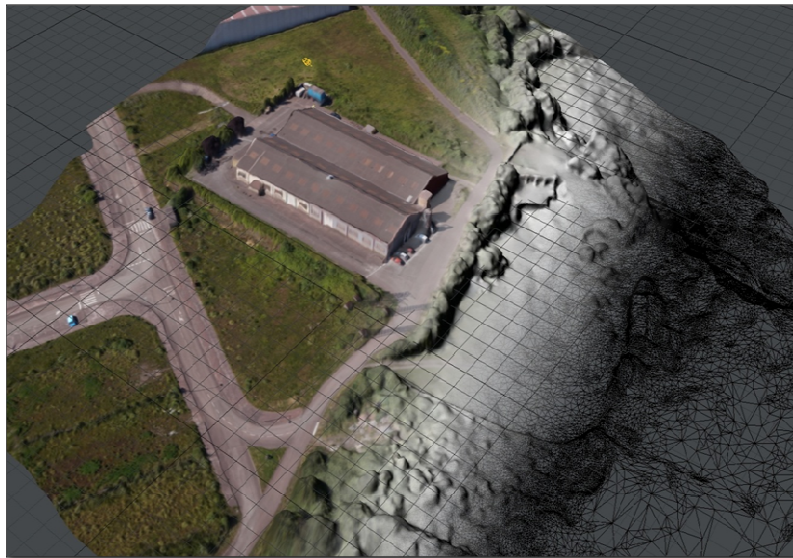




UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES



**CREACIÓN DE UNA NUBE DE PUNTOS Y UNA MALLA 3D
UTILIZANDO DATOS CAPTURADOS MEDIANTE UAV**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

AUTOR: Ander Etxeandia Unamuno

**TUTORES: José Otero (UNIOVI)
Christian Robledo (Locis Sigtech)**

Julio, 2015

ÍNDICE:

1. Resumen.....	Pág. 4
2. Introducción.....	Pág. 5
3. Tecnología UAV.....	Pág. 6
3.1. Marco regulatorio temporal para las operaciones con RPA o UAV.....	Pág. 6
3.1.1. Condiciones de cada tipo de vuelo.....	Pág. 7
3.1.1.1. Condiciones para vuelos técnicos científicos.....	Pág. 8
3.1.1.2. Condiciones para vuelos especiales.....	Pág. 9
3.1.2. Requisitos de piloto.....	Pág. 9
3.1.3. Requisitos del aeronave.....	Pág. 9
3.2. Utilización de los UAVs para la fotogrametría.....	Pág. 10
3.2.1. Navegación, orientación y el sensor.....	Pág.10
3.2.2. Procesado.....	Pág.11
3.2.3. Aplicaciones de las misiones de UAV.....	Pág.11
3.2. Descripción del vehículos utilizado.....	Pág. 12
3.2.1. Especificaciones técnicas.....	Pág. 13
3.2.2. Configuración del UAV.....	Pág. 14
4. Fotografías Aéreas.....	Pág. 18
4.1. Parámetros de las fotografías aéreas.....	Pág. 18
4.2. Cámara y objetivos utilizados.....	Pág. 20
4.3. Formatos de las fotografías.....	Pág. 21
4.3. Pruebas de fotografías.....	Pág. 24
4.3.1. Conclusiones de las pruebas.....	Pág. 28
4.3.2. Pruebas de fotografías en vuelo.....	Pág. 28
4.4. Calculo del GSD según altura del vuelo.....	Pág. 27
4.5. Protocolo de la planificación del diseño de la ruta de vuelo.....	Pág.28
4.6. Montaje de la cámara.....	Pág. 28
4.7. Calidad de las fotografías.....	Pág.29
5. Procesado de las fotografías	Pág. 43
5.1. Informe de calidad.....	Pág. 45
5.2. Resultados.....	Pág. 50
6. Conclusiones.....	Pág. 58
6. Bibliografía.....	Pág. 59
7. ANEXOS.....	Pág. 60
7.1 Comunicación previa y declaración responsable para operador de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 kg. de masa máxima al despegue	

7.2. Protocolo de la planificación del diseño de la ruta de vuelo para el vuelo realizado el 28-05-2015

RESUMEN:

El sector de los UAV para la captura de información geográfica es un mundo emergente, el cual en estos momentos está en constante evolución. En este proyecto en primer lugar se analizará la legislación actual sobre los UAV en el estado Español.

También, se explicará la planificación de un vuelo partiendo de cero, esto es, teniendo solo entre manos el UAV y la cámara. Explicando el montaje, la configuración del dron y la configuración de los parámetros de la cámara.

Para terminar, se explicará el procesado de las capturas utilizando el programa de Pix4d y los resultados finales adquiridos con la versión de prueba de este programa.

Palabras clave: Vehículo aéreos no tripulados o drones, fotografía, planificación de un vuelo

ABSTRACT:

The UAV market to capture geographic information is an emerging world where it plays a constantly evolving role. The current UAV legislation in Spain will be initially identified in this project.

The building of a flight plan from scratch will also be outlined, that is, dealing only with an UAV and the camera, the setup, the drone configuration settings and the parameter settings of the camera will be pointed out.

Finally, the image capturing process using the Pix4d program and the final results obtained with the test version of this program will be described.

Keywords: unmanned aerial vehicle or drone, photography, flight planning

INTRODUCCION:

La fotogrametría ha sido y sigue siendo una de las herramientas más usadas para la creación de cartografía desde cero o de base para la creación de esta. Este método necesita una avioneta tripulada, con costoso equipamiento especializado y es dependiente de las condiciones meteorológicas y otros factores de la aviación comercial. Por estos motivos resulta inviable económicamente utilizar esta técnica en pequeños proyectos, pudiendo utilizar esta técnica únicamente en grandes proyectos amparados por administraciones, con sus respectivos plazos burocráticos y disponibilidad presupuestaria.

Por motivos económicos, estos últimos años están irrumpiendo en nuestra sociedad vehículos aéreos no tripulados o UAVs, en sus siglas en inglés (Unmanned Aerial Vehicle). Estos UAV, comúnmente conocidos por drones, ponen a disposición de cualquier persona o empresa una tecnología novedosa y fácil de utilizar, con infinidad de aplicaciones. Una de las aplicaciones que permite esta tecnología, y que este proyecto se centrará es la fotogrametría accesible que permite.

Con un instrumental no muy elevado en costes, una cámara compacta o réflex para la toma de imágenes y con un vehículo no tripulado, es suficiente para la realización de un pequeño proyecto fotogramétrico.

Además, de la accesibilidad, con esta metodología se puede alcanzar precisiones muy elevadas debido a que estos vehículos no tripulados vuelan a mucha menos altura que los vuelos convencionales.

Por estos motivos, la aparición de los UAVs en el mercado, está suponiendo una revolución tecnológica sin precedentes que no ha hecho más que comenzar a mostrar sus capacidades reales.

Sin embargo, no todos son ventajas en los usos de los drones respecto a la fotogrametría convencional. El problema principal de los proyectos con UAVs, es la limitación de la autonomía de los vehículos no tripulados. Por este motivo, el método de los UAVs es más apropiado para levantamientos para zonas pequeñas ya que la autonomía de estos no supera más de media hora aproximadamente en condiciones favorables.

Este proyecto ha sido propuesto por la empresa Locis Sigtech soluciones sostenibles y ha sido supervisado por Christian Robledo.

TECNOLOGIA UAV:

Durante el estudio de la tecnología de UAVs realizado se constató que la tecnología existente actualmente en lo que a vehículos aéreos no tripulados se refiere es amplia y se encuentra en un estado muy avanzado de desarrollo. Existen infinidad de UAVs con unas prestaciones, características y costes muy dispares, cuya simple enumeración nos ocuparía toda la memoria del proyecto. Este amplísimo abanico de opciones se debe a los diferentes usos que se pretende hacer de lo que son básicamente herramientas de trabajo. Bajo el término UAVs se engloba toda una serie de aeronaves que poco o nada tienen que ver unas con otras, a excepción del hecho común de no tener piloto a bordo. Por citar alguna de sus características principales, los drones de reconocimiento de fronteras pueden tener autonomías de más de 50 horas de vuelo ininterrumpido, mientras que otros son capaces de volar en medio de tormentas con velocidades de viento muy altas.

En el estado Español, ya que es una técnica novedosa el pasado año el consejo de ministros aprobó una reglamentación temporal, pero a su vez están estudiando la realización de otro mas completo y útil y para el futuro.

Marco regulatorio temporal para las operaciones con RPA (Remotely Piloted Aircraft) o UAV

El 4 de Julio de 2014 el consejo de ministros aprobó un nuevo marco regulatorio para el uso de UAV o RPA. Este marco regulatorio esta enmarcado en el Real Decreto ley 8/2014, que esta dirigida para «fomentar el funcionamiento eficiente de los mercados, mejorar la financiación y la empleabilidad». Este RD regula el uso de drones, que son inferiores a 150 kilos en despegue (MTOW, Maximum Take-Off Weight). En la siguiente imagen se puede ver la normativa de los UAV en distintos países de Europa:

SITUACIÓN DE LA REGULACIÓN RPAS						
	En Vigor			En Preparación		Observaciones
Francia	<25 Kg.	VLOS	BVLOS	VLOS & BVLOS		Actualizada
UK	<20 Kg.	VLOS				
Alemania	<25 Kg.	VLOS				
Suecia	<150 Kg.	VLOS				
Italia	<150 Kg.	VLOS				
Holanda	<25 Kg.	VLOS		<150 Kg.	VLOS	
España (Transitoria)	<2 Kg. >25 Kg.	VLOS				*Según certificado de aeronavegabilidad
Suiza	Reglas de aeromodelismo			Operaciones BVLOS		2014

Este reglamento temporal contempla los distintos escenarios en los que se podrán realizar los distintos trabajos aéreos y en función del peso de la aeronave. Divide las aeronaves dependiendo de su peso máximo en el despegue (MTOW). Se dividen en tres grupos: Menores de dos kilos, menos de veinticinco kilos y menos de ciento cincuenta.

El marco también divide en tres grupos las actividades que se puede realizar con los UAV's. En el primer grupo se hallan los vuelos técnicos-científicos, que engloban levantamientos aéreos, actividades de investigación y desarrollo, tratamientos aéreos, fitosanitarios y otros que supongan esparcir sustancias en el suelo o atmosfera, incluyendo actividades de lanzamiento de productos para extinción de incendios y observación y vigilancia aérea incluyendo filmación y actividades de vigilancia de incendios forestales. El segundo grupo pertenece a los vuelos espaciales, que son vuelos de prueba de producción, demostraciones no abiertas al público, programas de investigación, desarrollo y puesta a punto de técnicas y procedimientos de vuelos I+D y vuelos de prueba de la seguridad de operaciones. En el último grupo entran vuelos en catástrofe, calamidad pública o grave riesgo, que se utilizarán para operaciones de emergencia, búsqueda y salvamiento.

Cada grupo de actividades tiene diferentes condiciones para la autorización de los vuelos, pero existen condiciones generales que se deben cumplir en cualquier vuelo.

Todos los vuelos deben de ser en condiciones diurnas, toda la actividad de noche está prohibida.

Las condiciones meteorológicas deben de ser favorables, el piloto tendrá que suficiente visibilidad para tener el dron y el terreno visibles en todo momento, VMC (Visual Meteorological Conditions).

Las operaciones que se pueden realizar se limitarán al espacio aéreo no controlado, a una distancia mínima de ocho kilómetros de cualquier aeropuerto quince si el aeropuerto cuenta con vuelos instrumentales. Además, los vuelos se realizarán fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre.

CONDICIONES DE CADA TIPO DE VUELO

Antes de nada, se tendrán que diferencia tres tipos de modo de vuelo, VLOS (Visual Light of Sight), EVLOS (Extended Visual Light of Sight) y BVLOS (Beyond Visual Line of Sight). El primero significa que la aeronave debe de estar visible para el piloto en todo momento, evitando que el dron entre nubes o niebla, detrás de árboles o edificios. El piloto tendrá prohibido utilizar instrumentos para aumentar la visión como telescopios o lentes de zoom, exceptuando gafas o gafas de sol.

El segundo modo de vuelo significa que habrá más de un observador, teniendo la aeronave todo el rato visible e informando al piloto vía radio.

El tercer modo de vuelo significa la utilización de un RPS (Remote Pilot Station) como piloto de control remoto.

Condiciones para vuelos científicos-técnicos:

En estos tipos de vuelos se hará una distinción entre los modos vuelos de VLOS y EVLOS y BVLOS.

En los primeros dos, solo se podrá realizar con aeronaves con menos de 25 kilogramos en el momento de despegue y como hemos mencionado antes no se podrá realizar ninguna actividad en espacios aéreos controlados y en aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre. La aeronave tendrá que estar siempre dentro del alcance visual de piloto a una distancia máxima de quinientos metros en horizontal y ciento veinte metros de altura máxima. La aeronave siempre deberá de disponer de medios para conocer su posición.

En estos vuelos el modo BVLOS solo se podrá realizar con aeronaves con menos de 2 kilogramos y en espacios aéreos no controlados y fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre. La aeronave tendrá un máximo de altura permitido de 120 metros, siempre deberá de estar dentro del alcance de la emisión por radio de la estación de control y siempre deberá de disponer de medios para conocer su posición. Para la realización de estos vuelos se tendrá que publicar un NOTAM, los responsables de esta publicación son las autoridades.

Los requisitos necesarios en cuanto a la documentación para la realización de los vuelos científico-técnicos son:

- Disponer de la documentación relativa a la caracterización de las aeronaves a utilizar
- Contar con un Manual de operaciones en el que establezca los procedimientos de la operación
- Haber realizado un estudio aeronáutico de seguridad de la operación
- Establecer un programa de mantenimiento de la aeronave conforme a las recomendaciones del fabricante
- Haber realizado, con resultado satisfactorio, los vuelos de prueba necesarios para demostrar que la operación pretendida puede realizarse con seguridad
- Tener un piloto que cumple los requisitos establecidos
- Disponer de un seguro conforme a la normativa vigente
 - <20 kg RD 37/2001
 - >20 kg Reglamento (CE) nº 785/2004
- Adoptar las medidas adecuadas para que la aeronave no sufra actos de interferencia ilícita durante las operaciones
- Medidas adicionales necesarias para garantizar la seguridad de la operación y para la protección de las personas y bienes subyacentes

Condiciones para vuelos especiales:

En estos tipos de vuelos no hay una gran distinción entre los diferentes modos de vuelos, la única diferenciación es que los vuelos BVLOS solo se pondrán realizar en espacio aéreo segregado, mientras que los modos de vuelo VLOS y EVLOS, como se ha mencionado anteriormente, solo están permitidos en espacios aéreos no controlados y fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre.

Los requisitos necesarios en cuanto a la documentación para la realización de los vuelos espaciales:

- Disponer de la documentación relativa a la caracterización de las aeronaves a utilizar
- Haber realizado un estudio aeronáutico de seguridad de la operación
- Disponer de un seguro conforme a la normativa vigente
 - <20 kg RD 37/2001
 - >20 kg Reglamento (CE) nº 785/2004
- Adoptar las medidas adecuadas para que la aeronave no sufra actos de interferencia ilícita durante las operaciones
- Medidas adicionales necesarias para garantizar la seguridad de la operación y para la protección de las personas y bienes subyacentes

REQUISITOS DE LOS PILOTOS:

Para poder pilotar un UAV el piloto debe de cumplir una serie de requisitos:

- Mayor que 18 años
- Conocimiento teórico de cualquier licencia de piloto
 - Tener o haber tenido (5 años) cualquier licencia de piloto (incluyendo la de planeador, globo o ultraligero)
 - Certificado o conocimientos teóricos de una Approved Training Organization (ATO) o autoridad de estado OACI
 - <25 kg: Certificado básico (VLOS) o avanzado (BLOS) de ATO
- Certificado medico clase Light Aircraft Pilot's License(LAPL) (Hasta abril de 2015 seguirá bajo certificado clase 2)
- Curso de la aeronave y su pilotaje (fabricante o ATO)

REQUISITO PARA LAS AERONAVES CON MENOS DE 25 KILOGRAMOS AL DESPEGAR:

Estas aeronaves no deben de estar matriculados, siempre que sean menos de 25 kilogramos, pero si deberán de llevar una placa de identificación, que a su vez deberá

llevar el número de identificación de la aeronave, el número de serie de la aeronave, nombre de la empresa responsable de la aeronave y datos de contacto de la empresa.

Todos los vuelos que se deseen hacer se deben de notificar a AENA, presentando una comunicación previa y declaración de responsables con una antelación de un mínimo de cinco días. Para la realización de los vuelos no hace falta una autorización de AENA, con un acuse de recibo de la notificación es suficiente.

UTILIZACIÓN DE LOS UAVS PARA LA FOTOGRAMETRÍA

En los Unmanned Aerial Systems (UAS) se han identificado tres principales componentes: el Unmanned Aerial Vehicle (UAV), la estación del tierra (Ground Station) y la comunicación (datalink).

