mínima de 8 kilómetros de cualquier aeropuerto o aeródromo, o de 15 kilómetros si en él se puede operar en vuelo instrumental o en caso contrario haberse puesto de acuerdo con el mismo.

La falta de unas leyes específicas que separen el uso de drones para fines profesionales con los drones usados para temas recreativos provocan una gran limitación dentro del terreno cartográfico que es el que nos está ocupando además de un gran perjuicio dentro del sector relacionado con los vuelos fotogramétricos.

Al estar las zonas de trabajo muy limitadas actualmente a pesar de la gran preparación que tienen los pilotos que se ocupan de estos vuelos hace que no se pueda llevar a cabo una correcta explotación en esta campo.

La necesidad de realizar unas leyes donde además de separar el uso recreativo de los drones respecto al uso profesional y donde se contemple aumentar la libertad dentro de los vuelos realizados con drones siempre cumpliendo las normas de seguridad provocaría un desarrollo cualitativo dentro del sector además de conseguir una reducción de costes, mejora medioambiental al evitar el uso de aviones convencionales y una mejora de la precisión en los resultados finales ya que el continuo desarrollo de los drones hace posible que cada vez puedan ser equipados con cámaras de mayor precisión y el hecho de realizar vuelos a una altura que se requiera hace que la calidad final del producto sea mejor para fines cartográficos que los resultantes de los vuelos convencionales.

Dron MD4-1000



El dron MD4-1000 será la herramienta utilizada para la ejecución del vuelo fotogramétrico, destaca su autonomía que llega a los 60 minutos, posee una gran robustez ya que está fabricado en fibra de carbono, y estabilidad pudiendo soportar vientos de 50 kilómetros a la hora. El dron viene equipado con los sensores de actitud, altitud y sistema de referencia. Es resistente a la lluvia y al polvo, destaca por ser muy silencioso ya que solo produce unos 68dBA a tres metros de altitud.

Las características técnicas son las siguientes:

- Carga de 1200 gramos
- Techo de vuelo 1000 metros
- Velocidad de crucero 54 kilómetros por hora
- Soporta temperaturas entre -20 y 50 grados

Los tiempos de vuelo de los drones MD4 según las cámaras que están acopladas a ellos y según las configuraciones de cada uno es la siguiente

		Flight time in minutes																						
Config.	Cameras	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	70
md4-200	Daylight	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Dawn	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Pentax (Still)	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Lumix (Video)	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Thermoimaging	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
md4-1000	Daylight	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Dawn	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Pentax (Still)	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Lumix (Video)	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Thermoimaging	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	up to 500g	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	up to 800g	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	max. 1200g	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
md4-1000	Daylight	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Dawn	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Pentax (Still)	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Lumix (Video)	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Thermoimaging	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	max. 500g	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	max. 1200g	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

Motivos de la elección del dron MD4-100

Se ha elegido un quadcoptero de ala rotatoria en lugar de uno de ala fija debido a que para trabajos específicos como el que se esta realizando pueden quedarse fijos en un punto determinado y realizar la operación de toma fotográfica sin necesidad de desplazarse, estabilizar en un punto un dron de ala fija es una tarea muy compleja. Además los drones de ala fija requieren de mas pasadas para realizar la cobertura total de la zona de vuelo, estos drones de ala fija tienen también el inconveniente de necesitar recubrir un 80% de la zona como mínimo, provocan problemas a la hora de calibrar los parámetros de orientación interna de las cámaras, necesitan plataformas para realizar la maniobra de despegue y no pueden cambiar la cota de vuelo cuando están realizando una misma pasada. Son también incapaces de realizar vuelos oblicuos como si pueden realizar los vuelos de ala rotatoria, esta capacidad es muy importante para temas relacionados con el patrimonio. Al ser la zona donde se va a realizar el proyecto muy abrupta, el uso de drones de ala fija también presentarían graves inconvenientes, aunque el factor determinante para utilizar un dron de ala rotatoria está en la imposibilidad de utilizar un control de vuelo manual en drones de ala fija por lo que se incumpliría la normativa de vuelo en España.

Ventaja e inconvenientes del uso de drones

El uso de drones frente a los vuelos convencionales presenta variedad de ventajas e inconvenientes. Los drones poseen la ventaja de poder ser transportados fácilmente a cualquier lugar, incluso a otros países pueden ser transportados en un avión comercial. Además de ser mas económicos y respetuosos con el medio ambiente, pueden realizar trabajos de manera mas rápida que usando vuelos convencionales y permiten también el vuelo de forma oblicua. Los vuelos convencionales presentan problemas con los desniveles. Si se trabaja en zonas con mucha pendiente puede producirse problemas en la estereoscopia, en el uso de drones es mucho mayor el problema pero se puede llegar a salvar al volar en paralelo al terreno. Dentro de los inconvenientes en el uso de drones, además de los problemas derivados con la autonomía de vuelo que provoca que no se pueda trabajar en zonas tan extensas como utilizando vuelos convencionales, hay un problema bastante mas serio como es el de mantener calibradas las cámaras. Al tener que desacoplar la cámara de la montura cada vez que se termina un vuelo para exportar los resultados puede darse el caso de tener que volver a recalibrar los parámetros de la misma, por lo tanto hay que prestar mucho cuidado cada vez que se realiza la maniobra de desacople de la cámara.

Aplicaciones civiles de los drones

Cartografía

Uno de los usos mas comunes que tienen los drones en la actualidad es para la realización de mediciones topográficas o para toma de ortofotos en zonas donde el acceso presenta una gran dificultad. Gracias al uso de esta herramienta se pueden obtener fotografías de gran calidad a escalas de gran detalle, aunque este método presente menos precisión que los métodos clásicos permite obtener información que pueda resultar de gran importancia para el desarrollo de un proyecto o de una obra.

Los drones que se utilizan para estas aplicaciones pueden llevar también acoplados sensores de diferente tipo, ya sean multiespectrales o lidar. Gracias al uso de sensores lidar acoplados a los drones, podemos obtener nube de puntos en zonas inaccesibles para hacer una posterior representación del terreno en el que estamos interesados.

Medio Ambiente

El uso de drones para la protección medio ambiental está obteniendo en la actualidad mucha notoriedad, ya sea para labores de vigilancia y de control, sino que permiten también realizar labores de control de la contaminación en las zonas estudiadas, realizar labores de estudio de la vegetación y de la fauna.

Los drones al tener motores eléctricos que por lo tanto tienen un impacto mínimo en el medio ambiente además de tener una baja sonoridad permite realizar estas labores sin perturbar el medio que nos rodea.

Riesgos Naturales

Los drones son una herramienta muy eficaz para controlar problemas ambientales, ya sean incendios forestales, erupciones volcánicas o riesgos de huracán. Tienen el gran beneficio de no exponer a seres humanos a estas situaciones de tanto riesgo. Gracias a la evolución y el uso de la auto tripulación, permitiría los vuelos a todas las horas del día, al contrario que los aviones convencionales tripulados que tienen que cesar su actividad por la noche aunque los problemas sigan persistiendo.

Agricultura

El uso de drones para temas relacionados con la agricultura se está extendiendo a nivel global en los últimos tiempos, ya que al acoplar sensores al aparato permite el control y monitorización de los diferentes cultivos. Este método permite mejorar el rendimiento y supervisar posibles problemas que bajen el nivel de producción. También permite mediante la toma de fotografías poder realizar una planificación para saber la mejor colocación de las plataformas de riego.

Fases del proceso fotogramétrico:

- Estudio de proyecto y plan de vuelo
- Georreferenciación
- Realización del vuelo fotogramétrico
- Restitución y obtención de diferentes productos
 - Ortoimágenes
 - Mapas de elevaciones

- Curvados
- Nubes de puntos
- Modelos digitales del terreno
- Modelos digitales del terreno texturizados

Objetivo

El objetivo de este trabajo es realizar la planificación de un vuelo fotogramétrico usando un vehículo aéreo no tripulado, esta planificación de vuelo se realizara con el software MFlip que ha sido proporcionado por la empresa Ingecor Geomatica.

La ubicación del trabajo se localiza en Llanes, municipio perteneciente al Principado de Asturias, se trata de una zona agrícola que presenta grandes desniveles. El motivo de la elección de esta ubicación se debe en primer lugar para evitar la realización de vuelos cerca de núcleos de población. En segundo lugar otro factor para realizar el vuelo en esta zona se encuentra en la falta de elementos externos que pueden perjudicar el vuelo ya que es una zona donde no se encuentran grandes cantidades de árboles además hay que añadir que en la zona no hay otros elementos como líneas de electricidad que puedan provocar problemas o elementos que puedan causar interferencia en la emisora.

Gracias a la planificación con el software MFlip, vamos a obtener una completa base de datos, donde se podrá conocer:

- Coordenadas terreno de cada fotograma
- Diferentes variaciones del GSD en cada fotograma
- Modelo de elevaciones de cada fotograma
- Huellas de cada fotograma en el terreno
- Posición de los fotocentros
- Altura de los fotocentros
- Angulo azimutal resultante
- Extensión de la zona

Antes de realizar la planificación de vuelo se deberá de trabajar con ortofotos de la zona donde queremos realizar el trabajo, estas ortofotos deberán ser correctamente georreferenciadas y posteriormente insertadas con coordenadas reales en el software

Autocad para una posterior delimitación de la zona de trabajo, determinación de la dirección de vuelo y una identificación de las zonas de despegue y aterrizaje.

Una vez procesada esta planificación con el software MFlip, se visualizarán los resultados en el software libre Qgis, donde se realizarán las labores de comprobación para que no haya fallos y en su defecto proceder a su corrección inmediata. Una vez que se pueda confirmar la correcta planificación del mismo se procederá a la realización de los planos con los resultados usando este mismo software.

