
Diseño y operaciones de RPAS para aplicaciones específicas de viticultura de precisión

MÁSTER UNIVERSITARIO EN DISEÑO Y FABRICACIÓN
INTEGRADA ASISTIDOS POR COMPUTADOR

TRABAJO FINAL DE MASTER
CURSO 2015-2016

Autor: **Martín Ricart Jiménez**

Tutor: **Juan Antonio García Manrique**

Co-tutor: **José Manuel Castiblanco Quintero**

Resumen

Actualmente, la viticultura de precisión está experimentando un crecimiento progresivo provocado por los avances tecnológicos y herramientas en auge como los RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*). El objetivo de la viticultura de precisión es mejorar la calidad de la uva, aumentando el rendimiento de la viña y optimizando su gestión mediante la variabilidad de las parcelas. Se utiliza una tecnología de teledetección en distintos espectros electromagnéticos por lo que los RPAS son ideales debido a su gran versatilidad.

Este proyecto tiene como objetivo principal el diseño 3D de un RPAS para la viticultura de precisión y su operación según la normativa española actual. Para ello, en la primera parte del proyecto se realiza una revisión sobre la agricultura de precisión y los RPAS, permitiendo conocer los requisitos y necesidades de esta aplicación; para que el RPAS pueda cumplirlos posteriormente siendo funcional. El diseño preliminar mecánico se realiza mediante el programa de CAD *Siemens Unigraphics NX10* y en él se especifica información relativa a las restricciones geométricas y de ingeniería. La última parte de este proyecto es la realización del procedimiento para operar con RPAS aplicado específicamente a la viticultura de precisión. Como conclusión se comparará con otras herramientas utilizadas en la viticultura de precisión y se estudiará su funcionalidad y aplicabilidad.

Palabras clave: RPAS, viticultura, precisión, CAD, diseño, operaciones, dron, UAV, AESA

Resum

Actualment, la viticultura de precisió està experimentant un creixement progressiu provocat pels avanços tecnològics i eines en auge com els RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*). L'objectiu de la viticultura de precisió és millorar la qualitat del raïm, augmentant el rendiment de la vinya i optimitzant la seua gestió mitjançant la variabilitat de les parcel·les. S'utilitza una tecnologia de teledetecció en diferents espectres electromagnètics pel que els RPAS són ideals per la seua gran versatilitat.

Aquest projecte té com a objectiu principal el disseny 3D d'un RPAS per a la viticultura de precisió i la seua operació segons la normativa espanyola actual. Per això, en la primera part del projecte es realitza una revisió sobre l'agricultura de precisió i els RPAS, permetent conèixer els requisits i necessitats d'aquesta aplicació; perquè el RPAS pugui complir-los posteriorment sent funcional. El disseny preliminar mecànic es realitza mitjançant el programa de CAD *Siemens Unigraphics NX10* i en ell s'especifica informació relativa a les restriccions geomètriques i de ingenieria. L'última part d'aquest projecte és la realització del procediment per a operar amb RPAS aplicat específicament a la viticultura de precisió. Com a conclusió es compararà amb altres eines i s'estudiarà la seua funcionalitat i aplicabilitat.

Paraules clau: RPAS, viticultura, precisió, CAD, disseny, operacions, dron, UAV, AESA

Abstract

Nowadays, precision viticulture is experiencing a steady growth thanks to technological advances and tools as RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*). The aim of precision viticulture is to improve the quality of the grapes, increasing the yield of the vineyard and optimizing management through the variability of the plots. Remote sensing technology is used in various electromagnetic spectrums so that RPAS are ideal because of their versatility.

This project's main objective is the design of a 3D RPAS for precision viticulture and its operation under current Spanish law. To do this, the first part of the project is a review on precision agriculture and RPAS; this lets you know the requirements and needs of this application. The preliminary mechanical design is done by Siemens *Unigraphics CAD program NX10* and provides information on specified geometric constraints and engineering. The last part of this project is the implementation of the process to operate RPAS applied specifically to precision viticulture. In conclusion it will be compared with other viticulture precision tools and functionality and applicability will be studied.

Keywords: RPAS, viticulture, precision, CAD, design, operations, drone, UAVs, AESA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 AGRICULTURA DE PRECISIÓN	6
2. TECNOLOGÍA EN LA VITICULTURA DE PRECISIÓN	10
2.1 TELEDETECCIÓN	11
2.1.1 <i>Satélites</i>	14
2.1.2 <i>Aviones</i>	15
2.1.3 <i>RPAS (Remotely Piloted Aircraft System)</i>	16
2.2 DETECCIÓN PROXIMAL	17
2.3 VRT Y ROBÓTICA	19
3. RPAS COMO HERRAMIENTA PARA LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN	20
3.1 TIPOS DE AERONAVES NO TRIPULADAS Y SISTEMA DE CONTROL	22
3.2 APLICACIONES EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN	24
3.3 REQUISITOS OPERACIONALES	27
3.4 EJEMPLOS	28
4. NORMATIVA PARA SER OPERADOR DE RPAS	29
4.1 PILOTO	30
4.2 AERONAVE	31
4.3 OPERADOR	31
4.4 RESTRICCIONES DE VUELO	33
4.5 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LAS OPERACIONES	34
5. DISEÑO DEL RPAS PARA VITICULTURA DE PRECISIÓN	36
5.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS Y NECESIDADES	37
5.2 COMPONENTES	39
5.2.1 <i>Carga de pago</i>	39
5.2.2 <i>Frame o estructura</i>	44
5.2.3 <i>Sistema de control</i>	45
5.2.4 <i>Sistema de propulsión</i>	48
5.2.5 <i>Sistema de alimentación</i>	51
5.3 MODELADO 3D DEL RPAS UAX-UAV 0001	52

6. OPERACIONES DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN CON RPAS	53
6.1 APÉNDICE E. CARACTERIZACIÓN DE LA AERONAVE	53
6.2 APÉNDICE D. MANUAL DE OPERACIONES	55
6.3 APÉNDICE F. ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD	65
6.4 APÉNDICE G. VUELOS DE PRUEBA	66
6.5 APÉNDICE H. MANTENIMIENTO	67
6.6 COMUNICACIONES PREVIAS A AESA	71
7. CONCLUSIÓN	81
AGRADECIMIENTOS	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	84

1. Introducción

A lo largo de la historia, los avances en la agricultura han originado importantes cambios evolutivos en la humanidad; ya que la producción de alimentos es vital para el desarrollo humano. La agricultura ha sufrido muchos cambios desde sus inicios hasta la actualidad, introduciendo tecnologías que permitían esta evolución.

Los nuevos avances tecnológicos y el crecimiento industrial, permiten una mejora continua en todos los sectores logrando que la sociedad humana se desarrolle y el mundo esté en permanente cambio. La agricultura es uno de los principales sectores, ya que siempre se ha buscado la mayor eficiencia posible para poder obtener la máxima cantidad y calidad de alimentos.

Dadas las preocupaciones mundiales en relación con la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, y cada vez más, la expectativa de que las ganancias de productividad agrícolas deben alcanzarse con mayor eficiencia y menor impacto ambiental.

La agricultura moderna y sus prácticas, son el resultado de un proceso continuo de evolución que ha cambiado de forma drástica físicamente y genéticamente todos los componentes de los ecosistemas agrícolas. Otros avances en el potencial genético de los cultivos y el ganado continuarán siendo dominados por estrategias convencionales de mejoramiento realizados cada vez más eficiente por los avances en tecnologías de marcadores.

En general, por lo tanto, el reconocimiento y la aplicación de los principios ecológicos y evolutivos serán una parte cada vez más importante del desarrollo general y la gestión de la agricultura, en particular en el contexto del cambio climático y el imperativo de una mayor sostenibilidad.

El trabajo con drones para aplicaciones de la agricultura está experimentando un gran desarrollo actualmente, y es que, en los últimos años se ha dado una nueva visión en cuanto a la tecnología aplicada a la agricultura de precisión; permitiendo mejorar las técnicas y obtener resultados satisfactorios.

1.1 Agricultura de precisión

La agricultura de precisión es un concepto emergente que define la gestión del cultivo agrícola a partir del manejo diferencial de los cultivos, conociendo la variabilidad existente en una explotación agrícola. Mediante el estudio específico del lugar se permite optimizar al máximo las explotaciones logrando la obtención de datos muy precisos que facilitan dicha gestión. *Es un sistema de producción agrícola basado en la información y tecnología que se utiliza para el propósito de determinar, analizar y administrar factores como la variabilidad temporal y espacial en el campo para obtener el máximo beneficio, sostenibilidad y protección del medio ambiente (Unal et al., 2013).*

Las herramientas más comunes que se utilizan para poder medir la variabilidad son los GPS (*Global Positioning System*), sensores instalados en el suelo y fotografías multiespectrales obtenidas a partir de satélites, avionetas o RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*). Los datos obtenidos gracias a éstas tecnologías se almacenan digitalmente en ordenadores para que se pueda proceder al estudio del cultivo. Se crean tablas y mapas con ésta información para que facilite la toma de decisiones al agricultor y crear un estudio a tiempo real de la explotación.

La agricultura de precisión se apoya en la teledetección para gestionar eficientemente los recursos en el lugar, tiempo y momentos adecuados, evitando pérdidas económicas y productivas (Bongiovanni & Lowenberg-Deboer, 2004).

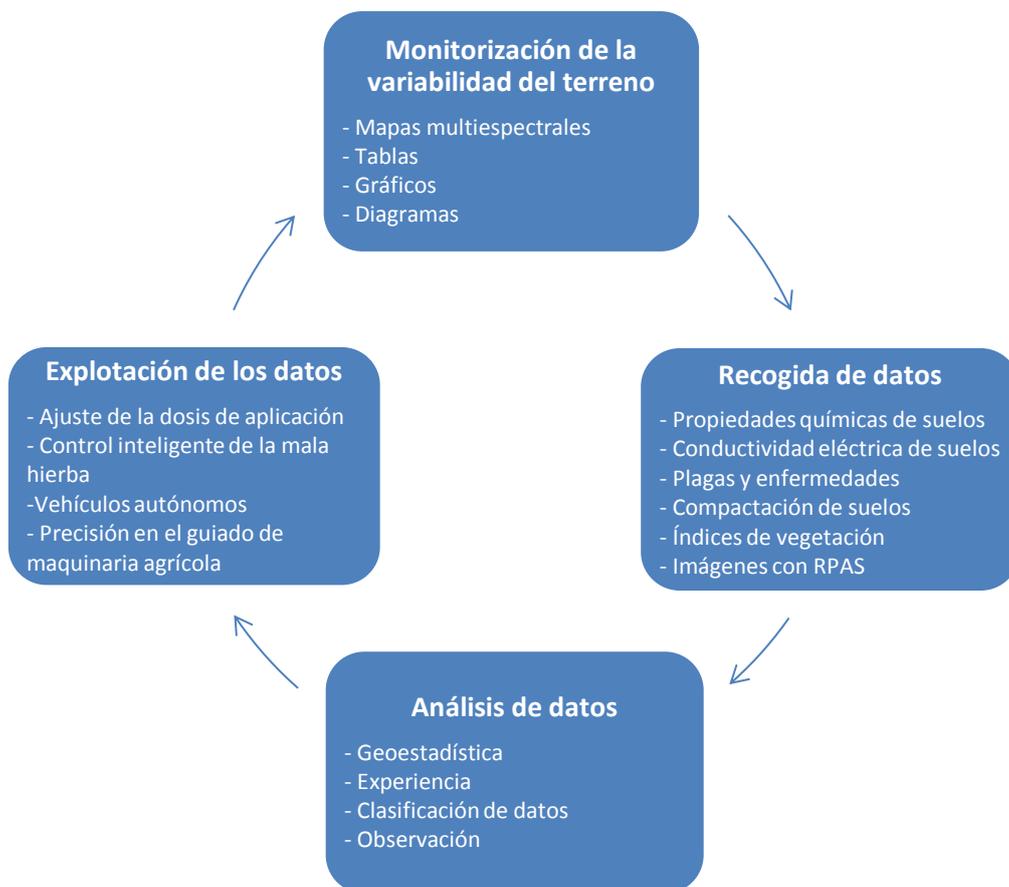


Figura 1. Diagrama del ciclo de la agricultura de precisión.

En la *Figura 1* se muestra el diagrama de flujo que se sigue al aplicar la agricultura de precisión. El diagrama se puede representar como un proceso cíclico de cuatro fases las cuales son la recogida de datos, análisis de los datos para el diagnóstico, la explotación de los datos y el reajuste en los cultivos de precisión y la monitorización del rendimiento del terreno. Como se puede observar es un ciclo en el que continuamente se están tomando datos y a partir de éstos se actúa en el campo de cultivo. La recolección de datos es una fase fundamental para establecer el estado y las condiciones del cultivo, ya que en la agricultura tradicional las condiciones del cultivo se realizan mediante una inspección visual y con poca precisión.

Además, se requieren al menos tres criterios para la aplicación de la agricultura de precisión: una clara evidencia de la variabilidad espacial y temporal significativa en las condiciones del suelo y del cultivo dentro de un sector y en sectores de una misma región; capacidad para identificar y cuantificar dicha variabilidad; capacidad de reasignar parámetros y ajustar las prácticas de gestión del cultivo con el fin de mejorar la productividad y la rentabilidad y reducir al mínimo la degradación del medio ambiente.

El objetivo principal de la agricultura de precisión es mejorar la gestión del campo desde varias perspectivas y evitar la aplicación de prácticas de manejo para un cultivo independientemente de las condiciones variables de toda la explotación, es decir, realizar una estrategia de gestión que utiliza tecnología de la información precisa con el objetivo de mejorar la producción y la calidad teniendo en cuenta la diversidad del terreno y del rendimiento del campo. Puede ayudar a minimizar el desperdicio de los plaguicidas necesarios para el control efectivo de las malezas, enfermedades y plagas y para asegurar que los cultivos reciben los nutrientes adecuados, dando lugar a una agricultura más rentable, eficiente y ecológica, reduciendo al mínimo la degradación del medio ambiente.

En un contexto de creciente competencia en los mercados internacionales, se hace de suma importancia para alcanzar los estándares más altos de calidad en el viñedo. Esto ha dado lugar a una renovación radical de la viticultura y una revisión de las técnicas agrícolas, con el objetivo de maximizar la calidad y la sostenibilidad mediante la reducción y un uso más eficiente de los insumos de producción como la energía, fertilizantes y productos químicos, y la minimización de los costos de entrada al tiempo que garantiza la preservación del medio ambiente.



Figura 2. Fotografía de una viña en La Font de la Figuera. Realizada por mí.

El concepto de viticultura precisión es un paso en esta dirección, siendo un enfoque de gestión diferenciada con el objetivo de satisfacer las necesidades reales de cada zona dentro de la viña. Los viñedos se caracterizan por una elevada heterogeneidad debido a factores estructurales como las características pedo-morfológica, y otras dinámicas, como las prácticas

de cultivo, suelo y clima. Esta variabilidad estacional provoca la respuesta fisiológica de diferente vid, con consecuencias directas en la calidad de la uva. Por lo tanto, para conseguir los objetivos de la máxima eficiencia, se requiere un manejo agronómico específico para satisfacer las necesidades reales de la cosecha, en relación con la variabilidad espacial dentro del viñedo.

La introducción de nuevas tecnologías para apoyar la gestión del viñedo permite a la eficiencia y la calidad de la producción que se mejore y, al mismo tiempo, reduce el impacto ambiental. Los sensores remotos y proximales se convierten en instrumentos de investigación fuertes del estado de la viña, como el agua y la disponibilidad de nutrientes, fitosanitarias y los ataques de patógenos, o de las condiciones del suelo.

La viticultura de precisión busca explotar la más amplia gama de observaciones disponibles para describir la variabilidad espacial del viñedo con alta resolución, y proporcionar recomendaciones para mejorar la eficiencia de la gestión en términos de calidad, la producción y la sostenibilidad; teniendo como objetivo maximizar el potencial enológico de los viñedos. La humedad del suelo, plagas y enfermedades ambientales también pueden tener un fuerte impacto. Las prácticas agrícolas pueden influir en la calidad de la uva, por lo que es importante que estas aplicaciones sean elegidas en base a las condiciones específicas del lugar, con el apoyo de la información

Esta variabilidad también tiene implicaciones en la calidad de la uva y en la rentabilidad de la bodega. Por ello, la identificación y la caracterización espacial de dicha variabilidad, la interpretación de su significado enológico, así como la posibilidad del manejo diferencial de dicha variabilidad, constituyen los principales objetivos de la Viticultura de Precisión (Urretavizcaya et al., 2014).

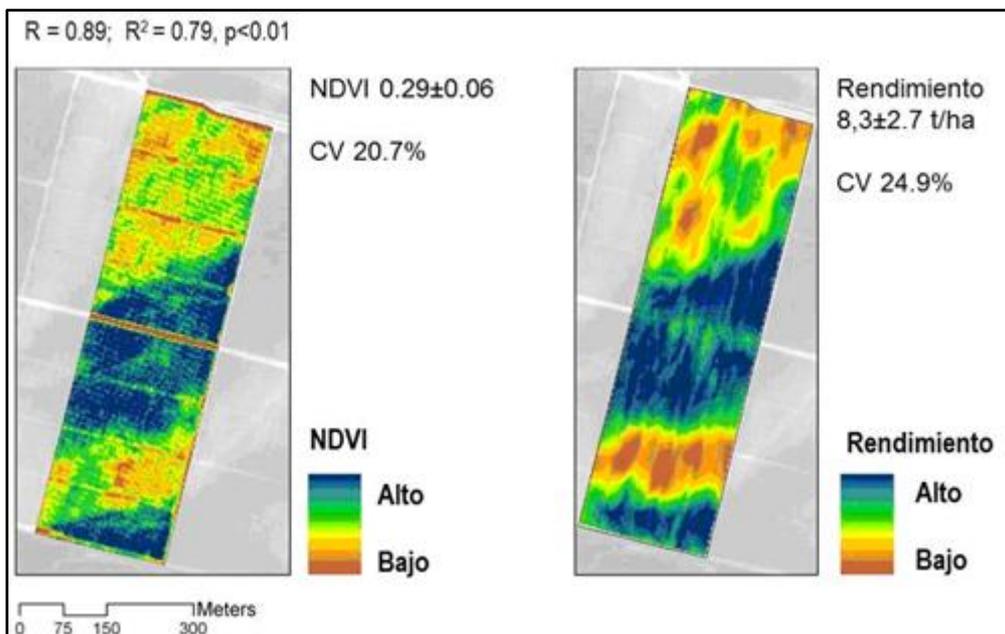


Figura 3. Variabilidad de los viñedos. Recuperado de: <http://www.acenologia.com/>

Tal como se muestra en la Figura 2, los viñedos pueden mostrar una gran variabilidad de vegetación y rendimiento dentro de la misma parcela. A la izquierda, índice de vegetación

de la diferencia normalizada (NDVI) de una parcela de viña Syrah calculado a partir de una imagen QuickBird adquirida ± 15 días del envero. A la derecha, mapa de rendimiento de la misma parcela elaborado a partir de los datos de un monitor de cosecha. Se observa una clara correspondencia entre zonas de vigor y rendimiento en la parcela. (José A. Martínez-Casnovas y Jaume Arnó, 2014).

Esto es especialmente cierto en las regiones donde los altos estándares de calidad de la producción de vino justifican la adopción de prácticas de gestión específicas del lugar de aumentar simultáneamente tanto la calidad y el rendimiento. Existe un enorme potencial en las tecnologías de la comunicación y ciencia geográfica, ofreciendo soluciones optimizadas para recopilar información distribuida y poder aplicar la viticultura de precisión.

Los últimos avances tecnológicos han permitido herramientas útiles para el seguimiento y control de muchos aspectos del crecimiento de la vid. La viticultura de precisión busca explotar la más amplia gama de observaciones disponibles para describir la variabilidad espacial viñedo con alta resolución, y proporcionar recomendaciones para mejorar la eficiencia de la gestión en términos de calidad, la producción y la sostenibilidad.

2. Tecnología en la viticultura de precisión

Para poder aplicar la agricultura de precisión correctamente, uno de los pasos más importantes es la recogida de datos, ya que el resultado que se va a obtener va a depender de la calidad de los mismos. Es de suma importancia que en estos datos se refleje la variabilidad temporal y espacial de los distintos parámetros, siendo precisos y a tiempo real.

Como resultado se obtendrán los periodos de evolución de la explotación, es decir, las etapas de siembra, crecimiento y maduración; y un diagnóstico a tiempo real que ayude a la toma de decisiones y se pueda observar las condiciones reales del cultivo.

Los sensores remotos y proximales son las herramientas que se utilizan en la agricultura de precisión para obtener información geolocalizada y poder monitorizar distintos parámetros con el fin de caracterizar el entorno.

La tecnología del GPS (*Global Positioning System*) es un sistema altamente preciso para localizar un punto en el espacio 3D de una manera rápida. El receptor del GPS calcula la posición respecto a la tierra mediante satélites. Al geolocalizar los datos se obtiene una relación entre la información espacial y su posición geográfica. Este tipo de tecnología resulta útil para tareas que requieren gran precisión como el mapeo de la viña, distribución de fertilizantes y pesticidas, automatización de vehículos, etc.

Los avances tecnológicos han permitido que se desarrollen herramientas que faciliten el monitorizado y control de muchos parámetros de la vid. Actualmente se ha investigado fuertemente en la teledetección y la detección proximal, convirtiéndose en instrumentos precisos y con alta resolución para el monitorizado de la viticultura de precisión.

Es por eso que a continuación, se han resumido las tecnologías en tres grupos distintos. Los dos primeros son las principales tecnologías del monitorizado (teledetección y

detección proximal) y el tercer grupo son los sistemas “agbots” y VRTs (*Variable-rate technologies*) que se utilizan para proporcionar insumos en un sitio específico de la viña.

2.1 Teledetección

Son técnicas que realizan una adquisición de datos de una forma rápida pudiendo obtener las características de la parcela. Tiene diferentes escalas de resolución y es capaz de describir la viña mediante la detección y el registro de la luz solar reflejada desde la superficie de los objetos en el suelo. Utilizando imágenes hechas en distintos espectros como el visible y el infrarrojo (cercano y térmico) e imágenes hiperespectrales, se pueden cuantificar estos registros y por lo tanto obtener resultados sobre el estado de la viña. Es por eso que a continuación se va a hacer una distinción entre la teledetección multiespectral (espectro visible y espectro infrarrojo cercano) y la teledetección hiperespectral y térmica (espectro infrarrojo térmico).

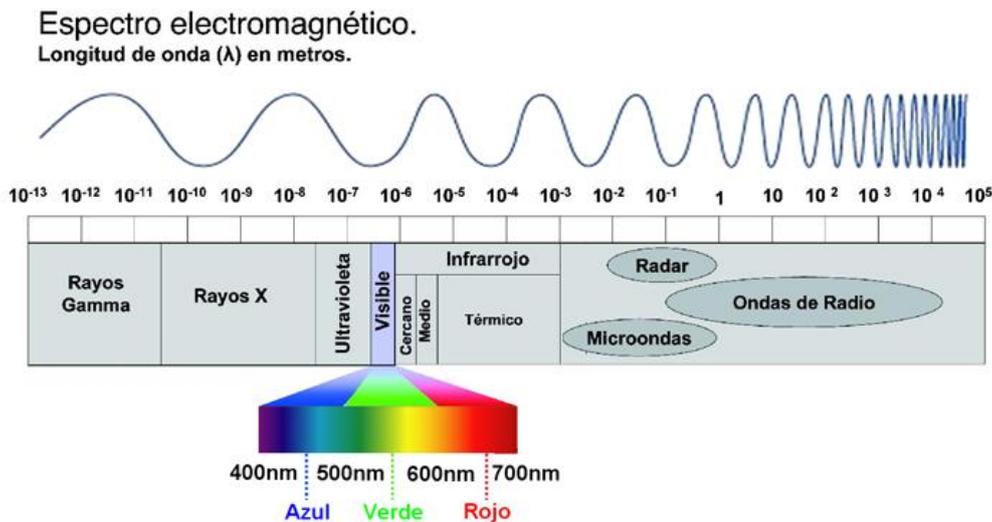


Figura 4. Espectro electromagnético.

La **teledetección multiespectral**, espectro visible e infrarrojo cercano, es una de las tecnologías que más se está usando en la última década, sobre todo mediante avionetas y satélites, pudiendo alcanzar un gran detalle en las imágenes multiespectrales. Permite conocer la fisiología de las plantas que se describe por medio de distintos índices de vigor o de vegetación como el cálculo del índice de la vegetación NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Rouse *et al.*, 1973) que es el más utilizado, el PCD (*Plant Cell Density*) (Bramley *et al.*, 2003) o el PVR (*Photosynthetic Vigour Ratio*) (Bramley y Lamb, 2003). Todos estos índices se pueden calcular gracias a las reflectancias del espectro visible al ojo humano RGB (*Red Green Blue*) y sobre todo, al espectro infrarrojo cercano NIR (*Near Infrared*).

$PCD = \frac{NIR}{R}$ → Relación de la reflectancia entre el infrarrojo cercano y el rojo.

$PVR = \frac{V}{R}$ → Relación de la reflectancia entre el verde y el rojo.

$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$ → Relación de la reflectancia entre la combinación del infrarrojo cercano y el rojo.

Estos índices sirven para calcular el rendimiento de la viña, pero también existen otros para determinar parámetros de su estructura y propiedades bioquímicas, pudiendo saber el contenido de clorofila de las hojas. También son dependientes de los parámetros de reflectancia en las bandas visibles y del infrarrojo cercano, pudiendo detectar la combinación de biomasa de la hoja y el potencial fotosintético definido como PAB (*Photosynthetically Active Biomass*) para poder así poder calcular índices.

Algunos de estos indicadores son: el índice de área foliar LAI (*Leaf Area Index*) o el fPAR (*Fraction of Photosynthetically Active Radiation*). Como la PAB está influenciada por las condiciones geo-pedo-morfológicas específicas del lugar y la teledetección multispectral la puede obtener, se pueden identificar las áreas con diferentes características del follaje y zonificar la variación de vigor en la misma explotación. Tradicionalmente el vigor de la planta se mide a través de parámetros como el área del tronco de la sección transversal y el peso de la poda.

Como se puede observar en la *Figura 3*, el índice de vegetación NDVI se corresponde a las zonas de mayor y menor crecimiento de vegetación, siendo directamente proporcional con el rendimiento. Sin embargo, la relación entre el vigor y la calidad de la uva no está muy clara y existe información controvertida.

La correspondencia entre la calidad de la uva y las diferentes zonas de vigor no está clara (Santesteban et al., 2010). Por extensión, hay que ser prudente a la hora de relacionar dichas zonas con la calidad final del vino procedente de esos diferentes lotes. En este sentido, los resultados de diversas investigaciones se han mostrado ciertamente controvertidos, ya que, si bien la calidad de uva, al igual que el vigor vegetativo y el rendimiento, varía en el espacio, su rango de variación suele ser menor (Bramley, 2005). Además, si bien las zonas de vigor y/o rendimiento no suelen variar sustancialmente a lo largo de los años, la estabilidad espacio-temporal de los parámetros de calidad de la uva es menor (Tisseyre et al., 2008).

Es por eso que no solo se puede basar en un solo índice y se debe contrastar la información obtenida con todos los parámetros posibles como por ejemplo el rendimiento de otros años, mapas de fertilidad, experiencia del agricultor, calidad de la tierra, composiciones bioquímicas, etc.

La **teledetección hiperespectral y térmica** se centra en los índices fisiológicos y en el aspecto hídrico de la viña. La teledetección hiperespectral consiste en tomar una gran cantidad de imágenes de distintos espectros electromagnéticos para combinarlas y recopilarlas, obteniendo una información tridimensional para su análisis. Las cámaras encargadas de realizar estas fotografías son capaces de obtenerlas en una gran variedad de rangos de amplitud de onda. La teledetección térmica consiste en analizar fotografías hechas con cámaras capaces de obtenerlas en el rango del espectro infrarrojo térmico.

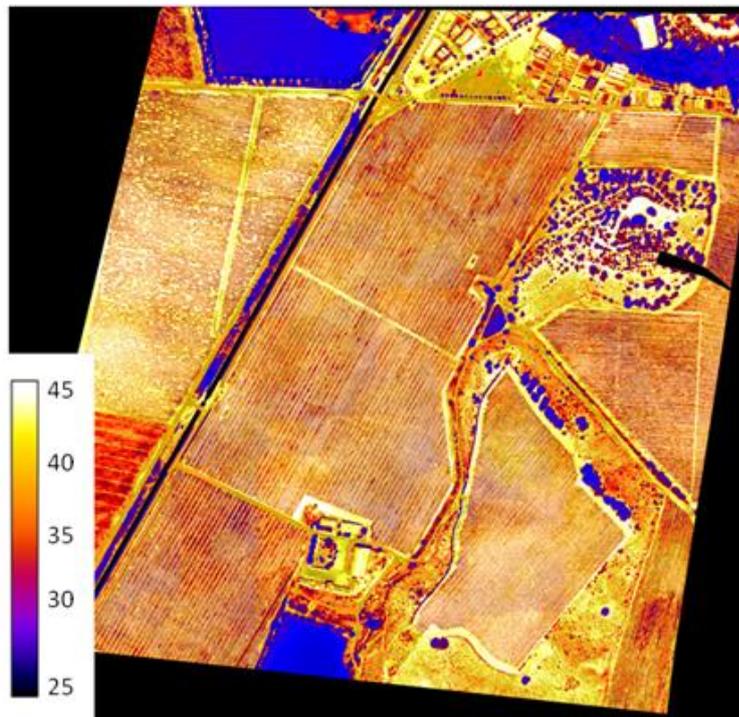


Figura 5. Mosaico térmico de un viñedo en la zona de Raimat (Lleida), obtenido a partir de imágenes térmicas y a un tamaño de píxel de 0,25 cm. Recuperado de www.acenologia.com

El contenido de clorofila permite analizar la viña y sacar conclusiones acerca del estado del estrés hídrico que puede afectar en la calidad final de la uva. Ésta se puede ver afectada por contener poca clorofila (clorosis), es decir, un déficit de hierro en la viña o también por déficit hídrico. Todos estos problemas se pueden detectar mediante imágenes hiperespectrales.

La variabilidad dentro de la viña también afecta al riego de la misma, ya que en distintas zonas de la misma viña tienen unas necesidades hídricas distintas a otras. Por lo que no se puede regar uniformemente si se desea obtener una mejor composición de la uva, ya que en algunas zonas puede que sea demasiada cantidad de agua y en otras demasiada poca. Para poder determinar esta variabilidad existe el índice CWSI (*Crop Water Stress Index*) que se puede obtener utilizando imágenes térmicas. Este índice relaciona la variabilidad espacial con la cantidad de agua que necesita esa zona.

A día de hoy la teledetección que más se utiliza es la multiespectral, ya que la hiperespectral no está del todo desarrollada. Aun habiendo limitaciones en esta tecnología es un método muy bueno para la toma de decisiones sobre la viña porque se puede lograr una buena predicción de la calidad de la uva.

Las tres principales plataformas que más utilizan la tecnología de la teledetección son los satélites, aviones y sistemas aéreos remotamente pilotados, usando diferentes métodos de aplicación y tipos de sensores.

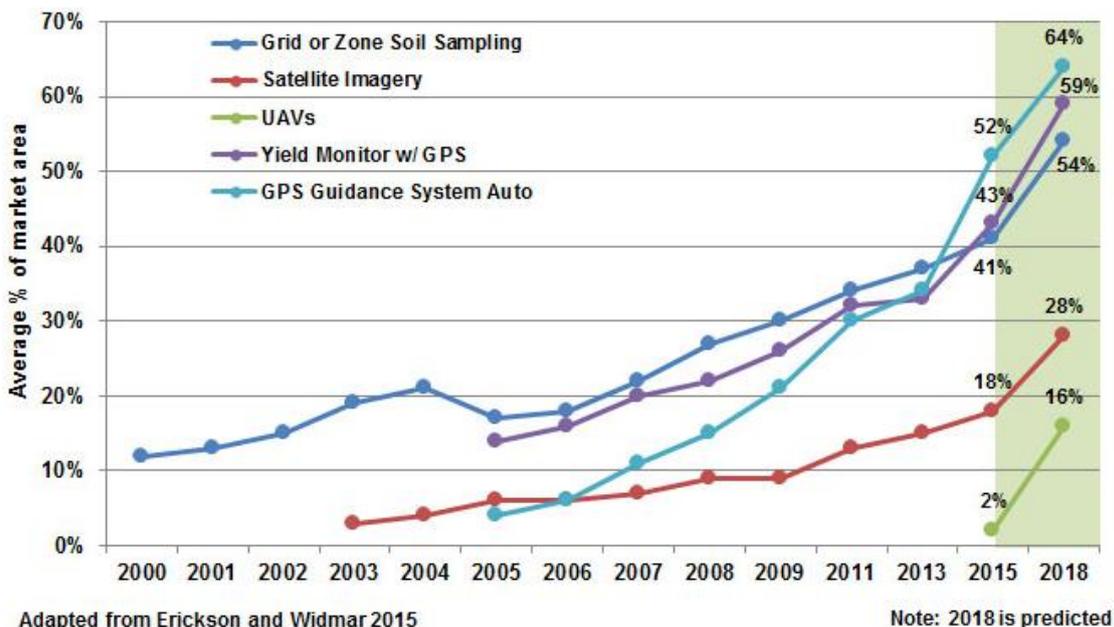


Figura 6. Evolución del área de mercado estimado utilizando métodos de AP. (Erickson y Widmar, 2015)

En la *Figura 6* se puede observar la evolución del uso de los métodos para la agricultura de precisión. Las predicciones muestran que uno de los crecimientos que más va a aumentar es la de los sistemas aéreos remotamente pilotados. A día de hoy se está desarrollando el uso de los drones para numerosas aplicaciones. En la viticultura de precisión, los drones permiten una gran maniobrabilidad además de ser muy baratos comparado con otras plataformas. Instalando las cámaras apropiadas y mediante la teledetección multiespectral, que es la más utilizada en la agricultura de precisión, se pueden obtener imágenes que ayuden a la toma de decisiones con el fin de conseguir de una forma selectiva la uva.

2.1.1 Satélites

En 1972 se puso en órbita el primer satélite utilizado para la agricultura de precisión llamado *Landsat*. Sus sensores multiespectrales tenían una resolución espacial de 80 metros por pixel pudiendo revisar los datos en 18 días. Con el paso de los años se han podido mejorar esas características consiguiendo una resolución espacial de 1 metro revisando esos datos en 1 día, además de mejorar en el rendimiento de los sensores.



Figura 7. Satélites con sensores multispectrales. Recuperado de: <http://www.aeroterra.com/p-Geoeye.htm>

El último satélite, *WorldView 3*, lanzado con éxito en agosto de 2014, es aún capaz de proporcionar resoluciones de 0,30 m en el espectro visible, 1,30 m en multispectral, y 3,70 m de infrarrojos de onda corta, con una frecuencia de entre 1 y 4 días. El uso de satélites de teledetección, por tanto, tiene un gran potencial, pero pese a la evolución que han tenido a lo largo de la historia, las resoluciones espaciales no son lo suficientemente pequeñas para la viticultura de precisión. Otra limitación es la resolución temporal y la nubosidad que puede estar presente en el momento de la recogida de datos. Es una plataforma muy cara y la obtención de datos tarda demasiado como para poder obtener un estudio a tiempo real de la viña. Sólo pueden llegar a ser sostenibles en grandes áreas (más de 50 hectáreas) por el tamaño de una sola imagen.

2.1.2 Aviones

Los aviones y avionetas, tienen las características de realizar una supervisión del suelo con gran autonomía de vuelo y una elevada carga útil en términos de peso y dimensiones, es por eso que tienen la posibilidad de contener una gran cantidad de cámaras y sensores.