Los vehículos aéreos se pueden clasificar basándose en diferentes parámetros, entre ellos, el peso, el rango de los vehículos o la capacidad de acreditación que pueden tener. Principalmente en todos los sitios, la clasificación de estos se hace dependiendo del peso: micro (< 5 kg), mini (<30 kg) y tácticos (<150 kg).

En la misiones de fotogrametría y teledetección la situación mas probable suele ser la utilización de un vehículo con menos de 30 kg, con ala fija o motores de rotación, con un rango máximo de 10 km, volando a menos de 300 m, llevando un cámara pequeña (normalmente en rango visible) y pilotado por un humano o autopilotado, basándose en las dos tecnologías de navegación más importantes, GNSS y INS.

Las estaciones de tierra (Ground Station) son artefactos hardware/software que sirven para monitorizar y controlar el UAV. Son tan importantes como los vehículos en sí, ya que un error en el Gorund Station, puede ser enviado al dron. Los avances en las estaciones de tierra son paralelos a los avances en la ciencia de los ordenadores y telecomunicaciones.

La comunicación de de las misiones con Air Traffic Control (ATC) es imprescindible para la seguridad. Estas comunicación son posibles realizarlas con satélites, y hasta ahora la forma más común de realizarlas es mediante Wi-Fi.

Otro componente de las misiones es la planificación. Diferentes estudios dicen que un diseño cuidadoso de la ruta de dron y una flexible dirección en tiempo real de la misión es un parte fundamental para la correcta y productiva adquisición de geodatos.

Navegación, Orientación y el sensor

Normalmente en los UAVs, el piloto automático lee la posición, la velocidad y la inclinación desde el sistema de navegación, y los utiliza para guiar el vehículo. Por otro lado, el sistema de orientación, también obtiene datos sobre el dron, pero estos datos no se utilizan para la conducción sino para el post proceso, para la orientación del sensor, que se utilizará para crear el modelo fotogramétrico. La precisión de la inclinación de los sistemas de orientación depende de la calidad del Inertial

Measurement Unit (IMU) y el tipo de vuelo. En un estudio hablan que para el 2020 se conseguirá una precisión centimétrica por apenas cientos de dólares.

Hay una gran variedad de sensores que se puede acoplar al UAV, antes de elegir el tipo de sensor se tendrá que tener en cuenta el peso, volumen y requisitos de alimentación que puede soportar el vehículo. En cuanto, la clasificación de los sensores, se pueden distinguir entre los de banda-visible, infrarrojo cercano, multiespectral, hyperespectral, termal, laser scanners y radar de apertura sintética.

Procesado

El procesado de los datos y mediciones es un paso clave para la obtención de resultados satisfactorios. Hoy en día, los productos que más se procesan son las ortofotos o un modelo digital de elevaciones o superficie. Para la obtención de estos resultados es necesario la calibración previa de la cámara y la orientación de las imágenes.

Hablando sobre la orientación de las imágenes, hay dos tipos de orientaciones: la indirecta y la directa. En la indirecta los puntos de paso se crean automáticamente, y los parámetros de orientación se consiguen directamente desde el sistema de navegación de UAV. Por esta razón se necesitarán puntos de apoyo, obtenidos por métodos de topográficos (GPS). En la directa los parámetros externos se consiguen desde el sistema de orientación, que tiene una mayor precisión que el sistema de navegación. La mayoría de trabajos realizados hasta ahora se realizan con el método indirecto.

Existen tres estrategias diferentes para la calibración de la cámara: la primera es la calibración previa y posterior de la cámara al vuelo, variando distancias al objeto y garantizando la convergencia de imágenes. La segunda es aplicar un "self-calibration" como realizado (Este método se utilizará en el software de este proyecto, Pix4d). La última es una combinación de las dos.

Aplicaciones de las misiones UAV:

La comisión europea hizo un estudio sobre los usos de los drones en Europa, identificando sus puntos fuertes y debilidades.

-Aplicaciones ambientales y agrícolas: Control de la vegetación y biodiversidad, monitorización de incendios, cálculo de diferencia normalizada del índice de vegetación (NDVI), clasificación de árboles dependiendo del índice, análisis de los pantanos en la Antártida, cálculo de la cantidad de fertilizante vertido, seguimiento de diferentes especies como orangutanes, elefantes o rinocerontes, análisis de fracturas tectónicas, análisis de la radiación en el aire,...

-Inteligencia, vigilancia y reconocimiento: Control de fronteras y áreas restringidas, búsqueda y rescate en situaciones de emergencia (utilizando cámaras termicas),

búsqueda y rescate de personas en lugares de difícil acceso, apoyo a bomberos con video cámaras,...

-Monitoreo aéreo en ingeniería: Inspecciones de líneas eléctricas de alto voltaje, tubos de gas y petróleo, carreteras o vía férreas, inspecciones de edificios, análisis de eficiencia energética de los edificios, mediciones de vientos, detección de derrumbes en carreteras,...

-Herencia cultural: La generación de ortofotos y modelos digitales de superficies son muy comunes para este ámbito.

-Topografía y fotogrametría convencional y aplicaciones catastrales: Se pueden crear mapas de una precisión de unos 3 cm, que es igual que la precisión conseguida con la topografía tradicional.

DESCRIPCIÓN DEL VEHÍCULO UTILIZADO:

En este proyecto el UAV utilizado ha sido el phantom 2, de compañía estadounidense DJI. Este vehículo aéreo no tripulado es de gama media, que permite la realización de distintos tipos de trabajos y operaciones por su gran versatilidad.

El Phantom 2 permite la realización de vuelos de forma manual o incluso en RPA, de forma autónoma.



Cuando se habla de vuelos de forma manual, existen tres tipos de modo. En primer lugar, modo GPS, que trabaja en el modo navegación, recibiendo correcciones por

radio. Pudiendo trabajar con precisiones en posicionamiento inferiores a tres metros. Además, existen los modos ATTI y Manual, que no reciben correcciones.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Peso (Con batería)	1000g
Precisión de vuelo (Ready to Fly)	Vertical : \pm 0.8m ; Horizontal : \pm 2.5m
Max Yaw Velocidad Angular	200°/s
Max ángulo de inclinación	35°
Max Velocidad de Ascensión / Descenso	6m/s
Max Velocidad de vuelo	15m/s (No recomendado)
Largura en diagonal	350mm
Consumo de energía	5.6W
Tiempo de vuelo	25mins
Peso máximo de despegue	1.3kg MAX
Temperatura recomendable	-10°C ~ 50°C
Batería soportada	DJI Intelligent Battery

CONFIGURACIÓN DEL UAV

La configuración de UAV se realizó mediante el software DJI Phantom Vision Assistant. El primer paso en la configuración es la elección del modo de configuración. Hay dos tipos de modos de configuración, el modo Phantom y el modo Naza-M.

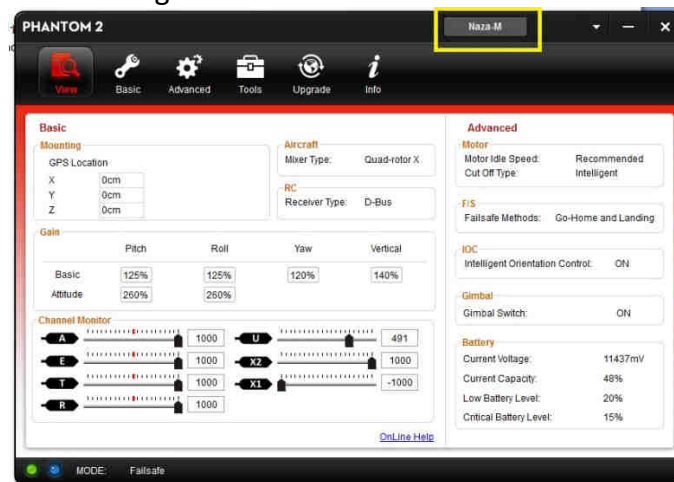
En modo Phantom, por defecto, están 'deshabilitadas' las palancas S1 y S2 del mando. Aunque las palancas estén en otra posición, solo se podrá volar en GPS (si hay cobertura de satélites) o en Attitude Mode (ATTI) (si no hay cobertura de GPS, aunque el Phantom siempre va a estar intentando pasar a GPS). No se dispone de control alguno sobre el modo de vuelo en el que se está, limitando el modo de vuelo a GPS.

Desde el Assistant, en este modo, solo se podrá asignar a la palanca S1 (la inferior) la función de 'Failsafe'.

En modo Naza-M se pasa a tener control total sobre el modo de vuelo (S1). El usuario determina el modo de vuelo, GPS, ATTI o una tercera opción (que puede ser o bien modo Manual, o bien el mismo Failsafe). La posición de S1 es la que dicta en todo momento que hace el dron.

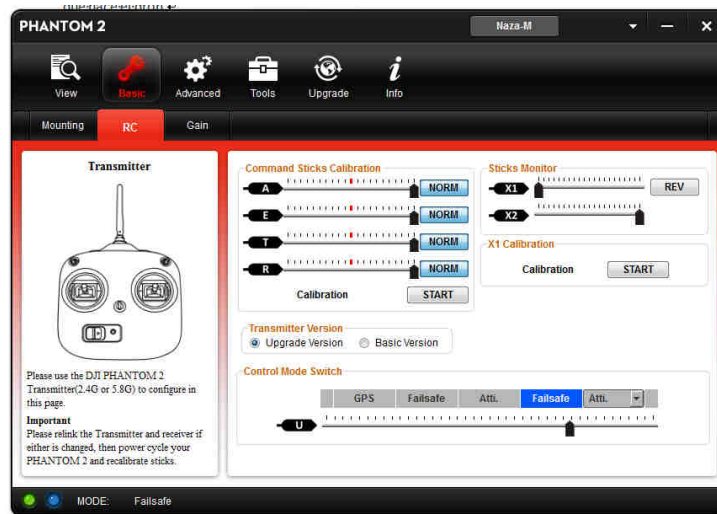
Por otro lado, existe la posibilidad de habilitar (por defecto apagado) el IOC (Intelligent Orientation Control) que tiene 3 posiciones: Apagado (arriba), Course Lock (medio), Home Lock (abajo).

Para cambiar de un modo a otro basta con pinchar en el botón que hay en el Assistant, en la esquina superior derecha (en modo Phantom por defecto). Para revertir el proceso, sería exactamente igual.



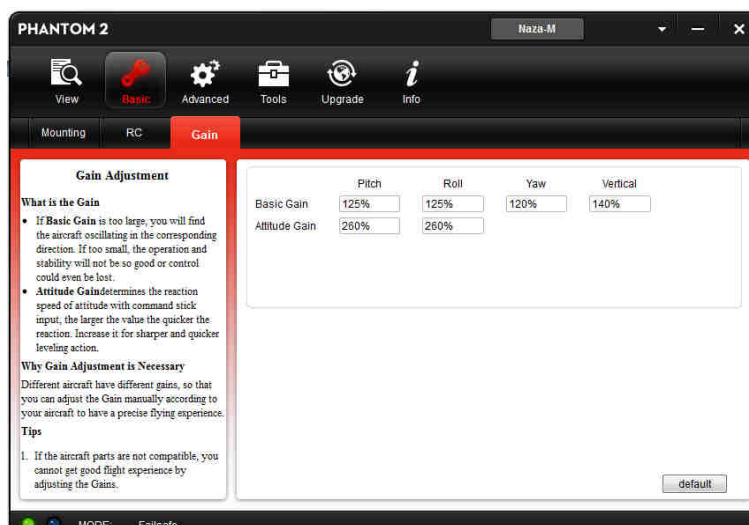
BASIC:

-RC:



Esta ventana se utilizará para la calibración del mando y para la definición de los tres modos de vuelos que en predeterminadamente son, 1.GPS, 2. ATTI, 3. ATTI.

-GAIN:



Basic Gain: En esta pantalla se podrá configurar la oscilación que tendrá el aparato, cuanto menos oscilación más difícil será el control del UAV, pero menos posibilidad habrá de que las fotografías salgan movidas.

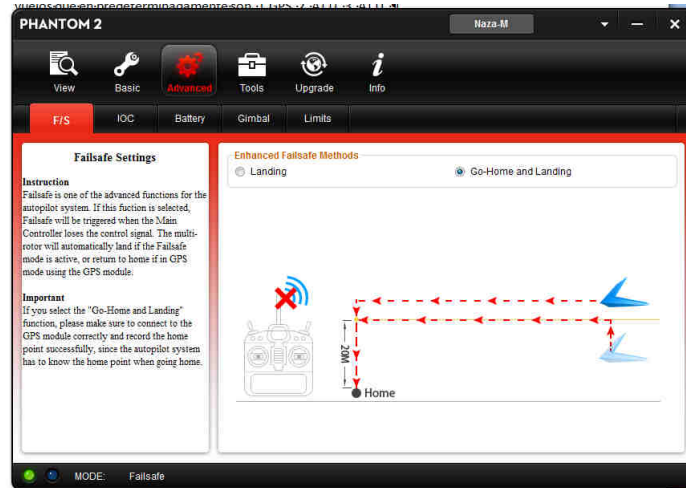
Attitude Gain: Determina la velocidad de reacción del UAV a los comandos emitidos con el mando

ADVANCED:

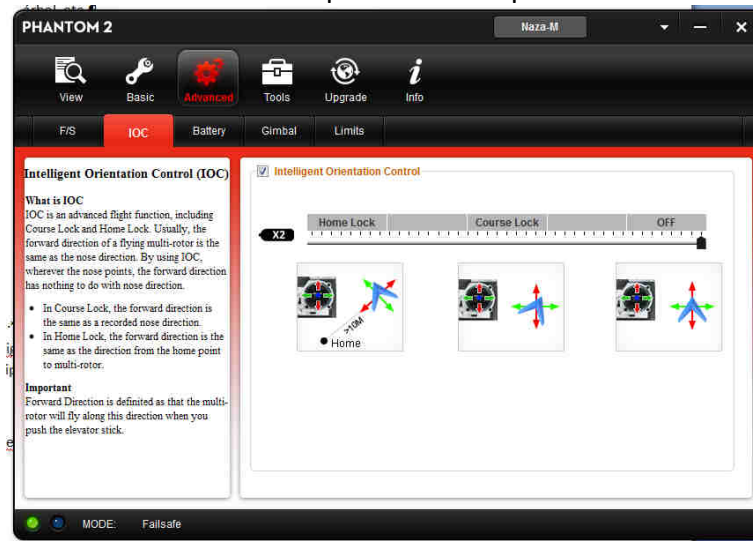
-F/S: Que hacer en modo FailSafe

1. Opción: cuando haya un problema (pérdida de señal, etc.) volverá al punto inicial
2. Opción: cuando haya un problema (pérdida de señal, etc.) aterrizará

*Es recomendable la 1. Opción ya que en la segunda puede aterrizar en un río, lago, árbol, etc.



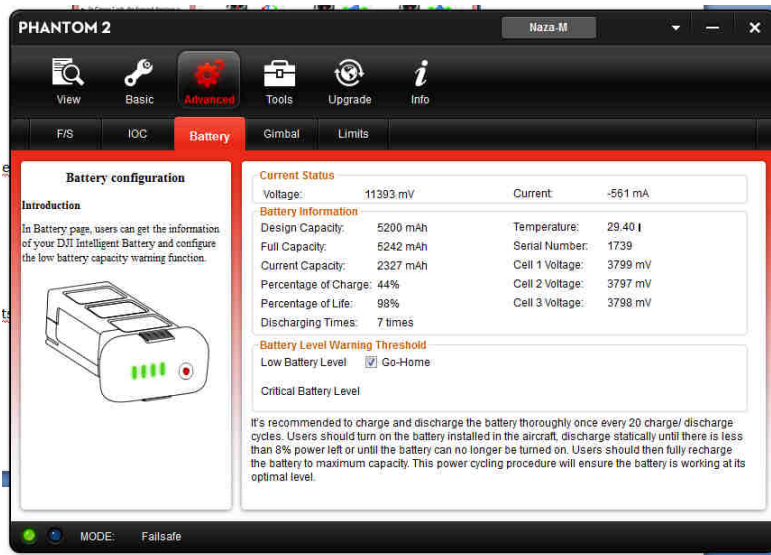
-IOC: *Activar esta opción. Activando esta opción se podrán utilizar distintos tipos de Intelligent Orientation Control. En este apartado se podrá configurar la palanca para definir qué tipo de IOC utilizar en cada posición de la palanca.



-Battery: Aparecen datos sobre la batería.