Procedimiento

El objetivo final es obtener es la realización de una planificación de un vuelo fotogramétrico sobre la zona elegida utilizando el software Mflip

Elección del software Mflip

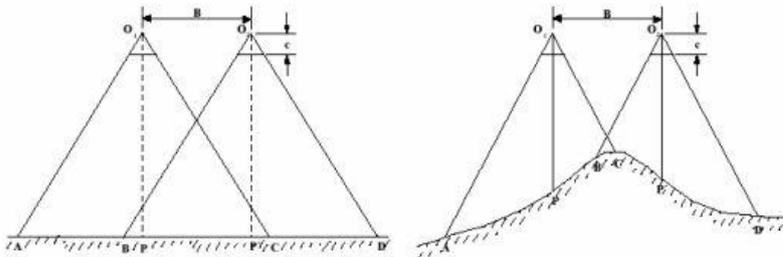
Cuando se pretende obtener en los trabajos fotogramétricos resultados con precisión hay que tener en cuenta la correcta obtención de los parámetros de calibración de la cámara, construir geometrías de imagen robustas y tener un control sobre un correcto recubrimiento entre las imágenes y pasadas, obtener valores uniformes de GSD y también llevar a cabo una precisión del control terrestre. El software MFlip permite planificar vuelos teniendo en cuenta esas especificaciones. Además posee una interfaz sencilla y accesible donde solo se necesita introducir el fichero con la zona deseada, el vector de vuelo y los puntos de despegue y aterrizaje. Permite a su vez crear un fichero para cada cámara con la que se va a efectuar el vuelo, incorporando al fichero que se crea para cada uno los parámetros intrínsecos, la incertidumbre en la posición y la orientación angular del sensor. Al contrario que otros software libres que solo tienen en cuenta el terreno como si fuese llano, MFlip tiene en cuenta la influencia del relieve de esta forma se consigue que la geometría de vuelo real obtenida sea igual que la planificada permitiendo el cálculo de la huella real. El software también permite la planificación de vuelos en sentido inverso y directo de esta forma se puede dictaminar que sentido de vuelo es el mas conveniente para poder llevar un ahorro de energía. Al tratarse de una herramienta muy completa genera una base de datos donde incluye todos los parámetros geométricos del vuelo.

El software además incluye herramientas que permiten crear modelos digitales de terreno, realizar exportaciones a formato shape o dxf y realizar operaciones entre sistemas de coordenadas.

Condicionantes a la hora de la elección de la zona de trabajo

Cuando se va a realizar una planificación de vuelo en una zona determinada, hay que tener en cuenta en primer lugar si la zona donde se va a efectuar el trabajo es la idónea para poder efectuar las maniobras de despegue y aterrizaje del aparato. Hay que observar en primer lugar sobre el terreno si existen zonas en los alrededores libres de elementos que puedan dificultar o en casos extremos denegar el uso de drones limitando a la zona el uso de cartografía convencional. Para ello la zona de trabajo no puede contener arboles agrupados de forma densa y también tiene que estar sobre una zona donde se hayan llevado a cabo labores de mantenimiento, es decir donde el piloto del dron pueda realizar su trabajo de forma satisfactoria.

Otro de los condicionantes que se presentan a la hora de la planificación de un vuelo está presente cuando se trabaja sobre terrenos montañosos. En este tipo de terrenos pueden producirse huecos en los recubrimientos entre fotografías cuando hay cotas altas.



Creación del fichero dxf

Como paso previo a la creación del proyecto de planificación de vuelo en Mflip, se necesita crear un fichero dxf de la zona de trabajo. Para la creación de este fichero se parte de las ortofotos del PNOA de máxima actualidad que se ha descargado desde la página del IGN. Se trata de un proceso sencillo donde solo se necesita un registro para crear una cuenta dentro de la plataforma para poder proceder con la descarga de los ficheros.

bienvenido | welcome | bienvenue



Centro de Descargas

Centro Nacional de Información Geográfica

Nº Archivos: 0

Usuario Contraseña [¿Olvidó su contraseña?](#)

[Presentación](#) | [Catálogo de productos](#) | [Búsqueda en visor](#) | [Búsqueda avanzada](#) | [Equipamiento Geográfico de Referencia Nacional](#) | [Ayuda](#)

Centro de Descargas / Paso 1 [Mapa Web](#) [contacto](#) [RSS](#) [Facebook](#) [Twitter](#) [YouTube](#)

Paso 1- Resultados de su búsqueda

[Volver a buscar](#)

⬇️ Los archivos seguidos de este icono no están seleccionados para descargar.
⬆️ Los archivos seguidos de este icono están seleccionados para descargar.

1
página 1 de 1

Producto	Archivo	Formato	Tamaño(MB)	Seleccionar
Ortofoto PNOA Máxima Actualidad	PNOA_MA_OF_ETRS89_HU30_h50_0031.ecw	ECW	1731.75	⬆️
Ortofoto PNOA Máxima Actualidad	PNOA_MA_OF_ETRS89_HU30_h50_0031.xml	XML(METADATOS)	0,05	⬆️
Ortofoto PNOA Máxima Actualidad	PNOA_MA_OF_ETRS89_HU30_h50_0031.zip	SHAPE	0,01	⬆️
Ortofoto PNOA Máxima Actualidad	PNOA_MA_OF_ETRS89_HU30_h50_0032.ecw	ECW	1133.01	⬆️
Ortofoto PNOA Máxima Actualidad	PNOA_MA_OF_ETRS89_HU30_h50_0032.xml	XML(METADATOS)	0,05	⬆️
Ortofoto PNOA Máxima Actualidad	PNOA_MA_OF_ETRS89_HU30_h50_0032.zip	SHAPE	0,01	⬆️

1
página 1 de 1





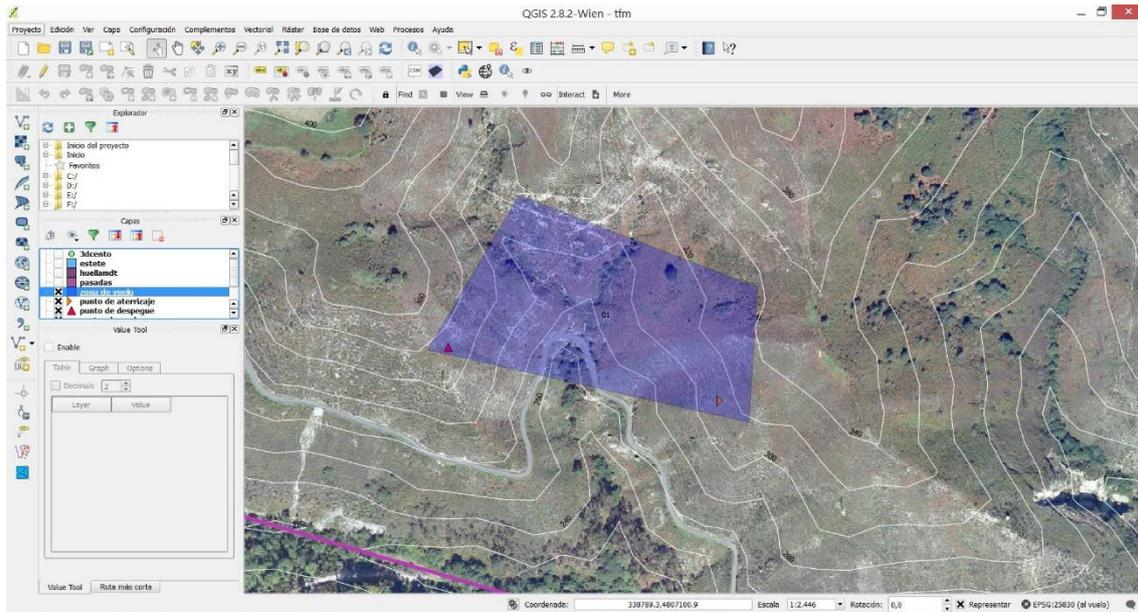
[Sugerencias y comentarios](#)

[Accesibilidad](#) | [Información legal](#) | [Propiedad intelectual](#) | [Protección de datos](#)

Una vez realizada la descarga de la ortofoto se inserta en el software Qgis seleccionando las coordenadas pertenecientes a la zona donde se procede a realizar el trabajo. Una vez importada la ortofoto se deben de crear cuatro capas de archivo en formato shape, una capa tendrá que ser de tipo polígono y será donde se diseñara la zona de vuelo, la siguiente capa tiene que ser de tipo línea y corresponderá a la dirección de vuelo, por último se crearan dos capas de tipo punto donde se situaran los puntos de despegue y aterrizaje.