A diferencia de los satélites, las avionetas tienen una mayor resolución espacial y un menor tiempo de adquisición en función de la altitud de vuelo. El problema es que no tienen mucha flexibilidad en la adquisición de datos ya que se tiene que planificar el horario del vuelo con unos grandes costes, por lo que solo sería viable en zonas de más de 10 hectáreas.



Figura 8. Sky Arrow 650TCN

El *Sky Arrow 650 TC / P68* es una avioneta con una duración de vuelo de aproximadamente 6 horas. Es un avión flexible, que puede despegar y aterrizar en aeropuertos y aeródromos con una longitud de pista de tan sólo 500 m.

2.1.3 RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*)

En la actualidad, este tipo de plataforma se está desarrollando cada vez más por su facilidad de uso y su gran funcionalidad. Comúnmente conocidos como drones, se pueden controlar con un autopiloto o a distancia por un piloto gracias al sistema electrónico que se le instala (GPS, giroscopios, acelerómetros, brújulas, microprocesador, receptor, etc.).

A esta plataforma se le puede instalar las cámaras y elementos necesarios para que cumplan con su aplicación, es por eso que en el campo de la agricultura tienen una buena aceptación ya que te da una posibilidad de monitorizar los campos de una forma flexible y con un tiempo y coste de adquisición de datos muy bajo. Además hay que destacar su alta resolución espacial, siendo la más alta de entre las plataformas explicadas anteriormente. Estas características que ninguna otra plataforma puede conseguir lo hacen ideal para viñas de un tamaño de 1 a 10 hectáreas.

Sin embargo, el principal inconveniente que existe con los RPAS es la poca autonomía de vuelo que tienen. Con el paso del tiempo se irán desarrollando nuevas baterías que permitan una mayor duración en el vuelo dotando al RPAS de unas características ideales.

En el *Apartado 3* se va a especificar sobre este tipo de plataforma y relacionándolo con la viticultura de precisión.

2.2 Detección proximal

Durante los últimos años se han utilizado muchas herramientas disponibles para mediciones como los anemómetros y los termómetros o sensores electrónicos para medir el pH. La adquisición de datos de este tipo de herramientas no se puede conseguir a tiempo real y resulta muy complicada obtenerla. Una solución que se aplicó a este problema ha sido el cableado, pero surgió otro problema ya que al trabajar con largas distancias es difícil crear una red de sensores que abarquen todo el campo que se desea estudiar.

Los sensores inalámbricos **WSN** (*Wireless Sensors Network*) proporcionan una medición útil y en tiempo real siendo una mejor opción que las herramientas explicadas en el párrafo anterior. Es una potente herramienta de monitorización ya que su tecnología consiste en introducir nodos periféricos equipados con una amplia gama de sensores para la monitorización completa de toda la explotación, dando la posibilidad de supervisar cómo evolucionan los parámetros en tiempo real y cómo se relacionan entre ellos. Para su correcto estudio los nodos hay que instalarlos en zonas representativas de la variabilidad del viñedo.

Suelen utilizar sensores de humedad para determinar el estado hídrico de cada zona específica, pero también se puede utilizar como control de plaguicidas o calidad. Aunque la principal aplicación es la adquisición de parámetros en micro meteorológicas y del nivel de suciedad. En la última década, el proceso de mejora continua ha permitido el desarrollo de nuevos tipos de sensores para la monitorización de fisiología vegetal, tales como dendrómetros y sensores de flujo de savia, para la medición continua del estado hídrico de la planta y la programación del riego.

En la *Figura 9* que se muestra a continuación, se muestra como estarían distribuidos los nodos en la explotación y mediante el sistema inalámbrico todos guardan la información obtenida en la estación central, que es controlada remotamente.

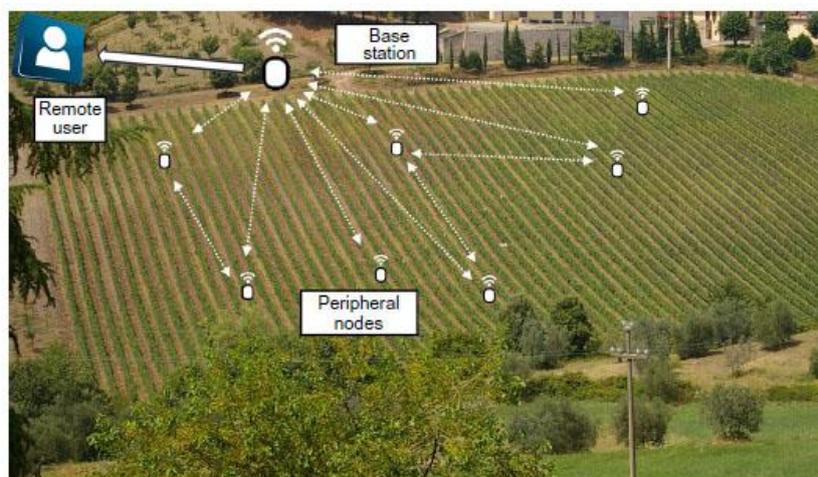


Figura 9. Estructura de WSN instalada en una viña de Siena, Italia. Recuperado de www.dovepress.com

Sin embargo, la tecnología WSN tiene limitaciones e inconvenientes. Existen viñedos que están parcelados comúnmente en pequeñas zonas aisladas, es por eso que el uso de los

nodos no es factible si existe una gran distancia entre las distintas parcelas o si las parcelas de alrededor pertenecen a otro propietario. Si son cableadas también serían inviables ya que a veces la distancia es bastante grande y puede haber ríos, montañas, carreteras o barrancos. La distancia también supone un problema en cuanto a la estructura, ya que crear el sistema de sensores puede llegar a ser demasiado complejo. Otro problema que puede aparecer tiene que ver con la comunicación entre nodos, ya que los nodos están expuestos a un sistema natural dinámico, es decir, están expuestos al crecimiento de denso follaje, intrusiones de animales o cambios climáticos que pueden modificar la calidad de la toma de datos. Es por eso que al afectar un nodo puede afectar a los demás porque están conectados entre ellos en forma de malla. Una posible solución poco práctica sería el reposicionamiento manual periódicamente de los nodos con un fin de disminuir la falta de comunicación entre ellos; por lo que la solución más factible es aumentar el número de nodos para mejorar la comunicación, pero esto provoca un aumento en el gasto económico, energético y computacional.

Un aspecto importante en la agricultura de precisión es poder monitorizar el suelo de tal forma que se muestre la variabilidad, permitiendo una mejor comprensión de parámetros fisiológicos de la viña. En cuanto a la adquisición de información, existen otro tipo de herramientas que utilizan la tecnología de detección proximal permitiendo medir la conductividad eléctrica del suelo mediante sensores electromagnéticos y GPS proporcionando una medición continua de éste. Gracias a este parámetro se pueden determinar muchas características y propiedades del suelo ya que la conductividad eléctrica está correlacionada con la capacidad de retención de agua, propiedades de la materia orgánica, incluso con la salinidad. Estos sensores generan un campo magnético que induce una corriente eléctrica en el suelo, generando otro campo electromagnético proporcional a la conductividad que hay en el suelo medido por el sensor.

Un ejemplo de estos sensores en el mercado es el *DualEM* (DualEM, Milton, ON, Canadá) pudiéndose instalar en vehículos y combinándolo con la tecnología GPS. En la *Figura 10* se puede observar la disposición de todos sus elementos y un ejemplo de ello.

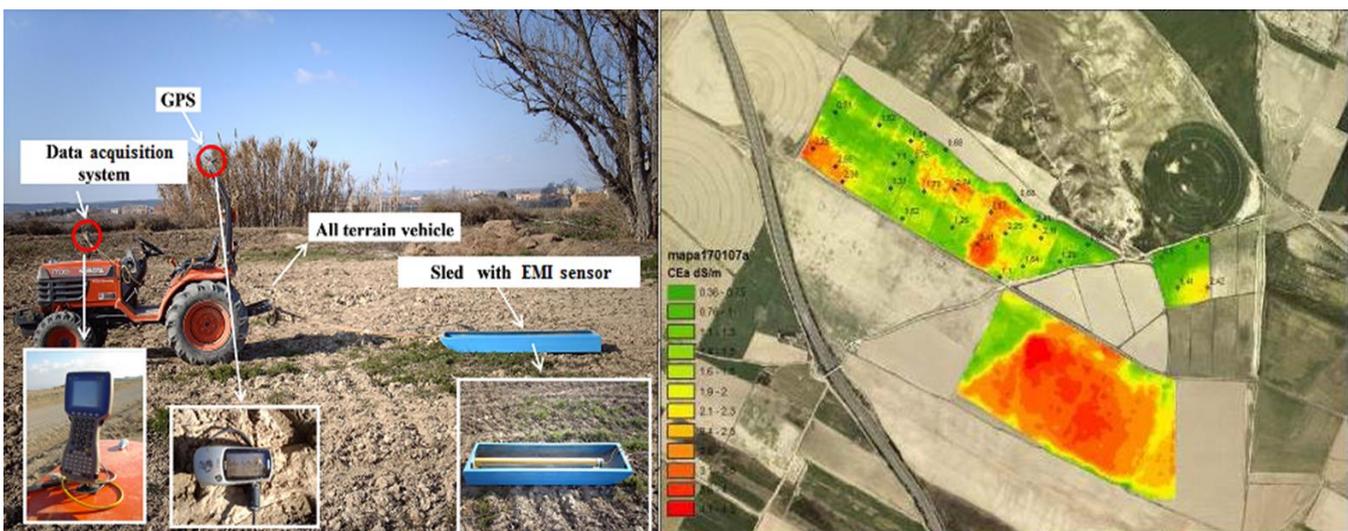


Figura 10. Estructura de un sensor móvil electromagnético georreferenciado (MGES). Recuperado de: www.intechopen.com

También existen herramientas capaces de realizar mediciones en los espectros de infrarrojo cercano y térmico; pero deben de utilizar sensores de nuevo desarrollo. Estos sensores realizan mediciones de pH, nitrógeno iónico, y el contenido de potasio.

Los sensores multiespectrales también están presentes en este tipo de tecnología, como el *GreenSeeker* (NTECH Industries Inc, Ukiah, CA, EE.UU.) o el *CropCircle* (Holanda Scientific Inc, Lincoln, NE, EE.UU.), encargados de suministrar información para el cálculo de los índices de vegetación y diseñados para ser montados en máquinas y tractores permitiendo la recogida de datos de forma continua y diariamente.

Una solución en continuo desarrollo es el uso de sensores Lidar (*Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*). Mediante el uso de un haz laser pulsado y determinando el tiempo que transcurre desde el emisor del haz hasta el reflejo del mismo en la planta, se puede proporcionar una reconstrucción 3D georreferenciada de cada planta y generar mapas de variabilidad espacial se haciendo referencia al tamaño volumétrico de la cubierta.

2.3 VRT y robótica

VRT (*Variable-rate technology*) es una tecnología adaptada a los vehículos agrícolas modernos capaces de automatizar su movimiento y con la posibilidad de ajustar sus características a las necesidades mediante un software que combina el GPS y sensores de proximidad. Gracias a la interpretación de mapas de prescripción hecha con sensores de control montados a bordo, los vehículos logran realizar operaciones específicas de una forma autónoma sin la intervención humana, supervisando el estado de la explotación y realizando una interpretación de la información y la gestión de las operaciones en tiempo real.

Las aplicaciones son múltiples pero cabe destacar que pueden realizar una distribución diferenciada de fertilizantes y pesticidas y la poda. Se basan en el desarrollo de tecnologías innovadoras recopilando información de la vegetación con sistemas de atomización de alto rendimiento, garantizando la productividad y la rentabilidad adecuada en la viña. Los beneficios resultantes son una reducción de insumos y un aumento en la productividad y rentabilidad. Uno de los inconvenientes que tiene es el coste de adquisición de estos vehículos pero con los avances tecnológicos llegarán a ser más precisos y más fáciles de usar, con costos más bajos.

Hoy en día la robótica como herramienta para la viticultura de precisión todavía está en fase de desarrollo, pero existen prototipos y proyectos que están en la fase final poniéndose ya al mercado. Muchos expertos afirman que los robots serán el futuro de la agricultura pero todavía habrá que esperar más.

Durante los últimos años el avance de la tecnología ha propiciado la continua innovación en este ámbito, reduciendo costes y aumentando prestaciones. La automatización de éstos es una de las principales características, ya que de una manera muy cómoda se obtendrá el monitorizado de la viña recopilando muchos parámetros e información que ayudarán a la toma de decisiones. Pero aunque esté todo automatizado, se seguirá necesitando el apoyo de la experiencia del agricultor.



Figura 11. A la izquierda, proyecto de VineRobot Televitis. Recuperado de: www.espores.org
A la derecha, proyecto VINBOT. Recuperado de: <http://vinbot.eu/>

El grupo *VineRobot Televitis*, de la Universidad de La Rioja en Logroño, ha recibido más de 2 millones de euros financiados por la Unión Europea para innovar en la viticultura de precisión y desarrollar la robótica en este ámbito. El prototipo del robot se muestra en la parte izquierda de la *Figura 11* y está equipado con una amplia gama de sensores para medir fluorescencia, multiespectrales, cámara RGB con visión artificial, infrarrojo térmico y GPS para su movimiento. El objetivo de este robot es que lleve a cabo funciones de monitorizado proximal y recoja información de parámetros como el rendimiento, vigor, déficit hídrico y en definitiva la calidad de la uva.

La compañía española *Robotnik Automation* ha desarrollado el robot llamado *VINBOT*. En la parte derecha de la *Figura 11* se muestra el prototipo. Es capaz de reconstruir en 3D la viña y además posee distintos sensores y cámaras multiespectrales para obtener una adquisición de datos rápida, ya que es capaz de analizar una superficie de una hectárea en una hora con una autonomía de 8 horas al día.

3. RPAS como herramienta para la agricultura de precisión

Ésta tecnología es recientemente nueva y está en auge por lo que existen varios nombres que son utilizados en este sector para designar a los sistemas aéreos no tripulados. Se están introduciendo nuevos términos que la gente puede llegar a confundir y es por eso que se va a proceder a realizar una breve descripción de éstos.

- **UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*):** Es un término general para referirse a todo tipo de aeronaves que no están tripuladas y se suele utilizar para el ámbito militar. En castellano se utilizan las siglas VANT (Vehículo aéreo no tripulado).
- **UAS (*Unmanned Aerial System*):** Este término genérico no solo se refiere a la propia aeronave, sino que también se refiere al sistema del dispositivo, el enlace de comunicaciones y la estación de tierra. La traducción al castellano sería la siguiente: SANT (Sistema aéreo no tripulado).

- **Drone:** La traducción del inglés al castellano es zángano. Se ha convertido en el término más popular y utilizado por la gente, pero sus orígenes provienen de aviones espía utilizados en el ámbito militar. En la RAE existe la palabra “dron” y la define como una aeronave no tripulada.
- **RPA (*Remotely Piloted Aircraft*):** Es un término muy parecido al UAV y sirve para denominar aeronaves operadas mediante control remoto. Su ámbito de aplicación suele ser la aviación comercial.
- **RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*) :** Como el UAS, es un término que se utiliza para denominar al sistema completo (aeronave, comunicaciones y estación de tierra). Es el más utilizado internacionalmente ya que es un término muy técnico, específico y es el que más se acerca a la descripción de la aeronave; es por eso que en este proyecto es el que se va a utilizar. En castellano se usan las siglas SARP (Sistema aéreo remotamente pilotado).

El primer desarrollo de un RPAS fue desarrollado por la compañía Yamaha en Japón durante los años 80. Su principal objetivo era dedicarse en el ámbito de la agricultura para fines de fumigación. Los avances tecnológicos a lo largo de los años han permitido que esta plataforma se haya desarrollado de tal forma que su uso a día de hoy ya está siendo una realidad en muchos ámbitos.

Una de las ventajas de los RPAS es que te permite diseñar el sistema en base a las necesidades del ámbito de aplicación, de ahí que sea una plataforma muy flexible y que sea útil para numerosas aplicaciones. Hay que recalcar que los RPAS son simplemente plataformas sobre las cuales se instalan cámaras y sensores, y estos serán los encargados de dar numerosos usos. En el caso de la agricultura se utilizan cámaras multiespectrales con el fin de registrar numerosas propiedades de la explotación con un gran detalle.

La tecnología que utilizan es la teledetección, sobrevolando los campos mediante receptores de radiofrecuencia y sin un contacto directo de los sensores. *La agricultura de precisión es uno de los campos de acción de la teledetección, ya que las prácticas agrícolas requieren la adquisición, el procesamiento y la interpretación de una gran cantidad de datos, de manera precisa, de extensas áreas* (Joseph, 2005).

Los SARP han permitido que la agricultura de precisión avance dando un gran salto tecnológico. Las otras plataformas convencionales que utilizan la teledetección (satélites y aviones) tienen unas limitaciones y han demostrado ser ineficientes para satisfacer los requisitos de este ámbito. Las principales limitaciones son la resolución espacial y el tiempo de adquisición de los datos, pero gracias a los SARP se pueden conseguir imágenes de gran calidad y en tiempo real que permiten estudiar la variabilidad espacial y temporal de las fincas. En la *Tabla 1* se muestra la comparación de las principales características de las 3 plataformas mencionadas anteriormente.

Plataforma	Resolución espacial	Campo de visión	Carga	Coste de adquisición de datos	Autonomía de vuelo
Satélite	1 - 25 m	10 – 50 km	-	Muy elevado	-
Avioneta	0.1 - 2 m	0.5 – 5 km	Ilimitada	Elevado	Elevada
RPAS	0.5 - 10 cm	50 – 500 m	Limitada	Muy bajo	Muy baja

Tabla 1. Comparación de plataformas de teledetección.

Hay que destacar que las imágenes sacadas por las avionetas son costosas, tienen una frecuencia limitada y son costosas ya que las imágenes implican gran resolución para que los píxeles no se mezclen, pudiendo analizar de forma correcta y fiable los datos obtenidos sin llegar a confundir el suelo y la vegetación. Este problema también lo tienen los satélites, además si el cielo está nublado el problema será aún mayor.

Es por eso que los RPAS son ideales para volar a baja altura y obtener datos de gran calidad. Además pueden ser controlados de forma remota especificando la altura de vuelo que deseamos, aumentando así la seguridad y el control de la plataforma. Su costo es relativamente bajo y ya se están desarrollando numerosos proyectos que demuestran que su aplicabilidad es factible y cada vez están adquiriendo más confianza y fiabilidad para realizar este tipo de tareas.

3.1 Tipos de aeronaves no tripuladas y sistema de control

Las aeronaves no tripuladas que se pueden utilizar para la agricultura de precisión se suelen clasificar en dos categorías principales: **multirrotores** y **de ala fija**.

Los **multirrotores** son el tipo de RPAS que la gente suele tener en mente cuando se habla de drones. Se puede utilizar para numerosas aplicaciones y eso permite que actualmente se estén desarrollando tanto. Además no requiere ningún conocimiento de aerodinámica ya que sus plataformas son estables y los motores se encuentran a la misma distancia dándole mucho equilibrio a la aeronave. Es por eso que su montaje es rápido y sencillo. Como desventaja es que suelen tener un poco autonomía, entre 10 y 15 minutos.

Las de **ala fija** tienen la ventaja de ser capaces de alcanzar altas velocidades y con una larga duración, además de tener una estructura más simple y son ideales para abarcar grandes terrenos. Una de las desventajas es que tienen la necesidad de utilizar una pista o un lanzador para el despegue y el aterrizaje; y que tienen poca capacidad de carga. Tampoco son capaces de mantenerse fijos en el aire como las de alas rotativas.

Por otro lado, las aeronaves de alas giratorias tienen la ventaja de despegar y aterrizar verticalmente, además de tener una maniobrabilidad ágil pero con más complejidad mecánica respecto a las de alas fijas. Sus principales características de vuelo son que tienen una baja velocidad y una corta distancia de vuelo. Esto los convierte en el instrumento perfecto para trabajos de inspección detallada o la topografía para áreas con difícil acceso.

A continuación se muestra en comparativa la estructura de ambos tipos de aeronaves.

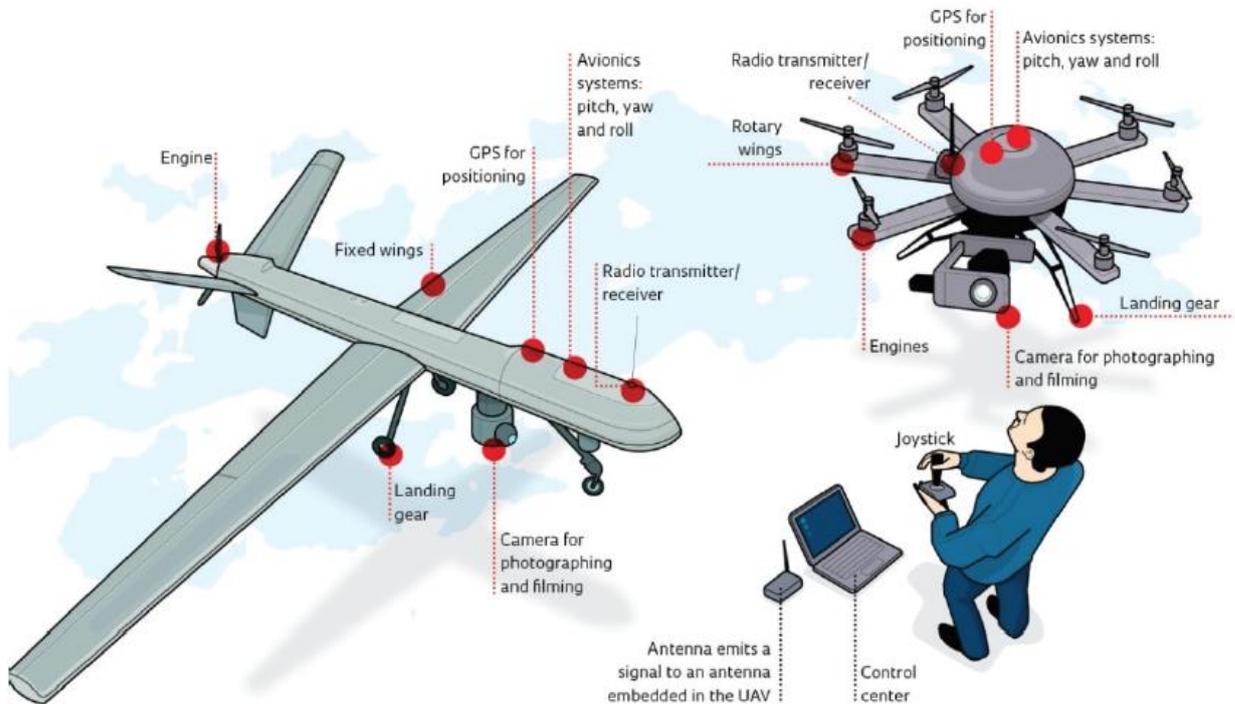


Figura 12. Comparación entre la estructura de SARP de ala fija y rotativa. (Andrade, 2013)

En cuanto a la **estructura** de los RPAS, existen dos posibles maneras de poder enlazar los datos y los sistemas de control que se instalan en los RPAS, ya sea a control remoto o con un ordenador a bordo que generalmente suele ser mediante un GPS. Estos sistemas de control son: la estación de control en tierra, los enlaces de comunicación, las terminales de datos, los sistemas de lanzamientos y recuperación y el equipamiento de soporte en tierra e interfaces para el control de tráfico aéreo. Un enlace de datos típicamente consiste en un transmisor de radio frecuencia Rf y un receptor Rx, una antena, y los módems para enlazar estas partes con el sistema de sensores. Estos componentes permiten una comunicación muy flexible con buena adaptabilidad y de una forma segura, consiguiendo un buen control en el ancho de banda, la frecuencia y el flujo de información y datos.

El ancho de banda para los enlaces de datos utilizado por el RPAS usualmente están libres de atascos o congestiones y son seguros. Estos enlaces conectan la estación en tierra con el RPAS vía directa: enlazados punto a punto o vía satélite. Estos enlaces son muy útiles porque permiten realizar funciones muy importantes como la subida y descarga de datos o el envío de datos desde el sistema de sensores y telemetría a la estación en tierra.

Al RPAS se le puede instalar carga adicional para que cumpla con los objetivos de la aplicación específica, en el caso de la agricultura de precisión suelen llevar cámaras de vídeo o fotográficas de alta resolución y capaces de obtener imágenes en distintos espectros electromagnéticos.

También necesita sensores de navegación y microprocesadores que son utilizados para proveer el funcionamiento básico, el cual es tener la capacidad para mantener el vuelo de la plataforma sin intervención humana, de forma semiautónoma o mediante el control remoto.

El control desde tierra mediante **control remoto** requiere un control permanente del operador y el SARP depende totalmente de la persona que lo pilota. El **control semiautónomo** es uno de los tipos de control que más se utiliza, el operador debe asumir el control total de la aeronave durante el pre-vuelo, el despegue, el aterrizaje y cuando las operaciones son cerca de la estación base, pero una vez la aeronave tome vuelo el RPAS puede ser pilotado por el autopiloto siguiendo un conjunto de puntos programados. El operador es responsable a lo largo de la operación, sin embargo, el control puede ser asumido en cualquier momento. El **control autónomo** no requiere intervenciones humanas en orden de cumplir un objetivo, después de la acción de despegar. Igualmente es capaz de ajustar sus controles abordo según los límites de programación. Un autopiloto sofisticado, permite el vuelo autónomo en trayectorias de vuelo programadas sin intervención humana para casi toda la misión.

Independientemente del tipo de ala, también existen distintos tipos de drones según su distancia de alcance. A continuación se muestra una tabla donde se resumen sus principales características.

Características	Alcance cercano	Corto alcance	Largo alcance
Alcance (km)	Menos de 50	Menos de 200	Más de 200
Tiempo de vuelo (h)	Entre 0.5 y 2	Entre 8 y 10	Más de 24
Peso (kg)	Menos de 5	Menos de 5000	Menos de 105000
Velocidad (km/h)	Menos de 60	menos de 485	Menos de 730
Altitud (km)	Menos de 6	Menos de 16	menos de 20

Tabla 2. Características de los SARP.

El tipo de aeronave que más se ha utilizado para la agricultura de precisión son los de ala fija, aunque actualmente se han empezado a desarrollar numerosos RPAS de ala rotativa específicos para la viticultura de precisión. Es por eso que en el siguiente apartado se van a presentar distintos ejemplos de aeronaves que se han fabricado.

3.2 Aplicaciones en la agricultura de precisión

El objetivo principal de los SARP es servir de apoyo a los agricultores para facilitar la toma de decisiones, para ello, disponen de sensores y cámaras que se basan en la tecnología de la teledetección explicada anteriormente. Hay que recalcar, que la reflectancia de la radiación electromagnética incide con longitudes de onda distintas y es por eso que se necesitan cámaras multispectrales y detectar las bandas de espectros requeridas para el análisis de los datos. Los espectros en los que se necesita hacer toma de información son el espectro visible, el infrarrojo cercano y el infrarrojo térmico.

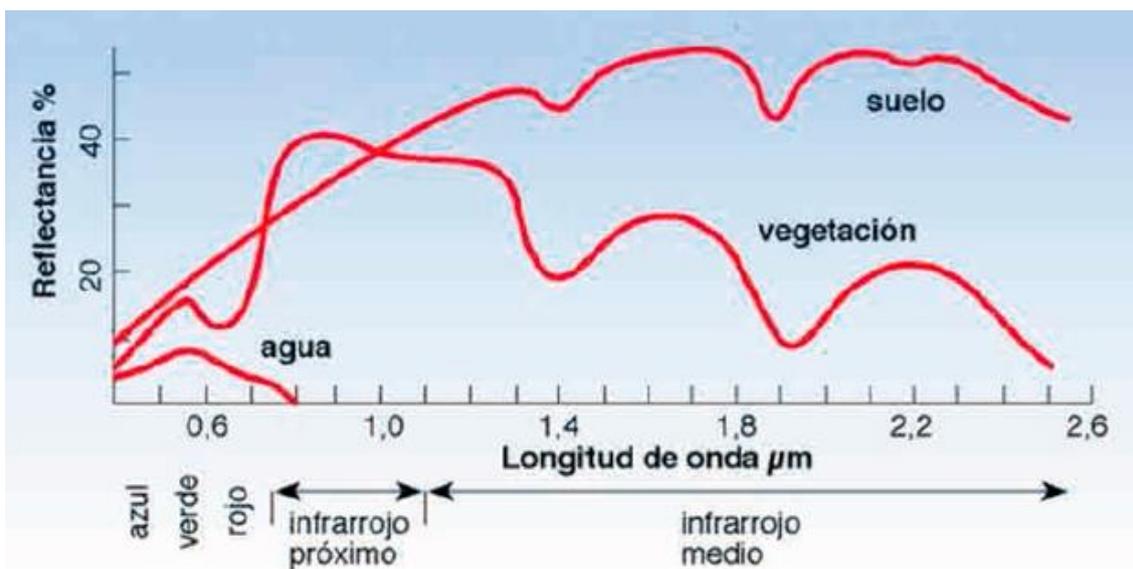


Figura 13. Curvas de reflectancia en coberturas de la superficie terrestre. Recuperado de: <http://drones.uv.es/aplicaciones-para-drones-en-la-agricultura/>

En la *Figura 13* se observa el porcentaje de reflectancia el cual es capaz de obtenerse en los distintos espectros y longitudes de onda de las bandas. Esta relación es específica para cada tipo de superficie. Es por eso que en cuanto a la recogida de parámetros relacionados con la vegetación es mejor analizarlos en el espectro del infrarrojo cercano y para el suelo es mejor analizarlos en el espectro infrarrojo térmico.

Los sensores más comunes son capaces de detectar la alteración de la actividad fotosintética de las hojas y su temperatura, es por eso que los SARP se utilizan principalmente para estudiar las distintas imágenes que obtiene con sus cámaras instaladas.

Existen numerosas aplicaciones que se están desarrollando e investigando y a continuación se va a proceder a explicar unas cuantas de ellas de una forma generalizada.

- Índices de vegetación, vigor, rendimiento y calidad:** Es una de las aplicaciones que más se utiliza en la agricultura de precisión ya que estos índices son los principales para detectar el rendimiento y la calidad del campo. Mediante imágenes multispectrales se puede detectar la actividad fotosintética de las plantas, siendo un parámetro muy importante para detectar el vigor y lo sanas que están las plantas.

También se pueden obtener los índices de vegetación, como por ejemplo el NDVI, que suelen estar relacionados con el rendimiento de la explotación. Éstos índices se relacionan con las características fisiológicas y estructurales de la viña.

- Control de insumos y plaguicidas:** Mediante imágenes hiperespectrales y la clorofila de las plantas, se pueden obtener parámetros relacionados con los nutrientes que contienen la planta, es por eso que se puede calcular el estrés nutricional y aplicar insumos y fertilizantes sólo donde sea necesario. Además se conseguirá un ahorro de estos y una mayor sostenibilidad en el medio ambiente.

- **Control del estado hídrico:** La reflectancia de las hojas en distintos espectros es una herramienta muy útil con la que se puede obtener mucha información. Con el espectro visible se pueden observar los pigmentos fotosintéticos (clorofila a, clorofila b y los carotenoides), en el espectro infrarrojo cercano se puede determinar las características fisiológicas de la planta pudiendo obtener información sobre la distribución de aire y agua dentro de la planta, y en el espectro infrarrojo térmico se puede obtener información sobre la presencia de agua y sustancias que componen las plantas (celulosa, proteína, almidón, nitrógeno...).

El estrés hídrico se relaciona con el cierre de los estomas, aumentando la temperatura de las hojas. Es por eso que con imágenes infrarrojas térmicas se puede observar fácilmente este comportamiento de las plantas. Gracias a imágenes como las que se pueden ver en la *Figura 14*, se puede regar de una forma específica aplicando más agua o menos agua dependiendo de la zona.

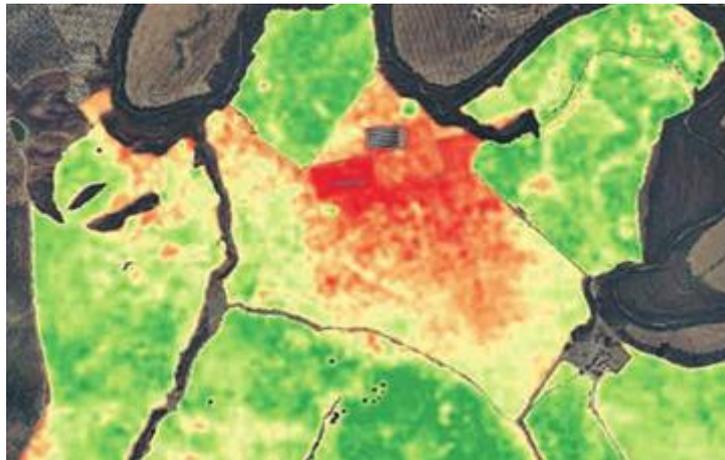


Figura 14. Imágenes térmicas de una explotación de Jaén para obtener el estrés hídrico. Bellvert, *et al.* (2012)

- **Control de enfermedades:** Se pueden detectar enfermedades de forma temprana ya que la tecnología del RPAS junto a imágenes multispectrales, permiten detectar cambios en la fisiología y características de las plantas. Las sustancias químicas de la vegetación son los principales parámetros que se ven afectados cuando sufren alguna enfermedad o variación.
- **Mapeo, supervisión y conteo de plantas:** La visión aérea junto con la buena resolución, son una de las características principales de los RPAS. Es por eso que pueden ofrecer una visión distinta del cultivo. Esta vista puede ser útil para realizar inventarios de cultivo o vigilancia.

Especialmente esta herramienta es útil para cultivos de difícil acceso, ya que la visión a pie de campo puede que no sea muy buena. Además, permiten obtener información de todo el campo dando la oportunidad de realizar un conteo de plantas y buscar nuevas estrategias en la organización y estructura de la explotación.

- **Localización de malas hierbas:** Es importante tratar las malas hierbas en una fase temprana para poderlas erradicar de una forma correcta. Los RPAS ofrecen unas imágenes multiespectrales del cultivo en las que se pueden determinar y cartografiar con precisión estas malas hierbas. Además, al poder especificar en la zona donde se encuentran, se puede realizar un tratamiento localizado en las zonas afectadas aplicando herbicidas.

3.3 Requisitos operacionales

Principalmente la funcionalidad de los RPAS para la agricultura de precisión se ha ido desarrollando en el campo científico y de una manera experimental. Es cierto que esta tecnología cubre muchas limitaciones en la agricultura de precisión, pero también es cierto que para que esta aplicación sea operativa es necesario que se cumplan una serie de requisitos ya que así se podrá sacar el máximo partido y se obtendrán resultados satisfactorios que mejoraran notablemente la calidad del producto final.

Uno de los requisitos más importantes es que la explotación tenga variabilidad en el suelo, morfología, vegetación; y esta variabilidad influya en la calidad final del producto. El principio de la agricultura de precisión se basa en la caracterización de la variabilidad interparcelaria, es por eso que si no existe o no influye en el resultado final, todo el método de la agricultura de precisión no servirá. Existen cultivos que no permiten aplicar técnicas de agricultura de precisión. También es importante que se pueda caracterizar dicha variabilidad mediante sensores y cámaras capaces de recopilar imágenes e información.

En algunos casos, aplicar solución a algunos problemas detectados dentro de la explotación, son muy complejos o no salen económicamente rentable. Es por eso que los datos obtenidos y la información recopilada deben permitir que haya una solución que mejore la productividad y el cultivo.

Para poder obtener soluciones óptimas se debe contrastar la variabilidad de la explotación con otros métodos, sensores como por ejemplo los planta-clima-suelo o también con muestreos de campo o datos de cosechas anteriores.