Porcentaje of Charge: Cuanta batería nos queda

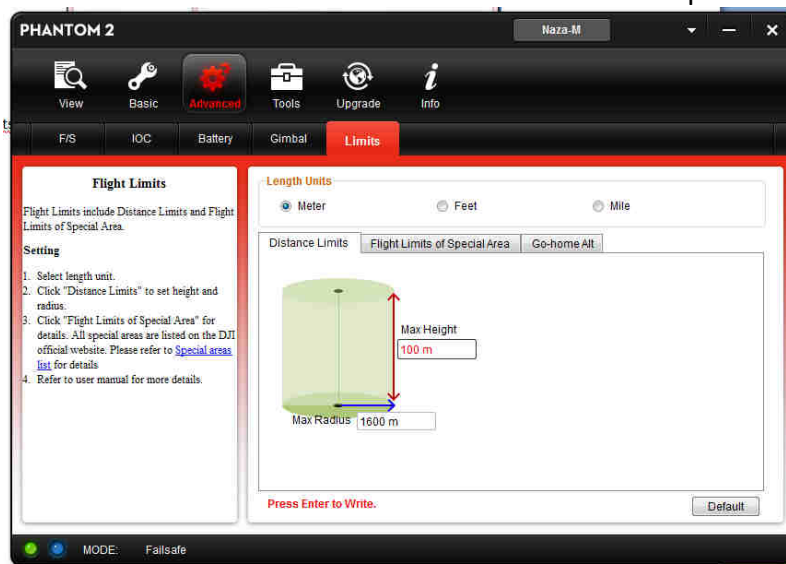
Go home: Cuando la batería esta baja, si esta casilla está activada volverá a casa



-Limits:

Distance Limits: Límites del dron, altura máxima y a qué distancia del Home. Se configurará de tal manera que no supere los 120 metros de altura.

Go Home Alt: Cuando vuelve a home automáticamente a qué altura lo hará.



TOOLS:

Si se ha sufrido un golpe o similar, para calibrar la INERTIAL MEASUREMENT UNIT (INU)

FOTOGRAFÍAS AÉREAS:

Las fotografías que se realizarán desde el vehículo no tripulado se harán con una cámara fotográfica común. Por este motivo se deberán de explicar los parámetros de la fotografía común.

PARÁMETROS DE LAS FOTOGRAFÍAS AÉREAS:

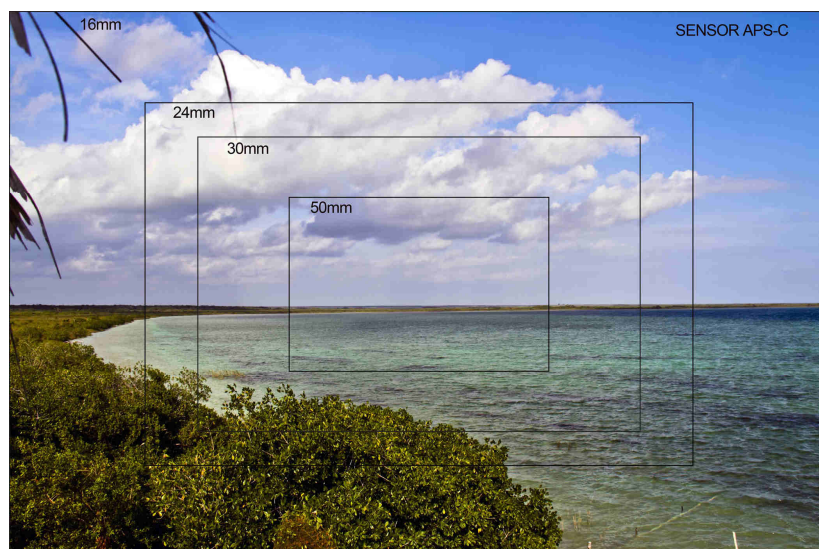
Focal: La distancia focal de una lente es la distancia entre el centro óptico de la lente y el foco (o punto focal). El foco es el punto donde se concentran los rayos de luz. En un objetivo la distancia focal es la distancia entre el diafragma de éste y el foco. Los objetivos de las cámaras tienen una distancia focal fija o variable, dependiendo del tipo de objetivo. En este proyecto se fijará siempre en 16 mm. Al variar la distancia focal conseguimos un menor o mayor acercamiento que es lo que comúnmente llamamos zoom. En el siguiente ejemplo vemos una foto tomada desde el mismo sitio variando la distancia focal de nuestro objetivo. Podemos ver cómo según aumentamos la distancia focal aumentamos también el acercamiento.



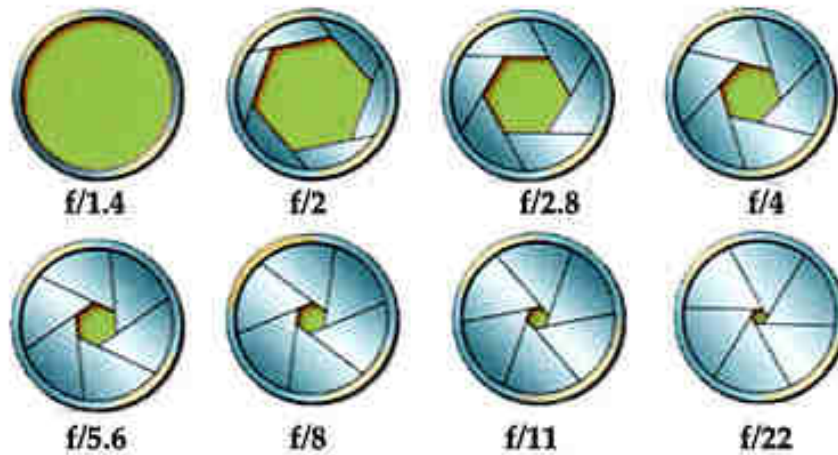
28 mm

80 mm

300 mm



Apertura de diafragma: El diafragma es una parte del objetivo que limita los rayos de luz que penetra en la cámara. Funciona como el iris del ojo humano, abriéndose o cerrándose para permitir que entre más o menos luz según sea necesario. Lo abierto que está el diafragma es lo que se llama apertura de diafragma. La apertura de diafragma se mide en números f. En este proyecto siempre se usará el diafragma lo más abierto que sea posible ya que al estar el dron en movimiento es necesario utilizar tiempos de exposición muy cortos.



Tiempo de exposición: El obturador es una cortinilla que se abre en el momento de disparar y limita el tiempo que el rayo de luz penetra en la cámara y alcanza el sensor digital. El tiempo que la luz está alcanzando el sensor digital es lo que se llama tiempo de exposición. Es lo mismo que decir que el tiempo de exposición es el tiempo que está haciéndose la foto. En las fotografías de este proyecto se utilizarán tiempos de exposiciones cortas ya que el dron va en movimiento, para prevenir que las fotos no salgan movidas.

Enfoque y Profundidad de Campo: Enfocar es dejar nítido aquello que está a una distancia concreta. Así, si se enfoca a alguien en realidad quedará enfocada esa persona y todo lo que se encuentre a la misma distancia de la cámara que ésta. La profundidad de campo es la distancia por delante y por detrás del punto enfocado que aparece con nitidez en una foto. Las fotografías que se necesitan deberán de estar enfocadas (nítidas), y según la regulación para las operaciones de UAV, está prohibido sobrepasar los 120 metros de altitud, por esta razón nuestros vuelos se realizarán a 100 metros y la cámara se configurará manualmente la distancia de enfoque para que enfoque a esta distancia.

Sensibilidad ISO: Los sensores de las cámaras pueden trabajar a diferentes sensibilidades. De este modo, a mayor sensibilidad, mayor cantidad de luz es capaz de captar. La sensibilidad se mide según el estándar ISO, en el cual cuanto mayor es el número mayor es la sensibilidad. Son sensibilidades típicas 100, 200, 400, 800, 1600. En cada uno de estos saltos se obtiene el doble de sensibilidad. Así, una cámara en ISO 200 tiene el doble de sensibilidad que una tomada a ISO 100. Por desgracia no todo son ventajas al aumentar la sensibilidad de nuestra cámara. Al hacerlo se está perdiendo definición y aumenta el nivel de ruido. El ruido son unos puntos de colores

que van apareciendo, especialmente en las zonas oscuras. Por esta razón no se sacarán fotografías con mayor ISO que 800.

CÁMARA Y OBJETIVOS UTILIZADOS

La cámara que se va a utilizar en este proyecto es una Sony Alpha 5000 y su características son:

- Sensor CMOS Exmor® APS HD tipo APS-C (23,5 x 15,6 mm): 20.1 Mp
- Peso: 269 gr (con batería y tarjeta)+116gr objetivo = 385 gr
- Sensibilidad: ISO 100 a 16000 Seleccionable
- Resolución radiométrica: tres bandas (RGB) con resolución 23.8 bits
- Resolución: 5.456 x 3.632 pixel
- Tamaño del pixel: 0.0043mm (4.3 μ m)



El objetivo que se puede apreciar en la imagen, es el E PZ 16-50 mm F3.5-5.6 OSS y es también el que se utilizará en la realización del proyecto. Este objetivo tiene un focal variable de 16 mm a 50 mm. Por este motivo para nuestro proyecto, para mantener una gran profundidad de campo, la focal se ha fijado en 16 mm. Estas son las especificaciones que tiene el objetivo:

- f:16-50 mm
- Peso: 116 gr

FORMATOS DE FOTOGRAFÍA:

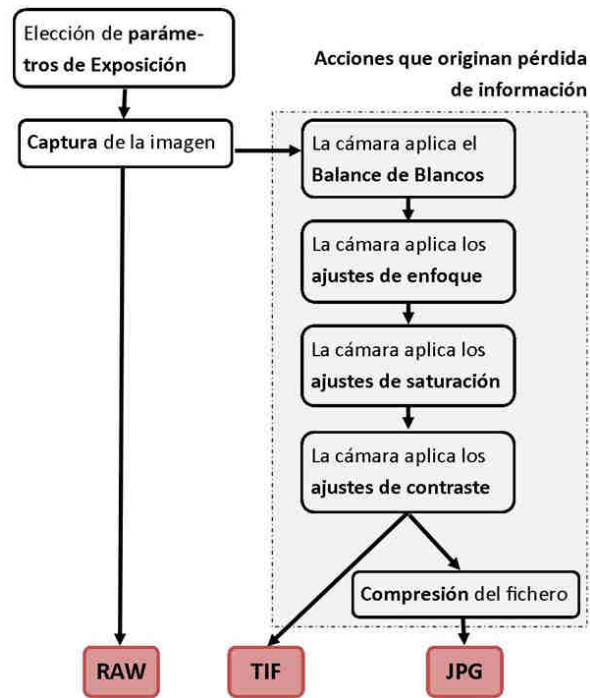
La cámara que se está utilizando para el proyecto tiene la posibilidad de realizar fotografías en dos formatos: RAW y JPG.

RAW:

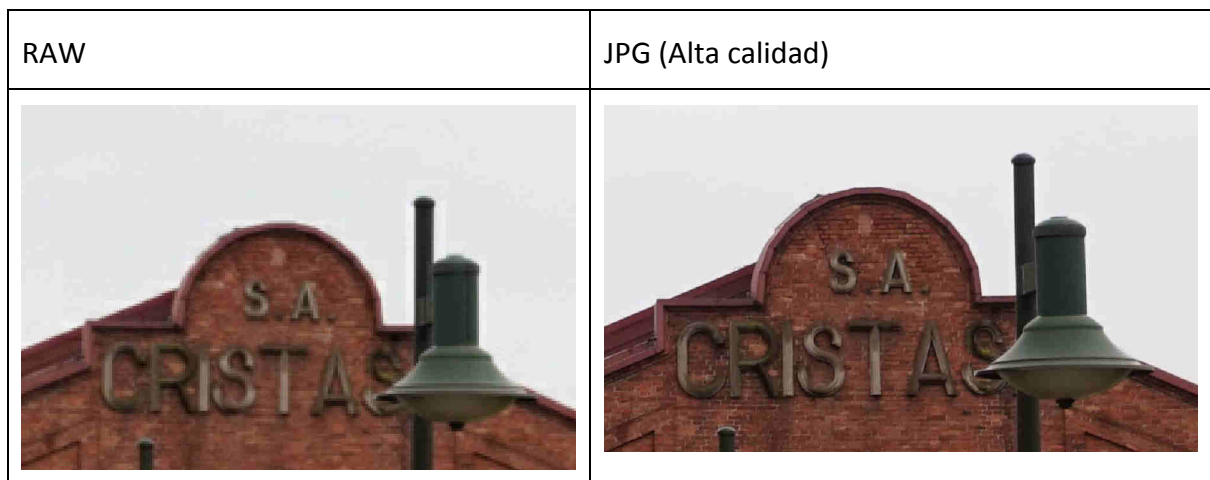
El formato de imágenes raw (entiéndase como "formato de imagen sin modificaciones") es un formato de archivo digital de imágenes que contiene la totalidad de los datos de la imagen tal y como ha sido captada por el sensor digital de la cámara fotográfica.

JPEG: Es un estándar de compresión y codificación de imágenes creado por Joint Photographic Experts Group (JPEG). Además de ser un método de compresión, es a menudo considerado como un formato de archivo, JPEG/Exif es el formato de imagen más común, utilizado por las cámaras fotográficas digitales y otros dispositivos de captura de imagen. La cámara utilizada tiene tres tipos de JPEG, fine (buena calidad), medium (media calidad) y low (baja calidad).

Si se disparan dos fotos del mismo motivo, una en JPG con baja compresión de datos (alta calidad) y otra en raw, seguramente se verá mejor la tomada en jpg: tendrá mayor nitidez/enfoque, mejor contraste, mejor iluminación y los colores aparecerán mejor representados. Esto es debido a que una cámara digital suele aplicar distintos filtros digitales para mejorar la imagen. Sin embargo, el formato raw nos muestra la foto tal y como el sensor la capturó, sin ningún filtro de mejora. Se verán colores más neutros, menos saturados, un enfoque más blando y una iluminación que dependerá de la exposición con la que se hizo, más visiblemente sobre o subexpuesta si fuera el caso.



Por otro lado, una imagen en formato raw, aunque en apariencia parezca más pobre, contiene muchísima más información y será muy manipulable al ajustar luces y colores. Comparado con JPG, el problema es su tamaño, ya que ocupa sensiblemente más que su equivalente en jpeg. Por este motivo, el formato que se utilizará será el JPG en alta calidad. Antes de realizar cualquier vuelo se hicieron pruebas para saber el correcto funcionamiento de la cámara:



Como se ha comentado anteriormente las fotos en formato RAW tiene una apariencia mas pobre, pero dado peso de la foto (50 MB frente a 6 MB del JPG) el formato RAW contiene mucha más información. En nuestro proyecto como se sacarán una gran cantidad de fotografías por vuelo se utilizará el formato de JPG.

A continuación se puede ver los detalles de cada formato de fotografías en las sesiones de prueba:

RAW:



FOTOS DE PRUEBA (RAW):

Resolución: 1616 X 1080 Pixeles

Foto: 57.01 x 38.1 cm

Tamaño de pixel: 0.35277 mm

72 dpi

JPEG (FINE):



FOTOS DE PRUEBA (FINE):

Resolución: 5456 x 3632 pixeles

Foto: 39.59 x 26.36 cm

Tamaño pixel: 0.0725 mm


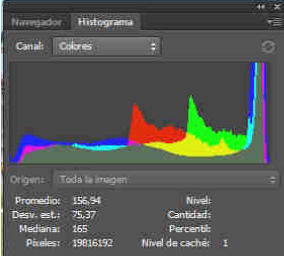

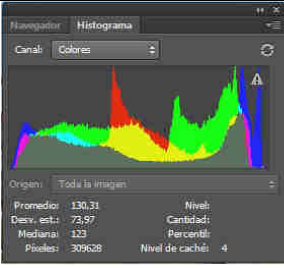

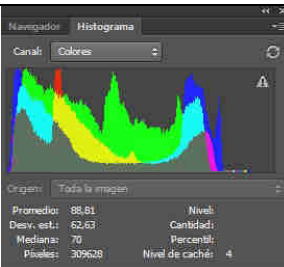
350 dpi


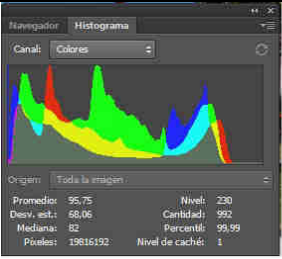

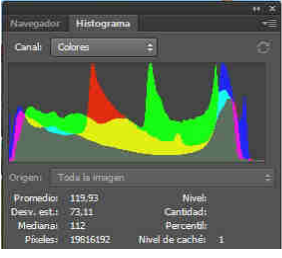

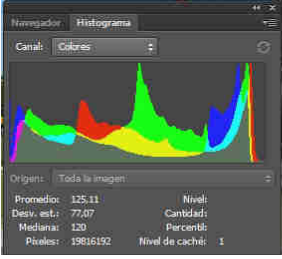

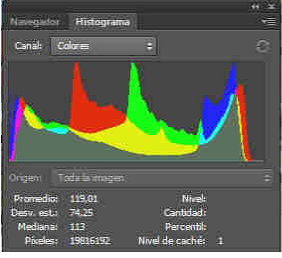
PRUEBAS DE FOTOGRAFÍA


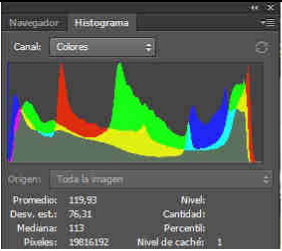

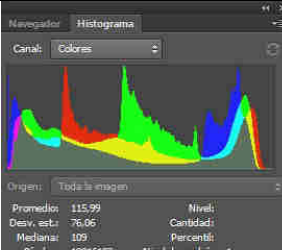

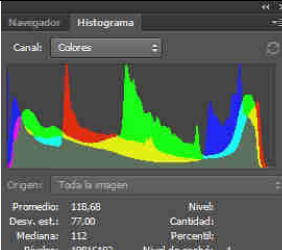
Antes de realizar cualquier vuelo, se hicieron pruebas de fotografía para determinar los cambios de luz en función de la apertura del obturador, el tiempo de exposición y el ISO. Todas estas pruebas se realizaron el mismo día, el 10 de abril, para que la luz sea constante en todas las fotografías y que la claridad y oscuridad de las fotos solo se debiera a los cambios realizados en la configuración de la cámara. El día de la prueba fue un día de intervalos nubosos con variaciones de luz.