Por lo tanto en Qgis deberemos de crear 4 capas donde:

- 01_LND, corresponde al punto de aterrizaje
- 01_TOF, corresponde al punto de despegue
- 01_VECTOR, es el vector de vuelo
- 01_ZONA, representa la zona a cubrir



Valiéndose de las herramientas incorporadas en Qgis se realiza la exportación del trabajo previamente realizado a formato dxf

Uso de las herramientas en MFlip

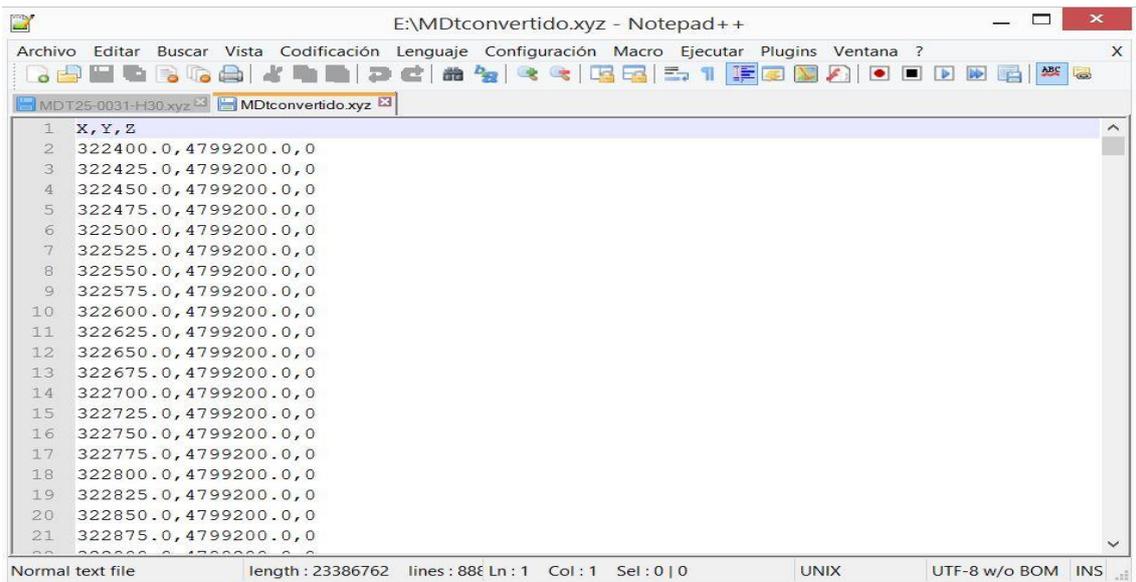
Transformación de DXF a SHP de planificación de vuelo

Una vez creado el archivo DXF con las diferentes capas que eran requeridas, se pasa al uso de la herramienta “transformación de DXF a SHP” que viene incluida en el software MFlip. En primer lugar se debe elegir el fichero en formato dxf que se quiere transformar y asignarle el sistema de coordenadas de la zona, en este caso sería la coordenada UTM huso 30 que corresponden con el EPSG 25830. El software pide introducir el nombre de las capas que vamos a convertir y posteriormente seleccionar la ruta de salida de los ficheros transformados. Gracias al uso de esta herramienta cuando se pase a la planificación de vuelo ya tendremos los ficheros en el formato correcto para poder introducirlos y que sean reconocidos correctamente por el software.



Conversión del MDT a formato Raster

Otra de las herramientas con las que está equipado el software Mflip, es la de convertir un modelo digital del terreno en formato de puntos a formato raster. Partimos de un archivo que tiene la siguiente estructura de datos, donde se observa como las coordenadas x,y,z de los diferentes puntos que han sido medidos están separados por comas.



La herramienta incluida en el software para poder realizar el proceso de conversión pide en primer lugar la introducción del fichero ASCII de puntos, asignar al mismo el sistema de coordenadas de la zona, identificar número de campos del que consta el

archivo, señalar el separador de campos (que en este caso es “,”), identificar la línea de inicio de lectura (en este caso sería la línea de lectura número dos, como se puede observar en la anterior imagen) por ultimo hay que introducir que campo corresponde a cada coordenada, a la coordenada x le correspondería el campo uno, a la coordenada y el campo dos y a la coordenada z el campo tres.

Una vez terminado el proceso de introducción de los diferentes parámetros de entrada se tiene que proceder a leer la extensión espacial del fichero, estadísticas de altitud y distancia media entre puntos. Este proceso lo realiza automáticamente el software, por lo tanto en este paso no hay que introducir de forma manual ningún dato.

Para finalizar la conversión hay que introducir los parámetros de salida del fichero, e este paso debemos de introducir la ruta de salida del fichero raster del MDT y determinar el método de interpolación, el radio de interpolación y el paso de malla.

Cambio de formato de MDT: fichero ASCII de puntos a fichero Ráster

Parámetros de entrada

Fichero Ascii de puntos: C:/Users/Edu/Downloads/MDT25-0031-H30.xyz

CRS: EPSG: 25830 - ETRS89, Coordenadas UTM huso 30

Número de campos: 3 Separador de campos: , Línea de inicio de lectura: 2

Campo Coordenada X: 1 Campo Coordenada Y: 2 Campo Altitud: 3

Eliminar puntos duplicados bajo criterios de proximidad planimétrica y altimétrica

Distancia planimétrica inferior a (m.): 1.0000 Distancia altimétrica inferior a (m.): 1.0

Leer extensión espacial del fichero, estadísticas de altitud y distancia media entre puntos

Coordenada X mínima (m.): 322400.0000 Coordenada X máxima (m.): 350400.0000

Coordenada Y mínima (m.): 4799200.0000 Coordenada Y máxima (m.): 4819000.0000

Altitud mínima (m.): -0.5 Altitud máxima (m.): 1187.1

Altitud media (m.): 197.3 Distancia media entre puntos (m.): 24.9731

Parámetros de salida

Formato del fichero: ERS Formato del dato: Entero de 32 bits Altitud por defecto (m.): 197.3

Fichero Ráster del MDT: C:/Users/Edu/Downloads/MDT25-0031-H30.xyz.ers

Extensión espacial del fichero de salida

Coordenada X mínima (m.): 322400 Coordenada X máxima (m.): 350400

Coordenada Y mínima (m.): 4799200 Coordenada Y máxima (m.): 4819000

Método de interpolación: Vecino más próximo Radio de interpolación (m.): 50.0000 Paso de malla (m.): 25

Procesar

Definición de las cámaras fotogramétricas del proyecto

Dentro del software hay que introducir la siguiente información:

- Fichero XML donde se almacena la información de la cámara
- Código: que se utilizara para identificar la cámara
- Marca: se debe de introducir la marca de la cámara
- Tipo de sensor: se seleccionara entre las siguientes opciones, matricial, lineal o puntual.
- Tipo de montaje: se debe de indicar como se posiciona el sistema de coordenadas imagen con respecto al eje de vuelo, si se trata de un sentido de avance o de retroceso según el eje x o el eje y.
- Columnas: número de columnas del formato de la imagen
- Filas: número de filas del formato de la imagen
- Focal: distancia focal de la cámara en mm
- Resolución geométrica: este parámetro debe de introducirse ya que hay tantas resoluciones geométricas como bandas tiene una imagen capturada con la cámara utilizada.
- xPPA: se debe de introducir la coordenada X expresada en milímetros del punto principal de Auto colimación. Este parámetro viene incluido en el certificado de calibración de la cámara.
- yPPA: se debe de introducir la coordenada Y expresada en milímetros del punto principal de Auto colimación. Como en el caso anterior viene incluido en el certificado de calibración de la cámara.
- Bandas del sensor: se trataría de rellenar los diferentes parámetros de las tres bandas del sensor, como son la resolución geométrica y la resolución radiométrica

Cámaras disponibles en el proyecto de vuelo

Pentax Optio A40



Posee las siguientes características técnicas:

- 12 megapíxeles
- Mecanismo de reducción de la vibración
- Tamaño del pixel 0.0035 mm
- Ajuste de rango dinámico
- Peso 130 gramos
- Objetivo 37-111 mm
- Enfoque macro 6 cm
- CCD 1/1.7"
- Distancia focal: estándar 35 mm
- Tamaño de la imagen: 4000 x 3000, 3648 x 2736, 3072 x 2304, 2592 x 1944, 2048 x 1536, 1024 x 768, 640 x 480

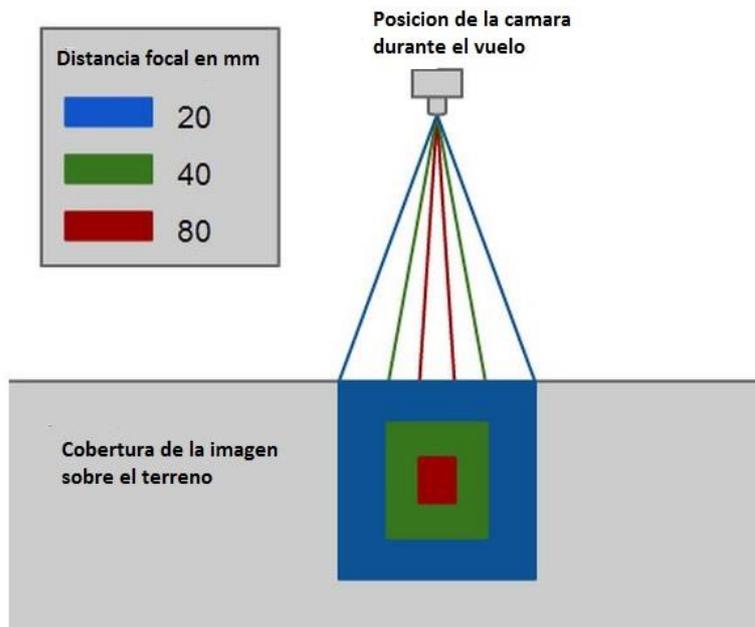
Sony ilce-6000



Posee las siguientes características técnicas:

- Tamaño del sensor 23.5 x 15.6 mm
- Distancia focal 16 mm
- 24 megapíxeles
- Píxeles efectivos 6000x4000
- Resolución panorámica 12416x1856
- Rango de ISO 100-25600 pasos de 1EV auto 100-25600 con mínimo y máximo configurable
- Tamaño del píxel 0.0039 mm
- Velocidad de obturación 1/4000 a 30 segundos
- Peso 344 gramos

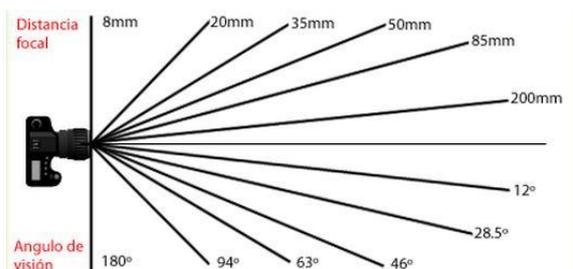
Partiendo de la fórmula $GSD = \frac{H * \text{tamaño píxel}}{focal}$ si tenemos en cuenta que la normativa actual solo permite realizar vuelos a una altura máxima de 120 metros, aplicando las características técnicas de las cámaras en la fórmula podemos conocer cuál de las dos sería la más indicada para la realización del trabajo. Se pretende obtener un GSD de entre 3 y 5 cm es decir que una imagen con este GSD, cada píxel va a representar una área de terreno de 3 x 3 cm a 5 x 5 cm. Al tener una gran limitación en la altura de vuelo y ser esta altura condicionada tenemos que tener en cuenta que se necesita una distancia focal menor para poder tener una mayor cobertura del terreno.