Pero hay que tener claro que cada cultivo, cada explotación e incluso cada cosecha son diferentes. No existe una solución única que pueda mejorar la productividad en todos los campos ya que influyen muchos parámetros como la climatología o localización. Es por eso que es necesario que tengan que ser tratados y medidos de forma diferente para poder procesar información adecuada y que la ayuda a la toma de decisiones sea acertada.

3.4 Ejemplos

Van Buren y Yule (2013) desarrollaron dos RPAS, uno con 4 rotores y otro con 6 rotores. La principal función es tomar imágenes multiespectrales mediante cámaras montadas en su plataforma. Las cámaras que han utilizado son la *Tetracam MCA* (toma fotos multiespectrales) y a *Canon PowerShot* (toma fotos en el espectro infrarrojo cercano).

Las imágenes que captan son de calidad permitiendo el correcto análisis de las mismas aunque siempre hay que hacerle unas pequeñas correcciones.



Figura 15. HexaKopter and QuadKopter (Van Bueren and Yule, 2013)

Otro ejemplo es el desarrollado por Torres-Sánchez *et al* (2013), el cual su principal función es detectar la maleza temprana de los campos. La tecnología que usa es la misma que la anterior, mediante cámaras capaces de tomar imágenes en distintos espectros electromagnéticos. Esta plataforma también posee una cámara fotográfica del espectro visible (RGB) y otra cámara capaz de tomar fotos hasta en 6 bandas distintas.

Realizaron pruebas de vuelo a tres alturas distintas, 30 60 y 100 m obteniendo resultados muy satisfactorios. Los investigadores informaron que el RPAS mostró capacidad de tomar una alta resolución espacial de las imágenes y de operar bajo demanda de acuerdo con la misión de vuelo planeado, debido a su flexibilidad y la baja altitud de vuelo.



Figura 16. Plataforma Quadrocopter (Tores-Sánchez et al., 2013)

El RPAS desarrollado por Turner y Lucieer (2011) es muy parecido a los nombrados anteriormente. La función que tiene es la de recopilar imágenes en distintos espectros electromagnéticos mediante las cámaras *Canon550D* y la *Tetracam mini-MCA*.

Las imágenes obtenidas son utilizadas para crear modelos digitales de la superficie y poder analizar la vegetación en distintos espectros. Pudiendo calcular índices de vegetación así como medir la temperatura y el contenido de las hojas de las plantas.



Figura 17. Oktokopter (Turner and Lucieer, 2011)

4. Normativa para ser operador de RPAS

Hasta hace poco no existía ninguna ley que regulara los drones para usos civiles, pero en julio del 2014 se aprobó el *Real Decreto-ley 8/2014* que derivó en la aprobación de la *Ley 18/2014* de 15 de octubre de ese mismo año. En los artículos 50 y 51 se muestran todos los requisitos necesarios para poder pilotar drones por control remoto con un carácter profesional. Se puede ver el documento oficial en *Anexo 1*.

Aunque actualmente se sigue esperando una nueva regularización que permita el uso comercial de los drones, ya que desde julio del 2014 sigue en pie la normativa provisional que regula el uso de drones emitida por la AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea). Esto se debe a la situación política actual en España, ya que se está a la espera de formar un nuevo gobierno. En el *Anexo 2* se puede ver toda la normativa aplicable.

Se va a proceder a explicar todos los requisitos que se deben cumplir para poder ser un operador de RPAS. Se ha desglosado la información en distintos apartados para que sea más entendible.

4.1 Piloto

El encargado de operar la aeronave tiene que ser un piloto certificado. El primer requisito que debe cumplir es que tiene que tener más de 18 años. Para certificarse se tienen que cubrir dos partes, unos **conocimientos teóricos** y unos **conocimientos prácticos**; además de pasar un **certificado médico**.

Hay dos posibilidades para cumplimentar con los **conocimientos teóricos**. Una manera es disponiendo de cualquier licencia de piloto (en los últimos 5 años) ya que estos conocimientos teóricos se convalidan con los de la titulación de piloto de drones. La otra manera es si no se dispone de esa licencia de pilotos, lo que hay que hacer es buscar una [escuela ATO certificada](#) y apuntarse.

Existe la posibilidad de inscribirse a cualquiera de los dos cursos disponibles, el curso normal y el curso avanzado. En el curso normal se obtiene la licencia de piloto VLOS y da la validez para volar RPAS siempre y cuando éste se tenga a la vista. En el curso avanzado la licencia es de piloto BVLOS y se puede volar el dron lo lejos que el sistema FPV (*First Person View*) te permita.

Los cursos son de 60 horas de formación presencial y se debe pasar un examen teórico. El temario que se enseña es similar al impartido en la titulación de **piloto de avioneta**. Se suele tardar entre 3 y 5 semanas de aprendizaje sin tener conocimientos aeronáuticos. El precio de los cursos suele estar sobre los 1200€.

Los **conocimientos prácticos** se acreditan mediante la realización de 4 horas prácticas y superando un examen práctico. En el examen práctico se realizan una serie de pruebas y te certifican como piloto de ese modelo de RPAS específico. El más común es *DJI Phantom 2* pero la habilitación de más de un modelo es posible realizando otro examen práctico. Hay que especificar que estos conocimientos prácticos no se pueden convalidar aunque se disponga del de piloto de otras aeronaves. El precio aproximado de las prácticas y el examen suele ser de unos 300€.

Por último, es necesario obtener un **certificado médico** de clase 2. Es un certificado exigente que se hace a cualquier piloto de aviación. Se realizan las siguientes pruebas: un análisis de sangre, uno de orina, prueba de vista (cerca y lejos), una prueba para los oídos, un electro, te miden, te pesan y te hacen unas preguntas. El coste de este certificado médico es de unos 120€. Este certificado tiene los siguientes periodos de validez:

- Hasta los 40 años, 60 meses (renovando, en cualquier caso, a los 42 años).
- Entre las edades de 40 y 50 años, 24 meses (renovando a los 51 años).
- Mayores de 50 años, 12 meses.

En todo momento, el piloto deberá acreditar que disponen de los conocimientos adecuados de la aeronave que va a pilotar y de su pilotaje. Se acredita por medio de un documento que puede ser emitido por el operador, por el fabricante de la aeronave o una organización autorizada por éste, o por una organización de formación aprobada.

4.2 Aeronave

La aeronave debe de cumplir unos ciertos requisitos de **identificación** y tener contratado un **seguro de responsabilidad civil** frente a terceros para que pueda ser pilotada.

El RPAS debe de llevar una **placa identificativa** en la que aparezca la identificación de la aeronave, el número de serio, el nombre de la operadora y los datos de contacto. Esta placa es responsabilidad exclusivamente del operador (adquirirla o elaborarla, grabar o hacer grabar la información requerida y fijarla a la aeronave) y en ella deberá constar "de forma legible a simple vista e indeleble" la información que se especifica. Por tanto, el tamaño de la placa ha de ser el necesario para que incluya toda la información requerida y ésta pueda leerse a simple vista.

Hay que contratar un **seguro de responsabilidad civil** frente a terceros. Se exige una póliza de seguro u otra garantía financiera que cubra la responsabilidad civil frente a terceros por daños que puedan surgir durante y por causa de la ejecución del vuelo.

En el caso de tener varias aeronaves pilotadas por control remoto, cada una de ellas deberá estar asegurada, ya sea en la misma póliza (póliza en conjunto) o en distintas pólizas.

Los límites de cobertura dependerán de la masa máxima al despegue. [El RD 37/2001 de 19 de enero](#) establece los límites mínimos del seguro de daños a terceros para el caso de las aeronaves civiles pilotadas por control remoto de MTOM inferior a 20Kg. En el Real Decreto se especifica que es de 220.000 Derechos Especiales de Giro (una divisa internacional), unos 275.000 euros al cambio. Por lo tanto el seguro a terceros será de 300.000€ de cobertura. El documento oficial se encuentra en el *Anexo 3*.

Las compañías aseguradoras deben disponer de una autorización administrativa que concede el Ministerio de Economía y Competitividad en relación con el ramo al que vayan a dedicarse y deben estar inscritas en el registro de la Dirección General de Seguros en dicho ramo.

4.3 Operador

La empresa operadora es la encargada de preparar y disponer de una serie de documentos y requisitos que se deben cumplir. La AESA exige que las operadoras tengan documentación para la **caracterización de aeronaves**, un **manual de operaciones**, un **estudio aeronáutico de seguridad**, **vuelos de prueba**, establecer un **programa de mantenimiento**, proteger a la aeronave de **actos de interferencia** y asegurarse que el piloto cumpla con la normativa. A continuación se van a explicar todos los puntos nombrados.

Hay que disponer de la documentación relativa a la [caracterización de las aeronaves](#) que vaya a utilizar, incluyendo la definición de su configuración, características y prestaciones. El documento oficial se encuentra en el *Anexo 4*. A continuación se va a mostrar las especificaciones que se deben caracterizar:

- Descripción del sistema:

1. Fabricante, modelo y números de serie de la aeronave, motor, hélices, soporte de la carga de pago y carga de pago, piloto automático, emisora de control,....
2. Planos/diagramas con dimensiones del vehículo aéreo Fotografías de 3 vistas.
3. Listado de componentes y equipos.
4. Masa del vehículo aéreo en vacío y masa máxima al despegue MTOM (incluyendo carga de pago y combustible).
5. Descripción del piloto automático y sistema de navegación.
6. Descripción del sistema de alimentación eléctrica o de combustible.
7. Capacidad de las baterías.
8. Descripción del sistema de propulsión. Potencia kw.
9. Frecuencias utilizadas. Alcance máximo del sistema de mando y control. Potencia de salida del emisor.
10. Descripción de la carga de pago.
11. Descripción del soporte de la carga de pago.
12. Descripción del sistema de terminación de vuelo.
13. Descripción de la estación de control.

- Actuaciones y limitaciones del vehículo aéreo:

1. Alcance y autonomía.
2. Altitud máxima de vuelo.
3. Velocidad normal y máxima de operación.
4. Velocidad normal y máxima de ascenso.
5. Velocidad normal y máxima de descenso.
6. Limitaciones relacionadas con la velocidad y dirección del viento, precipitaciones, formación de hielo, temperaturas máximas de operación,....

- Comunicaciones:

1. Comunicaciones radio con ATC. Medios alternativos.
2. Comunicaciones entre el piloto del RPAS y otro personal involucrado en la operación.

Hay que disponer de un [Manual de operaciones](#) del operador que establezca los procedimientos de la operación. Se debe especificar la estructura organizativa de la empresa operadora, así como las responsabilidades de todos los integrantes de ésta. También hay que realizar el control y supervisión de las operaciones, donde se explica el tipo de operaciones que se pueden realizar, los programas de supervisión y control operativo de las operaciones y el programa de prevención de accidentes y seguridad de vuelo. El documento oficial se encuentra en el *Anexo 5*.

Se debe tener el [estudio aeronáutico de seguridad](#) de la operación u operaciones que hay que realizar, se trata de un documento que demuestre que las operaciones pueden realizarse con seguridad. El documento oficial se encuentra en el *Anexo 6*. Este estudio se encarga de realizar las siguientes tareas:

- Valora el nivel de seguridad de la actividad que se pretende desarrollar, es decir, en qué campo de riesgo (no tolerable, tolerable o aceptable), se encuentra, y las medidas mitigadoras de riesgo que deberá adoptar para que el nivel de riesgo sea aceptable.
- Podrá ser genérico o específico para un área geográfica o tipo de operación determinado.
- Tendrá en cuenta las características básicas de la aeronave o aeronaves a utilizar y sus equipos y sistemas.
- En el sistema de evaluación se considera: medios, entorno y personas.
- Para analizar los posibles riesgos, se realizan las siguientes 5 preguntas:
 1. ¿Qué podría suceder?
 2. ¿Qué probabilidad hay de que suceda?
 3. ¿Cuáles son las consecuencias si esto ocurre?
 4. ¿Podemos mitigar o reducir los riesgos?
 5. ¿Es aceptable el riesgo residual?

Otro requisito es la realización, con resultado satisfactorio, de los [vuelos de prueba](#) que resulten necesarios para demostrar que la operación pretendida puede realizarse con seguridad. Se realizarán a la hora de registrarse como operadora en AESA. El documento oficial se encuentra en el *Anexo 7*.

Se ha de establecer un [programa de mantenimiento](#) de la aeronave, ajustado a las recomendaciones del fabricante. Tiene que quedar incluidas las revisiones mínimas a realizar según la ley, después del montaje de la aeronave, las revisiones periódicas (diarias, de servicio, básicas y generales) y otras revisiones que establezca el fabricante y no queden reflejadas en la actual legislación. El documento oficial se encuentra en el *Anexo 8*.

La aeronave tiene que estar pilotada por [pilotos que cumplan los requisitos](#) establecidos en esta disposición. El documento oficial se encuentra en el *Anexo 9*.

La operadora debe adoptar 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.

4.4 Restricciones de vuelo

Aunque se está a la espera de una normativa nueva, existen una serie de restricciones de vuelo que hay que respetar para tener una máxima seguridad.

Es por eso que solo se podrá volar de día y en condiciones meteorológicas visuales. Además el vuelo se realizará fuera de aglomeraciones de edificios y personas en ciudades, pueblos o zonas habitadas; siendo la altura máxima de 120 metros. Para prevenir accidentes

con otras aeronaves se ha de volar en espacio aéreo no controlado y con una distancia mínima de 8 km respecto de cualquier aeropuerto o aeródromo

Los RPAS de menos de 25 kg tendrán que volar dentro del alcance visual del piloto y a una distancia no mayor de 500 metros. Pero si es de menos de 2 kg Se puede volar fuera del alcance visual del piloto pero dentro del alcance de emisión por radio de la estación de control. Los vuelos estarán condicionados a la emisión de un NOTAM por el proveedor de servicios de información aeronáutica, a solicitud del operador debidamente habilitado, para informar de la operación al resto de los usuarios del espacio aéreo de la zona en que ésta vaya a tener lugar.

4.5 Procedimiento para realizar las operaciones

Para poder realizar las actividades y las operaciones con RPAS, la operadora debe entregar la correspondiente documentación explicada anteriormente a la AESA y cumplir una serie de pasos que se expondrán a continuación. Se debe realizar el [Procedimiento para habilitarse como operador de RPAS<25kg](#). El documento oficial se encuentra en el *Anexo 10*.

El **primer paso** que hay que realizar es la **solicitud de la realización de los vuelos**. Ésta debe demostrar que las operaciones que se van a realizar son seguras. Para ello se debe entregar la comunicación previa y declaración responsable por duplicado ([Apéndice A.2](#)), el cual se puede observar en el *Anexo 11*, y la siguiente documentación:

- Documento de [caracterización de cada aeronave](#) declarada.
- [Estudio aeronáutico de seguridad](#). Se debe de presentar un estudio de seguridad para cada tipo de operación, describiendo la operación, definiendo peligros/riesgos y medidas de mitigación. El estudio de seguridad debe analizar los vuelos de prueba a realizar.
- Documentos de demostración del [cumplimiento de los requisitos exigibles a los pilotos](#) (art.50.5 de la Ley 18/2014). Presentar copia compulsada de dichos documentos.
- **Condiciones o limitaciones** que se van a aplicar a la operación o vuelo para garantizar la seguridad (art 50 3.d.9º de la Ley 18/2014).
- Perfiles de los vuelos a desarrollar y **características de la operación** (art 50 6.c de la Ley 18/2014).
- Documento acreditativo de tener suscrito el **seguro obligatorio**. Se debe de presentar junto con la declaración responsable un certificado emitido por la compañía de seguros en el que expresamente se indique que dicha aseguradora se encuentra autorizada por la Dirección General de Seguros en el ramo de responsabilidad civil vehículos aéreos.

El **segundo paso** que hay que realizar son los **vuelos de prueba**. Éstos solo se podrán realizar si se ha realizado el primer paso y la copia de los documentos han sido devueltos con

el sello de la AESA. Con esto da permiso al operador para poder realizar los vuelos de prueba y que se demuestre que las operaciones que se van a realizar, bajo las condiciones establecidas, son seguras.

El **tercer paso** es el último a realizar, y consiste en **solicitar habilitación como operador**. Para ello, hay que presentar la comunicación previa y la declaración responsable para habilitarse como operador de trabajos técnicos. No hay que confundirse con el primer paso ya que es otro tipo de documento el que hay que entregar. Junto a la comunicación previa y declaración responsable por duplicado ([Apéndice A.1](#)), se encuentra en el *Anexo 12*, hay que entregar el resto de documentos que necesita tener el operador, siendo los siguientes:

- **Manual de operaciones** conforme a lo establecido en el [apéndice E](#), incluyendo cada una de las operaciones declaradas.

- [Estudio aeronáutico de seguridad](#). Debe presentar un estudio de seguridad para cada tipo de operación indicada en la declaración responsable. Dichos estudios deben incluir una descripción de las operaciones a realizar, detectando, y definiendo los peligros y/o riesgos que puedan producirse o en su caso que a lo largo de su experiencia haya detectado, con la finalidad de aplicar las medidas de mitigación oportunas para eliminar y/o reducir dichos peligros y/o riesgos, de manera que permita desarrollar la actividad, dentro de un marco de riesgo ACEPTABLE.

- Documentación acreditativa de la realización de los **vuelos de prueba** con resultado satisfactorio, donde se especifiquen las maniobras realizadas y el resultado de las mismas en base a lo establecido en el [apéndice G](#). Dicho documento debe estar convenientemente firmado por el operador.

- **Programa de mantenimiento** conforme al [apéndice H](#).

Una vez esta comunicación haya sido devuelta y sellada por la AESA, se podrá ejercer la actividad por tiempo indefinido, teniendo que cumplir los requisitos exigidos y anunciados en la documentación entregada. Si es necesario hacer alguna modificación se deberá entregar un nuevo documento (Apéndice A.1).

A continuación, se muestra la *Figura 17* que explica los pasos que hay que seguir para realizar operaciones con RPAS de una forma resumida.

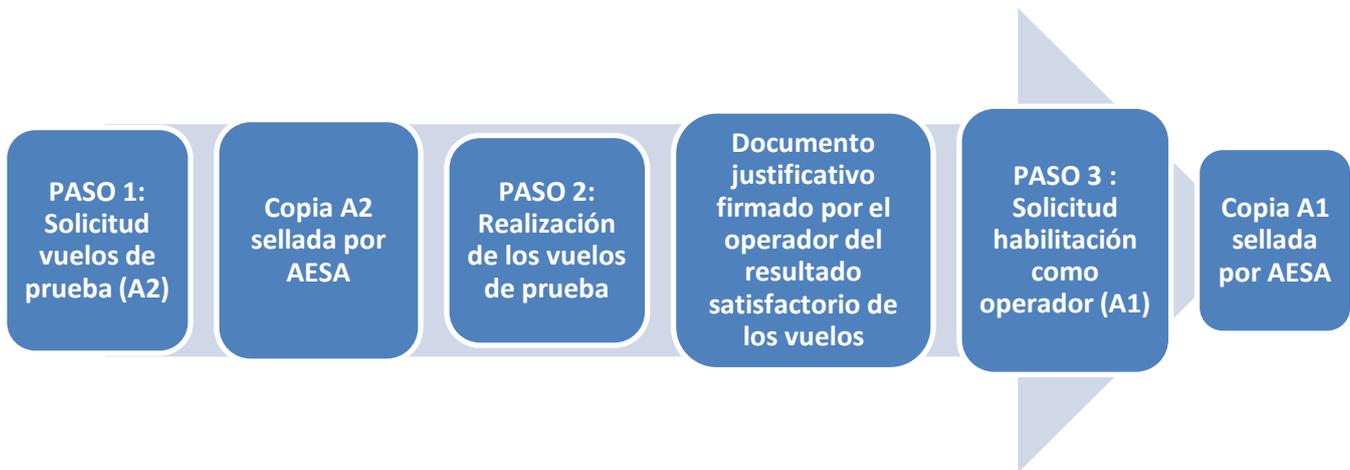


Figura 18. Pasos a seguir para poder realizar operaciones con RPAS

Los sitios para poder entregar toda la documentación son los siguientes:

- En los registros de los órganos administrativos a que se dirijan. (**Registro General de AESA**)
- En los registros de **cualquier órgano administrativo**, que pertenezca a la Administración General del Estado, a la de cualquier Administración de las Comunidades Autónomas, a la de cualquier Administración de las Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consejos Insulares, a los Ayuntamientos de los Municipios a que se refiere el artículo 121 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, reguladora de las Bases del Régimen Local, o a la del resto de las entidades que integran la Administración Local si, en este último caso, se hubiese suscrito el oportuno convenio.
- En las **oficinas de Correos**, en la forma que reglamentariamente se establezca.
- En las **representaciones diplomáticas** u oficinas consulares de España en el extranjero.
- En cualquier otro que **establezcan las disposiciones vigentes**.

5. Diseño del RPAS para viticultura de precisión

Los distintos ejemplos que se han estudiado anteriormente han servido para comprender el diseño de un RPAS y basarse en ciertos aspectos, como la distribución o la carga de pago que llevan, para la realización de un diseño nuevo. Este estudio ha permitido definir los objetivos principales del diseño para que sea completamente funcional y pueda operar satisfaciendo las necesidades establecidas.

La aplicación del RPAS es muy importante, ya que dependiendo de la funcionalidad se busquen unas características u otras en el diseño. Es por eso que el RPAS que se va a diseñar es específico para la viticultura de precisión, por eso, previo al diseño, hay que estudiar las necesidades requeridas por esta aplicación. Es por eso que ha sido de gran importancia el

estudio del arte que se ha realizado sobre la agricultura de precisión, ya que permite comprender la filosofía de esta herramienta.

Hay que recordar que el RPAS simplemente es una plataforma en la que se instalan componentes, sensores y cámaras para que cumplan con su funcionalidad específica. A la hora de diseñar un RPAS hay que tener en cuenta unos aspectos fundamentales: **la aplicación del RPAS** y su campo de trabajo, la **carga de pago** que va a llevar, el **frame** o estructura del RPAS, el **sistema de control**, el **sistema de alimentación** y por último el **sistema de propulsión**.

En los siguientes apartados se va a proceder a estudiar todos aspectos que son necesarios para diseñar correctamente un RPAS.

5.1 Análisis de requerimientos y necesidades

Se pretende realizar un diseño con el que cualquier empresa operadora pueda realizar los trabajos y servicios en relación con la viticultura de precisión. Es por eso que se ha realizado acorde con las necesidades de obtener resultados profesionales y de calidad.

El principio fundamental de la **agricultura de precisión** es el manejo diferencial del cultivo, es decir, conociendo esta variabilidad, se tratará de una forma específica cada zona de la explotación. Esta variabilidad se detecta mediante imágenes multispectrales que mediante su posterior análisis se obtiene mucha información acerca de la vegetación y resulta muy útil a la hora de tomar decisiones sobre el cultivo. El RPAS va ser el encargado de realizar estas imágenes mediante cámaras específicas que se analizarán más tarde. Además estas imágenes tienen que tener una gran resolución y el tiempo de adquisición tiene que ser muy rápido para que el análisis de los campos sea diario y prácticamente a tiempo real. Es de mucha importancia que se tengan estas características en cuenta ya que estas son las limitaciones que cubren los RPAS de la mayoría de imágenes obtenidas por satélite o aeronaves pilotadas.

Una vez vistos los requisitos que impone la aplicación, hay que analizar el **campo de trabajo** específico para poder realizar un diseño estructural compatible con dicho campo. Para ello, se realizaron una serie de fotografías y mediciones de una viña en La Font de la Figuera. A continuación, en la *Figura 19* se muestra la viña que se visitó para obtener ciertos requisitos del diseño.



Figura 19. Viña de La Font de la Figuera.

La viña es pequeña comparada con otros campos, 700 metros cuadrados, pero lo grande que es la viña no es relevante para las medidas que se querían tomar ya que lo que se quería medir era la distancia que había entre las filas para saber lo grande que podría ser el RPAS. En teoría el RPAS va a estar sobrevolando en todo momento el cultivo, pero se ha diseñado para que pueda ir entre las filas por si se tiene que observar algún detalle o tomar imágenes con más precisión.



Figura 20. Medición obtenida en la viña.

Como se puede observar en la *Figura 20*, la medición obtenida es de 200 cm. Por lo tanto una restricción en cuanto al tamaño del RPAS es que no podrá superar esta medida.

5.2 Componentes

5.2.1 Carga de pago

La carga de pago es lo que le da la funcionalidad específica al RPAS, es por eso que es muy importante seleccionar correctamente lo que va a llevar instalado en su estructura. Los RPAS dedicados a la agricultura de precisión necesitan tomar fotografías en distintos espectros, por lo que debe estar equipado con las cámaras necesarias para su aplicación.

El RPAS va a estar equipado con 3 cámaras distintas para abarcar todos los espectros electromagnéticos que son útiles para la agricultura de precisión. Una cámara será utilizada para el **espectro visible (RGB)**, otra cámara tomará imágenes en el **espectro infrarrojo cercano (NIR)** y la otra cámara realizará fotografías en el **espectro infrarrojo térmico (TIR)**. Además hay que añadirle los soportes necesarios para que las cámaras estén correctamente fijadas, la cámara RGB estará fijada en un **gimbal** de 3 ejes y las otras dos cámaras serán fijas y estarán en una caja apuntando perpendicularmente al suelo.

La **cámara RGB** es una **Canon EOS 750D**. Es una cámara tipo Reflex con la que se consigue una gran calidad en el espectro visible. Pese a tener 24 megapíxeles tiene una muy buena definición y permite un gran tamaño de imagen; lo cual viene muy bien para captar los cultivos a grandes distancias de altura. Otra de sus características es que tiene una velocidad de enfoque muy buena y consigue una buena estabilización en el video. Además la gran variedad de ISO permite adaptarse muy bien a la luz y a sus reflejos. En la *Figura 21* se muestra las dimensiones que tiene la cámara.



Figura 21. Dimensiones del cuerpo de la cámara *Canon EOS 750D*. Recuperado de: www.canon.es

Esta cámara se va a utilizar para inspección visual y obtener una vista aérea de la viña. Estas imágenes puede servir para realizar mapeo y cartografiar e incluso para hacer cambios estructurales en la viña y conteo de plantas. Es por eso que debe de tener un buen enfoque a largas distancias y no importa tanto la resolución de megapíxeles; sin embargo con esta cámara se pueden conseguir unos buenos resultados en cuanto a calidad se refiere.

En la *Tabla 3* se muestran las especificaciones más importantes de esta cámara. Todas estas características y especificaciones son del cuerpo de la cámara. Para completar la elección hace falta elegir un objetivo, el cual se explicará más adelante.

Especificaciones más importantes	
Material	Aluminio y composite
Máximo tamaño imagen	6000 x 4000
Máximo tamaño de video	1920 x 1080
Pixeles	24 Megapixeles
Ratio de imagen	1:1, 4:3, 3:2, 16:9
ISO	Mínima 100, máxima 12800
Filtro de colores	Colores primarios (sRGB)
Control remoto	Sí
Conectividad	Wifi + NFC o con cable
Duración de video	30 min.
Formato de tarjeta	SD
Peso (incluido baterías y tarjetas)	550 gramos
Precio	455€ – 650€. Mayoría a 600€

Tabla 3. Especificaciones más importantes de la *Canon EOS 750D*.

A esta cámara se le pueden añadir objetivos EF. Para ello, primero hay que analizar los requisitos que necesita tener una cámara para un RPAS que realice las funciones anteriormente nombradas. Es muy importante que el objetivo tenga un gran ángular, es decir, que tengan mucho campo de visión. Es por eso que las cámaras GoPro suelen ser tan buenas para los RPAS. Este objetivo no llega a tener una visión de ojo de pez tan exagerada como la GoPro pero si que permite un gran campo de visión y con mucha más calidad en las imágenes, permitiendo que capte toda la extensión del cultivo con muy pocas fotografías.



Figura 22. Objetivo *Canon EF-M 22mm f/2 STM*. Recuperado de: www.canon.es

En la *Figura 22* se puede observar una fotografía de este objetivo. Ofrece resultados muy buenos de vídeo e imágenes sin flash y en una gran variedad de ambientes luminosos. Además los vídeos siempre están muy bien enfocados consiguiendo una imagen muy estable. Como características físicas importantes hay que destacar que sus dimensiones son de 60.9 mm de diámetro máximo y 23.7 mm de longitud, pesando 105 gramos. Su coste aproximado es de 200 €.

Para resumir, el coste completo de la **cámara RGB** es de unos **800€** y con un peso de **660 gramos**.

Esta cámara irá instalada en un *gimbal* de 2 ejes, el cual es el encargado de rotar la cámara respecto a los ejes *pan* o *tilt* para una mejor orientación de la cámara. Las

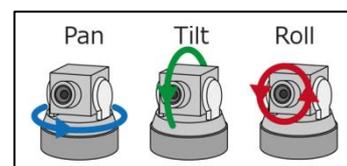


Figura 23. Explicación *pan, tilt* y *roll*.

características principales de los *gimbals* es que tienen que ser lo suficientemente rígidos como para soportar correctamente la cámara. Es por eso, que se ha decidido a realizar un diseño del mismo, el cual acople perfectamente con la cámara elegida y que su objetivo este completamente centrado. Sus dimensiones son de 118mm de profundidad, 135mm de altura y 103mm de largo, siendo completamente de aluminio. Tiene un servo motor en cada eje. El material utilizado suele ser de aluminio ya que deja un acabado profesional y duradero permitiendo que la cámara rote sin ningún problema.

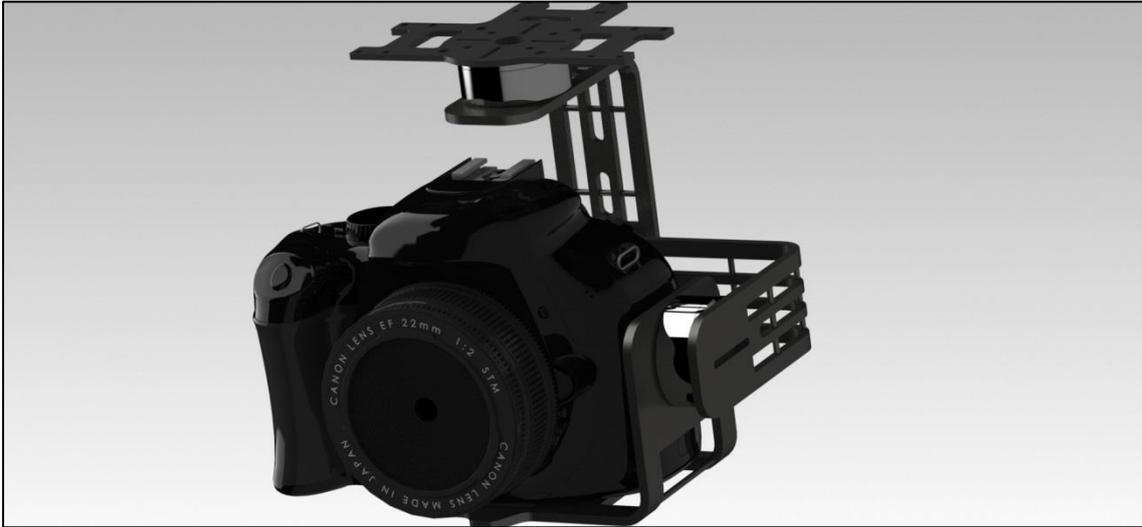


Figura 24. Modelado 3D de la cámara y su *gimbal*.

Un componente que necesita el *gimbal* para que funcione es el controlador (llamado **GCU**) que hace que el *gimbal* esté conectado al sistema de control. Es el cerebro del *gimbal* y permite que el operador pueda maniobrar a su antojo. A continuación se muestran las especificaciones del mismo. En este caso se ha escogido el GCU del **Zenmuse H3-2D**.

Especificaciones GCU Zenmuse H3-2D	
Potencia de entrada	4S a 6S LiPo
Corriente de trabajo	Estática 200mA, dinámica 400mA (@25V)
Pan	±40°
Tilt	-130~+50°
Roll	-
Peso	22 gramos

Tabla 4. Especificaciones de la GCU



Figura 25. Controlador del *gimbal* GCU. Recuperado de www.dji.com

Los *gimbals* de 2 ejes suelen ser bastante más ligero de los de 3, pero también depende de la cámara que vaya a soportar. El motivo de la elección de uno de dos ejes y no de tres es que como esta cámara no va a ser la que más se va a utilizar en este RPAS y la

diferencia en cuanto a peso y precio es bastante elevada entre los de dos ejes y 3 ejes; se ha decido a incorporar uno de dos ejes. Este se ha diseñado para que pese unos **400 gramos** incluyendo los dos motores. En cuanto al precio es difícil estimarlo ya que este diseño es inventado, rondan en torno a los 200€ y lo que más influye es la complejidad del *gimbal* ya que cuantas más opciones puedas realizar más caro será. Este diseño se ha calculado que valdrá unos **200€** aproximadamente ya que no permite muchas opciones y es bastante simple.

Respecto a las cámaras infrarrojas (**NIR** y **TIR**), son las que más van a ser utilizadas en este RPAS, en especial la cámara NIR. El requisito más importante para la selección de estas cámaras es la resolución espacial, es decir el tamaño de un píxel. Hay que recalcar que uno de los principios de la agricultura de precisión es el análisis de estos píxeles que se toman con cámaras multispectrales. Es por eso que es necesario que la resolución espacial sea de 5 a 100 mm. La cámara NIR que se ha escogido ha sido la **TetraCam ADC Lite** y como cámara TIR la **Optris PI 400 LightWeight**. En la *Figura25* se muestra ambas cámaras.

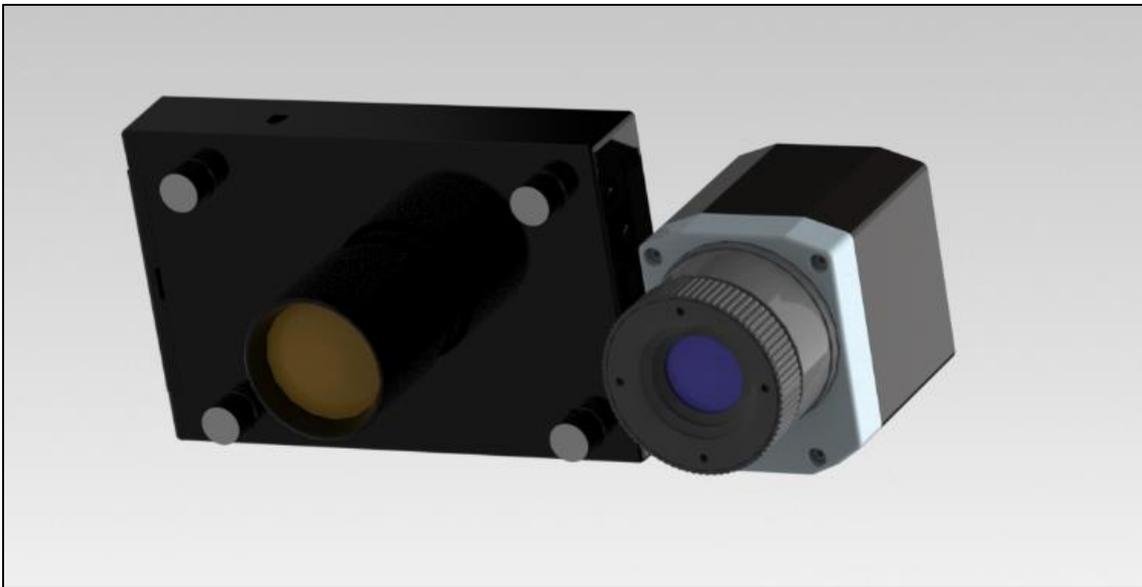


Figura 26. Modelado 3D de la *TetraCam ADC Lite* (a la izquierda) y *Optris PI 400 LightWeight* (a la derecha).