La cámara se fijó mediante un trípode a unos 110 metros aproximados al edificio de Cristasa ubicado en Gijón y se enfocó la cámara a 100 metros para que el edificio estuviese enfocado, el enfoque se mantuvo fijo en todas las pruebas.

La cámara se configuró en modo manual, para que todos los parámetros se pudiesen modificar.

Fotografía	Histograma	Variable			Comentario
		Tiemp. exp	Apertura	ISO	
		1/4000s	f/3.5	400	Esta captura se ha realizado con el tiempo de exposición más rápido y la apertura más amplia que permitía la cámara. Como se puede ver en el histograma la captura esta demasiada clara.
		1/100s	f/22	400	Esta captura se ha realizado con el tiempo de exposición más lento y la apertura más pequeña que permitía la cámara. Como se puede ver en el histograma la fotografía esta mejor que la anterior pero igualmente sigue estando clara.
		1/2000s	f/9	400	Esta captura se ha realizado con un tiempo de exposición rápido y con la apertura moderada. Como se puede ver en el histograma, la fotografía esta un poco oscura aunque subiendo un punto la ISO podría ser aceptable.

		1/1000s	f/13	400	Esta captura se ha realizado con un tiempo de exposición moderado y una apertura media. La fotografía según el histograma es correcta, aunque algo oscura.
		1/1000s	f/13	800	Esta captura tiene la misma apertura y tiempo de exposición pero se ha incrementado un punto la ISO, y como se puede ver en el histograma es más clara que la anterior.
		1/3200s	f/8	800	Esta captura se ha realizado con un tiempo de exposición rápido, una apertura media y una ISO medianamente alta. La fotografía según el histograma es correcta.
		1/2000s	f/6.3	320	Esta captura se ha realizado con un tiempo de exposición menor que el anterior, pero se ha abierto mas la apertura y también se ha bajado la ISO, la fotografía según el histograma es correcta.

		1/2000s	f/7.1	320	Comparando con la anterior solo se ha cerrado más la apertura consiguiendo que entrara menos luz al sensor.
		1/250s	f/10	100	Esta captura se ha realizado con un tiempo de exposición muy largo, con una apertura media y con una ISO baja. Como se puede ver en el histograma la fotografía es correcta.
		1/250s	f/10	100	Esta captura tiene los mismos valores que el anterior, y se ha realizado para comprobar cuanto puede cambiar una fotografía con los mismo parámetros.

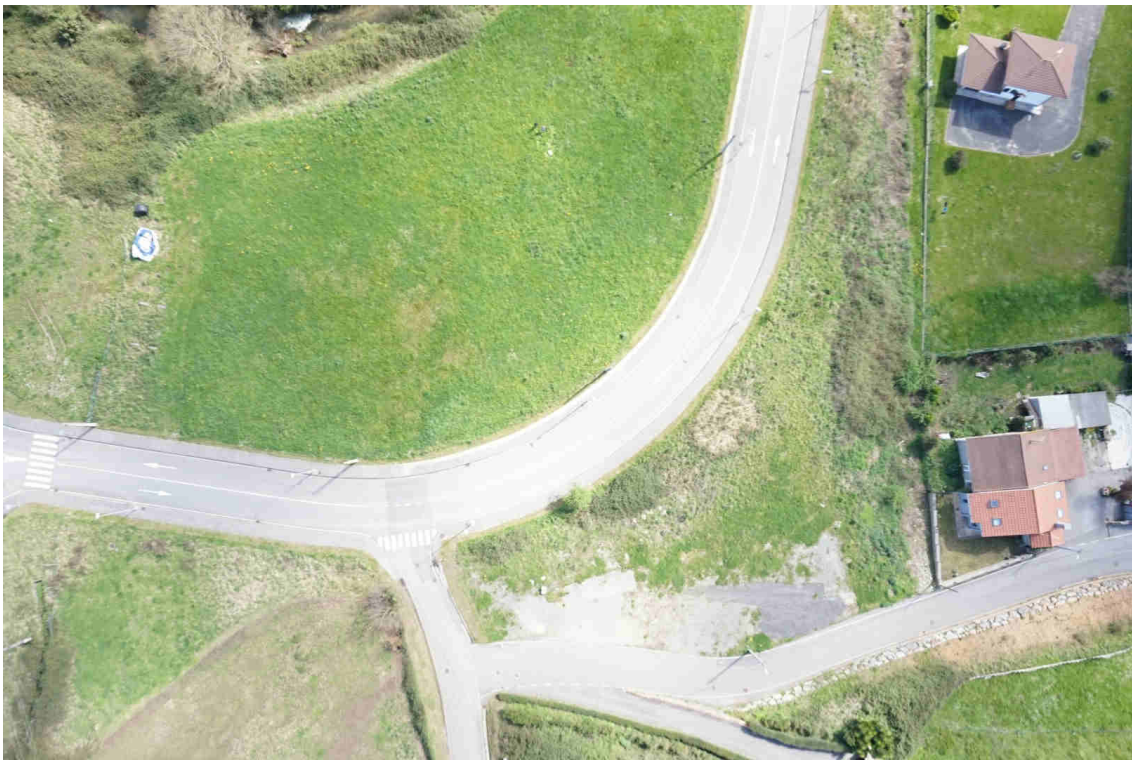
CONCLUSIONES DE LA PRUEBA

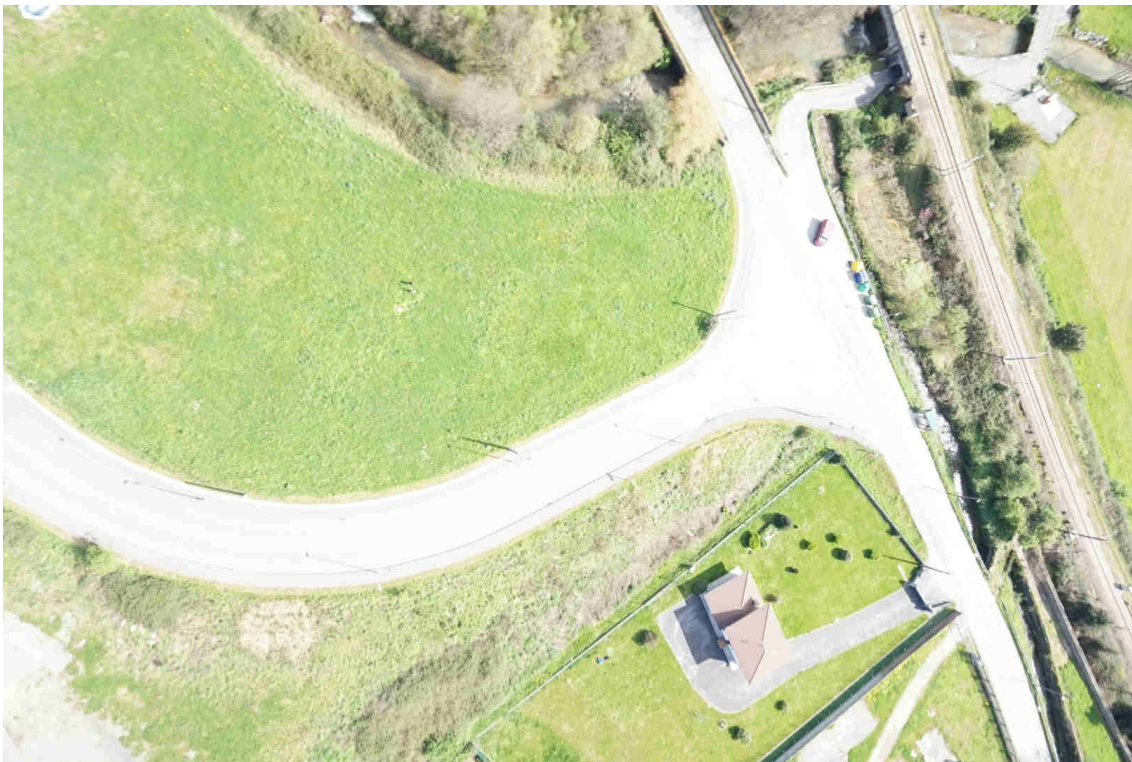
Teniendo en cuenta que el UAV esta en movimiento, siempre se utilizarán tiempos de exposición rápidos, entre 1/2000 y el máximo de la cámara (1/4000), viendo las pruebas no habrá problemas de luz ya que la luz que llega al sensor se compensará con una apertura grande (f/3.5-f/5) y subiendo algún punto el ISO, siempre que no se sobrepase de 800, ya que a partir de ese punto comienza a generarse ruido.

PRUEBAS DE FOTOGRAFÍAS EN VUELO

Después de las pruebas realizadas, se hicieron varias pruebas en vuelo. Estos vuelos se realizaron en distintos días en distintos puntos del polígono industrial Gijonés de Tremañes.

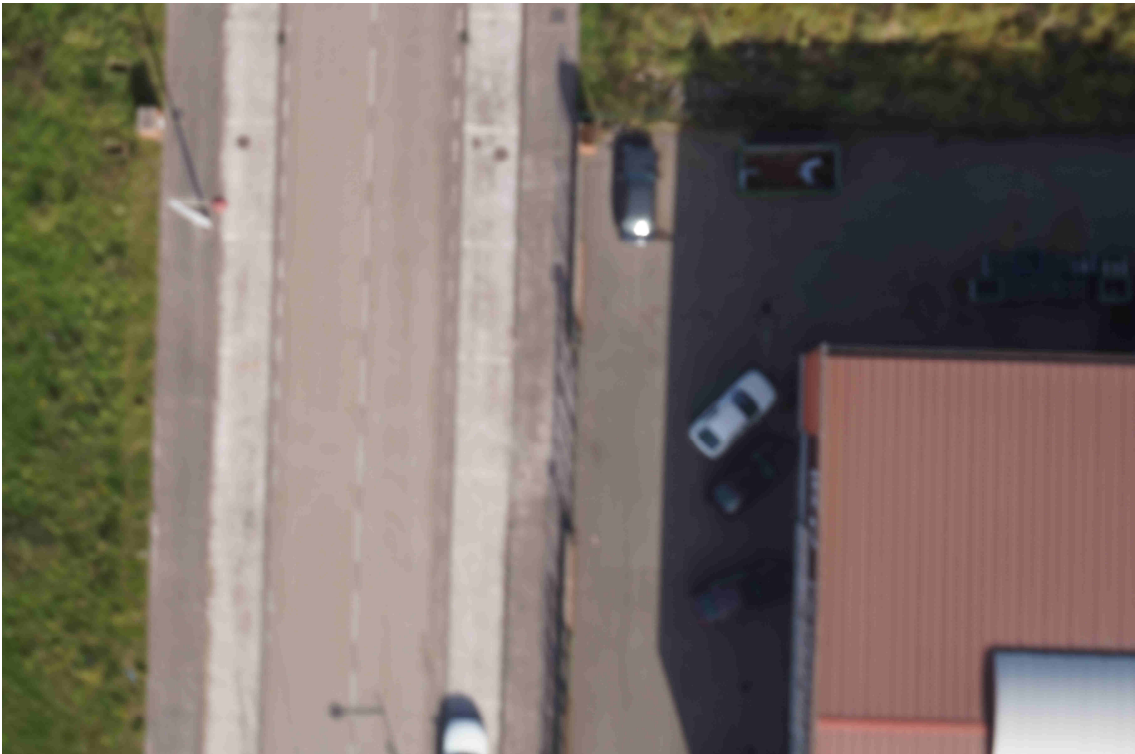
Prueba realizada el 31-3-2015:





Conclusiones: al mover el dron con mucha velocidad las fotografías, salen inclinadas. Se ha utilizado un tiempo de exposición de $1/1250$, por este motivo y las altas velocidades utilizados con el UAV, las fotografías salen movidas. Los parámetros de la cámara no son correctos ya que las fotos tienen demasiada luz.

Prueba realizada el 13-04-2015:



Conclusiones: Al utilizar un focal de 50 Mm, las fotos no abarcan el espacio suficiente. Al utilizar un tiempo de exposición de muy lenta (1/100), las fotos salen movidas.

Prueba realizada el 13-04-2015:



Conclusiones: utilizando una distancia focal de 16 mm el espacio abarcado por cada foto es la correcta. Se utiliza un velocidad de exposición bastante rápida (1/2000), pero por las altas velocidades del UAV las fotos salen movidas.

Prueba realizada el 15-04-2015:

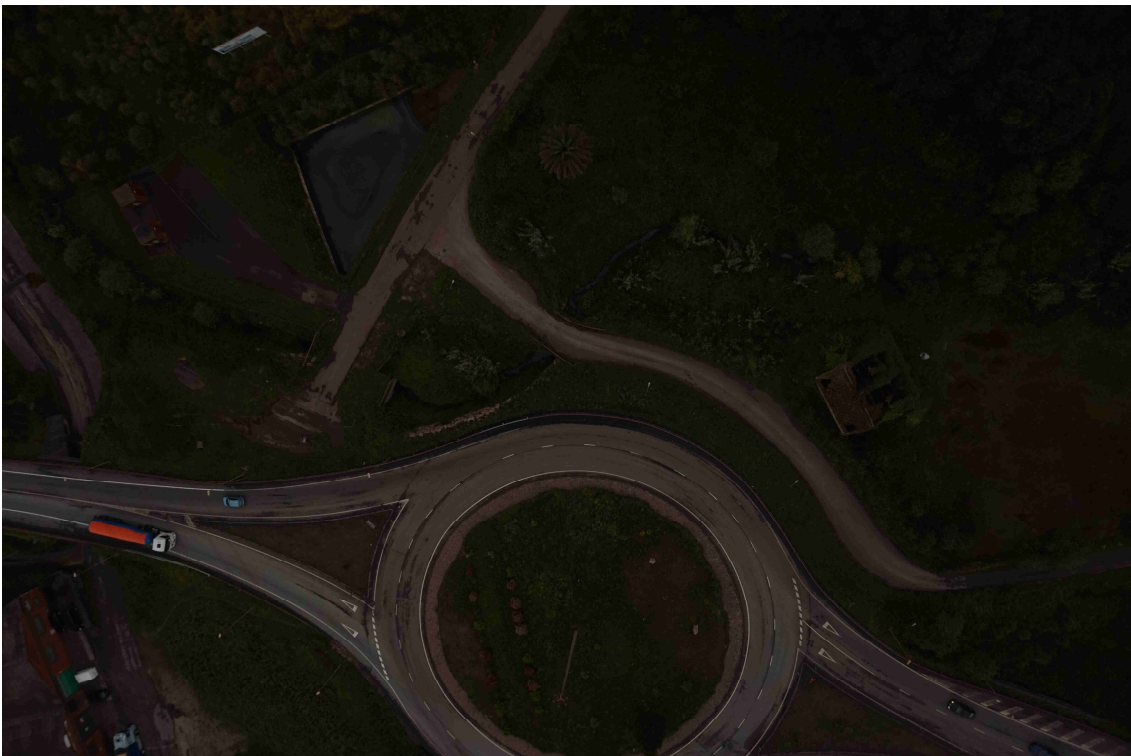




Conclusiones: La calidad de estas fotografías es admisible. Tiempo exposición: 1/2000
apertura: f/3.5

Prueba realizada el 16-04-2015:





Conclusiones: Las fotos están algo oscuras, aunque procesándolas se pueden aclarar se perderá información.

Prueba realizada el 20-04-2015:





Conclusiones: Las fotografías tienen una buena calidad, con la única pega de que están un poco claras. Tiempo exposición: 1/1250. Apertura: f/3.5

Prueba realizada el 25-05-2015:



Conclusiones: Aunque las fotos no están movidas, están demasiada claras como para ser admisibles.

Prueba realizada el 25-05-2015:



Conclusiones: Esta prueba se realizó, teniendo el UAV en la misma posición, para determinar cuánto eran las vibraciones que se generaban a consecuencia de las correcciones en la posición que realizaba el dron automáticamente.