Hay que tener también en cuenta también las características técnicas y el peso de ambas cámaras para ver que efecto tienen sobre el trabajo que se va a realizar. Como el área de trabajo es muy reducido, el peso de la cámara no es un factor a tener en cuenta a la hora de la elección de la misma. Por esta razón la cámara ideal para realizar el trabajo es la Sony ilce-6000 ya que tiene mayor resolución 24 megapíxeles frente a los 12 de la cámara pentax, y unos elementos internos de muchísima mas calidad.

Análisis de la cámara fotográfica utilizada

Al estar trabajando con una cámara fotográfica con una distancia focal muy pequeña, en este caso con fotografía gran angular, se podría decir que la elección del objetivo puede no llegar a ser la idónea. Gracias al uso de estos objetivos con la distancia focal tan pequeña aumenta el Angulo de visión



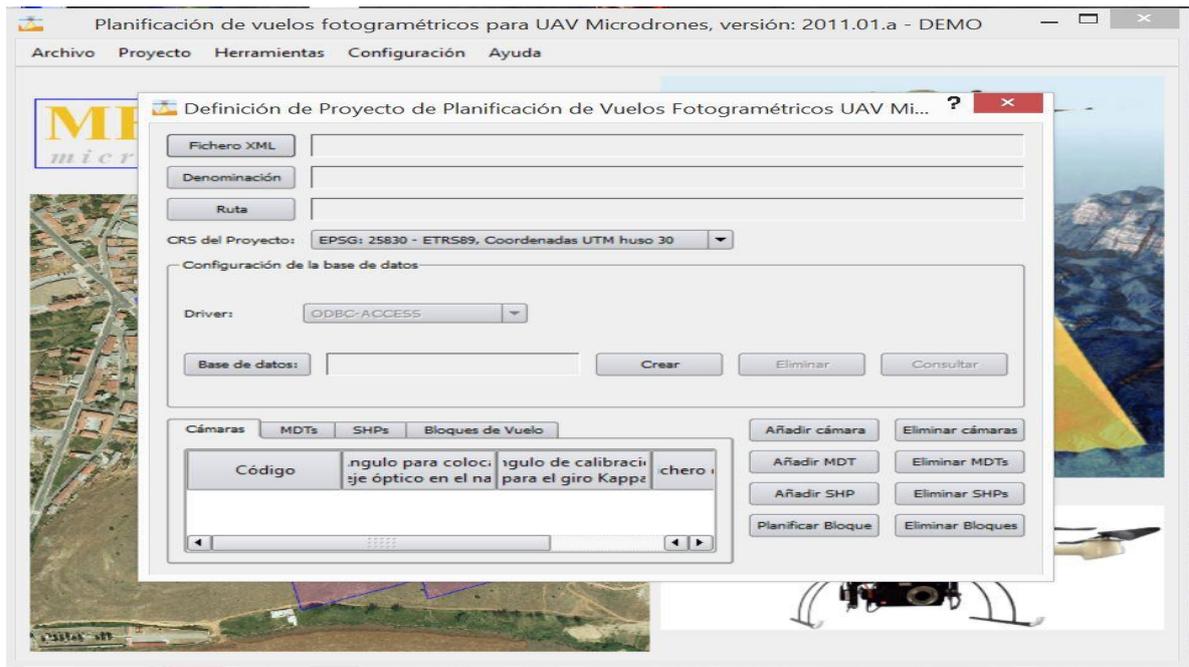
Estos objetivos tienen los beneficios como se ha visto de tener muy grande el ángulo de visión y tener mucha mayor profundidad de campo, por lo tanto cuando mayor sea la profundidad de

campo mas enfocada estará la imagen según el grado que se admitan en los círculos de confusión (definición objetiva de lo que es la nitidez focal) ,pero como punto negativo esta la distorsión que pueden generar en la apariencia física de los objetos en los extremos de la toma, esta distorsión aumenta cuanto mas cerca se está del objeto. La combinación de una distancia focal pequeña y un gsd pequeño provocara una mayor definición a la hora de realizar ampliaciones en las zonas captadas al realizar vuelos a bajas alturas.

Creación de un nuevo proyecto en MFlip

Cuando creamos un nuevo proyecto en MFlip aparece la siguiente información que se debe introducir:

- Fichero XML donde se almacena la información del proyecto que se ha creado
- Denominación: nombre que se asigna al proyecto
- Ruta para guardar los archivos
- Base de datos: Se debe introducir un nombre para la misma y crearla.
- Cámaras: se necesita definir una cámara o varias cámaras. En la pestaña de las cámaras se pueden realizar las siguientes acciones:
 - Añadir cámara
 - Eliminar las cámaras seleccionadas
 - Editar una cámara
- MDTs: se debe definir la ruta del MDT en formato raster con el que se va a trabajar.
- SHPs: se debe de elegir la ruta de los ficheros SHPs de la planificación de vuelo. Antes de introducir el fichero el programa nos pide asignar el sistema de coordenadas al que está referido.
- Planificar bloque: en el panel de planificación del bloque de vuelo se solicita el nombre y el código del boque que se va a generar, el fichero SHP que define la zona de vuelo y el fichero SHP con la dirección inicial de las pasadas para cada zona.



Planificación de bloque de vuelo

Como paso previo en la planificación del bloque de vuelo, hay que introducir el nombre y el código del bloque que se va a generar, el fichero shape donde está definida la zona de vuelo, y el fichero shape con la dirección de vuelo. Además hay que introducir los siguientes parámetros

Parámetros Geométricos

- GSD:
- Tol.GSD(%)
- Recubrimiento longitudinal: por defecto de 60%
- Recubrimiento transversal: defecto sería de 20%

Precisiones

- GPS: precisión del dispositivo GPS de navegación. El valor por defecto sería el de 3m.
- Ángulos Omega, Phi y Kappa

Planificación de un bloque de vuelo

Código: Cámara: CRS:

Información del fichero Shp con la definición de las zonas de vuelo

Fichero Shp:

Campo id: CRS del Shp:

Información del fichero Shp con la dirección inicial de las pasadas para cada zona

Fichero Shp:

Campo id: CRS del Shp:

Parámetros geométricos de la planificación

GSD (m.): Tol. GSD (%): Rec. Longitudinal (%): Rec. Transversal (%):

Número de puntos en que se divide cada lado del marco de la imagen para generar su huella contra el MDT:

Precisiones

GPS (m.): Omega (DEG): Phi (DEG): Kappa (DEG):

Vuelo planificado para UAV:

Fichero de resultados:

Tablas en la base de datos

Contenido de la tabla	Nombre de la tabla

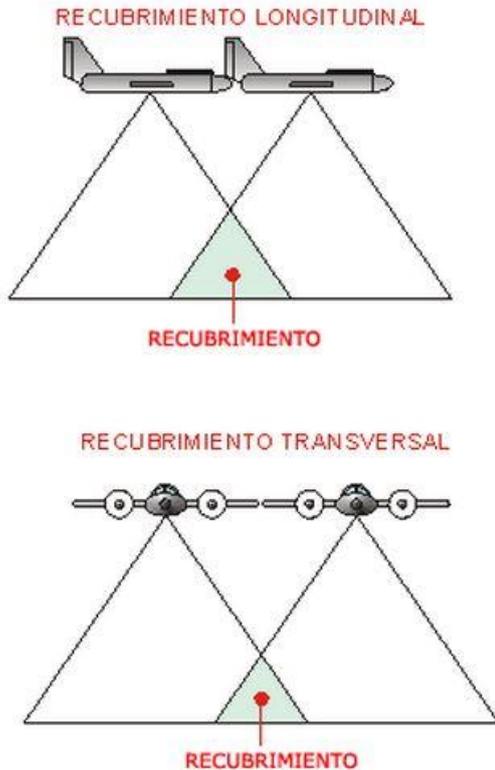
Parámetros Geométricos

Recubrimiento longitudinal y transversal en vuelos con UAVS

Partiendo de la situación generada por el UAV realizando un vuelo fotogramétrico y realizando fotos de forma consecutiva cada un cierto intervalo, mientras realiza el avance según la línea de vuelo, se debe de diferenciar entre recubrimiento longitudinal y recubrimiento transversal.

Si se sobrevuela el terreno y se toman fotografías de eje vertical se está recubriendo el territorio con fotogramas que se solapan tanto longitudinal como transversalmente.

Por defecto los recubrimientos son del 60% cuando se trata del eje longitudinal y del 20% cuando se habla del eje transversal, aunque estos porcentajes pueden variar según el terreno y el trabajo que se vaya a realizar. La característica principal cuando se habla de recubrimientos es la de fotografías que tienen zonas comunes entre sí.

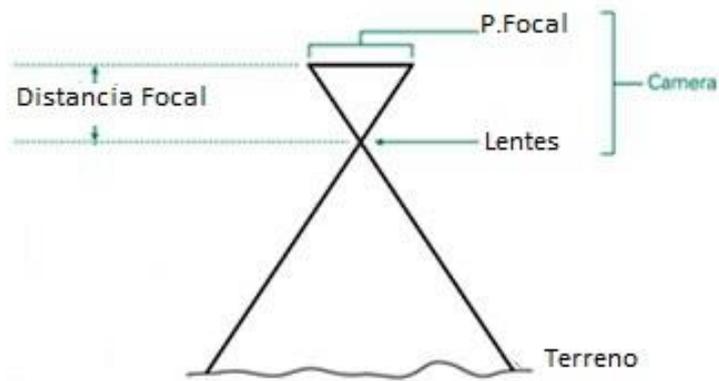


Para poder trabajar con las fotografías resultantes, el centro de las mismas tienen que tener una desviación mínima tomando como referencia la vertical del avión, no obstante las cámaras que se utilizan en estos trabajos fotogramétricos tienen una calibración óptima y exacta.