La **cámara NIR** es la que más se va a utilizar ya que las imágenes en el espectro del infrarrojo cercano son las que más se utilizan en la agricultura de precisión. Estas imágenes permiten calcular índices que suelen estar relacionados con el rendimiento y la calidad del producto final. Es por eso que se ha tomado la decisión de escoger una cámara que cumpla con los requisitos y además es específica para los RPAS. La cámara es conveniente que consiga la mayor resolución espacial posible y tenga un campo de visión bastante grande para que pueda abarcar mucha superficie de las viñas, así se tendrán que realizar menos fotos.

La **TetraCam ADC Lite** tiene como características principales su ligero peso, su gran resolución espacial y su gran campo de visión. Esto lo hacen ideales para esta aplicación. Además puede disponer un software en el que mediante coordenadas de GPS y *waypoints* se le puede indicar a la cámara donde realizar las fotografías. Esta cámara viene con una lente predeterminada que la hace funcionar perfectamente. La cámara funciona mediante pilas y no es necesario que la alimente la batería del RPAS. A 122 metros de altura consigue un tamaño

de píxel de 48.8 mm y un campo de visión de 100 x 75, por lo que abarca una gran cantidad de superficie con una muy buena resolución de píxel.

La **cámara TIR** va a realizar imágenes para zonas más específicas, es por eso que la altura de vuelo tendrá que ser más baja. Uno de los usos es para saber el estado hídrico y fisiológico de las plantas ya que la temperatura puede influir en estos aspectos. La cámara **Optris** es ideal para realizar termografía a tiempo real a una gran velocidad además de detectar pequeñas diferencias de temperatura. También tiene la opción de llevar un mini pc para procesar las imágenes de una forma más óptima, sirviendo como fuente de voltaje para la cámara.

Esta cámara lleva una lente que hay que elegir. Para ello tenemos la tabla de la *Figura 26* en la que aparece la resolución espacial de las distintas lentes. El IFOV es el tamaño del píxel (mm) y el HFOV y el VFOV son los metros de campo visual que alcanza. Es decir, con la lente que esta seleccionada en rojo, se conseguiría a una altura de 30 metros, un tamaño de píxel de 68.2mm y con una visión de 36.1 x 27.3 = 985.53 metros cuadrados. Por lo que a 30 metros del suelo se podría obtener con una foto toda la viña que yo visité (700 metros cuadrados) y además con una buena resolución espacial.

PI 400 / 450 382 x 288 px	Focal length [mm]	Angle	Minimum measurement distance*	Distance to measurement object [m]												
					0.02	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2	4	6	10	30	100
O38 Standard lens	15	38° 29° 49° 1.81 mrad	0.2 m	HFOV [m]	0.024	0.079	0.15	0.21	0.35	0.70	1.39	2.76	4.14	6.9	20.7	68.9
				VFOV [m]	0.018	0.060	0.11	0.16	0.26	0.52	1.04	2.07	3.11	5.2	15.5	51.7
				DFOV [m]	0.030	0.099	0.18	0.27	0.44	0.87	1.73	3.46	5.18	8.6	25.9	86.2
				IFOV [mm]	0.1	0.2	0.4	0.5	0.9	1.7	3.4	6.7	10.0	16.7	50.0	166.7
O13 Telephoto lens	41	13° 10° 17° 0.61 mrad	0.5 m	HFOV [m]					0.12	0.23	0.47	0.94	1.40	2.3	7.0	23.4
				VFOV [m]					0.09	0.17	0.35	0.70	1.05	1.7	5.2	17.5
				DFOV [m]					0.15	0.29	0.58	1.17	1.75	2.9	8.8	29.2
				IFOV [mm]					0.3	0.6	1.2	2.5	3.7	6.1	18.4	61.2
O62 Wide angle lens	11	62° 49° 74° 3.14 mrad	0.5 m	HFOV [m]	0.040	0.136	0.26	0.38	0.62	1.22	2.42	4.83	7.23	12.0	36.1	120.3
				VFOV [m]	0.030	0.103	0.19	0.28	0.47	0.92	1.83	3.65	5.47	9.1	27.3	90.9
				DFOV [m]	0.050	0.170	0.32	0.47	0.77	1.53	3.03	6.05	9.06	15.1	45.2	150.8
				IFOV [mm]	0.1	0.2	0.5	0.7	1.2	2.29	4.56	9.11	13.65	22.7	68.2	227.3
O80 Wide angle lens	7.7	80° 56° 97° 3.25 mrad	0.2 m	HFOV [m]		0.182	0.35	0.84	0.84	1.65	3.29	6.55	9.82	16.4	49.0	163.4
				VFOV [m]		0.119	0.23	0.55	0.54	1.08	2.14	4.28	6.41	10.7	32.0	106.6
				DFOV [m]		0.218	0.41	1.00	1.00	1.97	3.92	7.83	11.73	19.5	58.5	195.1
				IFOV [mm]		0.3	0.7	1.6	1.6	3.3	6.5	13.0	19.5	32.5	97.4	324.7

Figura 27. Elección de lente para la Optris PI LightWeight.

Especificaciones		
	Cámara NIR	Cámara TIR
Tamaño de imagen	2048 x 1536	382x288
Corriente consumida	300mA (batería)	550mA (LiPo 6S)
Rango de temperatura	0 a 40 °C	-20 a 70 °C
Rango de espectro	520-920 nm	7.5-13 μm
Dimensiones	114 mm x 77 mm x 22 mm	96 x 67 x 47
Peso	200 g	315 g
Precio	3300€	5900€; sin pc 4800€

Como las imágenes se van a realizar perpendicularmente al suelo, se ha diseñado una caja que las contiene de una manera fija para que la imagen esté lo más estable posible. Esta tiene unos agujeros que permiten que asome el objetivo. En la *Figura 27* se puede observar la conexión con el pc, la cámara y el polo positivo y negativo.

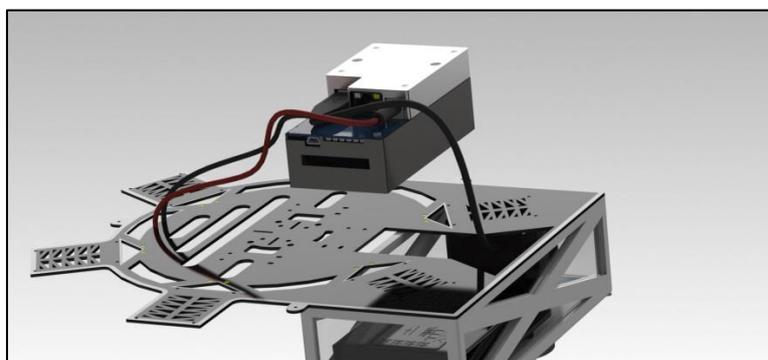


Figura 28. Modelado 3D de la conexión del pc con la cámara TIR.

5.2.2 *Frame* o estructura

Esta parte es la base del RPAS ya que tiene que contener a todos los elementos del mismo. Estructuralmente tiene que ser compacto y estable para lograr una buena calidad en el vuelo. Es importante que no sean muy pesadas pero a la vez resistentes, por eso el material más ideal es la fibra de carbono.

El *frame* del RPAS lo forman la **placa inferior**, la **superior** y los **brazos**. Estos tres componentes son de fibra de carbono. Para que el RPAS se mantenga en pie necesita unas patas que generalmente son de plástico como el ABS. A la estructura también hay que añadirle las conexiones para sujetar los brazos, los cuales también son de ABS. La unión de estos elementos se ha realizado mediante tornillos de métrica 2mm.

Los brazos son tubos huecos porque la forma cilíndrica le da la longitud suficiente como para que las hélices no colisionen, para ello se ha calculado previamente y se han diseñado unos tubos de 24mm de diámetro, 1mm de espesor y 250 mm de longitud.

La parte delantera de las **placas** tienen una forma circular y la trasera la tiene rectangular. La mayoría de RPAS suelen tener la estructura simétrica para que ésta, cuando

esté en el aire sea lo más estable posible. Pero en este caso se ha diseñado así para poder fijar la caja de las cámaras infrarrojas y estén mirando perpendicularmente al suelo. Los espesores de las placas son de 2 mm, ya que no es necesario que tengan un perfil muy grueso para soportar toda la carga que llevan encima. Los agujeros y ranuras que tienen las placas sirven para reducir peso y además facilita a la hora del montaje ya que se pueden pasar los cables por ahí favoreciendo a un ensamble compacto y seguro.

Se ha estimado que un *frame* diseñado como este puede llegar a pesar unos **150 gramos**.

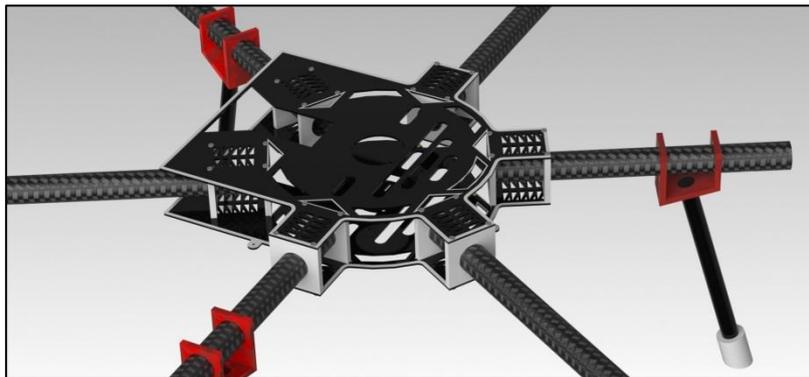


Figura 29. Modelado 3D del *frame*.

5.2.3 Sistema de control

Existen dos tipos de controladores principales: el NAZA y el APM (*ArduPilot*). El trabajo realizado previo a este TFM consistió en el desmontaje, modelado en 3D, montaje y configuración de un RPAS para comprender como funcionaban. El RPAS utilizado estaba controlado por *ArduPilot* y pude obtener conocimientos sobre este.

El *ArduPilot* resultó un poco más complicado en cuanto al montaje pero sobre todo a la hora de configurarlo. En comparación con el NAZA, éste resulta mucho más sencillo ya que prácticamente justo después de montarlo es fácil de configurar. El *ArduPilot* está hecho para la gente que le guste investigar por ellas mismas, aprender a configurar la controladora y en definitiva para interesarse más en el mundo de la electrónica y tomárselo como hobby. Sin embargo el NAZA es para gente que quiera montarlo y comenzar a volar sin prácticamente ninguna preocupación ni quebradero de cabeza. Es por eso que se ha decidido a controlarlo mediante **NAZA M-V2**.

Un requisito importante en el control es que los técnicos del cultivo no quieren encargarse del pilotaje del RPAS, es por eso que se busca un control totalmente autónomo y que en cualquier momento el piloto pueda tomar mando de la aeronave por si ocurre cualquier imprevisto. Este controlador permite que el RPAS pueda volar de forma autónoma mediante los llamados *waypoints*, los cuales son puntos geolocalizados mediante el GPS en el que se programa el RPAS para que vaya a ellos indicándole la altura deseada y la velocidad.

El NAZA M-V2 permite que la instalación se simplifique logrando un gran control del RPAS. Sus componentes son muy ligeros y se componen de un **GPS**, el **controlador**, **PMU** y el **Led**. A continuación se van a exponer alguna de sus características:

- Nueve tipos de disposición de multirrotores.
- Función gratuita *Ground Station*
- Nuevo Software Asistente para Smartphone
- PMU independiente con extensión.
- Modo a prueba de fallos mejorada.
- Dos niveles de protección de baja tensión.
- Avanzado y mejorado el algoritmo de estabilización.
- Múltiples modos de control / conmutación inteligente.
- Módulo GPS disponible.
- Control de orientación inteligente.
- Módulo LED.
- Incorporado la función de estabilización del *gimbal*.
- Ajuste de ganancia remota.



Figura 30. GPS (izquierda), Controlador (arriba), PMU (abajo), Led (derecha). Recuperado de: www.dji.com

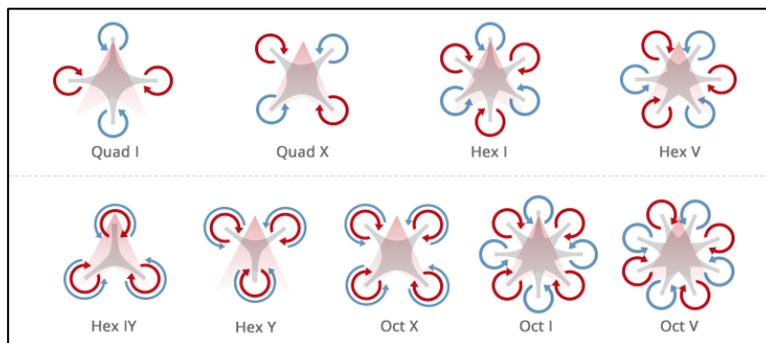


Figura 31. Disposición de multirrotores que admite el NAZA M-V2. Recuperado de: www.dji.com

El **controlador** del sistema MC (*Main Controller*) actúa como cerebro del RPAS y es el que realiza las funciones del control autónomo. Está compuesto por un acelerómetro y giroscopio de tres ejes y un barómetro para detectar la altura.

El **PMU** es el encargado de enlazar el controlador del *gimbal* con el controlador principal y el GPS.

El **GPS** también sirve de brújula y se encarga de georreferenciar constantemente la posición del RPAS en función del tiempo.

Por último, el **LED** indica el estado del vuelo y el estado del sistema respecto suelo. El piloto puede obtener la información más rápida, obteniendo información sobre el vuelo en tiempo real a través del LED de frecuencia y el color del parpadeo. Además, el módulo tiene una interfaz USB, que se utiliza para la configuración de parámetros y actualización del *firmware*.

Especificaciones físicas NAZA M-V2				
	MC	PMU	GPS	LED
Dimensiones (mm)	45.5x32.5x18.5	39.5x27.5x10.0	46x10	25x25x7.0
Peso (gramos)	27	28	27	13

Tabla 5. Especificaciones físicas NAZA M-V2.

Especificaciones generales NAZA M-V2	
Transmisor recomendado	2.4 GHz con 4 canales mínimo
Corriente consumida	MAX: 1.5W(0.3A@5V) Normal:0.6W(0.12A@5V)
Precio	169€

Tabla 6. Especificaciones NAZA M-V2.

Se necesita un **receptor** para que recoja la información enviada desde el control remoto y la lleve al sistema de control, para que este la traduzca y la envíe a los motores. Uno de los requisitos del fabricante del NAZA es que sea de 2.4 GHz, es por eso que se ha escogido la **FlySky FS-R9B**. Otro requisito es que debe de tener mínimo 8 canales para que se le puedan acoplar los 6 variadores de frecuencia y los otros dos del *gimbal*.

Especificaciones	
Canales	8
Rango de frecuencia	2.4 a 2.48 GHz
Dimensiones	52x35x15mm
Peso	18 gramos
Precio	9 €

Tabla 7. Especificaciones FlySky FS-R9B.



Figura 32. Receptor FlySky FS-R9B.

A continuación se muestra en la *Figura 33* la estructura del sistema de control que tiene el RPAS. Mediante la batería se le da corriente a la placa que tiene bornes de polos positivos y negativos. Es por eso que los cables de color rojo y negro son los que se conectan a la placa y por lo tanto a la corriente.

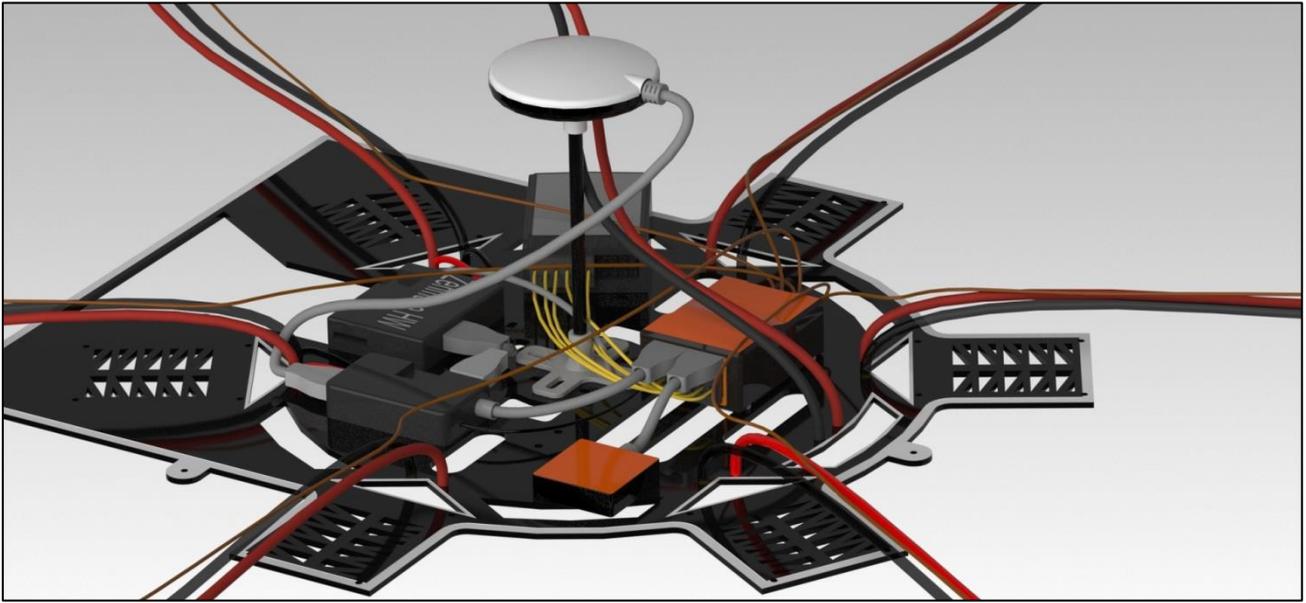


Figura 33. Modelado 3D de la estructura del sistema de control.

5.2.4 Sistema de propulsión

El sistema de propulsión es el encargado de que el RPAS permita alzar el vuelo. No necesita requisitos aerodinámicos, simplemente hace falta que en la plataforma estén situados los componentes de una manera distribuida para darle una buena estabilidad de vuelo. Está compuesto por una **hélice**, un **motor** y un **ESC (Electronic Speed Control)** o también llamado variador de velocidad.

Lo que se busca en el RPAS a diseñar es que realice un vuelo lo más estable posible para conseguir que pueda sacar las fotos correctamente. Para ello, uno de los aspectos más importantes es el sistema de propulsión. Además los tres componentes nombrados anteriormente hay que escogerlos de una forma en la que sus características concuerden y logren alcanzar los requisitos de la aplicación del RPAS. Es por eso que se ha decidido a utilizar una configuración del sistema de propulsión ya predeterminada por el fabricante *DJI*.

Hay un parámetro del **motor** en el que hay que fijarse a la hora de elegirlo, este es el denominado KV. El KV es la constante de revoluciones de un motor, es decir las rpm que ofrece en un voltio y representa el tipo de motor. Un KV bajo son motores para RPAS que precisan mucho par y poca velocidad. Al contrario el KV alto son motores más vivos que consiguen velocidades elevadas permitiendo grandes variaciones en las mismas y permitiendo que el RPAS pueda cambiar rápidamente de dirección. Por lo tanto como se busca un RPAS que pueda soportar gran peso y que se mantenga en el aire lo más estable posible el motor deberá tener KV bajo.

Respecto a las **hélices**, éstas van ligadas al tipo de motor ya que el empuje del motor depende del motor y de las hélices. Para un motor de KV bajo se necesitan unas hélices de gran longitud, ya que se conseguirá un empuje y un par muy elevados. El total máximo de los

empujes de los motores debe de ser como mínimo dos veces más grande que el peso total de la aeronave. Más adelante se comprobará este requisito.

El sistema de propulsión **E800** de *DJI* es idóneo para la aplicación y cumple con los requisitos nombrados anteriormente. Este sistema está hecho para RPAS de 3 a 5 kilogramos de peso, que es lo que va a pesar más o menos este RPAS.



Figura 34. De izquierda a derecha, ESC, motor y hélice del E800.

Especificaciones			
	ESC	Motor	Hélice
Señal de frecuencia	30Hz a 450Hz	-	-
KV	-	350 rpm/V	-
Batería	6S LiPo	-	-
Corriente consumida	20A	-	-
Dimensiones	74x32x10 mm	35x10 mm	330x114.3 mm
Peso	43 g	106 g	19 g

Tabla 8. Especificaciones de ESC, motor y hélice del E800.

Se ha escogido la configuración de motores HEX V ya que al tener 6 motores proporciona un movimiento más estable que otras configuraciones con menos motores pero a cambio de más consumo.

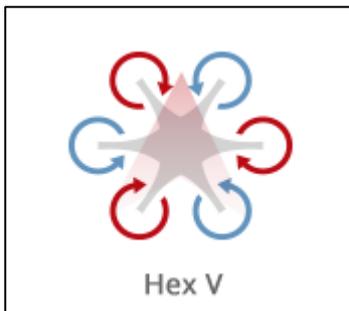


Figura 35. Configuración de motores escogida.

Especificaciones generales	
Empuje	Máximo: 2100 g/rotor @ 25V Recomendado: 800 g/rotor
Batería	LiPo 6S
Peso total	1 Kg
Precio	439 €

Tabla 9. Especificaciones generales del sistema de propulsión.

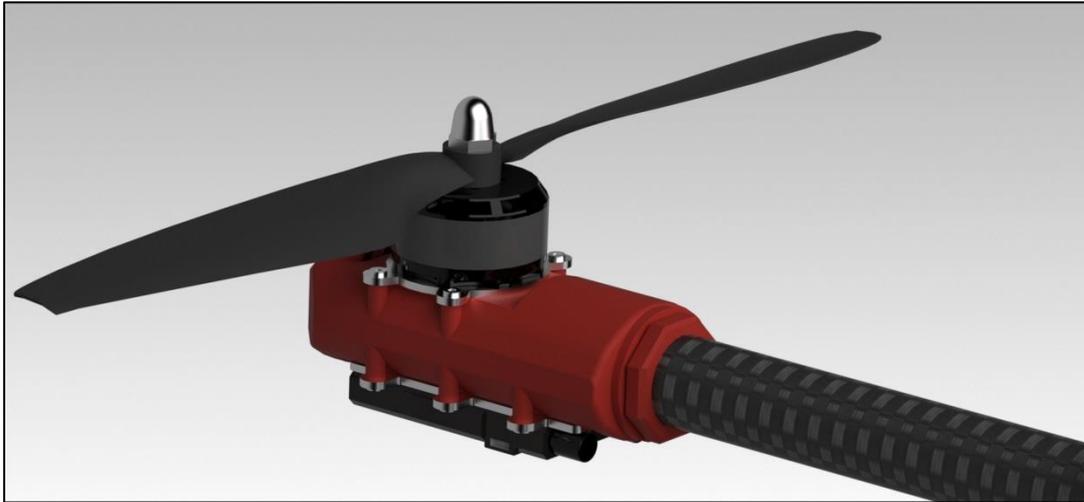


Figura 36. Arriba el modelado 3D del sistema de propulsión E800 y abajo su conexión.

El único requisito que queda por comprobar es el del empuje. Como hemos comentado anteriormente el empuje máximo total debe de ser 2 veces, como mínimo, mayor al del peso total del RPAS, es decir:

$$\text{Empuje máximo total} > 2 \times \text{peso total del RPAS}$$

No es conveniente usar el RPAS a máxima potencia ya que esto produce que la batería se gaste más rápido. El fabricante nos recomienda usar cada rotor a 800g y por lo tanto hay que comprobar que este empuje recomendado total (x6) sea mayor al peso total del RPAS.

5.2.5 Sistema de alimentación

El sistema de alimentación es el que va a proporcionar la energía a la placa del RPAS. Hay que tener en cuenta varias características de la misma para que pueda alimentar correctamente al RPAS. Las baterías para los drones suelen ser de polímero de litio, **LiPo**.

Esta batería debe satisfacer a la corriente requerida por el RPAS. La gran mayoría de la corriente requerida la necesitan los variadores de velocidad. Cuantos más rotores tenga, más corriente se necesitara.

A parte de la corriente, también tiene que satisfacer el voltaje requerido, y ese viene dado por los aparatos eléctricos que componen el RPAS. Específicamente están necesita 22.2 V.

La batería está definida por la tensión (V), los miliamperios que aporta a la hora (mAh) y por la capacidad de descarga. Los voltios vienen predeterminados según las celdas (S) que tenga la batería y cada celda son 3.7 V, por lo tanto esta batería deberá de ser **6S** para cumplir el requerimiento del voltaje. Para cumplir los de la corriente, la máxima descarga de la batería tiene que ser mayor que la corriente requerida. Para calcular este parámetro hay que realizar un pequeño cálculo, los mAh se multiplican por la C (capacidad de descarga) para obtener los picos de amperios que va a ser capaz de dar la batería. Estos amperios tienen que ser superiores a los requeridos.

A la hora de escoger la batería hay que jugar con estos parámetros, ya que la autonomía de la batería influye de muchos parámetros (viento, carga, forma de pilotar, potencia de los rotores...). Cuanto mayor capacidad de descarga y mayor mAh, más durará la batería pero a cambio de más peso y coste. Es por eso que hay que buscar una batería adecuada para nuestras características de vuelo.

El tiempo de operación para tomar fotos en la viticultura es pequeño por lo tanto con una batería de **5000 mAh** y **50C** irá bien. En el caso de no ser suficiente para la operación específica se podría añadir otra más o poner una de mayor duración.

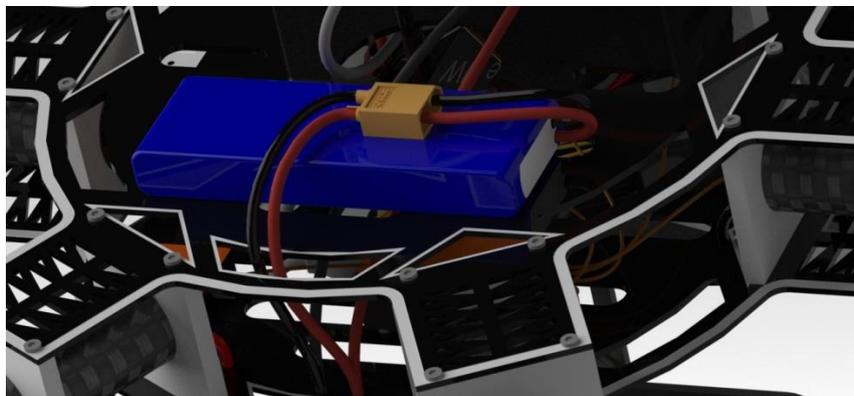


Figura 37. Modelado 3D de la batería.

5.3 Modelado 3D del RPAS UAX-UAV 0001



Figura 38. Renderizado 3D del ensamble del RPAS.

El RPAS UAX-UAV 0001 es un hexacóptero con una configuración de motores HEX V dedicado a la fotometría. Las fotografías analizan posteriormente para la viticultura de precisión. Su sistema de control es el **NAZA M-V2** el cual tiene una buena estabilidad pudiendo detectar objetos y trabajar con un control remoto de waypoints. Su sistema de propulsión **E800** con unas hélices de 13 pulgadas, le permite tener una gran carga de pago ya que este sistema tiene mucho par. Está compuesto por tres cámaras que trabajan en espectros electromagnéticos distintos (RGB,NIR,TIR). Estas cámaras son la **Canon EOS 750D**, **Tetracam ADC Lite** y **Optris PI 400 LightWeight**. La principal característica de este RPAS es su gran estabilidad ya que es un requisito importante para realizar fotografías. Su corta autonomía no le deja operar más de 15 minutos y este tiempo depende en parte de la potencia que se le dé a los rotores. La cámara RGB está fijada mediante un **gimbal de 2 ejes**, permitiéndole que se pueda ajustar su orientación. El receptor del RPAS trabaja a **2.4Hz** y posee hasta **8 canales**, teniendo un gran alcance. Las dimensiones del RPAS son de: **1030 mm de diámetro y 241 mm de altura**; siendo el peso total de la aeronave de **3.7 Kg** aproximadamente.

6. Operaciones de agricultura de precisión con RPAS

En este apartado se va a proceder a realizar toda la documentación necesaria a presentar para habilitarse como operador, siguiendo los pasos explicados anteriormente. Estos documentos son específicos para el RPAS diseñado y su aplicación específica de viticultura de precisión.

6.1 Apéndice E. Caracterización de la aeronave

ESPECIFICACIONES RPAS UAX-UPV 0001

- Aeronave

Peso (batería incluida)	2100g
Peso (carga de pago con gimbal)	1600g
Peso total	3700g
Diámetro	1030 mm
Altura	241 mm
Velocidad de ascenso máx.	3 m/s
Velocidad de descenso máx.	2 m/s
Velocidad máx.	8 m/s
Altitud de vuelo máx.	6000 m
Tiempo de vuelo máx.	Aproximadamente 15 minutos
Intervalo de temperaturas de funcionamiento	0 °C - 40 °C
GPS	GPS/GLONASS



- Sistema de propulsión

Empuje Máximo:	2100 g/rotor @ 25V, Recomendado: 800 g/rotor
Batería	LiPo6S
Peso	1000g

- Gimbal

Intervalo de vibración angular Cabeceo:	- 90° a +30°
---	--------------

- Posicionamiento visual

Intervalo de velocidad	<8 m/s (altitud 2 m)
Intervalo de altitud	30 cm - 300 cm
Intervalo de funcionamiento	30 cm - 300 cm

- Cámara RGB Canon EOS 750D

Lente	Canon EF-M 22mm f/2 STM.
Máximo tamaño imagen	6000 x 4000
Máximo tamaño de video	1920 x 1080
Píxeles	24 Megapíxeles

Ratio de imagen	1:1, 4:3, 3:2, 16:9
ISO	Mínima 100, máxima 12800
Filtro de colores	Colores primarios (sRGB)
Control remoto	Sí
Conectividad	Wifi + NFC o con cable
Duración de video	30 min.
Formato de tarjeta	SD
Peso (incluido baterías y tarjetas)	550 gramos

● Cámara NIR TetraCam ADC Lite

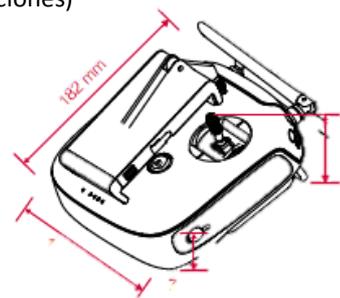
Tamaño de imagen	2048 x 1536
Corriente consumida	300mA (batería)
Rango de temperatura	0 a 40 °C
Rango de espectro	520-920 nm
Dimensiones	114 mm x 77 mm x 22 mm
Peso	200 g

● Cámara TIR Optris PI 400

Lente:	O62
Tamaño de imagen	382x288
Corriente consumida	550mA (LiPo 6S)
Rango de temperatura	-20 a 70 °C
Rango de espectro	7.5-13 µm
Dimensiones	96 x 67 x 47
Peso	315 g

● Controlador remoto

Frecuencia de funcionamiento	2400 GHz - 2483 GHz
Distancia máxima de transmisión	2 km (en exteriores y sin obstrucciones)
Puerto de salida de vídeo	USB
Intervalo de temperaturas de funcionamiento	0 °C - 40 °C
Batería	6000 mAh LiPo 2S
Soporte para dispositivo móvil	Tabletas y teléfono inteligente
Potencia de transmisión (EIRP)	FCC: 20 dbm; CE: 16 dbm
Voltaje de funcionamiento	1,2 A a 7,4 V



● Batería SLS XTRON

Celdas	6S
Capacidad	5000 mAh
Capacidad de descarga	40C - 80C Lipo

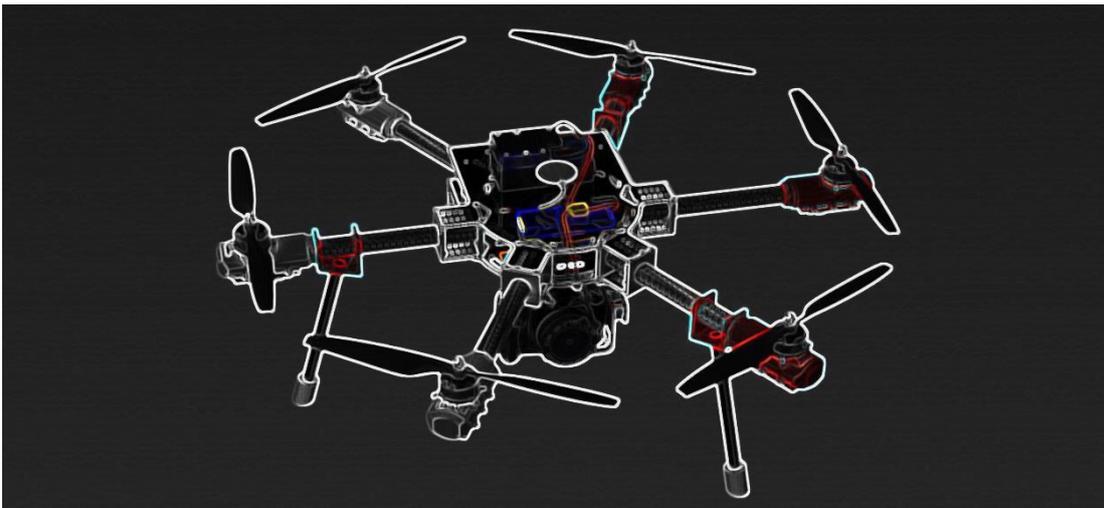
● Cargador

Voltaje	17,4 V
Potencia nominal	100 W

6.2 Apéndice D. Manual de operaciones

MANUAL DE OPERACIONES

RPAS UAX-UAV 0001



Operador: Martín Ricart Jiménez

Operadora: UPV

Camino de Vera s/n 46022, Valencia

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DEL MANUAL DE OPERACIONES
3. ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES
4. REQUISITOS DE CUALIFICACIÓN Y ENTRENAMIENTO
5. PRECAUCIONES RELATIVAS A LA SALUD DE LA TRIPULACIÓN
6. LIMITACIONES DE TIEMPO DE VUELO
7. TIPOS DE OPERACIÓN A REALIZAR
8. CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LAS OPERACIONES
9. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES
10. ASPECTOS OPERATIVOS RELACIONADOS CON EL TIPO DE AERONAVE
11. TRATAMIENTO, NOTIFICACIÓN Y REPORTE DE ACCIDENTES, INCIDENTES Y SUCESOS
12. SECURITY

1. INTRODUCCIÓN

Declaro que el presente Manual de Operaciones cumple con la Ley 18/2014, resto de reglamentos aplicables y de que el documento contiene instrucciones operacionales que han de ser cumplidas por el personal correspondiente.

Firma:

Martín Ricart Jiménez

El objeto de este Manual de Operaciones es recoger toda la información necesaria para poder lograr realizar una correcta aplicación del RPAS. Además, sirve para poder tener una mejor organización operacional de los trabajos que realiza la operadora recogiendo la planificación y el control de los mismos.

Se debe especificar la estructura organizativa de la empresa operadora, así como las responsabilidades de todos los integrantes de ésta. También hay que realizar el control y supervisión de las operaciones, donde se explica el tipo de operaciones que se pueden realizar, los programas de supervisión y control operativo de las operaciones y el programa de prevención de accidentes y seguridad de vuelo.

3. ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES

La estructura organizativa de esta operadora está compuesta por una sola persona, sin la existencia de departamentos ya que ésta se encargar de realizar todas las funciones. Es por eso que abarca tanto responsabilidades y funciones de gestión de operaciones, como las funciones de piloto y técnico completo del RPAS.

Se encargará de gestionar de todo el control documental, planificar la operación requerida, preparar todo el material necesario y ser el piloto del RPAS; teniéndose que encargar del mantenimiento y el cuidado del mismo.