CALCULO DEL GSD SEGÚN ALTURA DEL VUELO

El GSD, Ground Sample Distance, es la distancia que tiene un pixel en la realidad, o lo que es lo mismo el tamaño del pixel en la realidad. El GSD es la unidad de limitación en una imagen digital. Por este motivo, se calculará el GSD con diferentes variables. El cálculo del GSD se basa en: la focal de la cámara, la altura del vuelo y el tamaño del pixel.

$$H = \frac{Focal \times GSD}{Tamaño\ de\ pixel}$$

Como se ha mencionado antes, la focal será de 16 mm y el tamaño de pixel dependiendo del formato de la fotografía será diferente:

Formato RAW, tamaño de pixel: 0.353 mm

Formato JPEG, tamaño pixel: 0.0725 mm

Según especificaciones, tamaño pixel: 0.0043 mm

Altura de Vuelo (m)	GSD (mm)		
	Según especificaciones	RAW (mm)	JPEG FINE (mm)
120	10.32	844.8	174
100	8.6	704	145
90	7.74	633.6	130.5
80	6.88	563.2	116

Teniendo en cuenta la reglamentación, no se pueden realizar vuelos de mas de 120 metros, y como se ha mencionado antes el formato RAW es demasiado pesado, por ese motivo se utilizará el formato JPEG, que también ofrece una buena calidad.

PROTOCOLO DE LA PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA RUTA DE VUELO

Antes de la realización de cualquier vuelo del UAV, se deberá de realizar una serie de acciones para garantizar la seguridad del UAV y las personas o materiales que se encuentren en la zona de vuelo. Para mantener la seguridad se ha realizado un protocolo de la planificación del diseño de la ruta de vuelo:

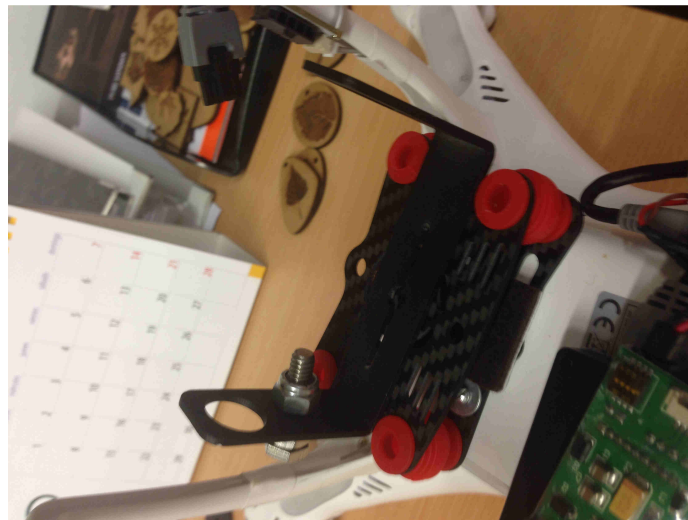
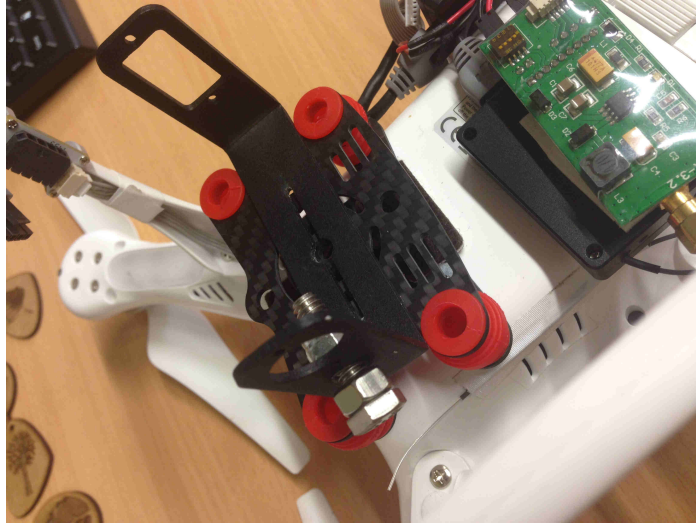
1. Ir al área que se desea volar.
2. Realizar un croquis (mano alzada) de la zona.
3. Identificar y apuntar posibles peligros (árboles, cables de alta tensión, cables de teléfono, hidrografía, ...)
4. Realizar un vuelo de prueba manualmente de una altitud segura, fijándose en los posibles peligros.
5. Tener en cuenta el viento, cuanto más viento más batería consumirá. En vientos moderados no realizar vuelos de más de 2 km. Tener en cuenta que cuanto a mayor altitud, la fuerza del viento es mayor.
6. Tener en cuenta, que la data link se perderá a 500 m, esto no quiere decir que no seguirá la ruta, pero se tendrá que esperar hasta que vuelva al rango.
7. Planea cuidadosamente la ruta.

MONTAJE DE LA CÁMARA

Después de calcular y probar todos los parámetros con la cámara y el UAV, el siguiente paso ha sido el montaje de la cámara en el UAV. Para este paso se adquirió un gimball (un soporte que permite la rotación de la cámara en los tres ejes.), que se ajustará al Phantom 2.

El gimball se ha montado mediante tornillos que el UAV tiene para la sujeción de este. Se necesitó ayuda de un taladro y una sierra para metales para el montaje. Todas las manipulaciones y trabajos las realizó el autor de este trabajo.

El enganche entre el gimball y la cámara sería mediante un tornillo y una tuerca autoblocante. También se necesitó un pegamento (específico fijatornillos) para la fijación de distintas piezas del gimball.



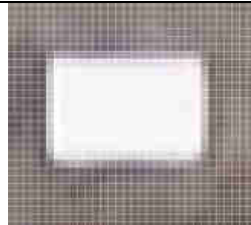
Al hacer la primera prueba con este gimball, se sacaron conclusiones sobre por las suspensiones (en las fotos de color rojo) la cámara vibraba mucho, por ese motivo se decidió retirar la parte de arriba del gimball, y se sujetó sin las suspensiones. Así la cámara iría sujeta de una forma rígida al UAV.

CALIDAD DE LAS FOTOGRAFÍAS

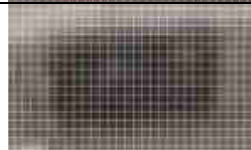
Se comparan a un zoom de 500 %, aproximadamente en el centro de la foto

Calidad Alta

1. Objetos rectangulares de tamaño aproximado a un metro con las esquinas bien definidas



2. Desagües y arquetas bien definidas



3. Se aprecian claramente objetos dentro de los vehículos



4. Se pueden apreciar pequeños detalles de los vehículos (ejem. Antenas, retrovisores bien definidos,...)



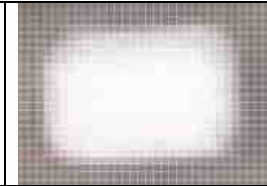
5. Bordes de los edificios bien definidos



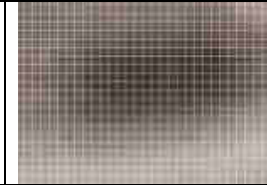
Se comparan a un zoom de 500 %, aproximadamente en el centro de la foto

Calidad Aceptable

1. Objetos rectangulares de tamaño aproximado de un metro con las esquinas no definidas pero reconocible



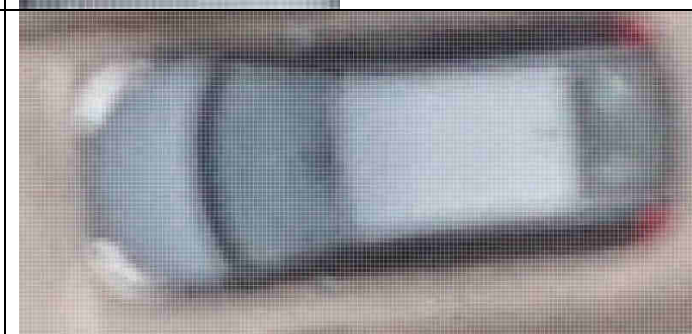
2. Desagües y arquetas no tan bien definidas pero reconocibles



3. Se aprecian, pero no claramente objetos dentro del coche



4. No se puede ver pequeños detalles de los vehículos (ejem. Antenas, retrovisores bien definidos,...)



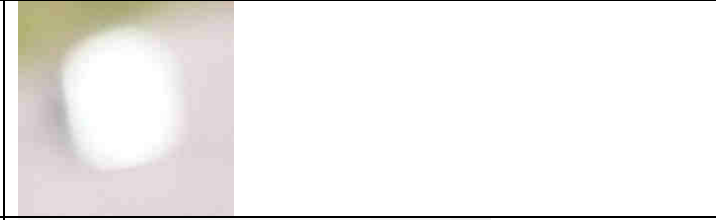
5. Bordes de los edificios no tan bien definidos



Se comparan a un zoom de 500 %, aproximadamente en el centro de la foto

**No
aceptable**

1. No se distinguen objetos de un metro aproximado



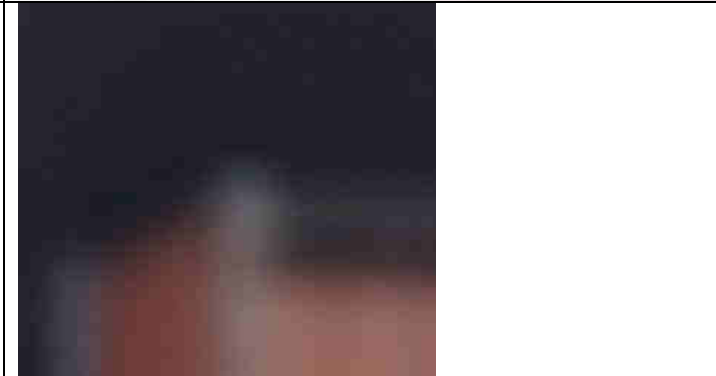
2. Las Arquetas y desagües no se distinguen



3. No se aprecian detalles en los vehículos

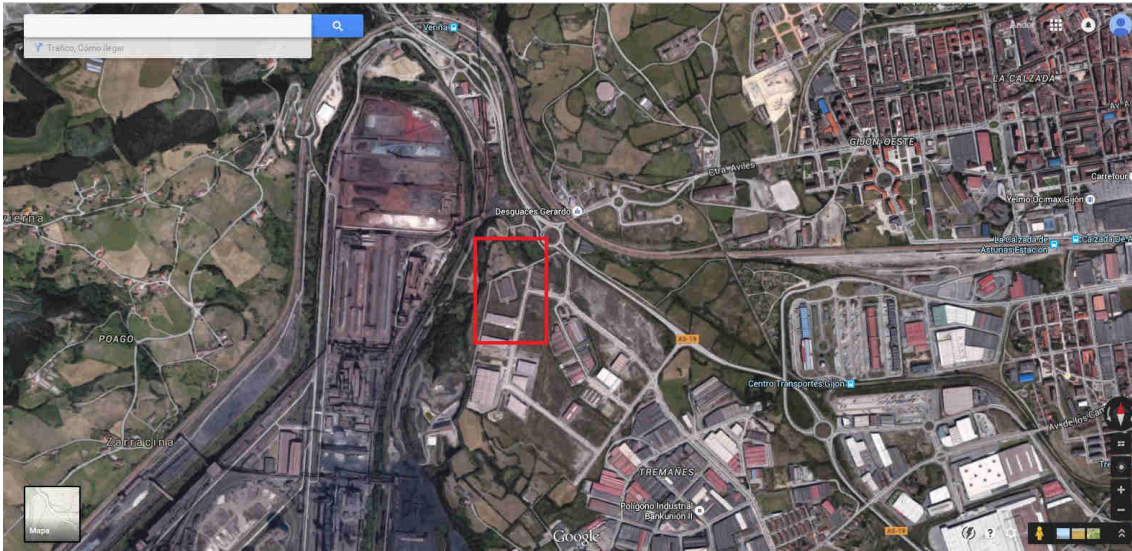


4. Los bordes de los edificios no están definidos



PROCESADO DE LAS FOTOGRAFÍAS PARA LA ELABORACIÓN DE UNA MALLA DE TEXTURAS 3D Y UNA NUBES DE PUNTOS:

Para la realización de esta prueba, el primer paso es la selección de un lugar. El lugar debería de cumplir unas condiciones: que tuviera desniveles y que tuviera algún edificio, ya sea una nave industrial o casa, en su interior. El lugar elegido fue en el polígono industrial de Tremañes, cerca de metálicas Somonte:

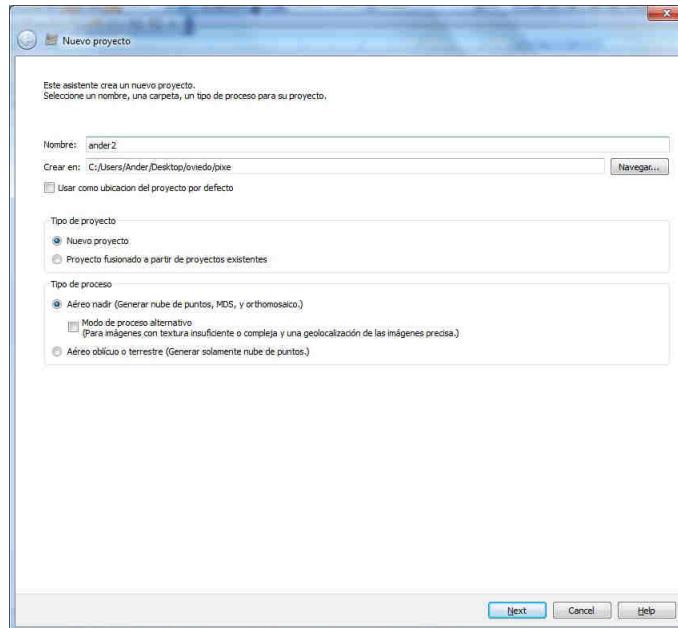


En el mapa de arriba se puede apreciar el lugar seleccionado con un rectángulo en rojo.

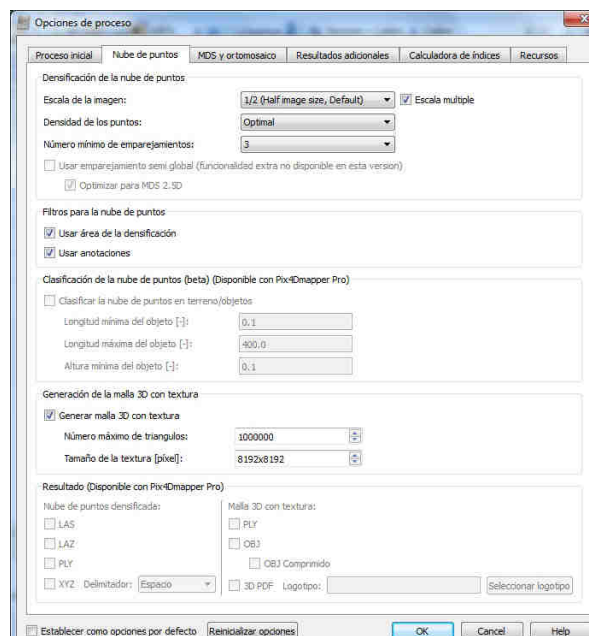
El programa que se ha utilizado para el procesamiento de los datos, ha sido Pix4d en su versión de prueba. Pix4d es un software creado por la empresa suiza del mismo nombre que permite procesar imágenes (aéreas o no) en modelos 3D o mosaicos 2D. Se utilizó este por la posibilidades que ofrecía su versión de prueba.



El primer paso en el programa es la generación del proyecto. Como se puede ver en la siguiente captura, seleccionaremos, el tipo de proceso "Aéreo Nadir", para la elaboración de la nube de puntos.