Como se provoca un efecto ondulado del terreno las fotografías que se obtienen de estos vuelos tienen una escala para cada punto dentro de la fotografía dependiendo de su posición respecto del centro de la misma y de la altura del terreno. Para evitar trabajar con varias escalas para cada fotograma se trabaja con la escala media de cada fotograma que no tiene un valor exacto, pero sí aproximado.

GSD

El GSD se puede definir como el tamaño pixel del suelo, es decir si en un trabajo se pide un GSD de 8 cm quiere decir que en cada pixel en el terreno recoge un área de 8 x 8 cm. El GSD va relacionado con la distancia focal y la altura de vuelo, si se quiere realizar un proyecto de mayor resolución se deberán de utilizar alturas de vuelo menores

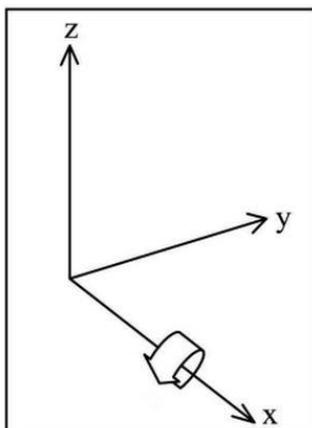


Precisiones

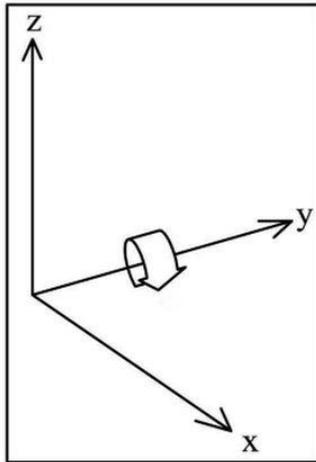
Parámetros de orientación externa

Para que exista relación entre el sistema de coordenadas de la imagen y el sistema de coordenadas geodésico (X,Y,Z) se utilizan los ángulos omega, phi y kappa que son los parámetros de orientación externa de la cámara.

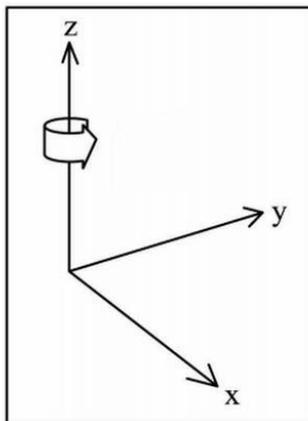
El ángulo omega es el ángulo de rotación respecto del eje X



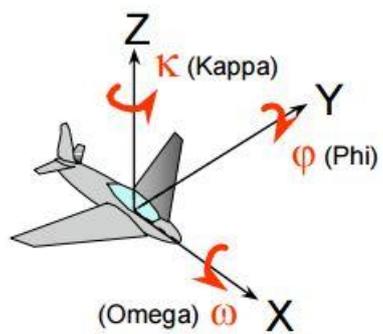
El ángulo phi es el ángulo de rotación respecto del eje y



El ángulo kappa es el ángulo de rotación respecto del eje z



Cuando se coloca la cámara fotográfica en un UAV tendría el siguiente esquema



Escala de la cámara resultante

Teniendo en cuenta los parámetros de la cámara fotográfica y la altura de vuelo se puede determinar la escala de vuelo. Partiendo de la fórmula fotogramétrica que relaciona la distancia focal, la altura y la escala.

$$\frac{f}{H} = \frac{1}{E}$$

Siendo:

f = distancia focal

H = altura de vuelo

E = denominador de la escala

Y teniendo en cuenta los parámetros del proyecto donde f = 16 mm y la altura de vuelo es de 120 metros obtendremos el siguiente resultado

$$\frac{120}{0.016} = E$$

La escala resultante sería 1/7500

Escala de visualización

Las imágenes digitales no suelen ser visualizadas con la escala original de la cámara. Estas imágenes son mostradas en monitores de ordenadores donde hay que tener en cuenta el tamaño de punto que puede mostrar el monitor, y la resolución de la imagen. En el supuesto el pixel de la imagen viene representado por cada punto del monitor, la escala de visualización será una relación entre el valor del GSD y del tamaño de punto.

Escala de visualización = tamaño de punto ÷ GSD

Teniendo en cuenta que estamos trabajando con un monitor con un tamaño de punto de 0.26 mm y un GSD de 3 cm la escala de visualización resultante será:

3 cm = 30 mm

Escala de visualización = 0.26 ÷ 30

Escala de visualización = 1:120

Escala de impresión

La escala de impresión viene relacionada con el número de dpi (puntos por pulgada) de la impresora. Para la impresora con la que efectuamos el trabajo, tenemos 300 dpi, el tamaño del punto sería de unos 0.085 mm.

La escala de impresión sería = $0.085 \div 30$

Escala de impresión = 1:350

Definición de los parámetros para el vuelo

Antes de proceder a la creación del bloque de vuelo, hay que definir los parámetros para la planificación de un vuelo con uav. Por lo tanto hay que rellenar los siguientes parámetros:

- Versión del firmware del uav: se debe de seleccionar la versión del bloque de instrucciones que corresponde al modelo del dron
- Parámetros de velocidad: en este apartado se debe de introducir la velocidad de crucero, velocidad de ascenso y velocidad de descenso a la que queremos que se desplace el uav en metros por segundo
- Ampliación lineal de la zona: por defecto se establece en 6 metros
- Distancia para punto previo de parada: se selecciona a que distancia queremos que disminuya de velocidad el uav antes de llegar al punto de toma
- Información del fichero shape con la definición de los puntos de despegue: se debe de seleccionar el fichero shape con el punto de despegue
- Información de los puntos de aterrizaje: se debe de seleccionar el fichero shape con el punto de aterrizaje.
- Altura al iniciar la ruta: por defecto dos metros, es la altura a la que el uav vuela en modo automático
- Altura al finalizar la ruta: es la altura por la cual el uav deja de estar bajo el efecto del parámetro definido previamente dentro de la velocidad de descenso. Por defecto se establece en treinta metros, una vez alcanzada esta altura el uav comienza a descender de modo automático a una velocidad de 0,1 metros por segundo.

- Numero de imágenes por punto: número de imágenes que se quieren realizar en cada punto seleccionado
- Angulo de inclinación respecto del nadir y tiempo de espera en cada una de las imágenes a capturar en cada punto: se debe de seleccionar el ángulo de inclinación que va a tener la cámara y el tiempo que se quiere que el uav permanezca esperando en cada punto antes de realizar fotografías sucesivas.

Parámetros para la planificación de un vuelo con UAV

Versión del Firmware del UAV: ...

Velocidad crucero (m/s): 5.0 Velocidad ascenso (m/s): 3.0 Velocidad descenso (m/s): 2.0

Ampliación lineal de la zona (m.): 6.0 Distancia para punto previo de parada (m.): 5.0

Información del fichero Shp con la definición de los puntos de despegue:

Fichero Shp: C:/Users/Edu/Documents/MFip_Proyectos/Proyecto_01/Datos/Shp_Zona/01_TOFshp

Campo id: idZona CRS del Shp: EPSG: 25830 - ETRS89, Coordenadas UTM huso 30

Información de los puntos de aterrizaje: Punto final Punto inicial Fichero SHP

Información del fichero Shp con la definición de los puntos de aterrizaje:

Fichero Shp: C:/Users/Edu/Documents/MFip_Proyectos/Proyecto_01/Datos/Shp_Zona/01_LND.shp

Campo id: idZona CRS del Shp: EPSG: 25830 - ETRS89, Coordenadas UTM huso 30

Altura al iniciar la ruta (m.): 2.0 Altura al finalizar la ruta (m.): 30.0 Número de imágenes por punto: 3

Ángulo de inclinación respecto del nadir y tiempo de espera en cada una de las imágenes a capturar en cada punto

	Número de orden de la imagen	Ángulo de inclinación de la cámara respecto de la línea nadiral	Tiempo de espera por imagen
1	1	0.00	5.0
2	2	0.00	5.0
3	3	0.00	0.0

OK Cancel

Parámetros de bloque de vuelo insertados

Parámetros Geométricos:

- GSD: 2,9 cm
- Recubrimiento longitudinal: 60%
- Recubrimiento transversal: 30%

Precisiones

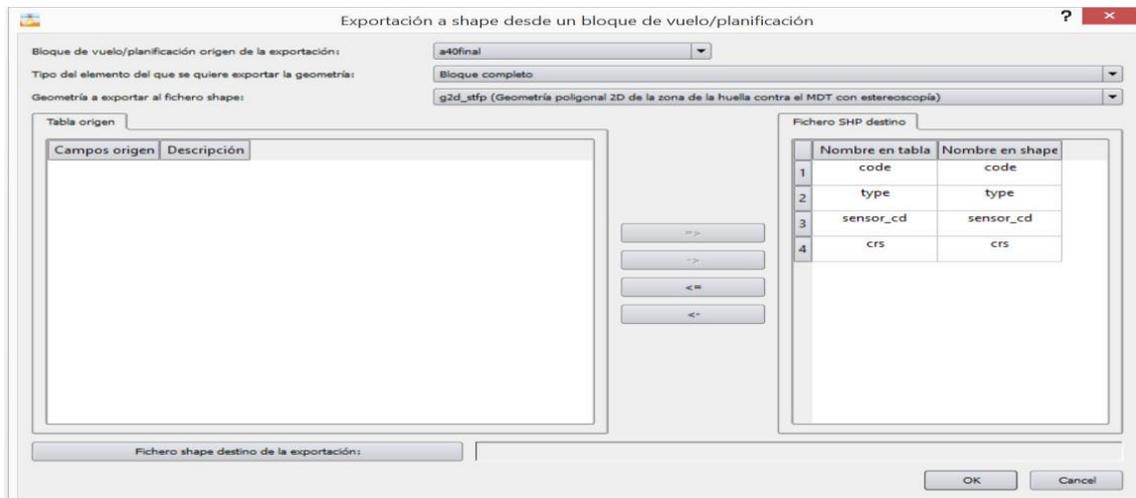
- GPS: 3 m
- Omega: 0.50 grados
- Phi: 2 grados
- Kappa: 0.20 grados