4. REQUISITOS DE CUALIFICACIÓN Y ENTRENAMIENTO

Los conocimientos teóricos y prácticos se pretenden obtener mediante escuelas ATO certificadas. La más cercana a la ubicación de la operadora se llama Airpull y se encuentra en Avda. dels Arcs, 11, 46940 Manises (Valencia).

Se obtiene el entrenamiento suficiente y conocimientos específicos de:

- **Reglamentación.** Aspectos aplicables de la Ley de Seguridad Aérea y RCA, la autoridad aeronáutica AESA, reglamentación sobre RPAS, el piloto de RPAS, seguros, transporte

de mercancías peligrosas, notificación de accidentes e incidentes y Limitaciones establecidas por la ley 1/1982 de protección del honor e intimidad personal.

- **Conocimiento de la aeronave.** Clasificación de los RPAS, aeronavegabilidad, registro, célula de las aeronaves, grupo moto propulsor, equipos de a bordo, sistema de control de la aeronave, instrumentos de la estación de control, sistemas de seguridad de control de altura, sistema de vuelta a casa.
- **Performance de la aeronave.** Perfil del vuelo, performance de la aeronave, planificación (tipo de vuelo, meteorología, estudio de la zona en mapa), determinación de riesgos.
- **Meteorología.** Viento, nubes, frentes, turbulencia, visibilidad diurna y nocturna, cizalladura, información meteorológica (cartas de baja cota, METAR, TAFOR, SPECI), Previsiones meteorológicas, Tormentas solares.
- **Navegación e interpretación de mapas.** La Tierra (longitud y latitud, posicionamiento), cartas aeronáuticas (interpretación y uso), navegación a estima (DR), limitaciones de altura y distancia (VLOS, EVLOS, BLOS), GPS (uso y limitaciones).
- **Procedimientos operacionales.** El manual de operaciones, escenarios operacionales, limitaciones relacionadas con el espacio en que se opera, vuelo nocturno, limitaciones operativas (control desde vehículos en marcha, vuelo nocturno, transferencia de control entre estaciones, número de aeronaves que se pueden pilotar al mismo tiempo), limitaciones establecidas por la Ley 1/1982 de protección del honor e intimidad personal, composición del equipo de vuelo, supervisión de la operación, prevención de accidentes.
- **Comunicaciones.** Principios generales de la transmisión por radio, emisores, receptores y antenas, uso de la radio, alfabeto internacional para las radiocomunicaciones, fraseología aeronáutica aplicable.
- **Factores humanos para RPAS.** Conciencia situacional, comunicación, carga de trabajo y rendimiento humano, trabajo en grupo y liderazgo, aspectos de la salud que pueden afectar al pilotaje de RPAS.
- **Conocimientos ATC.** Clasificación del espacio aéreo, documentos de información aeronáutica (NOTAM y AIP), organización del ATS en España, Espacio aéreo controlado, no controlado y segregado, instrucciones ATC.
- **Comunicaciones avanzadas.** Uso del espectro radioeléctrico y frecuencias, comunicaciones con ATC.

5. PRECAUCIONES RELATIVAS A LA SALUD DE LA TRIPULACIÓN

La salud de las personas y la seguridad en las operaciones a realizar son vitales y tienen prioridad ante todo. Es por eso que el piloto no consumirá alcohol, narcóticos ni drogas. Si se han tomado medicamentos, vacunas o se sufre de estrés y fatiga, los cuales afectan a las capacidades de pilotar; no se realizará ninguna operación.

6. LIMITACIONES DE TIEMPO DE VUELO

Hay que tener en cuenta todos los tiempos que se utilizan para realizar una operación específica. No solo se gasta el tiempo en el que se utiliza el dron, sino que hay más factores que pueden afectar a la disponibilidad.

El punto de partida de todas las operaciones es en la dirección de contacto de la operadora por lo que hay que tener en cuenta el tiempo del transporte al sitio donde está situada la viña a estudiar y el tiempo de vuelta. Además hay que añadirle el tiempo previo de empaque de todo el material del equipo necesario.

La operadora solo dispone de un piloto, por lo tanto podrá realizar operaciones durante la mañana de 9:00 a 17:00, teniendo en cuenta el la cantidad de desplazamiento que debe realizar el piloto.

Si el trayecto es muy largo, el piloto deberá descansar lo suficiente como para que no se vea afectado en el pilotaje.

7. TIPOS DE OPERACIÓN A REALIZAR

La fotogrametría es la principal operación de la que se va a encargar el RPAS. Al tener incorporado varias cámaras en distintos espectros, estas imágenes se pueden usar para múltiples aplicaciones.

Este RPAS está diseñado para que las imágenes multiespectrales tomadas sean usadas para la viticultura de precisión. Es por eso que se van a necesitar 2 cámaras, una NIR (*TetraCam ADC Lite*) y la otra TIR (*Optris 400 PI LightWeight*)

La ***TetraCam ADC Lite*** tiene como características principales su ligero peso, su gran resolución espacial y su gran campo de visión. Esto lo hacen ideales para esta aplicación. Además puede disponer un software en el que mediante coordenadas de GPS y *waypoints* se le puede indicar a la cámara donde realizar las fotografías. Esta cámara viene con una lente predeterminada que la hace funcionar perfectamente. La cámara funciona mediante pilas y no es necesario que la alimente la batería del RPAS. A 122 metros de altura consigue un tamaño de píxel de 48.8 mm y un campo de visión de 100 x 75, por lo que abarca una gran cantidad de superficie con una muy buena resolución de píxel.

La cámara ***Optris PI 400 LightWeight*** es ideal para realizar termografía a tiempo real a una gran velocidad además de detectar pequeñas diferencias de temperatura. También tiene

la opción de llevar un mini pc para procesar las imágenes de una forma más óptima, sirviendo como fuente de voltaje para la cámara.

Especificaciones		
	Cámara NIR	Cámara TIR
Tamaño de imagen	2048 x 1536	382x288
Corriente consumida	300mA (batería)	550mA (LiPo 6S)
Rango de temperatura	0 a 40 °C	-20 a 70 °C
Rango de espectro	520-920 nm	7.5-13 μm
Dimensiones	114 mm x 77 mm x 22 mm	96 x 67 x 47
Peso	200 g	315 g

El RPAS también permite tomar fotografías para aplicaciones como mapeo, registro en el catastro o incluso para marketing. Para realizar esta actividad se usará una cámara RGB.

La **cámara RGB** es una **Canon EOS 750D**. Es una cámara tipo Reflex con la que se consigue una gran calidad en el espectro visible. Pese a tener 24 megapíxeles tiene una muy buena definición y permite un gran tamaño de imagen; lo cual viene muy bien para captar los cultivos a grandes distancias de altura. Otra de sus características es que tiene una velocidad de enfoque muy buena y consigue una buena estabilización en el video. Además la gran variedad de ISO permite adaptarse muy bien a la luz y a sus reflejos. En la *Figura 21* se muestra las dimensiones que tiene la cámara.

Con objetivo **Canon EF-M 22mm f/2 STM**. Ofrece resultados muy buenos de vídeo e imágenes sin flash y en una gran variedad de ambientes luminosos. Además los vídeos siempre están muy bien enfocados consiguiendo una imagen muy estable. Como características físicas importantes hay que destacar que sus dimensiones son de 60.9 mm de diámetro máximo y 23.7 mm de longitud.

Especificaciones más importantes	
Material	Aluminio y composite
Máximo tamaño imagen	6000 x 4000
Máximo tamaño de video	1920 x 1080
Píxeles	24 Megapíxeles
Ratio de imagen	1:1, 4:3, 3:2, 16:9
ISO	Mínima 100, máxima 12800
Filtro de colores	Colores primarios (sRGB)
Control remoto	Sí
Conectividad	Wifi + NFC o con cable
Duración de video	30 min.
Formato de tarjeta	SD
Peso (incluido baterías y tarjetas)	550 gramos
Precio	455€ – 650€. Mayoría a 600€

8. CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LAS OPERACIONES

El sistema de control que compone al RPAS es el NAZA M-V2. Este controlador permite que el RPAS pueda volar de forma autónoma mediante los llamados *waypoints*, los cuales son puntos geolocalizados mediante el GPS en el que se programa el RPAS para que vaya a ellos indicándole la altura deseada y la velocidad.

Si la conexión entre el multirrotor y el mando a distancia se desconecta durante el vuelo, un sistema a prueba de fallos se activará. Siempre que no era suficiente señal GPS en el momento de la desconexión, el multirrotor volará de nuevo a su punto de despegar y aterrizar de forma automática.

Si una configuración con 6 u 8 motores está equipada con un Naza-M V2 y sufre un fallo o GPS, el controlador mantendrá su altura y girará alrededor del motor detenido. Esto le permite volar con seguridad de vuelta al punto de inicio.

La supervisión de la operación por el piloto será con el alcance visual y también lo podrá seguir en la estación de tierra mediante la posición GPS del mismo.

La única autorización que se necesita para poder pilotar es la del propietario de la viña, ya que no está en un espacio aéreo controlado.

La aeronave dispone de un seguro de cobertura de 300000€ y es el que exige la normativa. Su mantenimiento esta explicado en el Apéndice H. Además lleva una placa identificativa en la parte de atrás.



9. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES

Se pretende realizar operaciones de fotometría en una viña situada en La Font de la Figuera. El número del municipio es el 128, polígono 26 y parcela 123. Tiene una superficie de 710 metros cuadrados, siendo la variedad de la uva Garnachat.



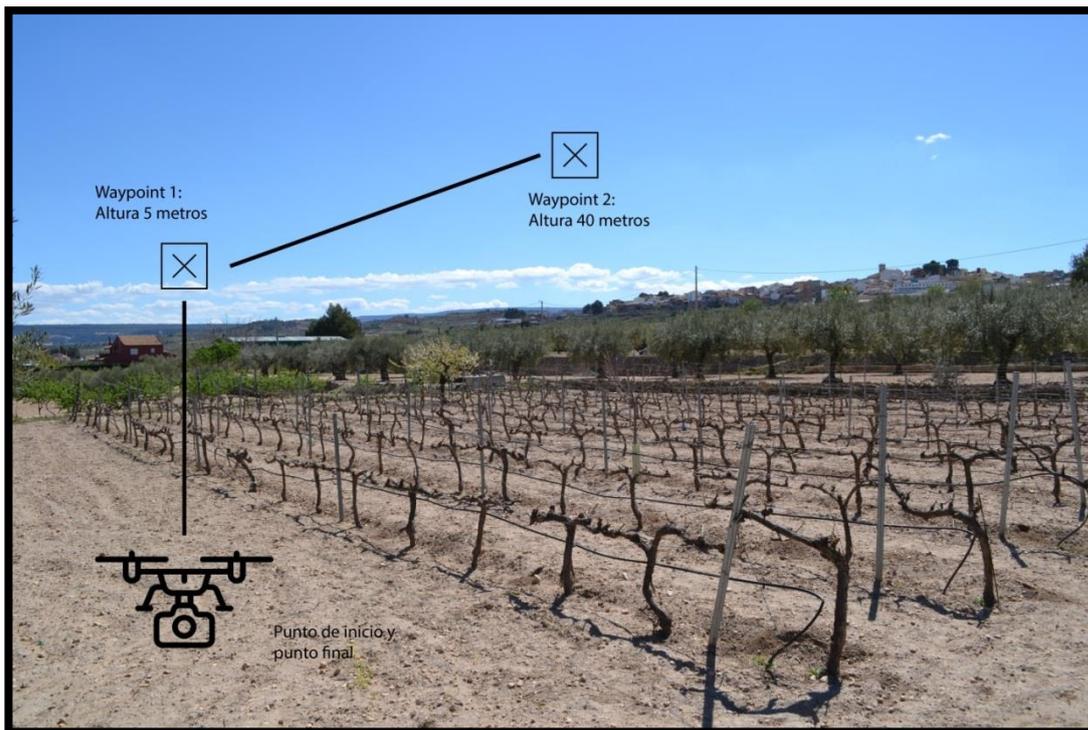
No se van a realizar operaciones BVLOS ni está en un espacio aéreo controlado por lo que no se publicaran NOTAM. No tiene zonas restringidas, ya que el propietario ha dado el consentimiento de esta operación. Tampoco tiene ningún aeropuerto cercano que pueda interferir en la operación. La altura que se alcanzará será de 40-50 metros, pudiendo captar toda la parcela con una sola fotografía.

Al ser una zona de aire libre, los aspectos climáticos hay que tenerlos en cuenta por lo que se utilizará información meteorológica para prevenir posibles precipitaciones o dificultades de visibilidad. Si las condiciones meteorológicas son malas no se realizará la operación.

Si las condiciones meteorológicas permiten que la visibilidad sea buena, se procederá al inicio de la operación. El punto de inicio será una esquina de la superficie en la que no moleste ningún olivo de alrededor y el piloto estará a 10 metros de él, junto a la estación de control que será un PC. Al dron se le programará dos waypoints mediante el software para que el RPAS tenga un vuelo autónomo, configurándolo para que alcance una altura de 40 metros

en el centro de la viña. Por lo que el dron tendrá una ruta de cuatro puntos, inicio, waypoint 1, waypoint 2 y vuelta al punto de inicio. En todo momento el piloto tiene que estar pendiente para reaccionar a cualquier imprevisto.

El tiempo de la operación será de menos de 5 minutos, ya que una vez despegue el dron de forma segura, irá directo al punto deseado para realizar una fotografía y volver. La velocidad del RPAS será lenta y constante. El número de baterías que necesitara es de una.



10. ASPECTOS OPERATIVOS RELACIONADOS CON EL TIPO DE AERONAVE

El RPAS UAV-UAX 0001 es un hexacóptero con una configuración de motores HEX V dedicado a la fotometría. Las fotografías analizan posteriormente para la viticultura de precisión. Su sistema de control es el NAZA M-V2 el cual tiene una buena estabilidad pudiendo detectar objetos y trabajar con un control remoto de waypoints. Su sistema de propulsión E800 con unas hélices de 13 pulgadas, le permite tener una gran carga de pago ya que este sistema tiene mucho par. Está compuesto por tres cámaras que trabajan en espectros electromagnéticos distintos (RGB,NIR,TIR). Estas cámaras son la Canon EOS 750D, Tetracam ADC Lite y Optris PI 400 LightWeight. La principal característica de este RPAS es su gran estabilidad ya que es un requisito importante para realizar fotografías. Su corta autonomía no le deja operar más de 15 minutos y este tiempo depende en parte de la potencia que se le dé a los rotores. La cámara RGB está fijada mediante un gimbal de 2 ejes, permitiéndole que se pueda ajustar su orientación. El receptor del RPAS trabaja a 2.4Hz y posee hasta 8 canales, teniendo un gran alcance. Las dimensiones del RPAS son de: 1030 mm de diámetro y 241 mm de altura; siendo el peso total de la aeronave de 3.7 Kg aproximadamente.

La zona de despegue y aterrizaje es de terreno montañoso y se ha elegido en ese punto porque no existe ningún objeto ni árbol que le pueda molestar como ocurre en otras zonas de alrededor de la parcela.

12. SECURITY

Al trabajar como operador una sola persona, esta no puede estar pendiente del RPAS y del acceso de personal a la zona de operaciones. Por lo que se deberá señalizar alrededor de la zona de trabajo, avisando de la operación que se está realizando y de los peligros que tiene acceder al campo operacional.

6.3 Apéndice F. Estudio aeronáutico de seguridad

ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD

Las operaciones se van a realizar para la fotometría de cultivo de viñas. Por lo tanto se trabajará al aire libre pudiéndose ver afectado la calidad del vuelo por factores climatológicos. El terreno montañoso es abrupto con grandes variaciones de altura, además pueden existir obstáculos naturales como los acantilados, montañas, ríos...

El vuelo se realiza a velocidad constante manteniendo la plataforma estable para su correcta funcionalidad, además el control de los vuelos será autónomo mediante waypoints. La altura de vuelo será sobre unos 40 metros, aunque esto dependerá del tamaño de la viña que se quiera estudiar.

No es muy normal que la gente pase por esas zonas de cultivo, pero siempre existe la posibilidad de que alguien interfiera o que existan casas rurales por la zona.

Los obstáculos más comunes que se puede encontrar en este tipo de terrenos son árboles, vegetación o parcelas que pertenezcan a otro usuario; por lo que el trazado de waypoints tendrá que ser precisa.

El despegue del RPAS es vertical y siempre alcanzará una altura mínima segura antes de moverse horizontalmente.

Puntos de peligros potenciales	Probabilidad / Severidad/ Exposición	Índice de riesgo	Factores Mitigadores	Probabilidad/ Severidad/ Exposición	Índice de Riesgo residual
Interferencia de pájaros.	4/3/3	15	Estar controlando constantemente los alrededores del dron. Si se ve algún pájaro sobrevolar cerca, tomar el control del RPAS, reducir la potencia de los rotores y si es posible reducir la altura de vuelo.	3/1/3	7
Interferencia ilícita de personas en rango cercano a la zona de trabajo.	3/5/3	18	Señalizar el peligro con carteles y colocarlos en los alrededores de la zona de trabajo. Si aun así hay interferencia, tomar el control del RPAS, reducir la potencia de los rotores y si es posible reducir la altura de vuelo hasta que no haya peligro.	2/1/3	6
Existencia de alguna casa rural cerca.	3/4/3	15	Realizar un correcto trazado de waypoints para que no pase cerca de la zona de la casa y a una velocidad baja.	3/1/3	7
Pérdida de control de la aeronave por el viento.	4/4/3	19	Realizar un estudio y predicción del viento en la zona que se va a realizar la operación. Establecer limitaciones de viento.	1/4/3	7

Existencia de obstáculos naturales como árboles o vegetación	4/3/3	15	Trazar un conjunto de waypoints los cuales aseguren que no va a interferir con nada. 1º Buscar un sitio libre para despegar y aterrizar. 2º Configurar el primer waypoint en el mismo punto de inicio pero a una altura determinada para que realice un despegue horizontal y seguro. 3º Una vez que ya está a una altura en la que no hay problema para maniobrar, tomar el control o colocar los waypoints que sean necesarios.	1/3/3	6
--	-------	----	---	-------	---

6.4 Apéndice G. Vuelos de prueba

REGISTRO DE LOS RESULTADOS DE LOS VUELOS DE PRUEBA

- **Operador:** Martín Ricart Jiménez
- **Lugar y fecha de las pruebas:** Viña de uva Garnachat situada en La Font de la Figuera. El número del municipio es el 128, polígono 26 y parcela 123. Fecha 05/04/2016
- **Tipo, fabricante, modelo y número de serie de la aeronave:** Hexacóptero V < 25Kg GRUPO UAX-UPV 0001
- **Listado de vuelos realizados:** Se realizaron vuelos de control autónomo mediante waypoints, vuelos de control remoto operados por el piloto y se comprobaron las funciones de *Fail Safe* y *Go Home* que tiene el sistema de control NAZA M-V2.

Se hicieron varios recorridos sobre la viña obteniendo unos resultados satisfactorios. Para el Fail Safe se desconectó el control remoto en mitad del vuelo.

Firma:
Martín Ricart Jiménez

6.5 Apéndice H. Mantenimiento

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL RPAS UAX-UPV 0001

Para asegurarse de que el RPAS UAX-UPV 0001 tenga un rendimiento óptimo y garantice la seguridad del vuelo, hay que realizar el mantenimiento que contiene este documento ya que mantiene su fiabilidad continuada.

Mantenimiento diario y antes de cada vuelo

- **Calibración de la brújula/GPS**

Hay que asegurarse calibrar siempre la brújula para cada nueva ubicación de vuelo. La brújula es muy sensible a las interferencias electromagnéticas, lo que puede generar datos de brújula anómalos y afectar al vuelo o impedirlo.

Recomendaciones:

1. Evitar calibrar la brújula si existen posibilidades de que se produzcan fuertes interferencias magnéticas, como magnetita, estructuras de aparcamientos y estructuras metálicas subterráneas.
2. No llevar materiales ferromagnéticos durante la calibración, como llaves o teléfonos móviles.
3. No realizar la calibración junto a grandes objetos metálicos.

- **Comprobación del Sistema de Control NAZA M-V2**

Hay que comprobar que todos los componentes del sistema de control estén posicionados correctamente y se permita una comunicación entre ellos. La comunicación debe de ser buena entre el receptor y el controlador. Hay que comprobar que el RPAS funcione correctamente gracias a la ayuda visual del Led.

- **Posición de las 3 cámaras**

Se comprueba antes de cada vuelo que las cámaras están en su correspondiente sitio estando fijadas correctamente. Es importante que no se muevan para conseguir una imagen estable y de calidad. Las cámaras NIR y TIR deben de estar completamente perpendiculares al suelo y bien seguras. La cámara RGB tiene que estar bien anclada al *gimbal*. Los objetivos de las cámaras deben de estar bien centrados. Si se presencia suciedad en las lentes limpiarlas.

Mantenimiento de servicio (6 meses)

- **Revisión de la batería**

Procedimiento:

1. Comprobar si la batería tiene daños y deformidades. Si hay algún signo de daños en la batería, dejar de usarla y descargarla al 10% o por debajo para su eliminación. No desmontar la batería bajo ningún concepto.
2. Revisar las clavijas de la batería y limpiarlas si se observa cualquier residuo. Esto ayudará a asegurar una conexión más fiable.
3. Comprobar si hay daños en los conectores de metal de alimentación de la batería. Si los conectores parecen quemados, hay que limpiarlos. Esto se puede hacer mediante la inserción de una pieza de papel de lija (de 1mm de ancho) en los conectores para pulir el metal.
4. Revisar las clavijas de contacto de la batería para asegurar que las clavijas están bien. Deberían poder establecer contacto fácilmente con los conectores de la batería y no deben doblarse.
5. Comprobar los electrodos de la batería. Si parecen quemados, pulir con una lija. Si hay una erosión grave, enviar la batería a reparar.
6. Revise los cables de alimentación entre los brazos y la placa central, si están dañados, reemplazarlos.

- **Comprobación del sistema del *gimbal***

Procedimiento:

1. Se comprueba el desgaste de los cables servomotores y la buena conexión de los puntos de unión.
2. Comprobar los tornillos y observar si se aprecia cualquier curvatura o daño. Limpiar los tornillos con un aerosol WD-40 si presentan signos de óxido.
3. Escuchar los servomotores cuando se orienta el *gimbal*. Si hay un ruido fuera de lo normal, podría deberse a que los servomotores están desgastados.

- **Comprobar el RPAS**

Se comprobará mediante inspección visual de la nave cualquier desperfecto como por el ejemplo si el RPAS tiene roturas, daños, si los tubos de carbono están correctamente, si la unión entre los brazos y el sistema de propulsión es fuerte, si el tren de aterrizaje está con la correcta inclinación y si los componentes están correctamente fijados.

- **Comprobación del sistema de propulsión E800**

Procedimiento para motores:

1. Comprobar los rotores para confirmar que no se hayan aflojado.
2. Quitar las hélices y encender los motores. Escuchar atentamente. Si hay cualquier ruido anormal, por favor reemplazar los motores. Esto podría indicar que los soportes se han desgastado.
3. Examinar cuidadosamente el borde del rotor y confirmar que el eje está perfectamente centrado en el motor. Comprobar que tampoco haya una vibración anormal o excesiva. Si se detecta algún problema reemplazar los motores.
4. Comprobar si hay deformidades en la placa que hay entre el motor y el brazo.
5. Asegurarse que los tornillos usados para asegurar la base del motor están bien sujetos y que los componentes de plástico que están entre el motor y el ESC están en buenas condiciones. Si no, cambiar cualquier componente de plástico roto.

Procedimiento para hélices:

1. Comprobar las hélices. Si hay alguna dobladura, rotura o agrietamiento en una hélice, no utilizarla y cambiarla.
2. Colocar la hélice en el motor, encender el RPAS, y ponerlo en el suelo. Situarse a 1 metro y observar las hélices girando. Si se puede ver dos capas de contorno de hélice diferentes girando desde un lado, esta hélice está dañada y no debería usarse.

Procedimiento para ESC:

1. Comprobar que la conexión del sistema es correcta
2. Comprobar que los bornes no están quemados ni dañados.

- **Comprobación el estado de las cámaras**

Procedimiento:

1. Extraer las tres cámaras para proceder a realizar una inspección visual. Si las lentes están sucias hay que limpiarlas.

2. Comprobar que el *gimbal* y la caja se encuentran en buen estado como para poderse fijar las cámaras.
3. Comprobar el estado de unión entre las cámaras y su soporte, si se utilizan bridas o algún adhesivo, reemplazarlo.
4. Desenchufar la cámara Optris del mini PC para proceder a la limpieza interna del mismo. Comprobar que las conexiones sean correctas.
5. Calibración de las cámaras Optris y Tetracam ADC Lite ya que pueden desajustarse y perder un poco de su funcionalidad.

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: 685763306		Correo electrónico: operador@gmail.com	
Otros datos:			
Medio preferente para las notificaciones: E-mail			
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 vuelos (de conformidad con lo dispuesto en la Ley 18/2014, art. 50.4):			
Vuelos especiales a realizar (marcar todas los que procedan):			
<input type="checkbox"/> Vuelos de prueba de producción y de mantenimiento.			
<input type="checkbox"/> Vuelos de demostración no abiertos al público.			
<input type="checkbox"/> Vuelos para programas de investigación			
<input checked="" type="checkbox"/> Vuelos de desarrollo para poner a punto las técnicas y procedimientos para una determinada actividad.			
<input type="checkbox"/> Vuelos de I+D realizados por fabricantes para el desarrollo de nuevos productos.			
<input checked="" type="checkbox"/> Vuelos de prueba necesarios para demostrar que las actividades solicitadas conforme al apartado 3 del artículo 50 pueden realizarse con seguridad.			
<input type="checkbox"/> Operador no sujeto a la supervisión de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea			
3. Aeronaves utilizadas (caso de ser necesario añadir hojas suplementarias con los mismos datos):			
Clase de aeronave <small>(avión/ helicóptero/ multirrotor/ otros)</small>	Fabricante	Tipo / modelo	Nº de serie u otra identificación
Multirrotor	GRUPO UAX-UAV	Hexacóptero	0001

4. Datos de los pilotos (caso de haber más de uno añadir hojas suplementarias con los mismos datos):			
DNI, NIF, NIE, pasaporte: 29210356B		Nacionalidad: Española	
Nombre (primer apellido segundo apellido, nombre): Ricart Jiménez, Martín			
Domicilio (tipo de vía, nombre de la vía, código postal, municipio, provincia): Luis Milán, 46021, Valencia, Valencia			
Teléfono: 685763306		Correo electrónico: piloto@gmail.com	
Fecha de nacimiento: 14/11/1993			
Requisito que cumple:			
<input type="checkbox"/> 5.a Licencia de piloto	<input checked="" type="checkbox"/> 5.b Conocimientos teóricos para licencia de piloto	<input type="checkbox"/> 5.c.1 Certificado básico aeronaves pilotadas por control remoto	<input checked="" type="checkbox"/> 5.c.2 Certificado avanzado aeronaves pilotadas por control remoto
Tipo y nº de licencia:	Certificado emitido por: Airpull	Certificado emitido por:	Certificado emitido por: Airpull
Aeronaves que está habilitado para pilotar: UAX-UPV 0001			
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):			
<input checked="" type="checkbox"/> 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.			
<input checked="" type="checkbox"/> 2. 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.			
<input checked="" type="checkbox"/> 3. 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.
<input checked="" type="checkbox"/> 4. 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 checked="" type="checkbox"/> 5. 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 checked="" type="checkbox"/> 6. 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.
<input checked="" type="checkbox"/> 7. 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 checked="" type="checkbox"/> 8. 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: 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 checked="" type="checkbox"/> Que adjunto la descripción de los perfiles de los vuelos a realizar, conforme al apartado 6.c del artículo 50 de la Ley 18/2014
<input checked="" type="checkbox"/> Que me comprometo a mantener este cumplimiento durante el periodo de tiempo inherente al ejercicio de estas actividades.

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.

Que confirmo que la información facilitada en esta declaración es veraz y correcta.

Lugar y Fecha	Nombre y apellidos	Firma
13/09/2016 Valencia	Martín Ricart Jiménez	

Agencia Estatal de Seguridad Aérea

Avenida del General Perón 40, Puerta B, 1ª Planta

28020 Madrid

APENDICE A1- SOLICITUD DE HABILITACIÓN COMO OPERADOR

Tipo de comunicación (marque la opción elegida)
<input checked="" 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 checked="" 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)
6. Datos del declarante (operador)
Nombre o razón social (primer apellido, segundo apellido, nombre): RICART JIMÉNEZ, MARTÍN DNI, NIF, NIE, CIF: 29210356B 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): Camino de Vera, s/n, 46022, Valencia, Valencia Teléfono de contacto: 55555555 Correo electrónico: operadora@gmail.com Otros datos: Además, si se trata de trabajos por cuenta ajena (remunerados o no): 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): RICART JIMÉNEZ, MARTÍN DNI, NIF, NIE, CIF: 29210356B Domicilio (tipo de vía, nombre de la vía, código postal, municipio, provincia): Luis Milán, 46021 Valencia, Valencia Teléfono de contacto: 685763306 Correo electrónico: representante@gmail.com

<p>Para entidades privadas, Nº Protocolo/Notario/ año del poder de representación notarial:</p> <p>Otros datos:</p>
<p>Domicilio a efectos de notificaciones <i>(rellenar solamente si no coincide con el del declarante):</i> Domicilio <i>(tipo de vía, nombre de la vía, código postal, municipio, provincia):</i></p> <p>Teléfono de contacto: 685763306 Correo electrónico: operador@gmail.com</p> <p>Otros datos:</p> <p>Medio preferente para las notificaciones: E-mail</p>
7. 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:
<p>Tipo de operación <i>(de conformidad con lo dispuesto en la Ley 18/2014, art. 50.3):</i></p> <p>Actividades aéreas de trabajos técnicos o científicos (trabajos aéreos) <i>(marcar todas las que procedan):</i></p> <p><input type="checkbox"/> Actividades de investigación y desarrollo.</p> <p><input type="checkbox"/> 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.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Fotografía, filmaciones y levantamientos aéreos (levantamientos topográficos, fotogrametría).</p> <p><input type="checkbox"/> Investigación y reconocimiento instrumental: calibración de equipos, exploración meteorológica, marítima, geológica, petrolífera o arqueológica, enlace y transmisiones, emisoras, receptor, repetidor de radio o televisión.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Observación y vigilancia aérea incluyendo filmación y actividades de vigilancia de incendios forestales.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Publicidad aérea.</p>

<p><input checked="" type="checkbox"/> 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.</p>
<p><input checked="" type="checkbox"/> 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.</p>
<p><input checked="" type="checkbox"/> 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.</p>
<p><input checked="" type="checkbox"/> 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.</p>
<p><input checked="" type="checkbox"/> 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.</p>
<p><input checked="" type="checkbox"/> 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.</p>
<p><input checked="" type="checkbox"/> 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.</p>
<p><input checked="" 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</p>
<p><input checked="" 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).</p>

<input checked="" 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 checked="" 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:		
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 checked="" type="checkbox"/> Que me comprometo a mantener este cumplimiento durante el periodo de tiempo inherente al ejercicio de estas actividades.		
<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> Que confirmo que la información facilitada en esta declaración es veraz y correcta.		
Lugar y Fecha	Nombre y apellidos	Firma
13/09/2016 Valencia	Martín Ricart Jiménez	
Agencia Estatal de Seguridad Aérea Avenida del General Perón 40, Puerta B, 1ª Planta 28020 Madrid		

7. Conclusión

Al inicio de este proyecto se han definido unos objetivos claros y precisos para desarrollar. Estos objetivos eran realizar el diseño de un RPAS para viticultura de precisión y lograr su operación bajo la normativa actual española. En esta conclusión se pretende analizar los resultados obtenidos y estudiar la funcionabilidad y aplicabilidad de los RPAS para la aplicación específica de viticultura de precisión.

La funcionalidad del RPAS ha sido conseguida gracias al diseño preliminar 3D y a la normativa aplicada. El diseño ha permitido que el RPAS cumpla geoméricamente y estructuralmente con las exigencias tecnológicas que requiere la viticultura de precisión. Estas exigencias tecnológicas han sido previamente estudiadas en la revisión del arte realizada en la primera parte de este proyecto permitiendo que todos los componentes del diseño del RPAS estén correctamente justificados. Solo con la realización del diseño 3D no es suficiente para demostrar que es funcional, a esto hay que añadirle un cumplimiento de un marco legislativo legal para que su operación pueda ser realizada. Es por eso, que se ha aplicado el procedimiento para ser operador de RPAS en España, completando toda la documentación necesaria y siguiendo los pasos establecidos por la AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea). Además este procedimiento se ha conseguido describir y aplicar en un campo operacional real, ya que se ha tenido acceso a un viñedo en el que se ha supuesto que se iban a realizar operaciones con RPAS permitiendo basarse en referencias reales.

En cuanto a la aplicabilidad, la gran versatilidad y flexibilidad de los RPAS les hace muy buenos en numerosas aplicaciones. Los RPAS utilizados para la viticultura de precisión y en general para la agricultura, cubren algunas limitaciones que tienen otras herramientas como por ejemplo los satélites. Estas limitaciones son la gran resolución espacial que tienen y la rápida adquisición de los datos, siendo procesos muy importantes para el desarrollo de la agricultura de precisión. La principal desventaja que tienen es la baja autonomía en sus baterías, es por eso que solo son factibles en cultivos pequeños o medianos. En cuanto a comparación de costes, conseguir una imagen satelital con alta resolución de 100 km² puede costar aproximadamente unos 2000€, mientras que contratar a una empresa que realice trabajos con RPAS puede llegar a costar de 600€ a 3000€ por jornada completa. Es por eso que dependiendo de lo que quiera el técnico del cultivo y como sea de grande ese cultivo será más factible una cosa u otra; ya que si se quiere realizar un control cada mucho tiempo y en extensiones muy grandes los satélites son más rentables. Sin embargo la tecnología de los RPAS permite realizar operaciones día a día, teniendo un control del cultivo casi a tiempo real y ayudando a la toma de decisiones que tiene que hacer el técnico de la viña. Esta situación sería insostenible si se tuviera que contratar una empresa externa para que vaya al cultivo específico a realizar la operación, ya que estas te cobran los transportes y encarecen más el precio. Es por eso que lo ideal sería que el técnico de la viña poseyera un RPAS y fuera operador, pudiendo realizar un control completo de su cultivo. En este caso también se debería tener el software y los conocimientos adecuados para poder procesar y analizar esas imágenes obtenidas y “traducirlas” en parámetros e índices que de verdad ayudan al control de la viña.

Agradecimientos

Mi agradecimiento al IDF (Instituto de Diseño y Fabricación) de la Universidad Politécnica de Valencia por toda la ayuda y los medios prestados para realización de este proyecto. También agradecer al grupo UAX-UPV por los conocimientos que me ha enseñado sobre drones.

Bibliografía

- López-Granados, F. 2013. *Uso de vehículos Aéreos no tripulados para la evaluación de la producción agraria*. Revista Ambienta n.º 105: 40-52.
- Primicerio, J., S.F., Di Gennaro, E., Fiorillo, L., Genesio, E., Lugato, A., Matese, F.P., Vaccari, 2012. *A flexible unmanned aerial vehicle for precision agriculture*. *Precision Agriculture* 13(4): 517-523.
- Van Bueren, S., I., Yule, 2013. *Multispectral aerial imaging of pasture quality and biomass using unmanned aerial vehicles (uav)*. Online: http://www.massey.ac.nz/~flrc/workshops/13/Manuscripts/Paper_vonBueren_2013.pdf
- Liseth Viviana Campo Arcos, Juan Carlos Corrales Muñoz, Ph.D., Agapito Ledezma Espino, Ph.D., 2015. *Remote Sensing for Agricultural Crops Based on a Low Cost Quadcopter*
- Peña-Barragan, J.M.; Torres-Sánchez, J.; De Castro-Megías, A.I. and López-Granados, F. 2013. *Generating weed maps in early-season maize fields by using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and object-based image analysis*. *PLoS One*, e77151.
- Martínez-Casasnovas, J.A.; Agelet-Fernández, J.; Arnó, J. y Ramos, M.C. (2012). *Analysis of vineyard differential management zones and relation to vine development, grape maturity and quality*.
- Yuste Martín, R.; Vargas Velasco, N.; y Moya Hernández, J.; Departamento de Vehículos Aéreos no Tripulados. Zumain Ingenieros S.L., 2013. *Teledetección ambiental de alta resolución mediante aplicación de vehículos aéreos no tripulados*.