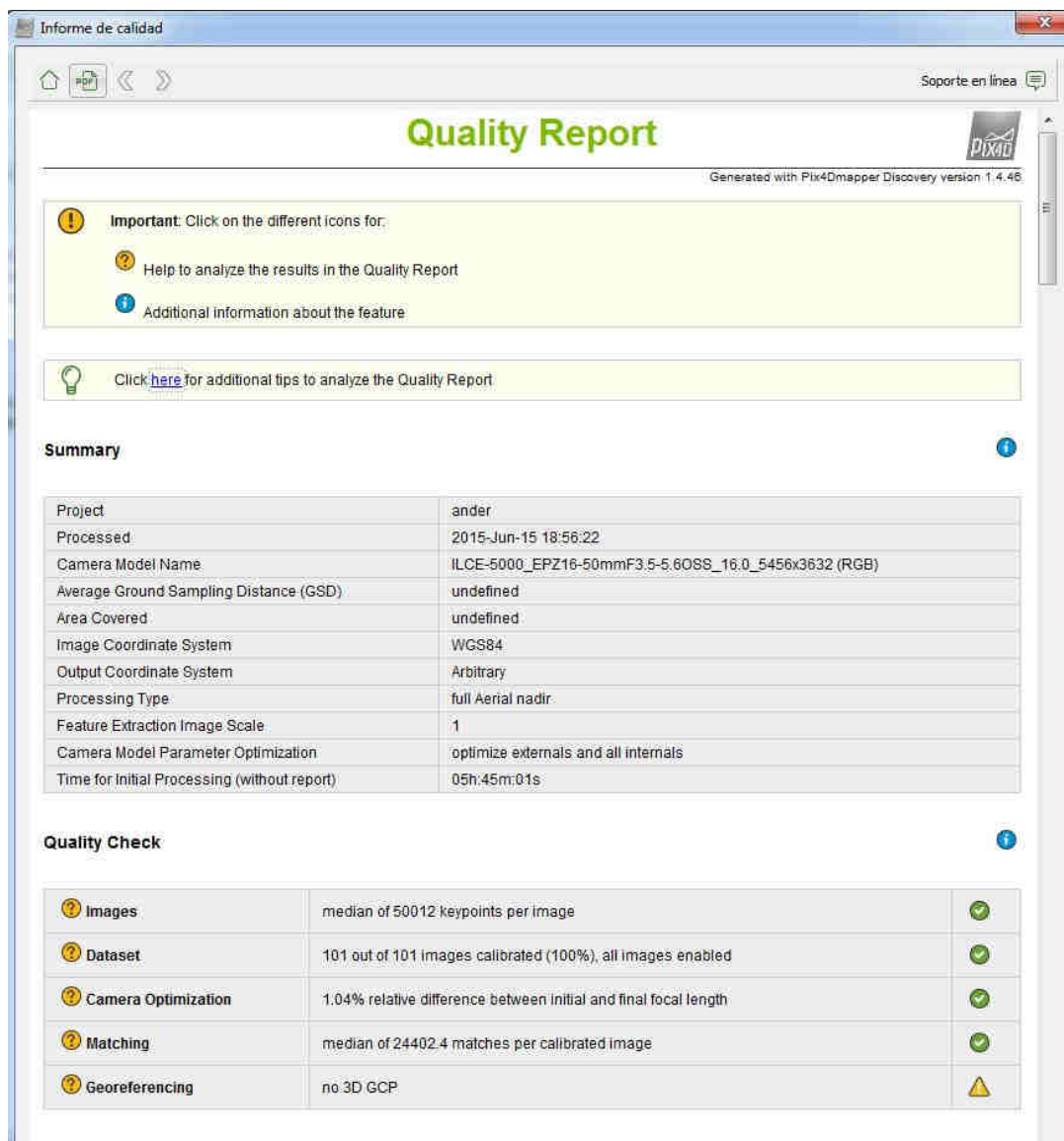
Después de seleccionar las fotos, tras pasar el proceso de selección explicada anteriormente, se tendrá que seleccionar las opciones que se ven en la siguiente figura:



Utilizando la versión de prueba solo es posible elaborar una nube de puntos y una malla en 3D con textura. La versión de pago permite elaborar también un DSM y una Ortofoto. Otro de los inconvenientes de la versión de prueba es que no es posible exportar, por ese motivo solo se podrá visualizar lo procesado mediante capturas de pantalla.

INFORME DE CALIDAD

Después de proceso el programa genera un informe de calidad donde se podrá ver la calidad del resultado.



Quality Report
Generated with Pix4Dmapper Discovery version 1.4.46

Important: Click on the different icons for:

- Help to analyze the results in the Quality Report
- Additional information about the feature

Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary

Project	ander
Processed	2015-Jun-15 18:56:22
Camera Model Name	ILCE-5000_EPZ16-50mmF3.5-5.6OSS_16.0_5456x3632 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	undefined
Area Covered	undefined
Image Coordinate System	WGS84
Output Coordinate System	Arbitrary
Processing Type	full Aerial nadir
Feature Extraction Image Scale	1
Camera Model Parameter Optimization	optimize externals and all internals
Time for Initial Processing (without report)	05h:45m:01s

Quality Check

Images	median of 50012 keypoints per image	✓
Dataset	101 out of 101 images calibrated (100%), all images enabled	✓
Camera Optimization	1.04% relative difference between initial and final focal length	✓
Matching	median of 24402.4 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	no 3D GCP	⚠

En este apartado se puede ver un resumen del proyecto realizado y si todo ha ido correctamente en el procesado. Como se puede ver, la imágenes no están georreferenciadas ni se ha realizado un levantamiento de check y control points. Por este motivo, los resultados obtenidos no estarán georreferenciados.

Informe de calidad

Soporte en línea

Preview

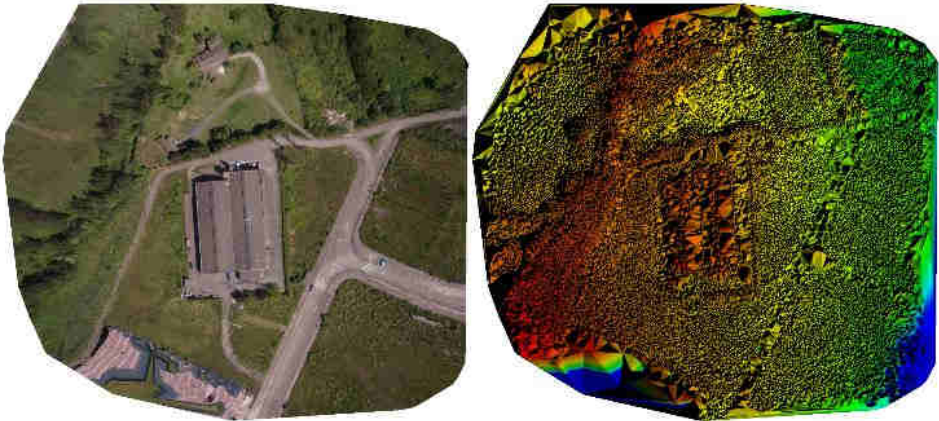


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details

Number of Calibrated Images	101 out of 101
Number of Geolocated Images	0 out of 101

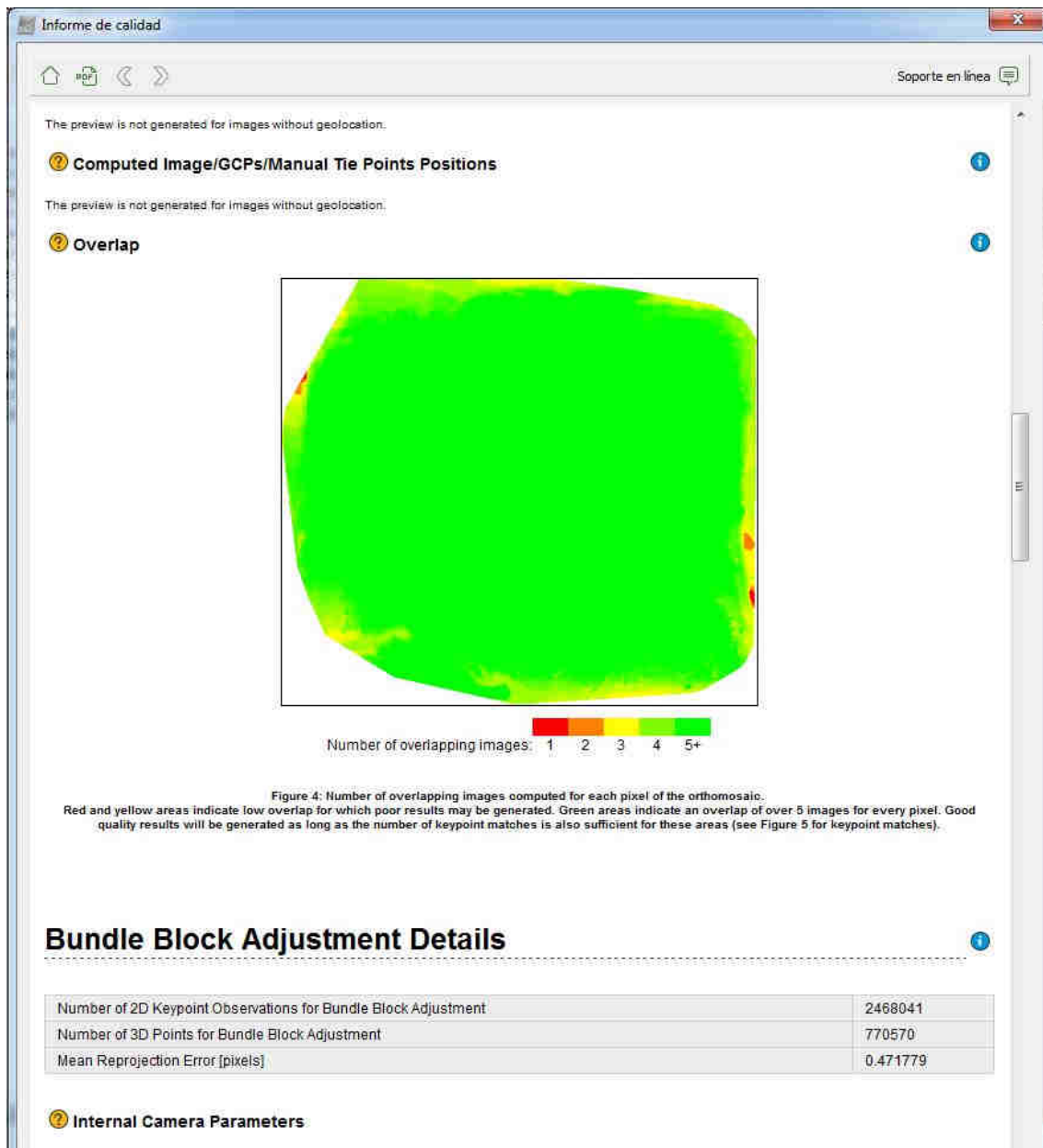
Initial Image Positions
The preview is not generated for images without geolocation.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions
The preview is not generated for images without geolocation.

Overlap



En esta parte se podrá ver una previsualización del ortofoto y del DSM y unos detalles de la calibración de la cámara.



En esta sección se puede ver el recubrimiento que tiene las imágenes, y en más de un 95% de la superficie hay cinco o más fotos de recubrimiento. También, se puede apreciar cuantos puntos homólogos se han creado para crear todo el bloque.

Informe de calidad

Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment: 770570
 Mean Reprojection Error [pixels]: 0.471779

Internal Camera Parameters

ILCE-5000_EPZ16-50mmF3.5-5.6OSS_16.0_5456x3632 (RGB). Sensor Dimensions: 23.333 [mm] x 15.533 [mm]

EXIF ID: ILCE-5000_EPZ16-50mmF3.5-5.6OSS_16.0_5456x3632

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3741.257 [pixel] 16.000 [mm]	2728.000 [pixel] 11.667 [mm]	1816.000 [pixel] 7.766 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Optimized Values	3702.193 [pixel] 15.833 [mm]	2736.451 [pixel] 11.703 [mm]	1826.336 [pixel] 7.811 [mm]	-0.058	0.073	-0.031	-0.000	0.002

2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	50012	24402
Min	26536	5180
Max	69552	37240
Mean	49921	24436

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	471738
In 3 Images	135118
In 4 Images	69185
In 5 Images	31810
In 6 Images	19438
In 7 Images	12645
In 8 Images	8791
In 9 Images	6362
In 10 Images	4879
In 11 Images	3725
In 12 Images	2930
In 13 Images	2328
In 14 Images	1886
In 15 Images	1484

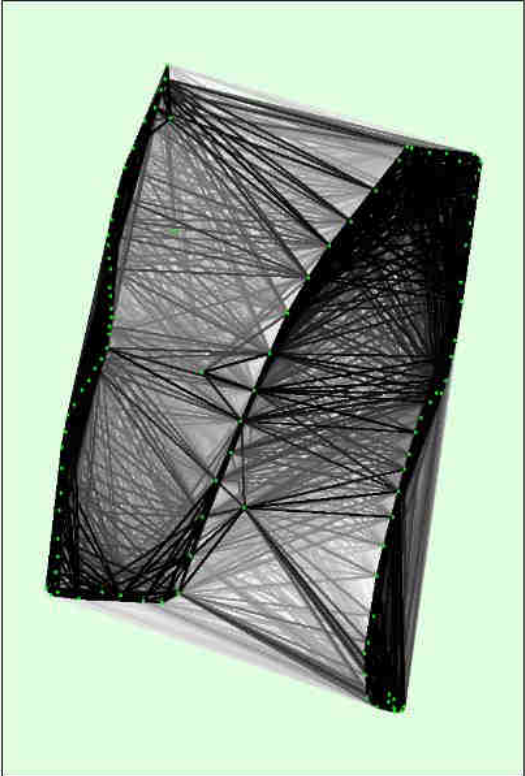
Aquí se pueden ver los parámetros internos de la cámara, y los detalles de los puntos homólogos que se han creado.

Informe de calidad

Soporte en línea

In 58 Images	3
In 59 Images	6
In 60 Images	2
In 61 Images	1
In 62 Images	1
In 63 Images	2
In 65 Images	1

3D Points from 2D Keypoint Matches



Number of matches

25 222 444 666 888 1111 1333 1555 1777 2000

Point Cloud Densification details

Summary

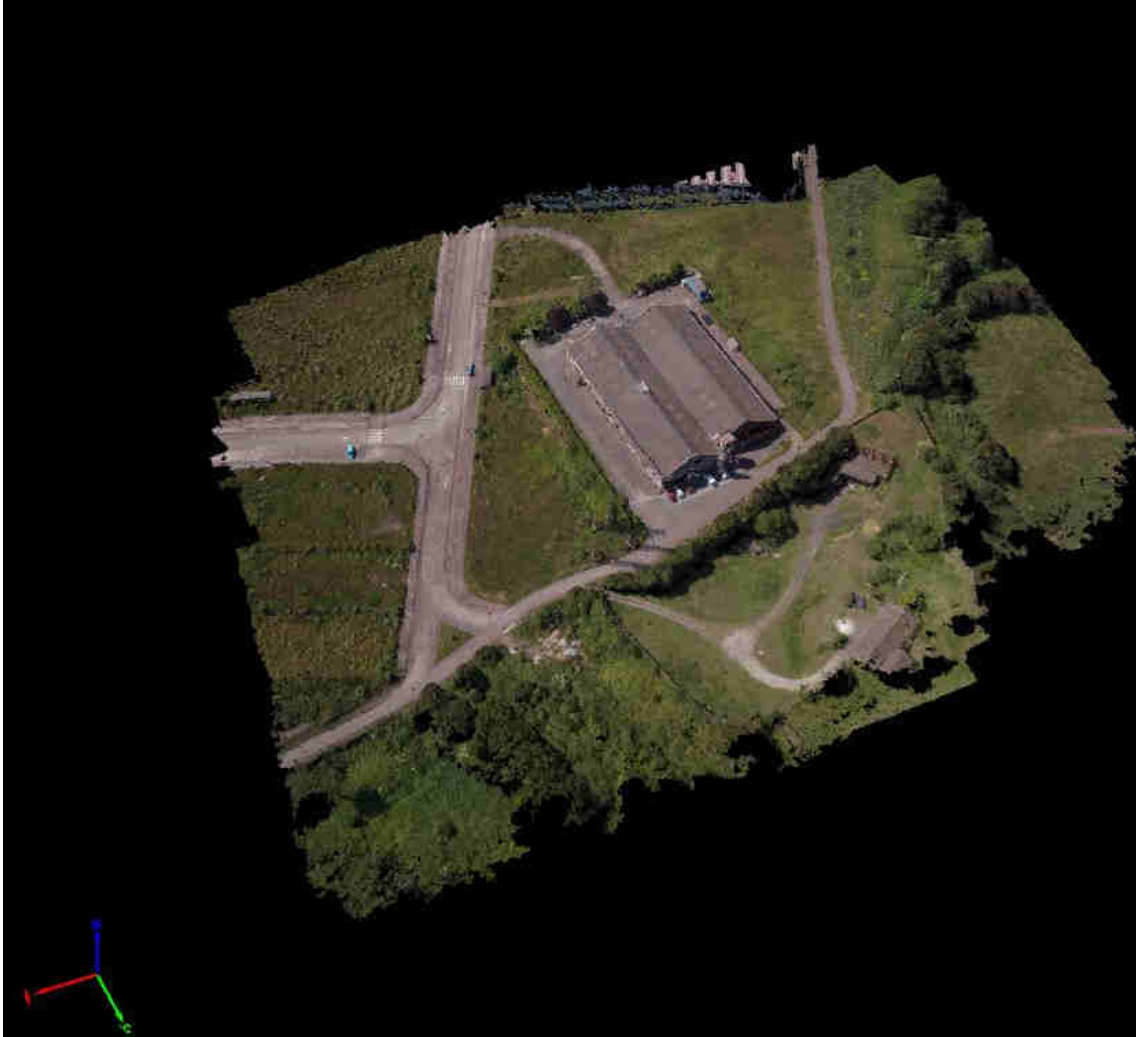
Processing Type	aerial nadir
Image Scale	multiscale, 1/2 (half image size, default)
Point Density	optimal
Minimum Number of Matches	3
Use Densification Area	yes
Use Annotations	yes
Time for Densification (without report and 3D textured mesh)	01h:02m:21s