Información técnica de vuelo:

- Velocidad de crucero: 4 m/s
- Velocidad de ascenso: 2 m/s
- Ampliación lineal de la zona: 6 metros
- Distancia para punto previo de parada: 5 metros
- Velocidad de descenso: 2 m/s
- Altura al iniciar la ruta: 2 metros
- Altura al finalizar la ruta: 30 metros
- Número de imágenes por punto: 2

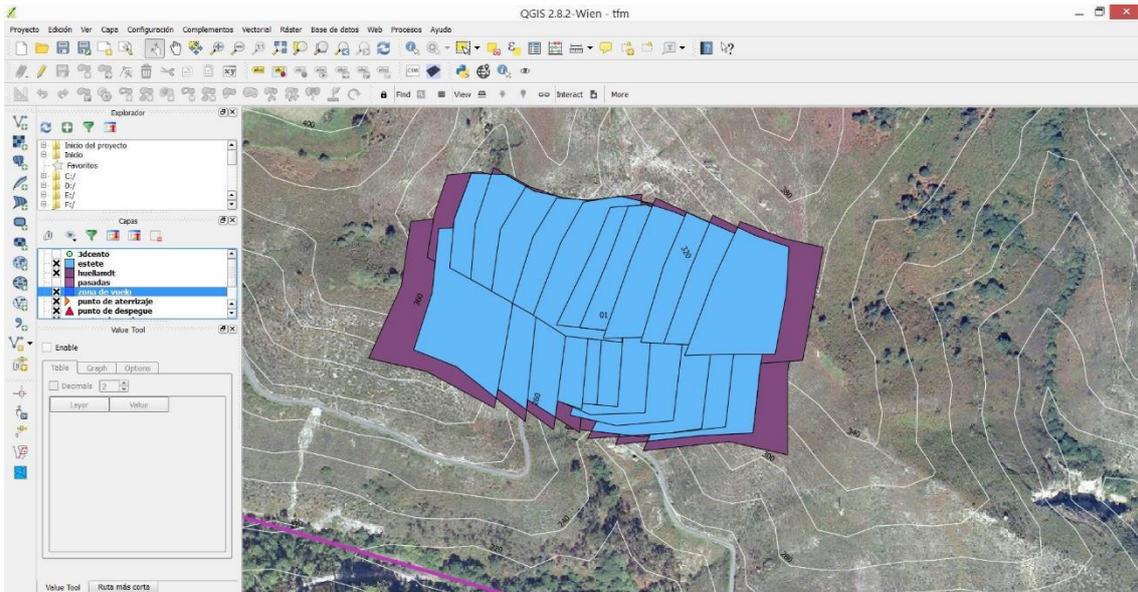
Exportar bloque de vuelo a formato shape

Una vez realizado el bloque de vuelo se debe exportar a formato shape. Se debe exportar el fichero de imágenes con geometría puntual 3D del centro de proyección, el fichero de pasadas con geometría 3D del eje de vuelo y por último el fichero de pares estereoscópicos con la geometría 2D de la huella contra el MDT

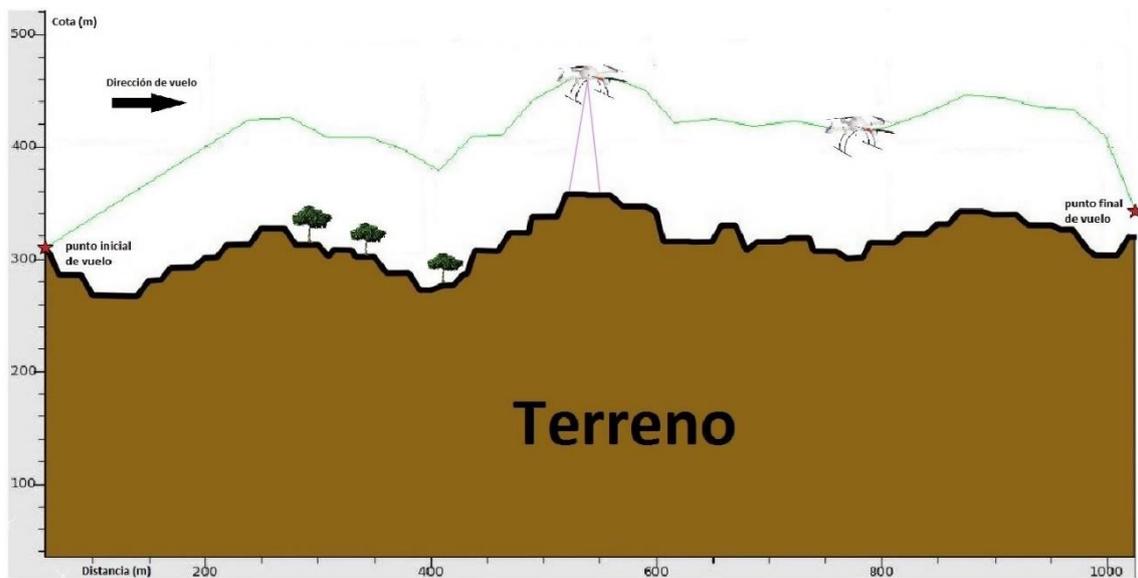


Visualización de los resultados en Qgis

Una vez realizado el proceso de exportación de forma satisfactoria, se debe de visualizar los resultados en Qgis. Para ello bastaría con importar los ficheros vectoriales resultantes dentro del software, de esta forma se obtendría la siguiente visualización.



Perfil de vuelo

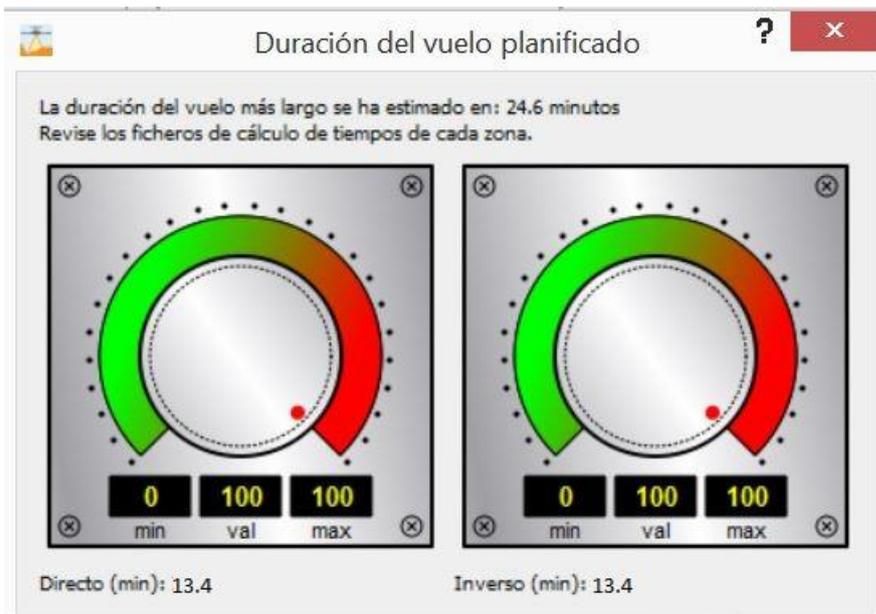


En el perfil anterior se puede observar la zona amarronada que se localiza en la parte inferior que representa el terreno. En el eje “x” se representa la cota medida en metros. En el eje “y” la distancia desde el punto inicial al punto final medido en metros. Se puede observar la línea con un color azulado que representa la altura de vuelo. Se puede observar como varía la altura de vuelo según varía la cota del terreno.

Resultados

Informe de vuelo utilizando la cámara Sony ilce-6000

Tiempo de vuelo



Informe de vuelo

TIEMPO TOTAL DE VUELO PLANIFICADO: 803.0 segundos.

13.4 minutos.