ANEXOS

- 1. Apéndice C. Normativa aplicable.**
- 2. Ley BOE Viernes 17 de octubre de 2014. Artículo 50 y 51.**
- 3. Real decreto 19 de enero 2001. Indemnizaciones.**
- 4. Apéndice D. Caracterización de la aeronave.**
- 5. Apéndice E. Manual de operaciones.**
- 6. Apéndice F. Estudio de seguridad aeronáutico.**
- 7. Apéndice G. Vuelos de prueba.**
- 8. Apéndice H. Mantenimiento.**
- 9. Apéndice I. Revisión de los pilotos certificados.**
- 10. Apéndice A2. Solicitud de vuelos de prueba.**
- 11. Apéndice A1. Solicitud para habilitarse como operador.**

Apéndice C

NORMATIVA APLICABLE (art. 50.1)

- Ley 30/1992, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común
- Real Decreto 1398/1993, de 4 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento del Procedimiento para el ejercicio de la Potestad Sancionadora
- Real Decreto 37/2001 de 19 de enero, por el que se actualiza la cuantía de las indemnizaciones por daños previstas en la Ley 48/1960, de 21 de julio, de Navegación Aérea
- Ley 48/1960 de 21 de julio, sobre Navegación Aérea
- Real Decreto 57/2002 de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de la Circulación Aérea (RCA)
- Ley 21/2003 de 7 de julio, de Seguridad Aérea
- Real Decreto 98/2009 de 6 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Inspección aeronáutica
- Reglamento (UE) Nº 1178/2011, de 3 de noviembre de 2011 por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil en virtud del Reglamento (CE) n o 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo.
- Reglamento (UE) Nº 290/2012 de la Comisión de 30 de marzo de 2012, que modifica el Reglamento (UE) nº 1178/2011, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil en virtud del Reglamento (CE) nº 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo (modifica el anterior).
- REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) Nº 923/2012 DE LA COMISIÓN de 26 de septiembre de 2012 por el que se establecen el reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea, y por el que se modifican el Reglamento de Ejecución (UE) n o 1035/2011 y los Reglamentos (CE) n o 1265/2007, (CE) n o 1794/2006, (CE) n o 730/2006, (CE) n o 1033/2006 y (UE) n o 255/2010.
- Orden FOM/3553/2011 de 5 de diciembre, por la que se modifica el Anexo 2 del Real Decreto 1749/1984 de 1 de agosto, por el que se aprueban el Reglamento Nacional sobre el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea y las Instrucciones Técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea, para actualizar las Instrucciones Técnicas
- Real Decreto 1749/1984 de 1 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento sobre el Transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea y las Instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea.
- Decreto 416/1969 de 13 de marzo de 1969, por el que se aprueba el Reglamento del Registro de Matrícula de Aeronaves
- Decreto de 387/1972 de 10 de febrero, por el que se modifican los artículos 7, 8, 18, 19, 24, 25, 27, 36, 37 y 38, disposiciones adicionales y disposiciones transitorias del Reglamento del Registro de Matrícula de Aeronaves, aprobado por el Decreto nº 416/1969, de 13 de marzo (BOE Nº 50, de 28 de febrero de 1972).
- Orden de 22 de Septiembre de 1977, sobre Reglamento de Marcas de Nacionalidad y de Matrícula de las aeronaves civiles
- Real Decreto 2876/1982 de 15 de octubre, por el que se regula el registro y uso de aeronaves de estructura ultraligera

- Reglamento (CE) N° 785/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de abril de 2004, sobre los requisitos de seguro de las compañías aéreas y operadores aéreos
- Resolución de 5 de julio de 2002, de la Dirección General de Aviación Civil, por la que se establecen procedimientos operativos específicos para operaciones de trabajos aéreos y agroforestales
- Orden de 14 de julio de 1995, sobre títulos y licencias aeronáuticos civiles
- Real Decreto 270/2000 de 25 de febrero, por el que se determinan las condiciones para el ejercicio de las funciones del personal de vuelo de las aeronaves civiles
- Orden de 21 de marzo de 2000, por la que se adoptan los requisitos conjuntos de aviación para las licencias de la tripulación de vuelo (JAR-FCL) relativos a las condiciones para el ejercicio de las funciones de los pilotos de los aviones civiles
- Orden FOM/2233/2002 de 4 de septiembre, por la que se adoptan los requisitos conjuntos de aviación relativos a los simuladores de vuelo, los dispositivos de entrenamiento de vuelo y los entrenadores de procedimientos de navegación y vuelo de avión
- Resolución de 27 de febrero de 2008, de la Dirección General de Aviación Civil, relativa a la acreditación del nivel de competencia lingüística en idioma inglés de los pilotos civiles de avión y helicóptero
- Orden FOM/896/2010 de 6 de abril, por la que se regula el requisito de competencia lingüística y su evaluación, modificada por Orden FOM/1841/2010
- Resolución de 20 de septiembre de 2011, de la Dirección de Seguridad de Aeronaves de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, por la que se convoca proceso selectivo para la designación y autorización de examinadores calificados para la realización de pruebas de pericia en vuelo y verificaciones de competencia atribuidas a la autoridad aeronáutica, para la obtención y mantenimiento de la validez de los títulos, licencias, habilitaciones y autorizaciones aeronáuticos civiles de avión y helicóptero y se establecen las bases para su desarrollo
- Decreto de 13 de agosto de 1948, por el que se reglamenta la propaganda comercial realizada desde el aire (BOE n° 281 de 7 de octubre de 1948)
- Orden de Presidencia del Gobierno de 14 de Marzo de 1957, y una "Instrucción" de la Dirección General de Aviación Civil de 1987 (Fotografía Aérea).
- Real Decreto 1919/2009 de 11 de diciembre, por el que se regula la seguridad aeronáutica en las demostraciones aéreas civiles
- Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (Título VI con rango de ley ordinaria).
- Real Decreto 1720/2007 por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.
- Cualquier otra que pueda afectar a la operación y a la aeronave que realice la actividad.

Artículo 47. *Medidas compensatorias en materia de calidad acústica.*

Los gestores aeroportuarios asumen los costes derivados de las medidas compensatorias en materia de calidad acústica para los municipios derivadas de lo previsto en el artículo cuarto, apartado 2, letra b), de la Ley 48/1960, de 21 de julio, de Navegación aérea.

Artículo 48. *Modificación de los anexos.*

Cualquier propuesta del gestor aeroportuario de modificación de los anexos de esta Ley relativos a la metodología para la determinación del ingreso máximo anual por pasajero (IMAP) en el Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA) quinquenal y a la determinación del ingreso máximo anual por pasajero ajustado (IMAAJ) estará sujeta a un procedimiento de consulta previo con las asociaciones representativas de usuarios, cuya duración no podrá ser inferior a dos meses, en el que Aena, S.A., les facilitará información suficiente para valorar la propuesta y su impacto sobre las modificaciones tarifarias.

Con el resultado de las consultas Aena, S.A., formulará nueva propuesta en la que deberá ponerse de manifiesto cómo se han tomado en consideración los puntos de vista de las compañías usuarias y justificar su decisión en caso de desacuerdo, y de la propuesta adoptada se dará traslado al Ministerio de Fomento que, en su caso, recabará informe de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia sobre la propuesta.

Artículo 49. *Incentivos comerciales.*

1. Lo dispuesto en las secciones 1.ª a 4.ª de este capítulo no obsta a que Aena, S.A., pueda establecer incentivos comerciales que, sin afectar al régimen jurídico y cuantía de las prestaciones patrimoniales públicas por los servicios aeroportuarios básicos, se fijen conforme a criterios objetivos, transparentes y no discriminatorios y sean conformes con las normas sobre competencia.

En ningún caso dichos incentivos afectarán al cálculo de los ingresos regulados requeridos a que se refieren dichas Secciones.

2. La propuesta de Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA) que Aena, S.A., someta a consultas y la que, tras estas, remita a los órganos correspondientes, debe recoger los esquemas de incentivos previstos para el quinquenio.

Sección 6.ª Aeronaves civiles pilotadas por control remoto

Artículo 50. *Operación de aeronaves civiles pilotadas por control remoto.*

1. Hasta tanto se produzca la entrada en vigor de la norma reglamentaria prevista en la Disposición final segunda, apartado 2, de esta Ley, las operaciones de aeronaves civiles pilotadas por control remoto quedan sujetas a lo establecido en este artículo.

El cumplimiento de lo dispuesto en este artículo no exime al operador, que es, en todo caso, el responsable de la aeronave y de la operación, del cumplimiento del resto de la normativa aplicable, en particular en relación con el uso del espectro radioeléctrico, la protección de datos o la toma de imágenes aéreas, ni de su responsabilidad por los daños causados por la operación o la aeronave.

2. Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue exceda de 25 kg deben estar inscritas en el Registro de matrícula de aeronaves y disponer de certificado de aeronavegabilidad, quedando exentas del cumplimiento de tales requisitos las aeronaves civiles pilotadas por control remoto con una masa máxima al despegue igual o inferior.

Además, todas las aeronaves civiles pilotadas por control remoto deberán llevar fijada a su estructura una placa de identificación en la que deberá constar, de forma legible a simple vista e indeleble, la identificación de la aeronave, mediante la designación específica y, en su caso, número de serie, así como el nombre de la empresa operadora y los datos necesarios para ponerse en contacto con la misma.

3. Podrán realizarse actividades aéreas de trabajos técnicos o científicos por aeronaves civiles pilotadas por control remoto, de día y en condiciones meteorológicas visuales con sujeción a los siguientes requisitos:

a) Sólo podrán operar 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, más allá del alcance visual del piloto, dentro del alcance de la emisión por radio de la estación de control y a una altura máxima sobre el terreno no mayor de 400 pies (120 m), las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue sea inferior a 2 kg, siempre que cuenten con medios para poder conocer la posición de la aeronave. La realización de los vuelos estará condicionada a la emisión de un NOTAM por el proveedor de servicios de información aeronáutica, a solicitud del operador debidamente habilitado, para informar de la operación al resto de los usuarios del espacio aéreo de la zona en que ésta vaya a tener lugar.

b) Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue no exceda de 25 kg, sólo podrán operar 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 éste no mayor de 500 m y a una altura sobre el terreno no mayor de 400 pies (120 m).

c) Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue exceda de 25 kg y no sea superior a 150 kg y aquéllas cuya masa máxima de despegue sea igual o superior a 150 kg destinadas a la realización de actividades de lucha contra incendios o búsqueda y salvamento, sólo podrán operar, con las condiciones y limitaciones establecidas en su certificado de aeronavegabilidad emitido por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, en espacio aéreo no controlado.

d) Además, las operaciones previstas en las letras precedentes requerirán:

1.º Que el operador disponga de la documentación relativa a la caracterización de las aeronaves que vaya a utilizar, incluyendo la definición de su configuración, características y prestaciones.

2.º Que se disponga de un Manual de operaciones del operador que establezca los procedimientos de la operación.

3.º Que haya realizado un estudio aeronáutico de seguridad de la operación u operaciones, en el que se constate que la misma puede realizarse con seguridad. Este estudio, que podrá ser genérico o específico para un área geográfica o tipo de operación determinado, tendrá en cuenta las características básicas de la aeronave o aeronaves a utilizar y sus equipos y sistemas.

4.º Que se hayan realizado, con resultado satisfactorio, los vuelos de prueba que resulten necesarios para demostrar que la operación pretendida puede realizarse con seguridad.

5.º Que se haya establecido un programa de mantenimiento de la aeronave, ajustado a las recomendaciones del fabricante.

6.º Que la aeronave esté pilotada por control remoto por pilotos que cumplan los requisitos establecidos en esta disposición.

7.º Se exigirá a los operadores de las aeronaves civiles pilotadas por control remoto, una póliza de seguro u otra garantía financiera que cubra la responsabilidad civil frente a terceros por daños que puedan surgir durante y por causa de la ejecución del vuelo, según los límites de cobertura que se establecen en el Real Decreto 37/2001, de 19 de enero, por el que se actualiza la cuantía de las indemnizaciones por daños previstas en la Ley 48/1960, de 21 de julio, de Navegación Aérea, para las aeronaves de peso inferior a 20 kilogramos de peso máximo al despegue. Así mismo, para aquellas aeronaves cuyo peso sea superior a 20 kilogramos de peso máximo al despegue será aplicable el límite de cobertura establecido en el Reglamento (CE) n.º 785/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre los requisitos de seguro de las compañías aéreas y operadores aéreos.

8.º Que se hayan 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.

9.º Que se hayan adoptado las medidas adicionales necesarias para garantizar la seguridad de la operación y para la protección de las personas y bienes subyacentes.

10.º Que la operación se realice a una distancia mínima de 8 km respecto de cualquier aeropuerto o aeródromo o, para el caso de vuelos encuadrados en el apartado 3, letra a), si la infraestructura cuenta con procedimientos de vuelo instrumental, a una distancia mínima de 15 km de su punto de referencia. En otro caso y para los supuestos contemplados en este número, que se hayan establecido los oportunos mecanismos de coordinación con dichos aeródromos o aeropuertos. La coordinación realizada deberá documentarse, estando obligado el operador a conservarla a disposición de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

4. Asimismo, podrán realizarse los siguientes tipos de vuelos por aeronaves civiles pilotadas por control remoto, de día y en condiciones meteorológicas visuales, en espacio aéreo no controlado, dentro del alcance visual del piloto, o, en otro caso, en una zona del espacio aéreo segregada al efecto y siempre en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre:

- a) Vuelos de prueba de producción y de mantenimiento, realizados por fabricantes u organizaciones dedicadas al mantenimiento.
- b) Vuelos de demostración no abiertos al público, dirigidos a grupos cerrados de asistentes a un determinado evento o de clientes potenciales de un fabricante u operador.
- c) Vuelos para programas de investigación, nacionales o europeos, en los que se trate de demostrar la viabilidad de realizar determinada actividad con aeronaves civiles pilotadas por control remoto.
- d) Vuelos de desarrollo en los que se trate de poner a punto las técnicas y procedimientos para realizar una determinada actividad con aeronaves civiles pilotadas por control remoto previos a la puesta en producción de esa actividad.
- e) Vuelos de I+D realizados por fabricantes para el desarrollo de nuevos productos.
- f) Vuelos de prueba necesarios para demostrar que las actividades solicitadas conforme al apartado 3 pueden realizarse con seguridad.

La realización de estos vuelos requerirá además, el cumplimiento de los requisitos establecidos en el apartado 3, letra d), números 1.º, 3.º, 6.º, 7.º, 8.º, 9.º y 10.º y, además, establecer una zona de seguridad en relación con la zona de realización del vuelo.

En los casos en que la operación se vaya a realizar por un operador no sujeto a la supervisión de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, deberá disponer de la autorización de la autoridad aeronáutica del país de origen para la realización de la actividad de que se trate y acreditar ante la Agencia Estatal de Seguridad Aérea que los requisitos de aquella autoridad son al menos equivalentes a los establecidos en este apartado.

5. Los pilotos deberán acreditar los siguientes requisitos:

- a) Ser titulares de cualquier licencia de piloto, incluyendo la licencia de piloto de ultraligero, emitida conforme a la normativa vigente, o haberlo sido en los últimos cinco años y no haber sido desposeídos de la misma en virtud de un procedimiento sancionador, o
- b) demostrar de forma fehaciente que disponen de los conocimientos teóricos necesarios para la obtención de cualquier licencia de piloto, incluyendo la licencia de piloto de ultraligero, o
- c) para las aeronaves de masa máxima al despegue no superior a 25 kg, disponer:

1.º Para volar dentro del alcance visual del piloto, de un certificado básico para el pilotaje de aeronaves civiles pilotadas por control remoto, emitido por una organización

de formación aprobada, conforme al anexo VII del Reglamento (UE) n.º 1178/2011 de la Comisión, de 3 de noviembre de 2011, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil, que acredite que dispone de los conocimientos teóricos adecuados en las materias de: normativa aeronáutica, conocimiento general de las aeronaves (genérico y específico), performance de la aeronave, meteorología, navegación e interpretación de mapas, procedimientos operacionales, comunicaciones y factores humanos para aeronaves civiles pilotadas por control remoto.

2.º Para volar más allá del alcance visual del piloto, de certificado avanzado para el pilotaje de aeronaves civiles pilotadas por control remoto, emitido por una organización de formación aprobada, conforme al anexo VII del Reglamento (UE) n.º 1178/2011 de la Comisión, que acredite además de los conocimientos teóricos señalados en el número 1.º, conocimientos de servicios de tránsito aéreo y comunicaciones avanzadas.

d) Además, en los supuestos previstos en las letras b) y c), deberán acreditar:

1.º Tener 18 años de edad cumplidos.

2.º Los pilotos que operen aeronaves de hasta 25 kilos de masa máxima al despegue deberán ser titulares, como mínimo, de un certificado médico que se ajuste a lo previsto en el apartado MED.B.095 del anexo IV, Parte MED, del Reglamento (UE) número 1178/2011 de la Comisión, de 3 de noviembre de 2011, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil en virtud del Reglamento (CE) n.º 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, en relación a los certificados médicos para la licencia de piloto de aeronave ligera (LAPL).

3.º Los pilotos que operen aeronaves de una masa máxima al despegue superior a 25 kilos deberán ser titulares como mínimo de un certificado médico de Clase 2, que se ajuste a los requisitos establecidos por la sección 2, de la subparte B, del anexo IV, Parte MED, del Reglamento (UE) n.º 1178/2011 de la Comisión, emitido por un centro médico aeronáutico o un médico examinador aéreo autorizado.

e) Además, en todos los casos, deberán disponer de un documento que acredite que disponen de los conocimientos adecuados de la aeronave y sus sistemas, así como de su pilotaje, emitido bien por el operador, bien por el fabricante de la aeronave o una organización autorizada por éste, o bien por una organización de formación aprobada. En ningún caso dicho documento podrá haber sido emitido por el piloto para el que solicita la autorización.

6. El ejercicio de las actividades previstas en los apartados 3 y 4 por aeronaves cuya masa máxima al despegue sea igual o inferior a 25 kg, estará sujeta a la comunicación a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea con una antelación mínima de cinco días al día del inicio de la operación. La comunicación previa deberá contener:

a) Los datos identificativos del operador, de las aeronaves que vayan a utilizarse en la operación y de los pilotos que la realicen, así como las condiciones en que cada uno de ellos acredita los requisitos exigibles conforme al apartado 5.

b) La descripción de la caracterización de dichas aeronaves, incluyendo la definición de su configuración, características y prestaciones.

c) El tipo de trabajos técnicos o científicos que se vayan a desarrollar o, en otro caso, los vuelos que se vayan a realizar y sus perfiles, así como de las características de la operación.

d) Las condiciones o limitaciones que se van a aplicar a la operación o vuelo para garantizar la seguridad.

Junto a la comunicación previa, el operador deberá presentar una declaración responsable en el que manifieste, bajo su responsabilidad, que cumple con cada uno de los requisitos exigibles conforme a lo previsto en este artículo para la realización de las

actividades u operaciones comunicadas, que dispone de la documentación que así lo acredita y que mantendrá el cumplimiento de dichos requisitos en el período de tiempo inherente a la realización de la actividad. Además de esta declaración responsable el operador deberá presentar el Manual de operaciones, el estudio aeronáutico de seguridad y la documentación acreditativa de tener suscrito el seguro obligatorio exigidos, respectivamente, por el apartado 3, letra d), números 2.º, 3.º y 7.º, y apartado 4. Cuando la comunicación previa se refiera a las operaciones previstas en el apartado 3, deberá presentarse junto a esta documentación el programa de mantenimiento y acreditación de la realización de los vuelos de prueba con resultado satisfactorio a que se refieren los números 4.º y 5.º de la letra d) de dicho apartado.

Cualquier modificación de la comunicación deberá ser comunicada a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea con una antelación mínima de 5 días al día de la implementación de la modificación, presentando actualizada la declaración responsable y, en su caso, la documentación acreditativa complementaria prevista en este apartado.

La Agencia Estatal de Seguridad Aérea está obligada a emitir un acuse de recibo en el plazo de cinco días a contar desde el día de recepción de la documentación en el que, como mínimo, figuren las actividades para cuyo ejercicio queda habilitado por la comunicación o su modificación.

7. El ejercicio de las actividades previstas en los apartados 3 y 4 por aeronaves cuya masa máxima al despegue exceda de 25 kg así como cualquier modificación en las condiciones de ejercicio de dichas actividades o de los requisitos acreditados, estará sujeta a la previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, conforme a lo previsto en este apartado.

La solicitud de autorización y sus modificaciones tendrá el contenido mínimo previsto para la comunicación previa en el apartado anterior y junto a ella deberá presentarse la declaración responsable y documentación complementaria exigida en dicho apartado.

8. La comunicación previa o autorización de la realización de los trabajos técnicos o científicos previstos en el apartado 3, y sus modificaciones habilita para el ejercicio de la actividad por tiempo indefinido, en el caso de las operaciones sujetas a comunicación previa una vez transcurrido el plazo de cinco días a que se refiere el apartado 6, con sujeción, en todo caso, al cumplimiento de los requisitos exigidos y en tanto se mantenga su cumplimiento.

La comunicación previa o autorización de la realización de los vuelos previstos en el apartado 4, y sus modificaciones habilita exclusivamente para la realización de aquellos vuelos que, según sea el caso, se hayan autorizado o comunicado con la antelación prevista en el apartado 6 y con sujeción, en todo caso, al cumplimiento de los requisitos exigidos y en tanto se mantenga su cumplimiento.

Los operadores habilitados conforme a lo previsto en este artículo para el ejercicio de las actividades aéreas a que se refiere el apartado 3, podrán realizar, bajo su responsabilidad, vuelos que no se ajusten a las condiciones y limitaciones previstas en los apartados 3 y 4 en situaciones de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, así como para la protección y socorro de personas y bienes en los casos en que dichas situaciones se produzcan, cuando les sea requerido por las autoridades responsables de la gestión de dichas situaciones.

9. Reglamentariamente se establecerá el régimen jurídico a que queda sujeta la operación e aeronaves civiles pilotadas por control remoto, en otros supuestos distintos de los contemplados en esta Ley.

10. Por resolución del Director de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea se podrán establecer los medios aceptables de cumplimiento cuya observancia acredita el cumplimiento de los requisitos establecidos en este artículo.

Sección 7.ª Otras reformas en materia de navegación y seguridad aérea

Artículo 51. *Modificación de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea.*

La Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea, queda modificada de la siguiente manera:

Uno. El artículo once queda redactado como sigue:

«Artículo once.

Se entiende por aeronave:

- a) Toda construcción apta para el transporte de personas o cosas capaz de moverse en la atmósfera merced a las reacciones del aire, sea o no más ligera que éste y tenga o no órganos motopropulsores.
- b) Cualquier máquina pilotada por control remoto que pueda sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.»

Dos. El artículo ciento cincuenta queda redactado de la siguiente manera:

«Artículo ciento cincuenta.

1. Las aeronaves de transporte privado de Empresas, las de Escuelas de Aviación, las dedicadas a trabajos técnicos o científicos y las de turismo y las deportivas, quedarán sujetas a las disposiciones de esta Ley, en cuanto les sean aplicables, con las excepciones que a continuación se expresan:

Primera. No podrán realizar ningún servicio público de transporte aéreo de personas o de cosas, con o sin remuneración.

Segunda. Podrán utilizar terrenos diferentes de los aeródromos oficialmente abiertos al tráfico, previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

2. Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto, cualesquiera que sean las finalidades a las que se destinen excepto las que sean utilizadas exclusivamente con fines recreativos o deportivos, quedarán sujetas asimismo a lo establecido en esta Ley y en sus normas de desarrollo, en cuanto les sean aplicables. Estas aeronaves no estarán obligadas a utilizar infraestructuras aeroportuarias autorizadas, salvo en los supuestos en los que así se determine expresamente en su normativa específica.»

Tres. El párrafo primero del artículo ciento cincuenta y uno queda redactado como sigue:

«Las actividades aéreas que se realicen a los fines del artículo anterior, excepto las de turismo y las deportivas, requerirán la comunicación previa a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea o su autorización, a efectos de mantener la seguridad en las operaciones aeronáuticas y de terceros, en los casos en que la naturaleza de estas operaciones, el entorno o circunstancias en que se realizan supongan riesgos especiales para cualquiera de ellos, y estarán sometidas a su inspección en los términos establecidos por la legislación vigente.»

Cuatro. Se adiciona una nueva disposición transitoria tercera del siguiente tenor:

«Disposición transitoria tercera. *Régimen transitorio en materia de autorizaciones.*

En tanto no sea de aplicación la normativa específica que regule la comunicación previa prevista en el artículo ciento cincuenta y uno, será exigible la

previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea para el ejercicio de las actividades previstas en dicho precepto.»

Artículo 52. *Modificación de la Ley 13/1996, de 30 de diciembre, de medidas fiscales administrativas y del orden social.*

El artículo 166 de la Ley 13/1996, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social, queda redactado como sigue:

«Artículo 166.

1. Para garantizar las necesidades del tránsito y transporte aéreo y, en relación con los aeropuertos de interés general, el cumplimiento de los fines de interés general establecidos en el artículo 21 de la Ley 18/2014, de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia, así como las necesidades de gestión del espacio aéreo y los servicios de navegación aérea, el Ministerio de Fomento delimitará para los aeropuertos de interés general una zona de servicio que incluirá las superficies necesarias para la ejecución de las actividades aeroportuarias, las destinadas a las tareas complementarias de ésta y los espacios de reserva que garanticen la posibilidad de desarrollo y crecimiento del conjunto y aprobará el correspondiente Plan Director de la misma en el que se incluirán, además de las actividades contempladas en el artículo 39 de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea, los usos industriales y comerciales cuya localización en ella resulte necesaria o conveniente por su relación con el tráfico aéreo o por los servicios que presten a los usuarios del mismo.

En la tramitación de los Planes Directores se recabará el informe de la correspondiente Comunidad Autónoma y de otras administraciones públicas afectadas, en relación con sus respectivas competencias, en particular en materia urbanística y de ordenación del territorio, en los términos previstos reglamentariamente.

2. Los planes generales y demás instrumentos generales de ordenación urbana calificarán los aeropuertos y su zona de servicio como sistema general aeroportuario y no podrán incluir determinaciones que supongan interferencia o perturbación en el ejercicio de las competencias de explotación aeroportuaria.

Dicho sistema general aeroportuario se desarrollará a través de un plan especial o instrumento equivalente, que se formulará por el gestor, de acuerdo con las previsiones contenidas en el correspondiente Plan Director y se tramitará y aprobará de conformidad con lo establecido en la legislación urbanística aplicable.

La autoridad urbanística competente para la aprobación del Plan Especial dará traslado al gestor del acuerdo de aprobación provisional del mismo para que éste se pronuncie en el plazo de un mes sobre los aspectos de su competencia, en caso de desacuerdo entre ambos se abrirá un período de consultas por un plazo de seis meses y si, al término del mismo, no se hubiere logrado un acuerdo expreso entre ellas sobre el contenido del Plan Especial, se remitirá el expediente al Consejo de Ministros al que corresponderá informar con carácter vinculante.

3. Las obras que realice el gestor dentro del sistema general aeroportuario deberán adaptarse al plan especial de ordenación del espacio aeroportuario o instrumento equivalente. Para la constatación de este requisito, deberán someterse a informe de la administración urbanística competente, que se entenderá emitido en sentido favorable si no se hubiera evacuado de forma expresa en el plazo de un mes desde la recepción de la documentación. En el caso de que no se haya aprobado el plan especial o instrumento equivalente, a que se refiere el apartado 2 de este artículo, las obras que realice el gestor en el ámbito aeroportuario deberán ser conformes con el Plan Director del Aeropuerto.

Las obras de nueva construcción, reparación y conservación que se realicen en el ámbito del aeropuerto y su zona de servicio por el gestor no estarán sometidas a

Convenio Europeo sobre Protección de los Animales Vertebrados Utilizados con Fines Experimentales y Otros Fines Científicos. Estrasburgo, 18 de marzo de 1986. «Boletín Oficial del Estado» de 25 de octubre de 1990.

Francia. 5 de junio de 2000. Aprobación, entrada en vigor 1 de diciembre de 2000, con la siguiente reserva:

Francia declara que no se considera vinculada por la formulación actual del artículo 28. No obstante, se reserva la posibilidad de realizar estadísticas, en la forma que le parezca más oportuna, con el fin de orientar la política nacional en materia de experimentación animal.

L. INDUSTRIALES Y TÉCNICOS

L.A INDUSTRIALES.

L.B ENERGÍA Y NUCLEARES.

L.C TÉCNICOS.

Reglamento número 22 sobre Prescripciones Uniformes relativas a la Homologación de Cascos de Protección para Conductores y Pasajeros de Motociclos, Anejo al Acuerdo Relativo al Cumplimiento de Condiciones Uniformes de Homologación y Reconocimiento Recíprocos de la Homologación de Equipos y Piezas de Vehículos de Motor. Ginebra, 20 de marzo de 1958. «Boletín Oficial del Estado» de 21 de enero de 1977.

Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte. 16 de mayo de 2000. Aplicación.

Lo que se hace público para conocimiento general. Madrid, 23 de enero de 2001.—El Secretario general técnico, Julio Núñez Montesinos.

MINISTERIO DE FOMENTO

2343 *REAL DECRETO 37/2001, de 19 de enero, por el que se actualiza la cuantía de las indemnizaciones por daños previstas en la Ley 48/1960, de 21 de julio, de Navegación Aérea.*

La Ley 48/1960, de 21 de julio, de Navegación Aérea, regula en el capítulo XIII la responsabilidad por daños en el transporte de viajeros, equipajes y mercancías, así como por los que causen a las personas o a las cosas en la superficie terrestre, por acción de la aeronave o por cuanto de la misma se desprenda o arroje. Las disposiciones finales segunda y cuarta de dicha Ley autorizan al Gobierno a revisar los importes de las indemnizaciones establecidas al respecto, en función de las circunstancias económicas.

En ejecución de la disposición final segunda de la citada Ley, las cuantías de las indemnizaciones recogidas en este capítulo fueron actualizadas por el Real Decreto 2333/1983, de 4 de agosto.

Para las indemnizaciones relativas a pasajeros, las cuantías que ahora se elevan, lo hacen teniendo en cuenta las establecidas para las compañías aéreas de la Unión Europea en el Reglamento (CE) 2027/1997, del Consejo, de 9 de octubre, sobre responsabilidad de las compañías aéreas en caso de accidente, que aplica un sistema uniforme dentro de su ámbito.

Para las indemnizaciones relativas a equipajes y mercancías, la elevación de los límites de la responsabilidad responde a la tendencia que se viene produciendo en el ámbito internacional, reflejada en los importe que recoge el Convenio para la unificación de ciertas reglas para el transporte aéreo internacional, concluido en Montreal el 28 de mayo de 1999 y firmado por España el 14 de enero de 2000.

Asimismo, en lo que se refiere a las indemnizaciones relativas a daños que se causen a las personas o a las cosas en la superficie terrestre por acción de la aeronave o por cuanto de la misma se desprenda o arroje, el Convenio de Roma de 7 de octubre de 1952, que regula este tipo de daños, no resulta ya el referente adecuado, por lo que se han tenido en cuenta las cuantías aplicables en los países de nuestro entorno.

En consecuencia, al objeto de aproximar los límites de las cuantías indemnizatorias recogidas en los ámbitos europeo e internacional señalados y las establecidas en el ámbito interno español, es preciso actualizar nuevamente dichas cuantías.

Con el fin de garantizar la equivalencia de los nuevos importes de las indemnizaciones que se establecen en este Real Decreto, con los fijados en las normas internacionales tomadas como referencia, se ha optado por expresar su valor en derechos especiales de giro, según la definición del Fondo Monetario Internacional.

A efectos de responsabilidad por daños causados a terceros en la superficie, se ha diferenciado una nueva cuantía para aeronaves de hasta 500 kilogramos, al objeto de tener en cuenta el amplio desarrollo alcanzado por la aviación ligera, sus especiales características y sus límites y restricciones operacionales.

Por otra parte, se ha considerado necesario establecer la aplicación de las indemnizaciones recogidas en el artículo 1 de este Real Decreto, a los alumnos pilotos, a los ocupantes de vuelos de iniciación o panorámicos que no constituyen transporte y a los ocupantes de aeronaves dedicadas a trabajos aéreos comerciales que no formen parte de la tripulación.

Asimismo, se establecen requisitos para asegurar la adecuada información a los interesados y a los usuarios sobre las indemnizaciones que correspondan cuando se produzcan daños.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Fomento, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión de 19 de enero de 2001,

DISPONGO:

Artículo 1. *Indemnizaciones relativas a pasajeros.*

A los efectos previstos en el artículo 117 de la Ley 48/1960, de 21 de julio, de Navegación Aérea, las indemnizaciones a favor del viajero que deberán abonar las compañías aéreas no sujetas a la aplicación del Reglamento (CE) 2027/1997, del Consejo, de 9 de octubre, sobre responsabilidad de las compañías aéreas en caso de accidente, que aplica un sistema uniforme dentro de su ámbito serán, en su equivalencia en pesetas o euros, las siguientes:

1.^a Por muerte o incapacidad total permanente: 100.000 derechos especiales de giro.

2.^a Por incapacidad parcial permanente, hasta el límite de 58.000 derechos especiales de giro.

3.^a Por incapacidad parcial temporal, hasta el límite de 29.000 derechos especiales de giro.

Artículo 2. Indemnizaciones relativas a ocupantes de vuelos que no constituyen transporte.

Las entidades dedicadas a la formación de pilotos y las entidades que realizan vuelos de iniciación o panorámicos, cuando éstos no suponen transporte, al tener un ámbito local con salida y llegada en el mismo aeródromo, serán responsables de los daños corporales que se ocasionen, respectivamente, a los alumnos con tarjeta de alumno piloto expedida por la Dirección General de Aviación Civil o a los ocupantes que no formen parte de la tripulación, siempre que los daños se ocasionen a dichas personas mientras se encuentran a bordo o por acción de las aeronaves empleadas en las referidas actividades, o bien como consecuencia de las operaciones de embarque y desembarque.

Asimismo, las empresas que realicen trabajos aéreos técnicos o científicos de carácter comercial serán igualmente responsables en relación con los daños corporales que se ocasionen a los técnicos especialistas en trabajos aéreos, tales como fotógrafos, agrimensores, miembros de cuadrillas de extinción de incendios u otros técnicos, ocupantes de las aeronaves dedicadas a dichas operaciones, que no formen parte de la tripulación.

Las entidades y empresas mencionadas estarán obligadas a suscribir seguros que cubran dicha responsabilidad.

Las indemnizaciones a favor de las personas a que se refiere este artículo serán las mismas que las que se establecen para los viajeros en el artículo 1 de este Real Decreto.

Artículo 3. Indemnizaciones relativas a equipajes y mercancías.

A los efectos previstos en el artículo 118 de la Ley 48/1960, las indemnizaciones respecto a la carga o equipaje facturado o de mano serán, en su equivalencia en pesetas o euros, las siguientes:

1.^a Por pérdida o avería de la carga, hasta el límite de 17 derechos especiales de giro por kilogramo de peso bruto.