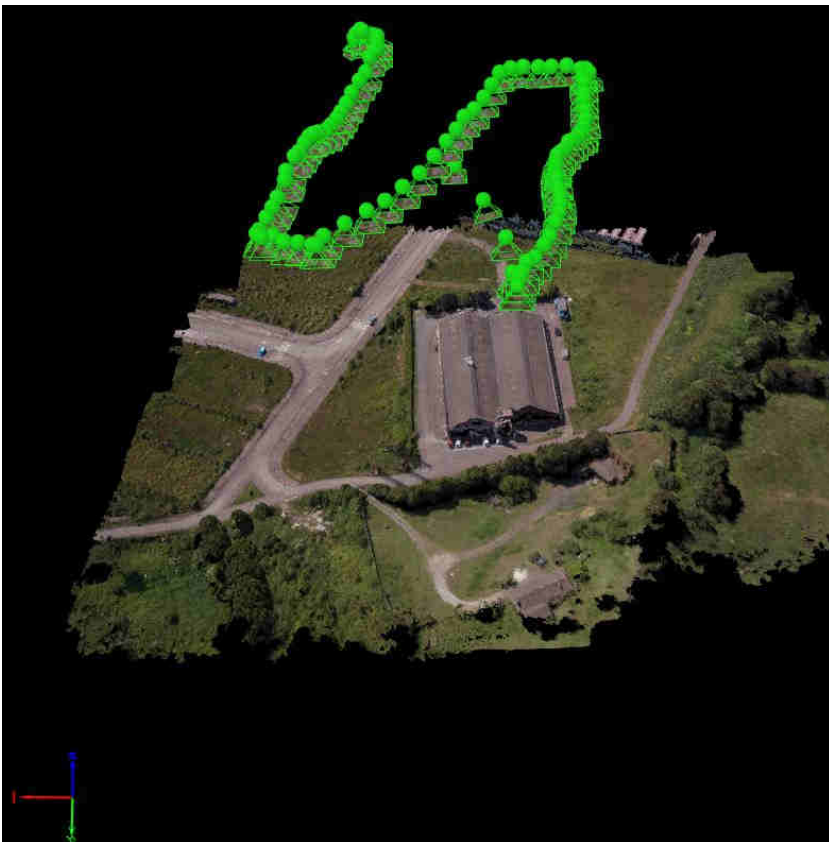
Results

Number of Processed Clusters	11
Number of 3D Densified Points	9875348
Average Density (per m ³)	6.27

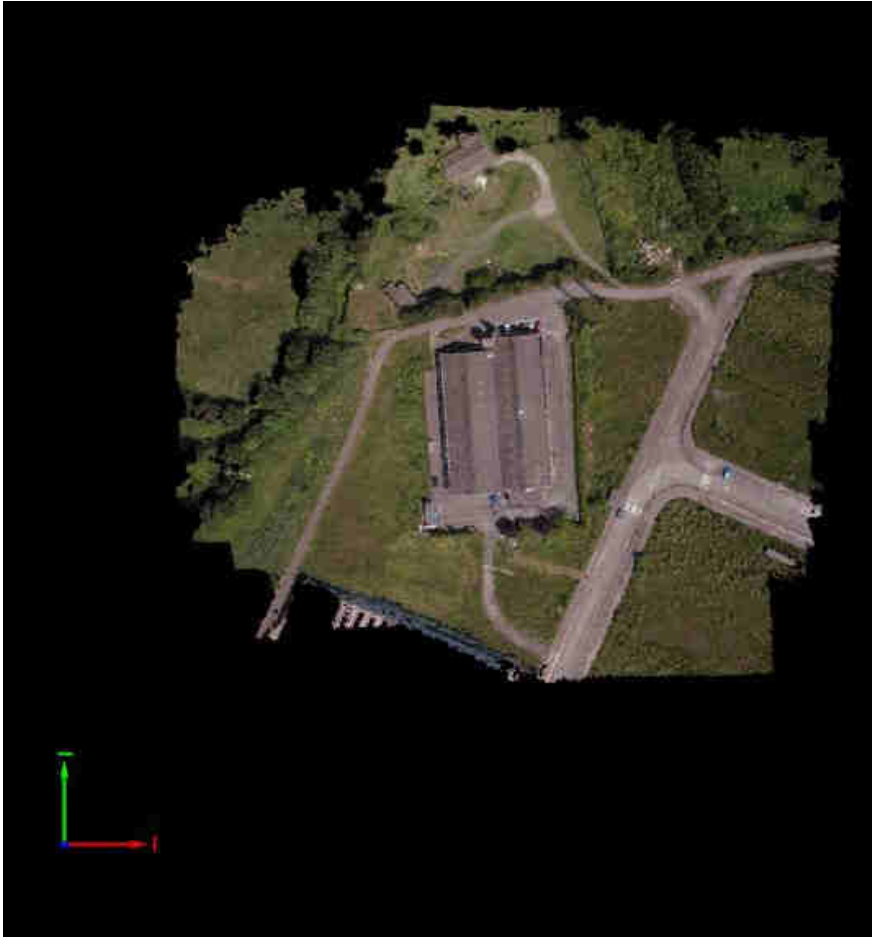
En el último apartado se puede ver los detalles de la nube de puntos y los resultados generados.

Imágenes de la nube de puntos de distintos ángulos:





Los puntos verdes son las posiciones de la cámara en el momento de cada captura.



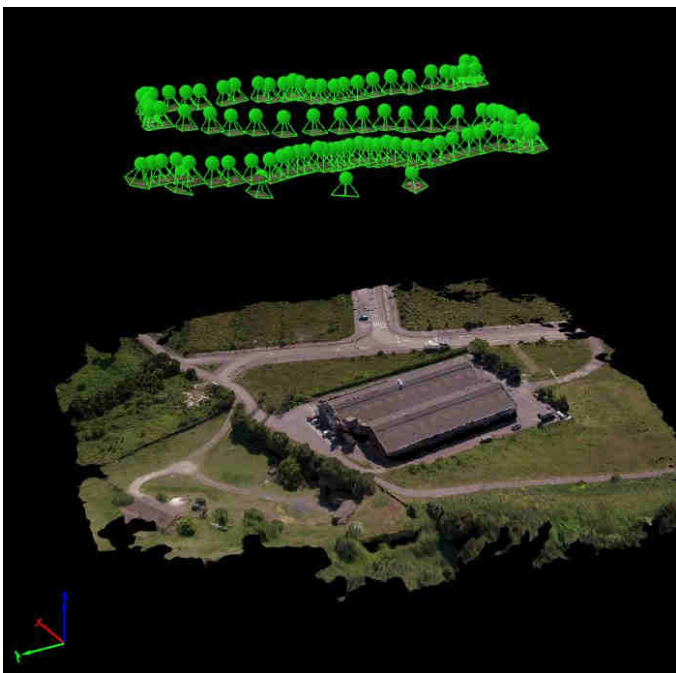
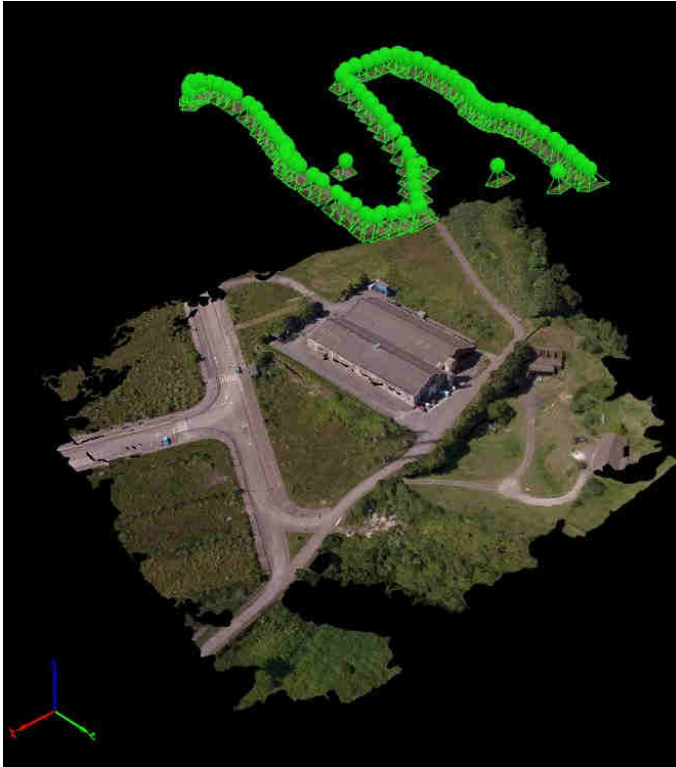
También es posible recortar, aislando solo la nave industrial:





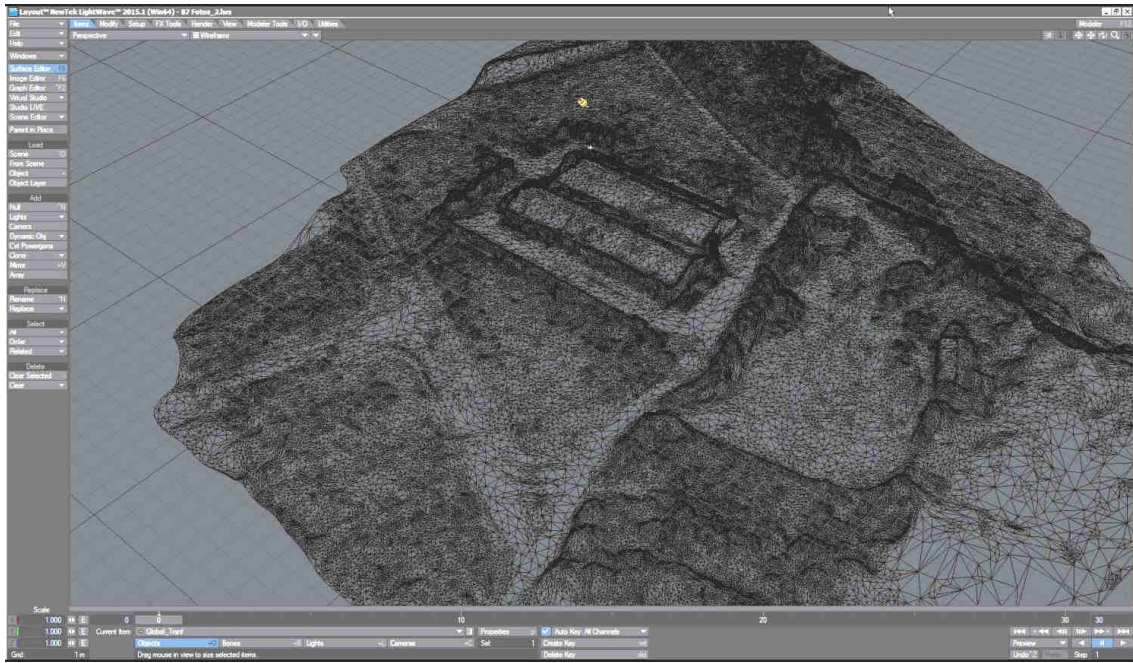
Imágenes de la malla de texturas 3D:



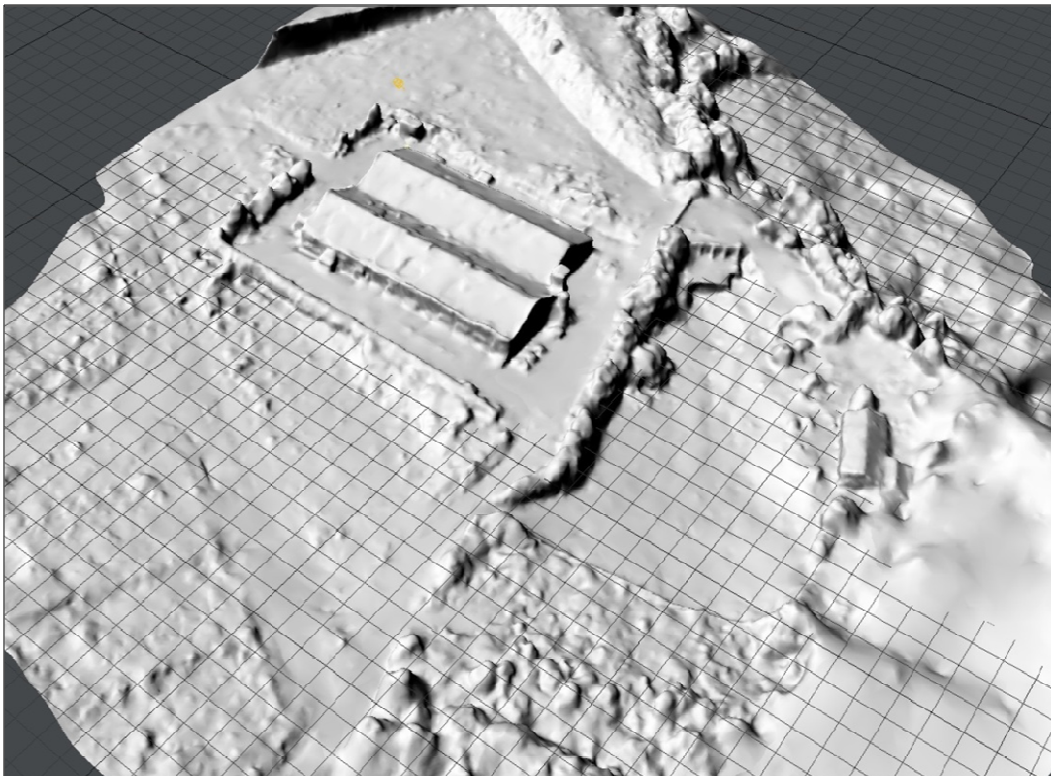


La empresa de colaboradora en este proyecto, Signal, al procesar las imágenes utilizó otro software (NewTek Lightwave) con unos resultados, aparentemente mejores, incluyendo un DSM y ortofoto:

LightWave es un programa informático para realizar gráficos por computadora, modelados en 3D, renderizado y animación. Este programa no tiene una versión de prueba por este motivo no ha sido posible la utilización de este software para crear nuestros modelos 3D.



Nube de puntos creado con LightWave



DSM procesado con LightWave



Ortofotografia creado con LightWave

CONCLUSIONES

En primer lugar, se tiene que tener en cuenta que el mundo de los UAV es un mundo emergente y esta en constante evolución y que aparecen diferentes aplicaciones constantemente. Como se puede ver en el apartado de la reglamentación actual, esta no es muy práctica y dificulta mucho la utilización de los UAVs, ya que los requerimientos que demandan son muy excesivos y difíciles de satisfacer.

En cuanto la aplicación de los UAVs para el sector de la información geográfica, ya sea para crear ortofotos, una nube de puntos, etc., es muy útil, sobre todo para las medianas y pequeñas empresas, como en la que se ha realizado este proyecto, Locis Sigtech. Una empresa puede disponer de un UAV y todos los complementos para la realización de un trabajo por poco más de 1000 €. Este factor es muy decisivo para el uso de los drones, si lo comparamos con la utilización de fotogrametría convencional.

El factor resolución también se decanta por los UAV, en la fotogrametría convencional se utilizan cámaras mucho más potentes que los que se utilizan en los drones, pero la altura de vuelo es mucho más elevado. Por este motivo, la resolución de las fotografías realizadas por un UAV tienen una resolución mucho mayor.

La ventaja de la fotogrametría convencional frente a los UAVs es la baja autonomía y el rango de la señal que tienen estos. Por este motivo si se quiere realizar cartografía de grandes escalas, el lugar se debería de dividir, siendo más práctico la utilización de vuelos tripulados.

Resumiendo, hasta ahora para la realización de cartografía utilizando el método fotogramétrico se ha realizado de manera invariable con una toma de fotografías aéreas a cargo de una avioneta tripulada. Teniendo en cuenta el coste de este vuelo, incluyendo costoso equipamiento fotográfico y también diferentes factores habituales en la aviación comercial, hace que este tipo de tecnología sea inviable para pequeños proyectos, dejando la captura de fotografías aéreas reducida a los grandes proyectos de cartografía que nacen con las ayudas de las administraciones. Ahora que el sector de los UAVs esta evolucionando, cualquier empresa, ya sea una PYME o una gran multinacional, se puede permitir la utilización de estos drones para realizar cualquier tipo de proyecto, aunque sea más práctico para los pequeños proyectos (cartografía en pequeñas escalas, modelos 3D de edificios o monumentos, ...)