Tiempo pasada 1.....5.12 minutos

Tiempo pasada 2.....5.98 minutos

Tiempo en iniciar ruta y desplazamiento a primer punto: 1.06 minutos

Tiempo hasta punto de parada y maniobra de aterrizaje: 1.24 minutos

Recubrimientos calculados en función de tolerancias y errores del GPS e INS:

Recubrimiento longitudinal: 70.9 %

Recubrimiento transversal: 40.7 %

Número de zonas leídas del fichero shape: 1

Definición de la dirección de las pasadas:

Punto inicial:

Primera coordenada	338920.7639
Segunda coordenada	4806737.5226

Punto final:

Primera coordenada	338419.7911
Segunda coordenada	4806885.5824

Definición del punto de despegue:

Primera coordenada	338601.0852
Segunda coordenada	4807032.6325

Posición en coordenadas locales transformadas:

Primera coordenada	1269.7121
Segunda coordenada	994.2428

Definición del punto de aterrizaje:

Primera coordenada	338832.3561
Segunda coordenada	4806986.2086

Posición en coordenadas locales transformadas:

Primera coordenada	1026.8376
Segunda coordenada	986.5689

Intervalo de altitudes del MDT en sistema origen:

Altitud mínima	229.1510
Altitud máxima	410.1140

- Pasadas iniciales:

Pasada	Imagen	Coor.X.	Coor.Y.	Altitud	Coor.X.L.	Coor.Y.L.	Altura.Vuelo	Alt.Ini.Ruta	Alt.Cen.Proy.	Captura.Img.
Punto	despegue	338601.0852	4807032.6325	341.8423	1269.7121	994.2428	2.0000	0.0000	343.8423	--
Punto	aterriz.	338839.6051	4806986.2086	314.4729	1026.8376	986.5689	30.0000	0.6306	344.4729	--
1	1	338862.5622	4807018.8820	333.7889	1011.7049	949.6151	104.7350	94.6815	438.5239	Si
1	2	338838.5916	4807024.3384	322.8003	1036.2887	949.6151	104.7350	83.6930	427.5353	Si
1	3	338814.6211	4807029.7948	311.7283	1060.8725	949.6151	104.7350	72.6210	416.4633	Si
1	4	338790.6505	4807035.2512	303.8336	1085.4562	949.6151	112.6297	72.6210	416.4633	Si
1	5	338766.6799	4807040.7076	297.9549	1110.0400	949.6151	104.7350	58.8475	402.6899	Si
1	6	338742.7093	4807046.1641	284.2710	1134.6238	949.6151	104.7350	45.1637	389.0060	Si
1	7	338718.7387	4807051.6205	273.1210	1159.2075	949.6151	104.7350	34.0137	377.8560	Si
1	8	338694.7681	4807057.0769	281.6878	1183.7913	949.6151	104.7350	42.5804	386.4228	Si
1	9	338670.7975	4807062.5333	305.2662	1208.3751	949.6151	104.7350	66.1589	410.0012	Si
1	10	338646.8269	4807067.9897	321.1267	1232.9588	949.6151	104.7350	82.0193	425.8617	Si
1	11	338622.8563	4807073.4462	335.2799	1257.5426	949.6151	104.7350	96.1725	440.0149	Si
1	12	338598.8858	4807078.9026	353.5751	1282.1264	949.6151	104.7350	114.4677	458.3101	Si
2	1	338620.6203	4807142.5002	316.4265	1275.0496	882.7797	104.7350	77.3192	421.1615	Si
2	2	338644.5909	4807137.0438	312.9372	1250.4658	882.7797	108.2243	77.3192	421.1615	Si
2	3	338668.5615	4807131.5873	320.5508	1225.8820	882.7797	100.6107	77.3192	421.1615	Si
2	4	338692.5321	4807126.1309	322.8424	1201.2983	882.7797	98.3191	77.3192	421.1615	Si
2	5	338716.5026	4807120.6745	321.2796	1176.7145	882.7797	99.8819	77.3192	421.1615	Si
2	6	338740.4732	4807115.2181	308.7846	1152.1307	882.7797	112.3769	77.3192	421.1615	Si
2	7	338764.4438	4807109.7617	300.9307	1127.5470	882.7797	104.7350	61.8234	405.6657	Si
2	8	338788.4144	4807104.3053	311.0873	1102.9632	882.7797	104.7350	71.9799	415.8223	Si
2	9	338812.3850	4807098.8488	320.7813	1078.3794	882.7797	104.7350	81.6739	425.5163	Si
2	10	338836.3556	4807093.3924	327.7631	1053.7957	882.7797	97.7532	81.6739	425.5163	Si
2	11	338860.3262	4807087.9360	336.4921	1029.2119	882.7797	104.7350	97.3847	441.2271	Si
2	12	338884.2968	4807082.4796	347.8366	1004.6281	882.7797	104.7350	108.7293	452.5716	Si

- Conexiones de la pasada: 1
- Interseccion con la pasada: 2
 - Azimut de la primera pasada (deg): 282.8237
 - Azimut de la segunda pasada (deg): 102.8237
 - Diferencia de direccion: 0.0000
 - Las pasadas son paralelas
 - Valores extremos para considerar pasadas paralelas o alineadas:
 - Tolerancia maxima distancia: 133.088
 - Tolerancia minima distancia: 36.535
 - Máxima distancia de recubrimiento: 66.835
 - Mínima distancia de recubrimiento: 66.835
 - Las pasadas tienen solape transversal
 - La segunda pasada es inferior (mayor azimut)
- Conexiones de la pasada: 2
- Interseccion con la pasada: 1
 - Azimut de la primera pasada (deg): 102.8237
 - Azimut de la segunda pasada (deg): 282.8237
 - Diferencia de direccion: -0.0000
 - Las pasadas son paralelas
 - Valores extremos para considerar pasadas paralelas o alineadas:
 - Tolerancia maxima distancia: 133.088
 - Tolerancia minima distancia: 36.535
 - Máxima distancia de recubrimiento: 66.835
 - Mínima distancia de recubrimiento: 66.835
 - Las pasadas tienen solape transversal
 - La segunda pasada es inferior (mayor azimut)

Conclusiones

El proceso de obtención de cartografía utilizando UAVs respecto a la utilización de vuelos convencionales tienen el mismo proceso.

- Estudio de proyecto y plan de vuelo
- Georreferenciación
- Realización del vuelo fotogramétrico
- obtención de diferentes productos

Los vuelos convencionales tienen a su favor el poder abarcar zonas extensas, pero gracias al continuo desarrollo y evolución de los UAVS y de los sensores que se acoplan a los mismos se puede observar con el paso del tiempo como aumenta el tiempo de vuelo y mejora la precisión. Otro factor importante a la hora de escoger un UAV radica en el bajo coste para su adquisición además de poder realizar cualquier labor en el momento que se desee, por lo tanto disminuyen los tiempos de producción cartográfica y aumenta la eficiencia de los proyectos que se desean realizar.

Bibliografía

Manuales y guías de usuario proporcionados por la empresa Ingecor Geomatica

www.ign.es Instituto Geografico Nacional

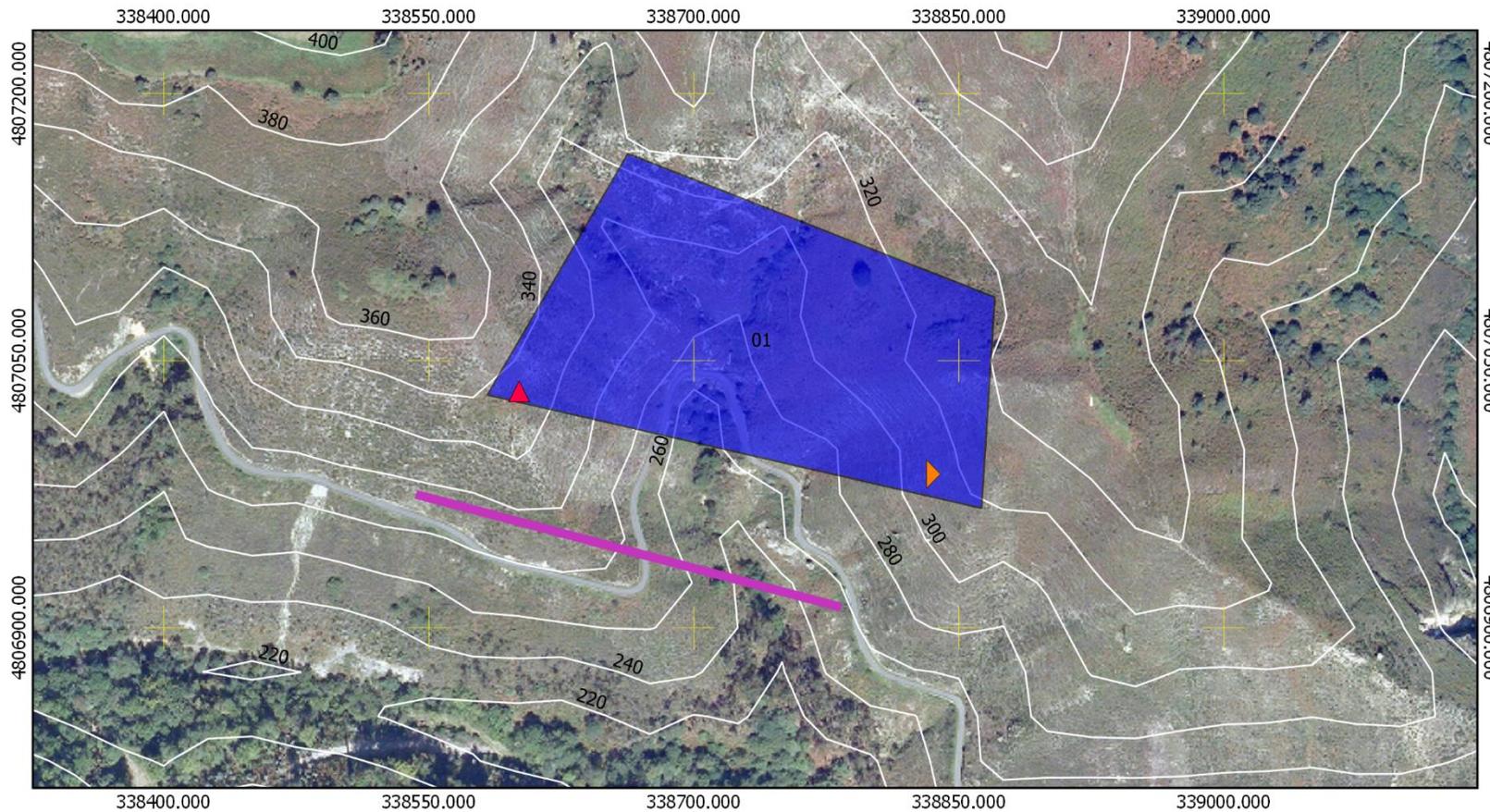
Qgis guía de usuario

www.microdrones.com información del dron MD4-1000

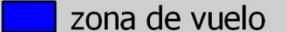
www.seguridadaerea.gob.es Normativa para el vuelo con Drones