2.^a Por pérdida o avería de equipajes, facturados o de mano, hasta el límite de 500 derechos especiales de giro por unidad.

3.^a Por retraso en la entrega de la carga o equipaje facturado, hasta el límite de una cantidad equivalente al precio del transporte.

Si la carga o equipaje facturado o de mano se transporta bajo manifestación de valor declarado, aceptado por el transportista, el límite de responsabilidad corresponde a ese valor.

Artículo 4. Indemnizaciones relativas a daños en la superficie.

Son indemnizables los daños que se causen a las personas o a las cosas que se encuentren en la superficie terrestre por la acción de la aeronave, en vuelo o en tierra, o por cuanto de ella se desprenda o arroje.

A los efectos previstos en el artículo 119 de la Ley 48/1960, las indemnizaciones debidas, por aeronave y accidente, estarán limitadas al importe equivalente en pesetas o euros de las que a continuación se establecen:

1.^a Para aeronaves de hasta 500 kilogramos de peso bruto, 220.000 derechos especiales de giro.

2.^a Para aeronaves de peso bruto mayor de 500 kilogramos y hasta 1.000 kilogramos, 660.000 derechos especiales de giro.

3.^a 660.000 derechos especiales de giro, más 520 derechos especiales de giro por kilogramo que exceda

de los 1.000, para aeronaves que pesen más de 1.000 y no excedan de 6.000 kilogramos.

4.^a 3.260.000 derechos especiales de giro, más 330 derechos especiales de giro por kilogramo que exceda de los 6.000, para aeronaves que pesen más de 6.000 y no excedan de 20.000 kilogramos.

5.^a 7.880.000 derechos especiales de giro, más 190 derechos especiales de giro por kilogramo que exceda de 20.000, para aeronaves que pesen más de 20.000 y no excedan de 50.000 kilogramos.

6.^a 13.580.000 derechos especiales de giro, más 130 derechos especiales de giro por kilogramo que exceda de los 50.000, para aeronaves que pesen más de 50.000 kilogramos.

Se entiende como peso de la aeronave, a los efectos de este artículo, el máximo autorizado para el despegue en el certificado de aeronavegabilidad de la aeronave de que se trate.

Las indemnizaciones por muerte o lesiones de personas se ajustarán a lo dispuesto en el artículo 1 de este Real Decreto, incrementadas en un 20 por 100. Si fuesen varios los perjudicados y la suma global de los daños causados excediera de los límites antes citados, se reducirá proporcionalmente la cantidad que haya de percibir cada uno.

No obstante, las indemnizaciones debidas por daños a las personas gozarán de preferencia para el cobro con respecto a cualquier otra exigible por el siniestro, si el responsable no alcanza a cubrir las todas.

Artículo 5. Estipulación sobre los límites.

No obstante las limitaciones de las indemnizaciones que se establecen en esta disposición, los obligados a asegurar sus responsabilidades podrán estipular límites más elevados o bien la responsabilidad ilimitada.

Artículo 6. Obligación de informar.

Las compañías aéreas, empresas y entidades que realicen las actividades previstas en este Real Decreto, estarán obligadas a proporcionar información a las personas interesadas y a los usuarios sobre la cuantía de las indemnizaciones aplicables en cada caso, expresando necesariamente su equivalencia en pesetas o euros.

Disposición derogatoria única. Derogación normativa.

Queda derogado el Real Decreto 2333/1983, de 4 de agosto, por el que se actualiza la cuantía de las indemnizaciones por daños.

Disposición final primera. Facultad de desarrollo.

Se autoriza al Ministro de Fomento a dictar las disposiciones necesarias para el desarrollo de este Real Decreto.

Disposición final segunda. Entrada en vigor.

Este Real Decreto entrará en vigor a los tres meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid a 19 de enero de 2001.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Fomento,

FRANCISCO ÁLVAREZ-CASCOS FERNÁNDEZ

Apéndice D

Caracterización del sistema RPAS para las operaciones previstas en los puntos 3.a) y b) y 4 del artículo 50 con RPAS de menos de 25 Kg de MTOM (art. 50 3.d.1º, 50.4 y 50.6.d)

Este guía describe la información a incluir en el documento de caracterización de la aeronave, a presentar por el solicitante, requerido para la obtención de la autorización de las actividades solicitadas.

La información contenida en esta guía no es exhaustiva ni totalmente representativa para todos los RPAS, por lo que habrá aspectos que no sean aplicables a todos los RPAS y elementos del RPAS no incluidos que sean necesarios para una descripción precisa del mismo.

Una descripción precisa de la aeronave ayudará al propio interesado en la preparación del análisis de seguridad que tiene que presentar como parte de la declaración responsable.

Descripción del sistema

1. Fabricante, modelo y números de serie de la aeronave, motor, hélices, soporte de la carga de pago y carga de pago, piloto automático, emisora de control,....
2. Planos/diagramas con dimensiones del vehículo aéreo Fotografías de 3 vistas.
3. Listado de componentes y equipos.
4. Masa del vehículo aéreo en vacío y masa máxima al despegue MTOM (incluyendo carga de pago y combustible).
5. Descripción del piloto automático y sistema de navegación.
6. Descripción del sistema de alimentación eléctrica o de combustible.
7. Capacidad de las baterías.
8. Descripción del sistema de propulsión. Potencia kw.
9. Descripción del enlace radio del sistema de mando y control y del sistema de carga de pago. Frecuencias utilizadas. Alcance máximo del sistema de mando y control. Potencia de salida del emisor.
10. Descripción de la carga de pago.
11. Descripción del soporte de la carga de pago.
12. Descripción del sistema de terminación de vuelo.
13. Descripción de la estación de control.
14. Descripción de las luces instaladas y esquema de pintura.

Actuaciones y limitaciones del vehículo aéreo

1. Alcance y autonomía.
2. Altitud máxima de vuelo.
3. Velocidad normal y máxima de operación.
4. Velocidad normal y máxima de ascenso.
5. Velocidad normal y máxima de descenso.
6. Limitaciones relacionadas con la velocidad y dirección del viento, precipitaciones, formación de hielo, temperaturas máximas de operación,....

Comunicaciones

1. Comunicaciones radio con ATC. Medios alternativos.
2. Comunicaciones entre el piloto del RPAS y otro personal involucrado en la operación.



Apéndice E, revisión 1 (18-01-2016)

GUÍA SOBRE EL CONTENIDO DEL MANUAL DE OPERACIONES (art. 50.3.d.1º)

El Manual de Operaciones (MO) es el documento por el que se rige la actividad aérea del operador. Debe elaborarse acorde a la normativa vigente y es de obligado conocimiento y cumplimiento para todo el personal involucrado en las operaciones aéreas. La redacción y desarrollo de los contenidos del MO debe ser coherente con el tamaño del operador y la naturaleza y complejidad de sus operaciones, y deberá cubrir al menos los siguientes puntos:

0. PORTADA Y CONTACTO

- Portada identificando al operador y el título “Manual de Operaciones”, datos de contacto y número de revisión del MO.
- Índice paginado.
- Registro de revisiones con fechas de efectividad.
- Listado de páginas efectivas.

1. INTRODUCCIÓN

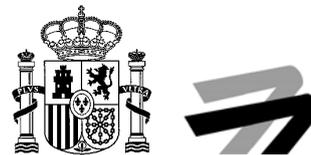
- Una declaración, firmada por el responsable del operador, de que el MO cumple con la Ley 18/2014, resto de reglamentos aplicables y de que el documento contiene instrucciones operacionales que han de ser cumplidas por el personal correspondiente.
- Objeto y alcance del MO con breve descripción de las distintas partes del documento.
- Definiciones y siglas necesarias para utilizar el manual.

2. ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DEL MANUAL DE OPERACIONES

- Sistema de enmienda y revisión:
 - Descripción del sistema de anotación de cambios y método de registro de páginas y fechas de efectividad
 - Detalle de la(s) persona(s) responsable de la publicación e inserción de revisiones
- Control documental:
 - Sistema de distribución de los manuales y sus revisiones y descripción del sistema de control documental, incluyendo un registro de distribución de documentos.
 - Detalle de la(s) persona(s) responsable de la distribución y control de los documentos

3. ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES

- Estructura organizativa y personas designadas. Descripción de la estructura organizativa del operador incluyendo un organigrama en el que figuren sus distintos departamentos (si los hubiera), por ejemplo operaciones en vuelo/tierra, seguridad operacional, mantenimiento, formación... y personal responsables.
- Responsabilidades y funciones del personal de gestión de operaciones.
- Responsabilidades y funciones del piloto remoto y resto de los miembros de la organización que participan en la operación como por ejemplo: operador de cámara/sensores, asistente en tierra, técnico de mantenimiento...



4. REQUISITOS DE CUALIFICACIÓN Y ENTRENAMIENTO

- Requisitos teóricos, prácticos y médicos necesarios para el pilotaje de RPAS exigidos en la normativa vigente. Se podrá determinar formación y experiencia previa adicional tanto a pilotos como al resto de personal de operaciones. Deberán tenerse en cuenta el tipo de RPAS y el tipo de operación.
- Programa de entrenamiento y verificación para el personal de operaciones que tenga asignadas responsabilidades en relación con la preparación y/o realización de un vuelo.
- Registros de formación y entrenamiento.

5. PRECAUCIONES RELATIVAS A LA SALUD DE LA TRIPULACIÓN

- Precauciones y orientaciones relativas a la salud del personal de operaciones, incluyendo:
 - Precauciones relativas a las condiciones ambientales de la zona de operaciones
 - Consumo de alcohol, narcóticos y drogas
 - Somníferos y antidepresivos
 - Medicamentos y vacunaciones
 - Fatiga, estrés y descanso.
 - otros

6. LIMITACIONES DE TIEMPO DE VUELO

- Política del operador sobre limitaciones de tiempo de vuelo y actividad y descanso de tal forma que se garantice la seguridad de las operaciones, así como registros de tiempo de vuelo de cada piloto.

7. TIPOS DE OPERACIÓN A REALIZAR

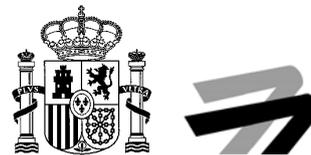
- Listado de actividades a realizar por el operador.
- Descripción de las de operaciones y trabajos aéreos a realizar en el que se reflejen el personal, la flota y equipos necesarios para llevarlas a cabo.

8. CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LAS OPERACIONES

- Descripción del sistema de control y supervisión de la operación por el operador, indicando la forma en que se supervisan las operaciones, la seguridad de las mismas y las cualificaciones del personal, en particular:
 - Validez de autorizaciones y permisos.
 - Cumplimiento de requisitos de los pilotos.
 - Cumplimiento de las medidas de mitigación establecidas en los estudios de seguridad elaborados por el operador.
 - Aeronave (seguro, identificación, mantenimiento)
 - Control, análisis, archivo y tiempo de conservación de registros
- Control operacional. Incluirá una descripción de los procedimientos y responsabilidades necesarios para ejercer el control operacional de la seguridad de vuelo.
- Facultades de la Autoridad (AESA). Una descripción de las facultades de la Autoridad y orientaciones al personal sobre cómo facilitar las inspecciones que lleve a cabo el personal de la Autoridad.

9. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES

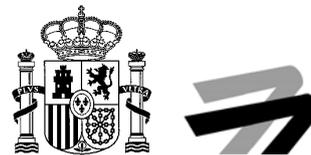
- Procedimientos e instrucciones a seguir para la preparación del vuelo, incluyendo:
 - Consulta e interpretación de información aeronáutica actualizada de la zona de operaciones (cartografía, NOTAMs...)
 - Procedimiento de solicitud de publicación de NOTAM (para operaciones BVLOS)
 - Consulta e interpretación de información meteorológica.
 - Verificación de que el vuelo se ajusta a la normativa en vigor en relación a:



- Espacio aéreo (no controlado, zonas prohibidas, peligrosas, restringidas y restringidas al vuelo fotográfico)
- Distancia a aeródromos y aeropuertos.
- Zonas fuera de aglomeraciones de edificios y personas.
- Altura y alcance máximo
- Otros
- Criterios para la elaboración y registro de la planificación del vuelo (desarrollo previsto del vuelo incluyendo alturas máximas y mínimas, velocidad, trayectorias previstas, designación de zonas de despegue, aterrizaje y posibles lugares de aterrizaje de emergencia, identificación de obstáculos, zonas peligrosas...)
- Mínimos meteorológicos por tipo de operación (visibilidad, viento, precipitación, distancia a nubes)
- Procedimiento de gestión de combustible/energía (incluyendo la determinación de las cantidades de combustible o número de baterías necesarias y el procedimiento de carga y descarga de baterías)
- Descripción y empleo de los distintos procedimientos de navegación según el tipo de operación: manual, asistido, automático
- Criterio y requisitos para empleo de sistemas en operaciones BVLOS, por ejemplo FPV (*First Person View*).
- Procedimientos e instrucciones a seguir en tierra durante la operación aérea, incluyendo:
 - Briefing para el personal operativo que realice actividades de vuelo y en tierra
 - Coordinación y comunicación entre el personal de operaciones (piloto, operador de cámara, asistente en tierra...), y personal externo en caso de ser necesario.
 - Uso de listas de chequeo y planificación del vuelo.
 - Gestión en vuelo del combustible/energía.
 - Procedimiento de actuación ante situaciones inusuales y de emergencia (incluir las acciones de todo el personal involucrado en las operaciones aéreas)

10. ASPECTOS OPERATIVOS RELACIONADOS CON EL TIPO DE AERONAVE

- Información general de la(s) aeronave(s) y su estación de control.
- Descripción del sistema de despegue/lanzamiento y aterrizaje/recuperación (pista asfaltada, despegue vertical sobre superficie plana, lanzamiento con catapulta/rampa, "a mano", recuperación por red, paracaídas, etc.)
- Criterio para determinar las zonas de despegue/lanzamiento y aterrizaje/recuperación.
- Limitaciones operacionales:
 - Altitudes máximas y mínimas
 - Limitaciones de distancia máxima de operación
 - Condiciones meteorológicas (viento, precipitación y temperatura)
 - Autonomía.
- Masa y centro de gravedad. Procedimiento para cada configuración en que pueda volar la aeronave y verificación.
- Criterios y método de calibración de equipos.
- Procedimientos normales, incluyendo las funciones asignadas al personal.
 - Montaje
 - Puesta en marcha de motores
 - Despegue/lanzamiento, vuelo y navegación, aterrizaje/recuperación
 - Distintos modos de vuelo posibles (manual, asistido, automático) y su utilización
 - Finalización del vuelo y desmontaje
- Procedimientos anormales y de emergencia.
 - Fallo del sistema automático del control de vuelo



- Pérdida del radioenlace de mando y control
- Pérdida posicional de la aeronave
- Pérdida de la orientación
- Etc.

11. TRATAMIENTO, NOTIFICACIÓN Y REPORTE DE ACCIDENTES, INCIDENTES Y SUCESOS

- Procedimiento para el tratamiento, la notificación y el reporte de accidentes a la CIAIAC, incluyendo:
 - Definiciones de accidentes y las responsabilidades de todo el personal involucrado.
- Política del operador para el tratamiento, la notificación y el reporte de incidentes y sucesos a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

12. SECURITY

- Describir las medidas adoptadas para evitar actos de interferencia ilícita:
 - Acceso de personal a la zona de operaciones
 - Acceso y custodia de la aeronave y su estación de control durante su utilización en operaciones de vuelo y durante el transporte.
 - Lugar de almacenamiento de la aeronave y su estación. Acceso y custodia.
- Medidas adoptadas para evitar la interferencia deliberada del sistema de comunicación aeronave-estación.

13. ANEXOS

- Manuales y otra documentación aplicable.
- Formatos y modelos de registros.
- Etc.

Apéndice F

ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO (art. 50.3.d.3º, 50.4 y 50.6)

Evaluación del Riesgo en Operaciones con RPA's

En la operación de aeronaves pilotadas por control remoto, RPA's, los operadores, deberán realizar un estudio aeronáutico de seguridad y gestión de riesgos, para valorar el nivel de seguridad de la actividad que se pretende desarrollar, es decir en qué campo de riesgo (no tolerable, tolerable o aceptable), se encuentra, y las medidas mitigadoras de riesgo que deberá adoptar para que el nivel de riesgo sea aceptable.

Por lo anteriormente expuesto analizaremos, valoraremos y por último daremos una puntuación a la actividad a desarrollar en base a los riesgos encontrados y a continuación, con las medidas mitigadoras aplicadas, de manera que permita desarrollar la actividad, dentro de un marco de riesgo ACEPTABLE.

En nuestro sistema de evaluación consideraremos: **MEDIOS, ENTORNO Y PERSONAS**

- Infraestructura de la zona de vuelo
- Obstáculos
- Prestaciones de la aeronave
- Trayectoria de despegue para eludir los obstáculos
- Procedimientos de vuelo
- Comunicaciones y zona de sobrevuelo
- Transmisión de datos "LINK" de mando y control
- Documentación
- Entrenamientos
 - Pilotos
 - Personas de seguridad operacional en tierra.

Para la evaluación de los riesgos AESA considerará aceptable que el operador utilice la metodología descrita en este documento, basada en unas matrices de evaluación de "riesgos" expuestas a continuación como tablas 1, 2, 3 y 4, y el responsable de dicha evaluación deberá seguir el esquema de análisis de riesgos mostrado como **ANEXO-1**. Esta metodología está basada en la desarrollada por la empresa noruega <<Scandiavia>> (<http://www.scandiavia.net/>), utilizada por la Autoridad de Aviación Civil (CAA) de ese país. AESA podrá considerar igualmente aceptable el uso por el operador de otras metodologías de estudios de seguridad y gestión de riesgos comúnmente utilizadas en el sector aeronáutico

Apéndice F

ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO (art. 50.3.d.3º, 50.4 y 50.6)

Este modelo tiene de particular que introducimos un valor, la “EXPOSICION”, al que se asignará un valor entre +3 y -3, en función de la frecuencia con la que se realiza la actividad. Este valor será cero en el caso de que no se considere como factor.

La tabla Nº 1 muestra los valores del (nivel de riesgo), de forma gráfica en azul, amarillo y rojo. Esta gama, es obtenida multiplicando el valor de la **Probabilidad** (frecuencia), dato que lo obtendremos en base a experiencia en el problema analizado, otorgándole un valor, contemplando la frecuencia con la que ha ocurrido anteriormente el mismo, por el valor de la **Severidad** (consecuencias), dato que valoraremos en función de las consecuencias en el caso de que ocurra el percance, y sumando o restando el valor de la “EXPOSICION”, a ésta cifra.

A la hora de establecer la **Probabilidad**, se sugiere en principio considerar que ésta sea:

- **Muy alta:** cuando se considere que el evento puede presentarse más de una vez cada 10 vuelos;
- **Alta:** cuando se considere que el evento puede presentarse entre 1 y 10 veces cada 100 vuelos;
- **Media:** cuando se considere que el evento puede presentarse entre 1 y 10 veces cada 1.000 vuelos;
- **Baja:** cuando se considere que el evento puede presentarse entre 1 y 10 veces cada 10.000 vuelos, y
- **Muy baja:** cuando se considere que el evento puede presentarse menos de 1 vez cada 10.000 vuelos.

En cuanto a la **Severidad** (consecuencias) de un evento se sugiere en principio utilizar la siguiente valoración:

- **Muy alta:** Podría causar muerte o incapacidad total permanente de personas, pérdidas económicas superiores a 700.000 euros, o daños graves irreversibles al medio ambiente.
- **Alta:** Podría dar lugar a incapacidades parciales permanentes, lesiones o enfermedad profesional que pueda resultar en hospitalización de al menos tres personas, pérdidas económicas entre 150.000 y 700.000 euros, o daños graves al medio ambiente reversibles con aplicación de medidas de corrección.
- **Media:** Podría causar lesiones o enfermedades ocupacionales que resulten en uno o más días de trabajo perdidos, pérdidas económicas entre 7.000 y 150.000 euros, o daños mitigables al medio ambiente sin necesidad de aplicación de medidas de corrección.

Apéndice F

ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO (art. 50.3.d.3º, 50.4 y 50.6)

- **Baja:** Podría resultar en una lesión o enfermedad que no resulte en una pérdida de jornada de trabajo, pérdidas económicas entre 1.500 y 7.000 euros, o daños mínimos al medio ambiente que no requieren restauración.
- **Muy baja:** Podría resultar en pérdidas económicas inferiores a 1.500 euros.

Tabla Nº 1

Severidad (consecuencias)	Probabilidad (frecuencia)				
	Muy bajo (1)	Bajo (2)	Medio (3)	Alto (4)	Muy alto (5)
Muy alta (5)	5	10	15	20	25
Alto (4)	4	8	12	16	20
Medio (3)	3	6	9	12	15
Bajo (2)	2	4	6	8	10
Muy bajo (1)	1	2	3	4	5

Si a una de las actividades se le asigna un valor “cero” en severidad o probabilidad, el resultado final será cero pero de cualquier modo será incluido en el informe de riesgo.

Tabla Nº 2

	<i>Índice de riesgo</i>
0 – 6	Puede ser aceptable, de cualquier forma, revisar la operación para ver si el riesgo (probabilidad, severidad, exposición o todo) puede ser reducido más adelante.
7 – 14	La operación solo debe llevarse a cabo con la autorización explícita de la dirección. La operación debería ser redefinida en la medida de lo posible teniendo en cuenta los riesgos implicados, o debería procederse a reducirlos antes del comienzo de la operación.
15 - 25	La operación no debe realizarse. Debería ser rediseñada la operación o ampliadas las medidas de seguridad para reducir el índice de riesgo, antes de comenzar la operación.

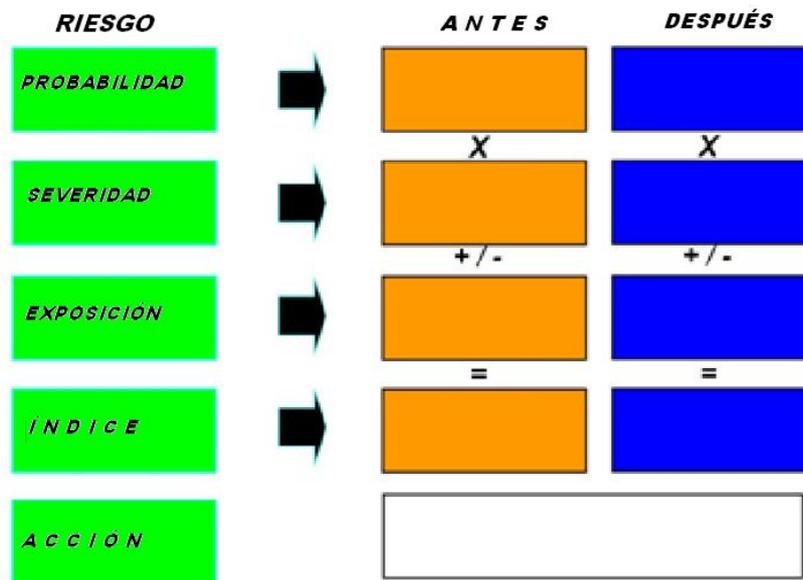
Apéndice F

ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO (art. 50.3.d.3º, 50.4 y 50.6)

Mediante los cuadros 3 y 4 tendremos otra forma alternativa de organizar la evaluación.

En la tabla nº 3 tenemos la posibilidad de, obtenidos los valores de “Probabilidad- Severidad” y “Exposición al Riesgo”, conseguir un “Índice de Riesgo”. Repetimos el ejercicio introduciendo “Medidas Mitigadoras” del riesgo, reflejando los resultados en la columna de la derecha, lo que gráficamente nos permite compararlo con el inicial, y valorar si podemos realizar o no, la operación.

Tabla Nº 3



Por último, en la tabla 4 podemos ver los valores de “probabilidad, severidad y exposición”, que proporcionan el “índice de riesgo” antes y después de aplicar las “medidas mitigadoras” y por último obtener el “ÍNDICE DE RIESGO RESIDUAL” que nos permitirá desarrollar la operación o no. Esto es un ejemplo en el que se contemplan únicamente dos situaciones. De igual modo se analizarán todas las demás circunstancias en que se pueda incurrir en peligros potenciales, que se habrán de incluir en este estudio de seguridad.

Tabla Nº 4

Puntos de peligros potenciales	Probabilidad/ Severidad/ Exposición	Índice de riesgo	Factores Mitigadores	Probabilidad/ Severidad/ Exposición	Índice de Riesgo residual
Perdida de contacto visual con la aeronave al volar por detrás de un obstáculo.	4/3/3	15	Sectorizar la parcela de trabajo, de manera que sólo se vuele una zona, en la que el “obstáculo”, no interfiera el contacto visual con la aeronave. Construir una zona aterrizable al otro lado del obstáculo para poder realizar vuelos, también al otro lado del obstáculo con seguridad.	4/1/3	7

Apéndice F

ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO (art. 50.3.d.3º, 50.4 y 50.6)

Pérdida de control de la aeronave al sobrevolar una zona de sotavento.	4/4/3	19	Se establecen cursos de formación Meteorológica, así como la incorporación equipos de medida de intensidad y dirección del viento a la zona de operación. Establecemos limitaciones de viento, para realizar la operación dentro de un margen en el que no afecten el sotavento del obstáculo.	1/4/3	7
--	-------	----	---	-------	---

ANÁLISIS DEL RIESGO

En el análisis de los posibles riesgos nos haremos cinco preguntas:

¿Que podría suceder?

¿Qué probabilidad hay de que suceda?

¿Cuales son las consecuencias si esto ocurre?

¿Podemos mitigar o reducir los riesgos?

¿Es aceptable el riesgo residual?

- Si es aceptable, puede realizarse la actividad.
- Si no lo es , iniciar de nuevo el proceso de “evaluación de riesgos” introduciendo medidas mitigadoras o limitaciones, o suspender la actividad.

AMBITO DE APLICABILIDAD

Este sistema de Evaluación de Riesgos, tiene aplicación en todas las áreas o elementos que componen la actividad de los RPA´s. Referido a una organización, a un trabajo específico, a personas que van a desarrollar la operación, medios que se van a utilizar o entorno en el que se va a desarrollar la actividad.

Las organizaciones tendrán que demostrar que el entorno en el que se mueven está posicionado dentro del campo de “riesgo aceptable”. Esto no es sencillo a la hora de analizar una operación, en el que no hay una experiencia previa. Por lo tanto, esta situación hará que haya campos, en los que no podamos evaluar con la precisión con la que lo haríamos, teniendo un “histórico de análisis de fallo”, de antemano.

Las organizaciones harán un estudio de toda la estructura de la misma, analizando los campos mencionados anteriormente.

Personas:

El equipo humano de una organización es uno de los pilares fundamentales, por ésta razón deberán contemplar:

La formación recibida, la experiencia en la operación y la experiencia en el tipo de aeronave.

Apéndice F

ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO (art. 50.3.d.3º, 50.4 y 50.6)

En lo referente a formación podemos distinguir, la formación teórica; normativa de aplicación, conocimientos de meteorología, performances, cartografía, factores humanos etc.

En cuanto a la experiencia en vuelo, es de un valor importante, que la organización cuente con pilotos, instructores, personal de apoyo, que hayan recibido el entrenamiento y formación necesaria.

Por ejemplo, haciendo el estudio nos encontramos con la siguiente situación: un piloto sin conocimientos que le permitan valorar la situación operacional en cuanto a: Meteorología, zonas de sobrevuelo, etc, a la vez un piloto que no tuviese experiencia en operaciones de este tipo ni en aviones, y que pretenda realizar la operación diariamente, en un mes de mala meteorología, nos encontraríamos para esta operación, en el ámbito de pilotos, en alto riesgo (5), en lo referente a Consecuencias o Severidad. La Probabilidad de tener un incidente, en esta situación la consideraríamos alta. Estaríamos en una Probabilidad (5).

Para la operación antes mencionada, las medidas mitigadoras en cuanto a Severidad, nos tendrán que posicionar el Índice de Riesgo, en los márgenes aceptables, bien mediante formación y experiencia, bien cambiando al piloto. También bajaremos el índice de riesgo, disminuyendo la Frecuencia. +/- 3. No es lo mismo realizar el trabajo diariamente en un mes, que en una sola ocasión. (ver Tabla 3)

Entorno:

El “entorno” en el que desarrolla la operación, tiene una incidencia importante en cuanto al “riesgo” y análisis de posibles “amenazas”, que puedan afectar a una operación determinada. No es igual estar operando en zona de montaña, en la que podemos tener condiciones meteorológicas especiales de la zona, que estar en una zona de llano sin obstáculos. No es lo mismo operar en zonas con posible concentración de tráfico, cerca de aeródromos o zonas controladas, que en un área libre de posibles amenazas. Los responsables de las organizaciones, tendrán que analizar las zonas de sobrevuelo, áreas de aproximación y aterrizaje, obstáculos en la zona, zonas de aterrizaje de emergencia, poblaciones y control de personas, coordinación con otras aeronaves en la misma zona de trabajo, realizando una “evaluación de riesgos” y aplicando las medidas “mitigadoras” necesarias para una OPERACIÓN SEGURA.

Medios:

Cuando hablamos de medios, nos estamos refiriendo a todos los equipos que intervienen en la operación; aeronaves, medios de recepción de información meteorológica y NOTAM's, acceso y divulgación interna de normativa, información técnica, etc.

Es importante que un operador muestre como gestionará los posibles fallos de los equipos, falta de comunicación, aeronave – estación de control en tierra, fallo del tipo de control “con piloto automático” o “manual”, y sobre todo, los sistemas de emergencia de los que dispongan.

Es importante que los responsables de la operación cuenten con los medios adecuados no sólo en cuanto los específicos de la operación, aviones, helicópteros, sino también en cuanto a medios para recabar información, meteorológica, técnica etc.

En cuanto a la propia aeronave y su estación de control, quien estará mejor posicionado para hacer la evaluación será sin duda su fabricante. Sería pues ideal que el operador requiriese al fabricante para que le facilitara el estudio de seguridad que haya desarrollado.

Apéndice F

ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO (art. 50.3.d.3º, 50.4 y 50.6)

Todos los datos recogidos de la envolvente de la operación serán introducidos en el Análisis de Riesgos, y mediante medidas “mitigadoras” conseguir una OPERACIÓN SEGURA.

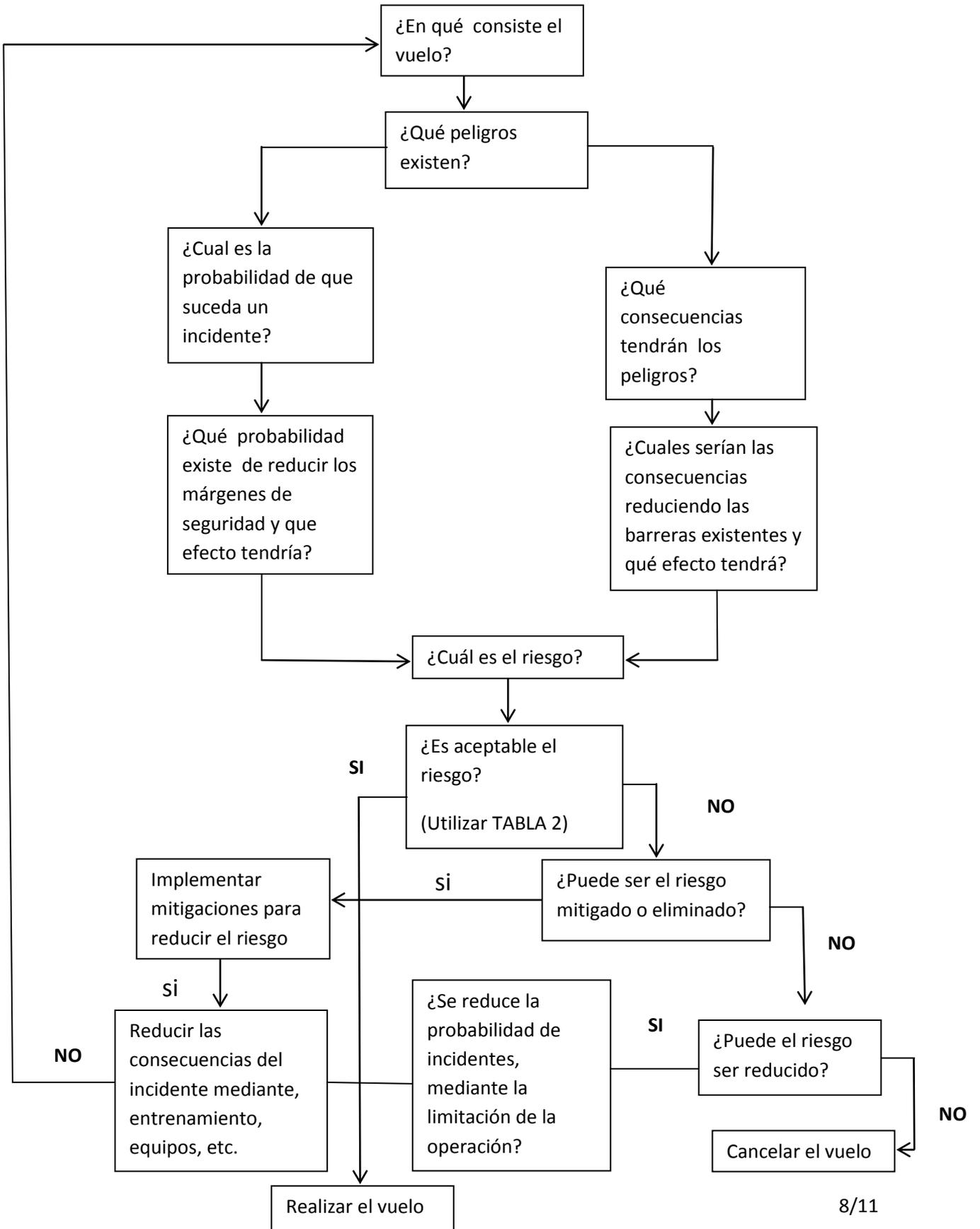
Cuestionario de seguridad:

Adicionalmente a la utilización de la metodología anteriormente descrita, se recomienda la utilización del cuestionario que figura en el Anexo 2, para completar la evaluación de la seguridad de la operación.

ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO (art. 50.3.d.3º, 50.4 y 50.6)

ESQUEMA DE ANALISIS DE RIESGOS

ANEXO-1



Apéndice F

ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO (art. 50.3.d.3º, 50.4 y 50.6)

ANEXO 2

CUESTIONARIO DE SEGURIDAD PARA LA AERONAVE Y SU EQUIPO DE CONTROL

AERONAVES DE HASTA 25 Kg DE MASA MÁXIMA AL DESPEGUE

Este cuestionario no está enfocado a evaluar la aeronavegabilidad de un RPAS, sino como ayuda para la evaluación de la seguridad de operaciones de RPAS. Está basado en experiencias previas, y será modificado según se amplíe la experiencia con operaciones no críticas con RPAS de menos de 25 kg. de masa máxima al despegue.