BIBLIOGRAFIA

- Teoría sobre los parámetros de las fotografías aéreas. www.thewebfoto.com. [2015-06-30]
- Características del UAV y su configuración. Guía del usuario del Phantom 2, DJI, www.dji.com. [2015-06-30]
- Guía de usuario de Pix4d, Pix4d. <https://pix4d.com/>. [2015-06-30]
- Marco regulatorio temporal para las operaciones con RPA o UAV, AESA. <http://www.seguridadaerea.gob.es/>. [2015-06-30]
- Normativa Pilotaje, Real Decreto ley 8/2014.
- José Martínez Rubio, Darío Lindo Andrés (GeoBit Consulting S.L.). *Robótica aérea. Estado, aplicaciones y oportunidades de negocio. Parte II: Aplicaciones de los UAVs en Topografía, Cartografía y Patrimonio*.
- Krzysztof Bosak. *Secrets of UAV photomapping*
- Priscila Gracia Flores, Edurne Ortiz de Elgue San Miguel. *Influencia del GSD en la orientación de un bloque fotogramétrico*. 2012.
- Comunidad de Madrid. *Los Drones y sus aplicaciones en ingeniería civil*. 2015.
- Alba Coello Romero, Gonzalo Ballesteros Abellán. *TFC: Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con la topografía clásica*.
- Alberto López de la Sierra. *TFM: Planificación de vuelos fotogramétricos para UAV sobre QGIS*. 2014
- I. Colomina, P. Molina, *Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 92, Junio 2014, Paginas:79-97, ISSN 0924-2716*

ANEXO I:
COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE
PARA OPERADOR DE AERONAVES PILOTADAS POR
CONTROL REMOTO DE HASTA 25 KG. DE MASA MÁXIMA
AL DESPEGUE (MTOM)

Tipo de comunicación (marque la opción elegida)	
<input type="checkbox"/> Inicial <input type="checkbox"/> 50.3.a) Masa máxima al despegue menor de 2 Kg., vuelos más allá del alcance visual del piloto (BVLOS) <input type="checkbox"/> 50.3.b) Masa máxima al despegue hasta 25 Kg. para vuelos dentro del alcance visual del piloto (VLOS) <input type="checkbox"/> Modificación (para cualquier cambio en las condiciones inicialmente declaradas)	
1. Datos del declarante (operador)	
Nombre o razón social (primer apellido, segundo apellido, nombre): DNI, NIF, NIE, CIF: Domicilio / sede social (Lugar de establecimiento o residencia del operador y lugar desde el que se dirigen las operaciones; tipo de vía, nombre de la vía, código postal, municipio, provincia): Teléfono de contacto: Correo electrónico: Otros datos: Además, si se trata de trabajos por cuenta ajena (remunerados o no): Datos registrales (en caso de sociedades o fundaciones u otras entidades obligadas a registro):	
Datos del representante (en su caso): Nombre (primer apellido, segundo apellido, nombre): DNI, NIF, NIE, CIF: Domicilio (tipo de vía, nombre de la vía, código postal, municipio, provincia): Teléfono de contacto: Correo electrónico: Para entidades privadas, N° Protocolo/Notario/ año del poder de representación notarial: Otros datos:	

Domicilio a efectos de notificaciones (rellenar solamente si no coincide con el del declarante):

Domicilio (tipo de vía, nombre de la vía, código postal, municipio, provincia):

Teléfono de contacto:

Correo electrónico:

Otros datos:

Medio preferente para las notificaciones:

2. Operación de aeronaves pilotadas por control remoto

En caso de operar en área(s) específica(s), emplazamiento o área(s) geográfica(s) de la operación:

Tipo de operación (de conformidad con lo dispuesto en la Ley 18/2014, art. 50.3):

Actividades aéreas de trabajos técnicos o científicos (trabajos aéreos) (marcar todas las que procedan):

- Actividades de investigación y desarrollo.
- Tratamientos aéreos, fitosanitarios y otros que supongan esparcir sustancias en el suelo o la atmósfera, incluyendo actividades de lanzamiento de productos para extinción de incendios.
- Fotografía, filmaciones y levantamientos aéreos (levantamientos topográficos, fotogrametría).
- Investigación y reconocimiento instrumental: calibración de equipos, exploración meteorológica, marítima, geológica, petrolífera o arqueológica, enlace y transmisiones, emisoras, receptor, repetidor de radio o televisión.
- Observación y vigilancia aérea incluyendo filmación y actividades de vigilancia de incendios forestales.
- Publicidad aérea.
- Operaciones de emergencia, búsqueda y salvamento
- Otros trabajos especiales (describir):

3. Aeronaves utilizadas (caso de ser necesario añadir hojas suplementarias con los mismos datos):

Clase de aeronave (avión/ helicóptero/ multirroto/ otros)	Fabricante	Tipo / modelo	Nº de serie u otra identificación

4. Datos de los pilotos (caso de haber más de uno añadir hojas suplementarias con los mismos datos):

DNI, NIF, NIE, pasaporte:

Nacionalidad:

Nombre (primer apellido segundo apellido, nombre):

Domicilio (tipo de vía, nombre de la vía, código postal, municipio, provincia):

Teléfono:

Correo electrónico:

Fecha de nacimiento:

Requisito que cumple:

<input type="checkbox"/> 5.a Licencia de piloto	<input type="checkbox"/> 5.b Conocimientos teóricos para licencia de piloto	<input type="checkbox"/> 5.c.1 Certificado básico aeronaves pilotadas por control remoto	<input type="checkbox"/> 5.c.2 Certificado avanzado aeronaves pilotadas por control remoto
Tipo y nº de licencia:	Certificado emitido por:	Certificado emitido por:	Certificado emitido por:

Aeronaves que está habilitado para pilotar:

5. Declaración responsable: declaro bajo mi responsabilidad que conozco y cumplo / mi representado conoce y cumple los requisitos exigidos en la Ley 18/2014 (marcar cada punto):

1. Disponer de la documentación relativa a la caracterización de las aeronaves a utilizar, incluyendo la definición de su configuración, características y prestaciones de acuerdo con el artículo 50, punto 3.d.1º, de la Ley 18/2014, que se acompaña a esta declaración, de acuerdo con el mencionado art. 50, punto 6.b.

2. Disponer de un Manual de Operaciones que establece los procedimientos de la operación(es) de acuerdo con lo establecido en el artículo 50, punto 3.d.2º, de la Ley 18/2014, que se acompaña a esta declaración, de acuerdo con el mencionado art. 50, punto 6.

3. Haber realizado un estudio aeronáutico de seguridad de la operación u operaciones, en el que se ha constatado que la misma puede realizarse con seguridad de acuerdo con lo establecido en el artículo 50, punto 3.d.3º, de la Ley 18/2014, que se acompaña a esta declaración, de acuerdo con el mencionado art. 50, punto 6.

4. Haber realizado, con resultado satisfactorio, los vuelos de prueba necesarios para demostrar que la operación pretendida puede realizarse con seguridad de acuerdo con lo establecido en el artículo 50, punto 3.d.4º, de la Ley 18/2014, cuya acreditación se acompaña a esta declaración, de acuerdo con el mencionado art. 50, punto 6.

5. Haber establecido un programa de mantenimiento de la aeronave, ajustado a las recomendaciones del fabricante de acuerdo con lo establecido en el artículo 50, punto 3.d.5º, de la Ley 18/2014, que se acompaña a esta declaración, de acuerdo con el mencionado art. 50, punto 6.

6. Que la(s) aeronave(s) estará(n) pilotada(s) por control remoto por pilotos que cumplen los requisitos establecidos de acuerdo con lo establecido en el artículo 50, 3.d.6º, de la Ley 18/2014, según se especifica en el apartado 4 anterior, cuya acreditación se acompaña a esta declaración, junto con copia compulsada de los certificados médicos y documento que acredita que disponen de los conocimientos adecuados de la aeronave y sus sistemas, así como de su pilotaje, de acuerdo con el mencionado art. 50, punto 6.a.

7. Disponer de un seguro conforme a la normativa vigente de acuerdo con lo establecido en el artículo 50, punto 3.d.7º, de la Ley 18/2014, cuya acreditación se acompaña a esta declaración, de acuerdo con el mencionado art. 50, punto 6.

<input type="checkbox"/> 8. Haber adoptado las medidas adecuadas para proteger a la aeronave de actos de interferencia ilícita durante las operaciones, incluyendo la interferencia deliberada del enlace de radio y establecido los procedimientos necesarios para evitar el acceso de personal no autorizado a la estación de control y a la ubicación de almacenamiento de la aeronave de acuerdo con lo establecido en el artículo 50, 3.d, 8º, de la Ley 18/2014						
<input type="checkbox"/> 9. Haber adoptado las medidas adicionales necesarias para garantizar la seguridad de la operación y para la protección de las personas y bienes subyacentes de acuerdo con lo establecido en el artículo 50, punto 3.d.9º, de la Ley 18/2014. Se acompañan las condiciones o limitaciones que se va a aplicar a la operación o vuelo para garantizar la seguridad, de acuerdo con el mencionado art. 50, punto 6.d (estas medidas se incluirán en el Manual de Operaciones mencionado en el punto 2 anterior).						
<input type="checkbox"/> 10. Que la operación se realizará a una distancia mínima de 8 km. respecto de cualquier aeropuerto o aeródromo o, si la infraestructura cuenta con procedimientos de vuelo instrumental, a una distancia mínima de 15 km. de su punto de referencia. En otro caso, que se establecerán los oportunos mecanismos de coordinación con dichos aeródromos o aeropuertos. La coordinación realizada se documentará y se mantendrá a disposición de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, de acuerdo con lo establecido en el artículo 50, punto 3.d.10º, de la Ley 18/2014.						
<input type="checkbox"/> 11. Que de acuerdo con lo establecido en el artículo 50, punto 1, de la Ley 18/2014, la actividad que va a desarrollar cumple con todos los requisitos que resultan exigibles del resto de la normativa aplicable, y en particular, entre otras, en las siguientes disposiciones: <ul style="list-style-type: none"> a) Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea. b) Ley 48/1960 de 21 de julio, de Navegación Aérea. c) Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de la Circulación Aérea. d) Real Decreto 98/2009, de 6 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Inspección Aeronáutica. e) Orden de Presidencia del Gobierno de 14 de Marzo de 1957 (fotografía aérea) f) Y cualquier otra que les fuera de aplicación, incluyendo la relativa al uso del espectro radioeléctrico y la protección de datos. 						
<input type="checkbox"/> Que me comprometo a mantener este cumplimiento durante el periodo de tiempo inherente al ejercicio de estas actividades.						
<input type="checkbox"/> Que cualquier cambio en la operación que afecte a la información facilitada en la presente declaración será notificado a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea con una antelación de al menos 5 días sobre la fecha prevista de aplicación.						
<input type="checkbox"/> Que confirmo que la información facilitada en esta declaración es veraz y correcta.						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%; padding: 5px;">Lugar y Fecha</th> <th style="width: 33%; padding: 5px;">Nombre y apellidos</th> <th style="width: 33%; padding: 5px;">Firma</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Lugar y Fecha	Nombre y apellidos	Firma			
Lugar y Fecha	Nombre y apellidos	Firma				
Agencia Estatal de Seguridad Aérea Avenida del General Perón 40, Puerta B, 1ª Planta 28020 Madrid						

ADVERTENCIAS:

Se le advierte que, de conformidad con el apartado 4 del artículo 71 bis de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, “*La inexactitud, falsedad u omisión, de carácter esencial, en cualquier dato, manifestación o*

documento que se acompañe o incorpore a una declaración responsable o a una comunicación previa, o la no presentación ante la Administración competente de la declaración responsable o comunicación previa, determinará la imposibilidad de continuar con el ejercicio del derecho o actividad afectada desde el momento en que se tenga constancia de tales hechos, sin perjuicio de las responsabilidades penales, civiles o administrativas a que hubiera lugar”.

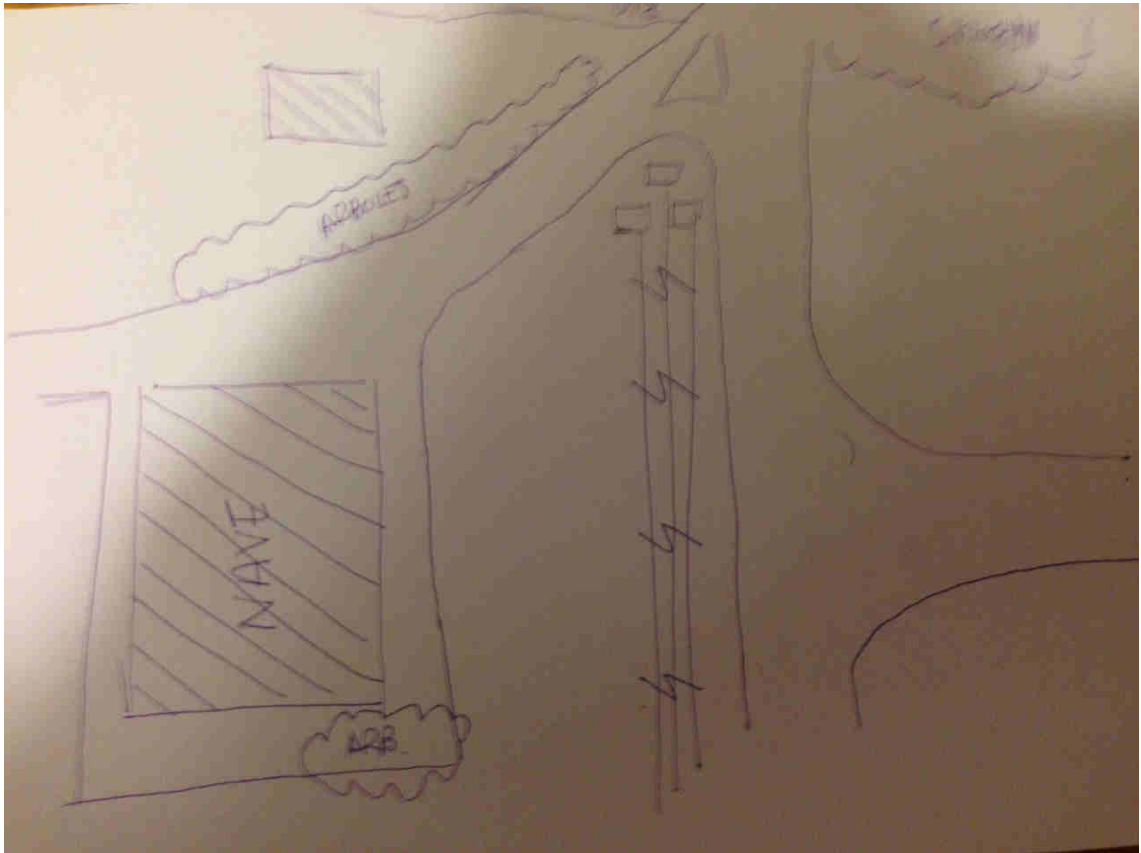
Todo ello en concordancia con lo dispuesto en el artículo 33 apartado 4 y 7 de la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea.

PROTECCIÓN DE DATOS:

En cumplimiento del artículo 5 de la Ley Orgánica 15/99, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, se le informa que los datos personales obtenidos mediante la cumplimentación de este formulario y demás documentos que, en su caso, se adjunten con el mismo, serán incluidos, para su tratamiento, en un fichero automatizado del que es responsable la Agencia Estatal de Seguridad Aérea. Asimismo, le informamos que la finalidad del citado fichero es la tramitación de los expedientes administrativos de esta Administración Pública y notificación de actos administrativos a los interesados. De acuerdo con lo previsto en la citada Ley Orgánica, puede ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición ante el responsable del tratamiento, dirigiendo una comunicación.

ANEXO II:
PROTOCOLO DE LA PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA
RUTA DE VUELO PARA EL VUELO REALIZADO EL 28-05-
2015

1. Ir al área que se desea volar.
2. Realizar un croquis (mano alzada) de la zona.



3. Identificar y apuntar posibles peligros (árboles, cables de alta tensión, cables de teléfono, hidrografía, ...)

-Se ha identificado una línea eléctrica de alto voltaje que va paralela a la carretera, de una altura aproximada de 5 metros.

-Se ha identificado un río cubierto de árboles en la parte Norte de la zona.

-Se han identificado varios grupos de bosques, de no una gran altura, aproximadamente 2 metros.

4. Realizar un vuelo de prueba manualmente de una altitud segura, fijándose en los posibles peligros.

5. Tener en cuenta el viento, cuanto más viento más batería consumirá. En vientos moderados no realizar vuelos de más de 2 km. Tener en cuenta que cuanto a mayor altitud, la fuerza del viento es mayor.

La zona donde se encuentra la nave no es una zona ventosa, ya que esta resguardada.

6. Tener en cuenta, que la data link se perderá a 500 m, esto no quiere decir que no seguirá la ruta, pero se tendrá que esperar hasta que vuelva al rango.

La zona no supera el medio kilómetro de longitud, por ese motivo no hay ningún problema por la distancia.

7. Planea cuidadosamente la ruta.

La altura de vuelo como será de unos 100 metros aproximados, no hay ningún obstáculo, solo se tendrá que tener cuidado para el despegue y aterrizaje del UAV. En rojo se ve la ruta recomendada que seguirá el dron.