ANEXO

PLANOS



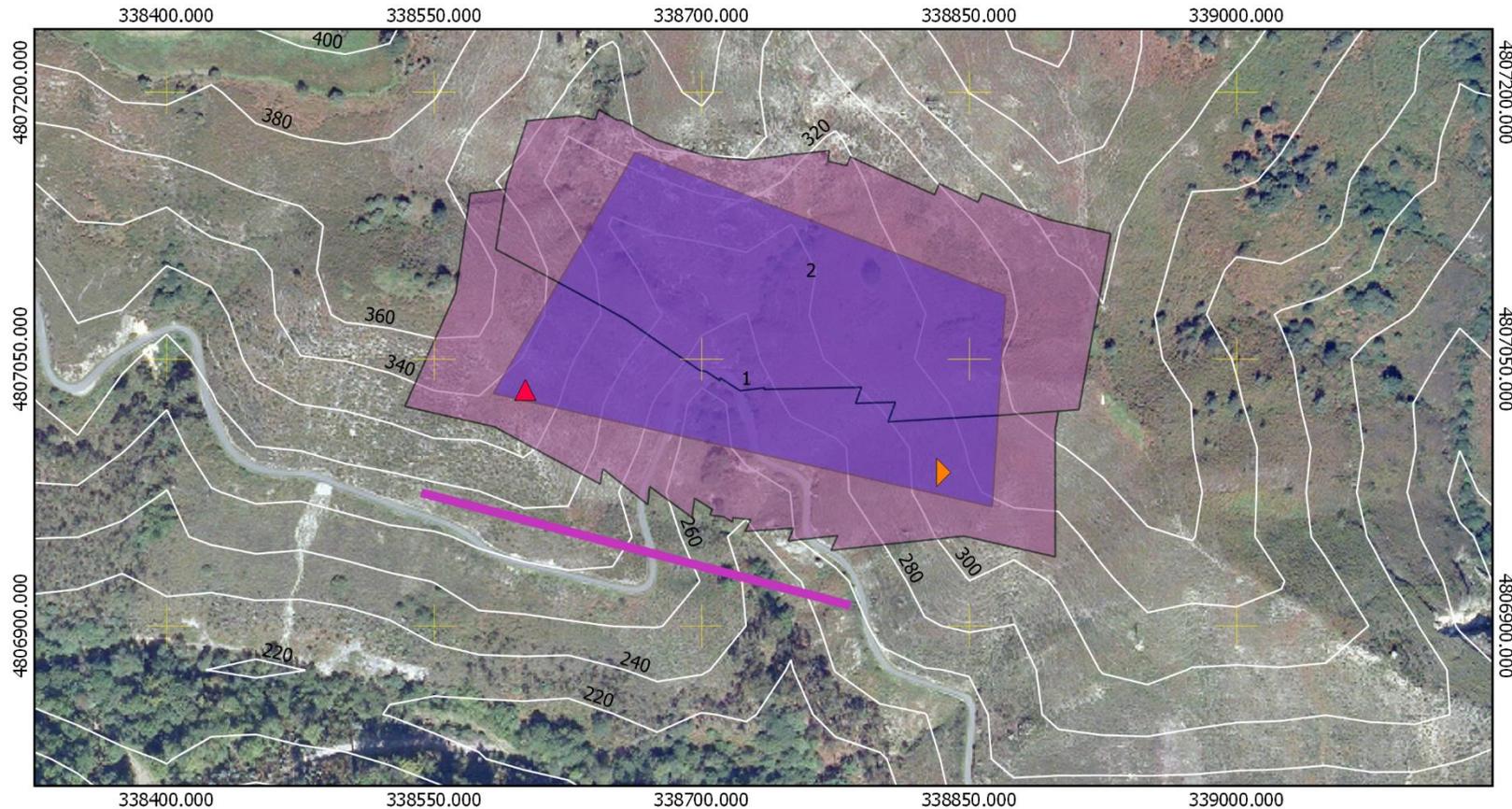
Leyenda

-  vector de vuelo
-  punto de despegue
-  punto de aterrizaje
-  zona de vuelo
-  curvas de nivel



Elipsoide GRS80. Proyeccion UTM huso 30. Sistema de referencia ETRS89.
Equidistancia de las curvas de nivel 20 metros.

Titulo: Planificacion de un vuelo fotografmetrico para UAVs		
Autor: Eduardo Garcia Fernandez		
Plano: Plano de situacion	Fecha: 8/7/2015	
Escala: 1:7500		



Leyenda

-  punto de aterrizaje
-  pasadas
-  vector de vuelo
-  punto de despegue
-  zona de vuelo
-  curvas de nivel

100 0 100 200 300 400 m



Elipsoide GRS80. Proyeccion UTM huso 30. Sistema de referencia ETRS89.
Equidistancia de las curvas de nivel 20 metros.

Título: Planificación de un vuelo fotogrametrico para UAVs

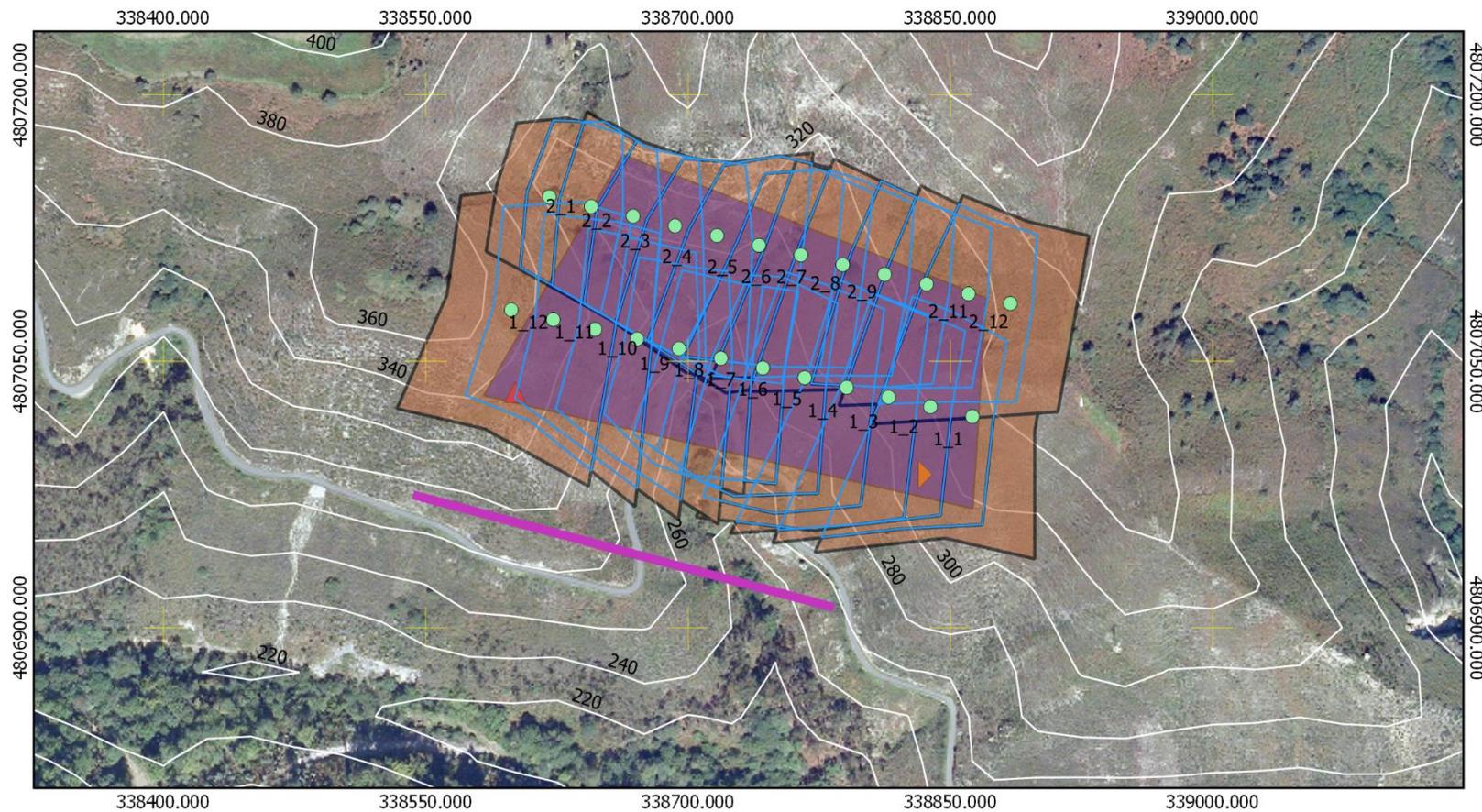
Autor: Eduardo Garcia Fernandez

Plano: Plano de las pasadas de vuelo

Fecha: 8/7/2015

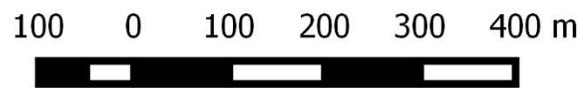
Escala: 1:7500





Leyenda

- centros de proyeccion
- huella estereoscopica
- huella fotografica
- ▲ punto de despegue
- ▶ punto de aterrizaje
- vector de vuelo
- zona de vuelo
- curvas de nivel



Elipsoide GRS80. Proyeccion UTM huso 30. Sistema de referencia ETRS89.
Equidistancia de las curvas de nivel 20 metros.

Titulo: Planificacion de un vuelo fotografamico para UAVs		
Autor: Eduardo Garcia Fernandez		
Plano: Plano huella estereoscopica	Fecha: 8/7/2015	
	Escala: 1:7500	