1. ¿Se han determinado las limitaciones meteorológicas que permitan una realización segura de la operación? ¿Cómo se han determinado estas limitaciones?
2. ¿Dispone el sistema de indicación de nivel de combustible/nivel de batería? ¿Se ha determinado el nivel mínimo de combustible/nivel de batería para iniciar la recuperación y aterrizaje del RPA? ¿Cómo se ha determinado?
3. Si no dispone el sistema de indicación de nivel de combustible/nivel de batería, ¿cómo se establece el tiempo máximo de vuelo que garantice la recuperación y aterrizaje antes de que falle la planta de potencia?
4. ¿Se dispone de un Plan de Vuelo Operacional en el que se establezca la gestión de la autonomía y reservas de combustible de la aeronave?
5. ¿Qué características de diseño presenta el sistema para evitar la pérdida de radioenlace de control?
 - 5.1. ¿Empieza el sistema enlaces de control redundante y/o independiente? Si es así, ¿cómo de diferentes son?
 - 5.2. ¿Tiene la señal de radioenlace algún tipo de modulación que reduzca el riesgo de interferencias electromagnéticas?
 - 5.3. ¿Dispone el piloto de algún tipo de indicador de intensidad de señal de radio? ¿Cómo es mostrada esta información la piloto? ¿Cómo se determina la intensidad de la señal y cuál es el umbral que representa una señal críticamente degradada?
 - 5.4. ¿Dispone el RPAS de indicación de la calidad del radioenlace en función de la tasa de bits entendido como el número de bits recibidos de forma incorrecta respecto al total de bits enviados durante un intervalo especificado de tiempo?
 - 5.4.1. Si no se dispone de esta información, ¿se cuenta con algún sistema externo de detección de frecuencias para la banda de frecuencias utilizada por el RPAS?
 - 5.5. ¿Cuál es el alcance máximo del enlace de datos respecto a la estación de control? ¿Cómo ha sido determinado?
 - 5.6. ¿Dispone el sistema de una estación de control de reserva en caso de mal funcionamiento o avería de la estación primaria?

Apéndice F

ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO (art. 50.3.d.3º, 50.4 y 50.6)

- 5.7. ¿Dispone de aprobación para el uso de las frecuencias utilizadas en la zona de operación?
6. En caso de pérdida de radioenlace de control
 - 6.1. ¿Cómo se determina que el RPA ha perdido el radioenlace? ¿Cómo se muestra esta información al piloto?
 - 6.2. ¿Está definida la secuencia que seguirá el RPA frente a un evento de pérdida de enlace? ¿Está incluida en el Manual de Operaciones?
 - 6.3. ¿Dispone el sistema de función retorno a casa? ¿Cómo se ha definido el punto de retorno? ¿Hay riesgo de impacto contra algún obstáculo?
 - 6.4. ¿Están definidos los procedimientos a seguir en caso de que tras la pérdida del radioenlace el RPA no siga la secuencia esperada? ¿Están incluidos en el Manual de Operaciones?
7. ¿Utiliza el RPAS señal de GPS para control y/o guiado del RPA?
 - 7.1. ¿Cómo se comporta el sistema ante una pérdida de señal GPS?
 - 7.2. ¿Qué método se sigue para evaluar la intensidad de la señal de GPS? ¿Se ha fijado un número mínimo de satélites o un nivel mínimo de intensidad de la señal de GPS para la operación del RPAS?
 - 7.3. ¿Dispone el RPAS de avisos ante una suplantación malintencionada de la señal GPS (“spoofing”)? ¿Se han establecido los procedimientos ante esta situación?
8. ¿Se han establecido procedimientos de inspección de la zona de vuelo para asegurarse que no hay terceras personas en ella o instalaciones que no deban ser sobrevoladas? Si tras la inspección se han encontrado personas o instalaciones a proteger, ¿se han establecido procedimientos para garantizar un margen de seguridad suficiente?
9. Si la operación requiere el transporte de mercancías peligrosas para la salud o el medio ambiente, ¿se han solicitado los permisos correspondientes a la AESA?
10. ¿Qué procedimiento se sigue durante la operación para la detección de otras aeronaves, personas o vehículos entrando en la zona de operación?
11. ¿Cómo se determina la posición del RPA? ¿Cómo se muestra esta información al piloto?
12. ¿Se ha definido la distancia máxima entre el piloto y el RPA para vuelo en línea de vista? ¿Es capaz el piloto al mando (PIC) de percibir la actitud del RPA en todo momento? ¿Es capaz el PIC de controlar el RPA en modo manual para evitar colisiones con otras aeronaves, personas, vehículos y estructuras sobre el terreno?
13. En vuelo más allá de línea de vista, ¿cómo responde el sistema ante la pérdida de los medios primarios de navegación?

Apéndice F

ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO (art. 50.3.d.3º, 50.4 y 50.6)

14. ¿Qué características de diseño presenta el sistema para evitar que el RPA exceda los límites del volumen de espacio aéreo previsto para la operación?
15. ¿Qué procedimientos se siguen para evitar que el RPA exceda los límites del volumen de espacio aéreo previsto para la operación? ¿Están incluidos en el Manual de Operaciones?
16. ¿Está previsto realizar el estudio de la situación meteorológica para cada operación que se vaya a realizar?
17. ¿Está previsto verificar el espacio aéreo y su clasificación para cada operación que se vaya a realizar?
18. ¿Está previsto verificar previamente la existencia de NOTAM,s que afecten a la zona de sobrevuelo previamente a cada operación que se vaya a realizar?
19. ¿Está previsto verificar previamente a cada operación que se vaya a realizar que nuestra aeronave está dentro de los límites de viento, visibilidad, precipitación y techo de nubes para el desarrollo de la actividad?
20. ¿Está previsto verificar previamente a cada operación que se vaya a realizar que la zona de despegue y aterrizaje es adecuada para la aeronave que se vaya a utilizar?
21. ¿Está previsto realizar antes de cada vuelo (o para cada configuración de la aeronave que se vaya a utilizar) la verificación de que el peso y posición del centro de gravedad están dentro de los límites establecidos por el fabricante?
22. ¿Se ha establecido un tiempo máximo de operación y mínimo de descanso para garantizar que no se incrementa el nivel de riesgo de la operación por fatiga del piloto?
23. ¿Considera que las características de diseño del RPAS son adecuadas para evitar que el RPA exceda los límites del volumen de espacio aéreo previsto para la operación?
24. ¿Considera que los procedimientos operacionales son adecuados para evitar que el RPA exceda los límites del volumen de espacio aéreo previsto para la operación con las limitaciones establecidas?
25. ¿Considera que se han establecido los procedimientos adecuados para mitigar el riesgo en caso de que el RPA exceda los límites del volumen de espacio aéreo previsto para la operación?
26. ¿Considera que las características de diseño del RPAS y los procedimientos establecidos para la operación garantizan la seguridad de terceras personas, propiedades, vehículos terrestres o embarcaciones?



Apéndice G, revisión 1 (04.12.15)

MEDIOS ACEPTABLES PARA ACREDITAR LA REALIZACIÓN DE LOS VUELOS DE PRUEBA NECESARIOS PARA DEMOSTRAR QUE LA OPERACIÓN PRETENDIDA PUEDE REALIZARSE CON SEGURIDAD. (Art 50.3.d.4 y 50.6 Ley 18/2014)

1. Objeto

Tal como establece el artículo 50.3.d.4 y 50.6 de la Ley 18/2014, antes del comienzo de actividades aéreas de trabajos técnicos o científicos con aeronaves pilotadas por control remoto el operador deberá llevar a cabo una serie de vuelos de prueba que demuestren que la actividad que pretende llevar a cabo se puede realizar con total seguridad.

La realización de dichos vuelos de prueba permite detectar los riesgos y amenazas inherentes a su actividad así como valorar la idoneidad de las medidas de mitigación a implementar.

Por otro lado, permitirá al operador desarrollar, evaluar y elaborar correctamente los procedimientos normales de su actividad en el Manual de Operaciones así como los procedimientos de emergencia a seguir.

2. Realización de los vuelos.

El operador podrá realizar los vuelos una vez se haya presentado el documento de comunicación previa y declaración responsable relativo a la realización de los vuelos de prueba contemplados en el art 50.4 de la Ley 18/2014 (apéndice A2) y resto de documentación requerida en dicha ley:

- Documentación relativa a la caracterización de las aeronaves a utilizar, incluyendo la definición de su configuración, características y prestaciones.
- Estudio aeronáutico de seguridad de la operación.
- Cumplimiento de los requisitos establecidos para los pilotos en el tipo de operación a realizar.
- Póliza de seguro u otra garantía financiera conforme a la normativa vigente.
- Condiciones o limitaciones que se van a aplicar a la operación o vuelo para garantizar la seguridad.
- Perfiles de los vuelos a desarrollar y características de la operación.

Los vuelos de prueba deberán de realizarse en todos los casos por el operador, no siendo admisible su realización por el fabricante de la aeronave o cualquier otra organización.

Los vuelos se llevarán a cabo en un lugar aislado de forma que no se comprometa en ningún caso la seguridad de las aeronaves así como los bienes o personas en tierra durante las operaciones y cumpliendo con la normativa vigente en todos los casos. Dichos vuelos deberán realizarse en zonas fuera de núcleos urbanos y de



reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado y a una distancia mínima de 8 km respecto de cualquier aeropuerto o aeródromo.

En el caso de que los vuelos de prueba se realicen fuera del alcance visual del piloto, el espacio aéreo deberá de estar segregado al efecto y deberán realizarse a una distancia mínima de 15 km respecto del punto de referencia de cualquier aeropuerto o aeródromo si la infraestructura cuenta con procedimientos de vuelo instrumental, y de 8 km en caso contrario.

3. Contenido de los vuelos de prueba.

Se deberán de realizar vuelos de prueba simulando cada una de las actividades que pretenda realizar el operador y con cada una de las aeronaves no similares que disponga para desarrollar dicha actividad.

Para que dos aeronaves puedan aceptarse como similares habrán de serlo en cuanto a configuración, peso, sistema de control y actuaciones. Esta condición deberá ser justificada por el operador mediante una comparación entre dichas aeronaves por escrito.

Ejemplos de aeronaves que se podrían aceptar como similares serían:

- En cuanto a configuración, entre sí: aviones, helicópteros, multirrotores y dirigibles.
- En cuanto a peso: aeronaves de 0 a 5 Kg; de 5 a 15 Kg; de 15 a 25 Kg.
- En cuanto a sistemas de control: en relación con las funciones que sea capaz de desarrollar el sistema automático de control de vuelo o sistema de estabilización con el que esté equipado la aeronave.
- En cuanto a actuaciones: en relación con las velocidades máxima y mínima, velocidad ascensional, actuaciones en despegue, etc.

Se realizarán tantos vuelos como el operador considere necesario, con un mínimo de 5 vuelos por actividad y aeronave.

Además se simularán situaciones anormales y de emergencia (sin comprometer la integridad de la aeronave) utilizando los procedimientos establecidos en el Manual de Operaciones, que se hayan establecido a partir de la documentación del fabricante y del estudio de seguridad, con al menos las siguientes situaciones:

- Fallo del sistema automático del control de vuelo.
- Pérdida del radioenlace de mando y control y activación del sistema de terminación inmediata del vuelo (Fail Safe)
- Prueba del procedimiento de emergencia establecido para la posible pérdida posicional de la aeronave así como pérdida de la orientación de la misma.

Por otra parte, se verificará en tierra una prueba de activación del sistema de terminación inmediata del vuelo.

4. Modificaciones en la declaración responsable de un operador.

Los operadores ya habilitados que incluyan nuevas actividades en su declaración responsable deberán realizar los vuelos de prueba para las mismas con cada una de las aeronaves que vayan a emplear para su realización.



En el caso de incluir nuevas aeronaves que no sean similares a otras para las que ya haya realizado los vuelos de prueba, el operador deberá realizar estos vuelos para aquellas actividades para las que van a ser empleadas.

5. Registro.

El resultado de la realización de los vuelos de prueba se deberá acreditar por escrito y ser firmado necesariamente por el operador. Dicho documento deberá contener como mínimo la siguiente información:

- Operador.
- Lugar(es) y fecha(s) de realización de las pruebas.
- Tipo, fabricante, modelo y número de serie de la(s) aeronave(s) empleada(s).
- Listado de vuelos realizados (procedimientos normales, anormales y de emergencia) y breve descripción de las maniobras junto con el resultado de las mismas.
- Firma del responsable del operador.

En el anexo I se incluye a modo de ejemplo un formulario que el operador podrá emplear para la acreditación de la realización satisfactoria de los vuelos de prueba. Se empleará un informe de vuelos de prueba por aeronave y actividad.



Anexo 1. EJEMPLO DE FORMULARIO DE REGISTRO DE REALIZACIÓN DE VUELOS DE PRUEBA.

OPERADOR:		NIF:		
PILOTOS				
NOMBRE PILOTO(S):		NIF:		
TIPO DE VUELO REALIZADO				
<input type="checkbox"/> VLOS		<input type="checkbox"/> BVLOS (<i>Segregación espacio aéreo</i>)		
TIPO AERONAVE RPAS				
<input type="checkbox"/> Ala Fija	<input type="checkbox"/> Multirrotor	<input type="checkbox"/> Helicóptero	<input type="checkbox"/> Aerostato	<input type="checkbox"/> otro _____
Marca:		Modelo:	Nº ID:	
Categoría del espacio aéreo de la ubicación del vuelo:				
Ubicación del vuelo (includ altitud y descripción de la zona):				
Fecha del vuelos				
Hora d Inicio del vuelo		Hora Finalización de vuelo		
CONDICIONES METEOROLÓGICAS				
<i>(Descripción de las condiciones meteorológicas en las que se ha desarrollado el vuelo)</i>				
ACTIVIDAD				
Descripción de la(s) actividad(es) para las que se han realizado los vuelos de prueba.				
<i>(Descripción de las actividades para las que se han realizado los vuelos)</i>				
Descripción de la configuración de carga de pago				
<i>(Describir la carga de pago utilizada en cada uno de los vuelos para las distintas actividades simuladas)</i>				



VUELO NÚMERO ___ de 5
MANIOBRAS NORMALES
<i>(Descripción de las maniobras normales seguidas para la simulación del vuelo y resultado de las mismas)</i>
MANIOBRAS ANORMALES O DE EMERGENCIA
Simulación de fallo del sistema automático del control de vuelo
<i>(Descripción de la simulación, procedimientos seguidos y resultado)</i>
Simulación de pérdida del radioenlace de mando y control
<i>(Descripción de la simulación, procedimientos seguidos y resultado)</i>
Simulación de pérdida posicional de la aeronave
<i>(Descripción de la simulación, procedimientos seguidos y resultado)</i>
Simulación de otras maniobras de emergencia realizadas (especificar)
<i>(Descripción de los procedimientos de emergencia seguidos y resultado)</i>



Verificación en tierra de una prueba de activación del sistema de terminación inmediata del vuelo

(Descripción de la prueba, procedimientos seguidos y resultado)

Lugar y Fecha	Nombre, apellidos y cargo	Firma

**Agencia Estatal de Seguridad Aérea
Avenida del General Perón 40, Puerta B, 1ª Planta
28020 Madrid**

Apéndice H

REVISIONES Y PRUEBAS A INCLUIR EN EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE UNA AERONAVE PILOTADA POR COTROL REMOTO (art. 50, 3.d.5 y 50.6)

- **DESPUÉS DEL MONTAJE:**
 - Revisión de todos los elementos (estructura, equipos y sistemas, motores, hélices/rotores, transmisiones, conectores eléctricos)
 - Rellenar líquidos, fluidos y combustible, en su caso. Presión de neumáticos, en su caso. Estado del tren de aterrizaje, en su caso.
 - Batería: comprobación de las baterías, incluyendo estado de carga.
 - Prueba funcional en tierra
 - Comprobar su operatividad (incluyendo mandos de vuelo al menos a 30 m. de distancia de la aeronave). Ejecutar las pruebas funcionales definidas por el fabricante, en su caso.
 - Funcionamiento de los equipos de comunicación y navegación
 - Prueba funcional en vuelo
 - Comprobar su operatividad
 - Funcionamiento de los equipos de comunicación y navegación

- **REVISIONES PERIÓDICAS:**
 - **DIARIA:** Antes del primer vuelo del día
 - Comprobar su operatividad
 - Funcionamiento de los equipos de comunicación y navegación
 - **SERVICIO:** Revisión según lo recomendado por el fabricante, y como máximo cada 6 meses:
 - Presión de neumáticos, en su caso. Estado del tren de aterrizaje, en su caso.
 - Verificación de líquidos y fluidos.
 - Batería: comprobación de las baterías, incluyendo estado de carga y tiempo de descarga de la batería.
 - Inspección visual de defectos sobre la aeronave y equipo de tierra
 - Comprobar ajustes
 - **BÁSICA:** Revisión según lo recomendado por el fabricante, y como máximo cada 12 meses, conforme a documento adjunto, en lo que le sea aplicable.
 - **GENERAL:** Revisión cada 3 años, conforme a documento adjunto, en lo que le sea aplicable.

- **OTRAS REVISIONES:**
 - Al cabo del plazo establecido por sus fabricantes, en su caso: motor, hélices, sistema de control (Comunicaciones/Navegación)
 - Boletines emitidos por el fabricante
 - Aplicación de Modificaciones del fabricante.
 - Reparaciones

- **DIRECTIVAS DE AERONAVEGABILIDAD**, para los que dispongan de Certificado de Tipo, emitido o aceptado por AESA



Apéndice I, revisión 2 (10.07.15)

MEDIOS ACEPTABLES PARA ACREDITAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS PARA LA FORMACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LOS PILOTOS QUE OPEREN AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO (art. 50.5 Ley 18/2014)

1. Demostración del cumplimiento del requisito de conocimientos teóricos

1.1. El requisito de demostración de los conocimientos teóricos se puede satisfacer de alguna de las siguientes maneras:

- a) Mediante la presentación de una licencia de piloto expedida de acuerdo con la Parte FCL del Reglamento 1178/2011 o el JAR FCL-1 o 2, o licencia de piloto de ULM expedido por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, válidas o que hayan sido válidas hasta un máximo de 5 años antes de su presentación;
- b) Mediante un certificado de haber superado los exámenes de la totalidad de los conocimientos teóricos requeridos para la obtención de una licencia de piloto expedido por un Estado miembro de OACI;
- c) Mediante un certificado de haber superado los exámenes de la totalidad de los conocimientos teóricos requeridos para la obtención de una licencia de piloto, expedido por una ATO aprobada por AESA o por EASA, o en el caso de la licencia de piloto de ultraligero, mediante un certificado individual de APTITUD tras realizar el correspondiente examen oficial de conocimientos teóricos.
- d) A los efectos de demostración de los conocimientos teóricos también serán válidas las licencias militares de los pilotos al servicio de las Fuerzas Armadas españolas y la Guardia Civil.

1.2. Si no se puede demostrar por ninguno de los medios anteriores se deberá superar un Curso de formación básica (para vuelos dentro del alcance visual del piloto) o avanzada (para vuelos más allá del alcance visual del piloto) cuyo contenido y condiciones de desarrollo serán los siguientes:

A) Las materias que compondrán el Curso Básico son las siguientes:

- a) Reglamentación:
 - Aspectos aplicables de la Ley 48/1960 de Navegación Aérea y de la Ley 21/2003 de Seguridad Aérea y Reglamento de la Circulación aérea / SERA¹;
 - La Autoridad aeronáutica: AESA; Reglamentación sobre RPAs -Ley 18/2014, de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia (Título II; Capítulo 1; Sección 6ª);
 - El piloto de RPA: formación, requisitos médicos;
 - Seguros conforme a la normativa anterior;
 - Transporte de mercancías peligrosas
 - Notificación de accidentes e incidentes.
 - Limitaciones establecidas por la Ley 1/1982 de protección del honor e intimidad personal.

¹ Reglamento de Ejecución (UE) No 923/2012 de la Comisión de 26 de septiembre de 2012 por el que se establecen el reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea



b) Conocimiento de la aeronave (genérico)

- Clasificación de los RPAs
- Aeronavegabilidad
- Registro
- Célula de las aeronaves;
- Grupo motopropulsor;
- Equipos de a bordo;
- Sistema de control de la aeronave;
- Instrumentos de la estación de control.
- Sistemas de seguridad de control de altura. Sistema de vuelta a casa.

c) Performance de la aeronave

- Perfil del vuelo
- Performance de la aeronave
- Planificación: tipo de vuelo, meteorología, estudio de la zona en mapa;
- Determinación de riesgos.

d) Meteorología

- Viento;
- Nubes;
- Frentes;
- Turbulencia;
- Visibilidad diurna y nocturna;
- Cizalladura;
- Información meteorológica: cartas de baja cota, metar, tafor, speci;
- Previsión es meteorológicas.
- Tormentas solares.

e) Navegación e interpretación de mapas

- La tierra: longitud y latitud; posicionamiento;
- Cartas aeronáuticas: interpretación y uso;
- Navegación DR;
- Limitaciones de altura y distancia: VLOS, EVLOS, BLOS
- GPS: uso y limitaciones.

f) Procedimientos operacionales

- El Manual de operaciones;
- Escenarios operacionales.
- Limitaciones relacionadas con el espacio en que se opera;
- Vuelo nocturno
- Limitaciones operativas: control desde vehículos en marcha, , Transferencia de control entre estaciones;
- Personal de vuelo;
- Supervisión de la operación;
- Prevención de accidentes.



- g) Comunicaciones
 - Principios generales de la transmisión por radio;
 - Emisores, receptores, antenas;
 - Uso de la radio;
 - Alfabeto internacional para las radiocomunicaciones
- h) Fraseología aeronáutica aplicable.
- i) Factores humanos para RPA
 - Conciencia situacional;
 - Comunicación;
 - Carga de trabajo; rendimiento humano;
 - Trabajo en grupo: liderazgo;
 - Aspectos de salud que pueden afectar al pilotaje de RPAs.

B) Las materias que compondrán el Curso Avanzado serán las mismas del Curso Básico con la adición de:

- a) Conocimientos ATC:
 - Clasificación del espacio aéreo;
 - Documentos de información aeronáutica: NOTAM, AIP;
 - Organización del ATS en España;
 - Espacio aéreo controlado, no controlado y segregado;
 - Instrucciones ATC.
- b) Comunicaciones avanzadas:
 - Uso de espectro radioeléctrico, frecuencias;
 - Comunicaciones con ATC.

C) En el desarrollo de todas las materias se han de tener en cuenta las técnicas TEM

1.3. Los programas de cada materia desarrollados por la ATO serán comunicados a la autoridad aeronáutica.

1.4. Los programas de los cursos Básico y Avanzado se han de desarrollar por la ATO de acuerdo a lo que se consideran los conocimientos teóricos mínimos que debe tener un piloto de una aeronave pilotada por control remoto. La normativa sobre la utilización civil de estas aeronaves se refiere al uso profesional de las mismas, bien para actividades aéreas de trabajos técnicos y científicos (trabajos aéreos), bien para la realización de vuelos especiales. Por tanto se considera que la formación de los pilotos tiene que tener las garantías de un sistema regulado y supervisado por AESA. Esa es la razón por la cual en la normativa se ha establecido que los certificados Básico y Avanzado solo pueden ser emitidos por una ATO aprobada conforme al Reglamento UE Nº 1178/2011, lo que implica, de acuerdo con lo establecido en el mismo, que los cursos Básico y Avanzado han de ser desarrollados e impartidos directa e íntegramente por una ATO aprobada por AESA o por EASA, utilizando su sistema de gestión.

En caso de que una ATO deseara subcontratar el desarrollo de estos cursos con otra organización, debería incluir los programas en los suyos propios específicos para RPAS, supervisar y hacerse responsable de los contenidos e incluir a los instructores en su cuadro de instructores específico para RPAS. Igualmente deberían incluir en su propia documentación específica para RPAS las dependencias en que se impartan los cursos, en caso de no ser las propias. En todo caso, deberán cumplir lo establecido en el apartado ORA.GEN.205 del Anexo VII (Parte ORA) del Reglamento 1178/2011 de la Comisión, de 3 de noviembre de 2011, por el que se



establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil.

1.5. La duración mínima de los cursos será la siguiente:

- a) Curso básico: 50 horas
- b) Curso avanzado: 60 horas
- c) Si el curso avanzado se da a titulares del básico: 10 horas

1.6. Demostración de los conocimientos teóricos:

- a) A la terminación del curso se deberá realizar un examen escrito presencial que conste de un mínimo de 90 preguntas de respuesta múltiple, repartidas proporcionalmente entre todas las materias del curso;
- b) Para declarar apto al alumno, éste deberá superar un porcentaje del 75% de aciertos, sin que cuenten negativamente las respuestas no acertadas;
- c) Las preguntas de cada examen y las hojas de respuesta de los alumnos se conservarán por un período de cinco años, contados a partir de la celebración del examen, a efectos de posibles reclamaciones y de supervisión por la Autoridad Aeronáutica;
- d) Una vez superado el examen, la ATO expedirá un certificado de aptitud al alumno, que deberá ir firmado por el Responsable de enseñanza o por el responsable de enseñanzas teóricas.

1.7. En el caso de que se pretendan utilizar técnicas de formación a distancia se utilizarán los criterios contenidos en el Anexo 2 a este Apéndice.

2. Conocimientos prácticos

Todo aquel que pretenda pilotar una aeronave pilotada por control remoto deberá realizar el curso de formación práctica requerido en art. 50.5.e) de la Ley 18/2014, incluyendo a quienes ya sean titulares de una licencia de piloto conforme al art. 50. a).

2.1. El curso de formación práctica se dirigirá al conocimiento de la(s) aeronave(s) específica(s) que vaya a operar el alumno y su equipo de control.

En el caso de aeronaves de peso máximo al despegue no superior a 25 Kg, el operador, bajo criterio justificado que deberá documentar por escrito, podrá incluir en su declaración responsable inicial o modificación de la misma a pilotos con certificados de conocimientos prácticos en otras aeronaves distintas a las que va a operar, pero similares en cuanto a configuración, peso, sistema de control y actuaciones.

Ejemplos de aeronaves que se podrían aceptar como similares serían:

- En cuanto a configuración, entre sí: aviones, helicópteros, multirrotores, dirigibles.
- En cuanto a peso: aeronaves de 0 a 5 Kg; de 5 a 15 Kg; de 15 a 25 Kg.
- En cuanto a sistemas de control: en relación con las funciones que sea capaz de desarrollar el sistema automático de control de vuelo o sistema de estabilización con el que esté equipada la aeronave.
- En cuanto a actuaciones: en relación con las velocidades máxima y mínima, velocidad ascensional, actuaciones en despegue, etc.

Para que dos aeronaves puedan aceptarse como similares habrán de serlo en todos estos aspectos.



El curso de formación práctica contendrá como mínimo los siguientes elementos:

A. – Generalidades:

- A.1. – Descripción de la aeronave.
- A.2. – Motor, hélice, rotor(es).
- A.3. – Plano tres vistas.

B. – Limitaciones:

- B.1. – Masa.
 - Masa máxima.
- B.2. – Velocidades.
 - Velocidad máxima.
 - Velocidad de pérdida.
- B.3. – Factor carga de maniobra.
- B.4. – Límites de masa y centrado.
- B.5. – Maniobras autorizadas.
- B.6. – Grupo motor, hélices, rotor en su caso.
- B.7. – Potencia máxima.
- B.8. – Régimen del motor, hélices, rotor.
- B.9.- Limitaciones ambientales de utilización (temperatura, altitud, viento, ambiente electromagnético)

C. – Procedimientos de emergencia:

- C.1. – Fallo de motor.
- C.2. – Reencendido de un motor en vuelo.
- C.3. – Fuego.
- C.4. – Planeo.
- C.5. – Autorrotación.
- C.6. – Aterrizaje de emergencia.
- C.7. – Otras emergencias:
 - Pérdida de un medio de navegación;
 - Pérdida de la relación con el control de vuelo;
 - Otras.
- C.8.- Dispositivos de seguridad.

D. – Procedimientos normales:

- D. 1. – Revisión prevuelo.
- D. 2. – Puesta en marcha.
- D. 3. – Despegue.
- D. 4. – Crucero.
- D. 5. – Vuelo estacionario.
- D. 6. – Aterrizaje.
- D. 7. – Parada de motor después de aterrizaje.

E. – Performances:

- E.1. – Despegue.
- E.2. – Limite de viento de costado en despegue.
- E.3. – Aterrizaje.
- E.4. – Limite de viento de costado en aterrizaje..



F. – Peso y centrado, equipos:

- F.1. – Masa en vacío de referencia.
- F.2. – Centrado de referencia en vacío.
- F.3. – Configuración para la determinación de la masa en vacío.
- F.4. – Lista de equipos.

G. – Montaje y reglaje:

- G.1. – Instrucciones de montaje y desmontaje.
- G.2. – Lista de reglajes accesibles al usuario y consecuencias en las características de vuelo
- F-3. – Repercusión del montaje de cualquier equipo especial relacionado con una utilización particular

H.- Software

- H.1.- Identificación de las versiones.
- H.2.- Verificación de su buen funcionamiento.
- H.3.- Actualizaciones.
- H.4.- Programación.
- H.5.- Ajustes de la aeronave.

2.2. A efectos de acreditar que el alumno ha adquirido estos conocimientos, se realizará un examen presencial conforme a los criterios del apartado 1.6, excepto que el número mínimo de preguntas de respuesta múltiple será de 60.

2.3. Además se instruirá al piloto en el pilotaje de la aeronave, de manera que al finalizar el curso sea capaz de realizar como mínimo las maniobras que se especifican en el Anexo 1 a este Apéndice I.

2.4. Este curso de formación práctica puede ser desarrollado por el fabricante de la aeronave o por una organización autorizada por el mismo para los clientes que hayan adquirido sus aeronaves, o bien por el operador habilitado conforme a la normativa para el personal que vaya a incluir en su declaración responsable como sus pilotos, o por una organización de formación aprobada (ATO).

2.5. La duración mínima de la parte dedicada a instrucción de conocimientos teóricos será de 5 horas. La instrucción en vuelo incluirá un mínimo de 20 despegues y aterrizajes e incluirá la ejecución de los procedimientos normales, anormales y de emergencia, realizando vuelos en todas las configuraciones posibles y todos los modos de funcionamiento del sistema de control (automático, semi-automático y manual, si es posible).

2.6. A la finalización del curso de formación práctica se realizará una prueba de vuelo, presencial, supervisada por un instructor, que incluya como mínimo las maniobras especificadas en el Anexo 1 a este Apéndice. Los formularios y otros documentos referentes al entrenamiento en vuelo y la prueba de vuelo serán conservados por un período mínimo de cinco años a efectos de posibles reclamaciones y de supervisión por parte de la Autoridad Aeronáutica.

2.7. La formación en vuelo y la prueba de vuelo final se realizarán al aire libre, en una zona que cumpla con las condiciones establecidas en el artículo 50 de la Ley 18/2014. Las maniobras se realizarán en su totalidad enfrente del piloto, a una cierta distancia del mismo.

2.8. Se expedirá un certificado de conclusión satisfactoria a cada alumno, cuando proceda, en el que se especificará el tipo y modelo de aeronave en el que se haya recibido el curso. El certificado contará con un pie de firma en el que se identifique, por su nombre y su puesto, a quien lo firma.



3. Instructores o personal docente

La ATO o el operador habilitado conforme a la normativa o el fabricante u organización autorizada por éste para desarrollar estos cursos contará con personal que tenga los conocimientos en cuanto a la propia aeronave y sus sistemas y experiencia respecto del pilotaje de la misma.

4. Documentación a presentar

4.1 Todos los elementos relacionados con la cualificación del piloto se incluirán en el dossier que el operador remita a la Autoridad Aeronáutica junto con su declaración responsable:

- documento (o copia en el caso de una licencia) que acredite los conocimientos teóricos o haber superado el curso básico o avanzado;
- certificado de haber superado el curso práctico;
- copia de un certificado médico válido (el correspondiente a la licencia si está en vigor o, en otros casos, como mínimo un certificado médico LAPL, o en el caso de aeronaves de una masa máxima al despegue superior a 25 kilos, como mínimo un certificado médico de Clase 2).

Cuando se produzcan cambios de pilotos o se incluyan otros nuevos en el equipo del operador deberá procederse a una nueva remisión a la Autoridad Aeronáutica de los documentos indicados en 4.1

4.2 La ATO que vaya a desarrollar los cursos básico o avanzado, al igual que las que vayan a desarrollar cursos prácticos, remitirán a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea un dossier que contenga:

- páginas del Manual de Instrucción específico para RPAS en las que se incluyan los elementos referentes a estos cursos de formación. Se podrá incluir por referencia en este documento el Manual de Instrucción de la ATO.
- información sobre las instalaciones en que se va a desarrollar el curso;
- programa desarrollado de los conocimientos correspondientes;
- cronograma de desarrollo del curso;
- relación de instructores y personal docente (con C.V.);
- modelos de preguntas de respuesta múltiple para examen de conocimientos teóricos;
- Si procede, formularios para instrucción de vuelo y pruebas de pericia.

Toda la información suministrada por la ATO será remitida a la División de Licencias al Personal (Servicio de Coordinación de Enseñanzas) a efectos de conocimiento por dicha unidad y en orden al establecimiento de las cauciones necesarias en el desarrollo del Plan de Vigilancia Continuada correspondiente.

4.3 Cuando el curso práctico sea impartido por un operador deberá incluir en la declaración responsable los siguientes elementos:

- manual de instrucción;
- información sobre las instalaciones que piensa utilizar para la formación teórica y la de vuelo;
- programa teórico-práctico desarrollado con cronograma;
- relación de instructores y personal docente (con C.V.);
- modelos de preguntas de respuesta múltiple para examen de la parte teórica;
- formularios para instrucción de vuelo y pruebas de pericia;
- procedimientos para la realización de la prueba de pericia.



4.4 Cuando el curso práctico sea impartido por un fabricante, o una organización autorizada por éste, remitirá a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea un dossier que contenga los elementos establecidos en el apartado 4.3, y además documentación que justifique su condición de fabricante, o en el caso de organización autorizada, autorización del fabricante y documentación que justifique para éste la condición de tal.

Para justificar la condición de fabricante será aceptable una declaración donde especifiquen su condición como tal y los RPAS que han fabricado.



Anexo 1 al Apéndice I

Maniobras que debería ser capaz de realizar el piloto de una aeronave pilotada por control remoto al final de su formación práctica y que formarán parte del examen práctico

Para el examen práctico en aviones y helicópteros se podrán utilizar sistemas giroscópicos pero el vuelo será manual. Con multirrotores se realizará en modo ATTI sin posicionamiento GPS, en caso de no estar equipado con el Modo ATTI deberá realizarse en manual.

1. Programa para aviones:

- Un despegue rectilíneo contra el viento, seguido de un circuito rectangular con virajes hacia la derecha seguido de un aterrizaje completo con parada total;
- Un despegue rectilíneo contra el viento, seguido de un circuito rectangular con virajes hacia la izquierda seguido de una toma y despegue (si las condiciones del suelo, el clima o las características específicas del avión no lo permiten, se permitirá que el modelo se aproxime tangencialmente sin tocar el suelo);
- Una pasada rectilínea estabilizada a menos de 10 metros de altura manteniendo rumbo, altura y velocidad;
- Un circuito rectangular con virajes, el primero hacia la izquierda seguido de un viraje de 360º a la derecha (un ocho horizontal) manteniendo altura y otro de 360º a la izquierda y a baja inclinación aproximadamente 30º;
- Partiendo de una altura de cincuenta metros (mínimo) sobre las pista, el avión efectuará una espiral de 360º a la derecha en descenso con potencia reducida al mínimo, aplicando potencia al pasar por el lado del piloto a menos de 5/10 metros de altura;
- Partiendo de una altura de cincuenta metros (mínimo) sobre las pista, el avión efectuará una espiral de 360º a la izquierda en descenso con potencia reducida al mínimo, aplicando potencia al pasar por el lado del piloto a menos de 5/10 metros de altura;
- una pasada a baja velocidad a la pista a 5 / 10 m de altura;
- a partir de una pasada horizontal a 100 m. de altura (mínimo) y a plena potencia, ligero picado de 60º con recuperación marcada, pudiendo reducir potencia en el picado;
- una demostración de las posibilidades del avión, a elección del piloto ;
- un aterrizaje de precisión en un espacio definido;
- demostrar la capacidad de mantener el control tras un fallo (simulado) de motor con aterrizaje completo con parada total.
- demostrar la capacidad de la aeronave (pérdida de la señal GPS, pérdida del enlace de mando y control). Sistema RTH y aterrizaje manual.

2. Programa para helicópteros:

- un despegue vertical seguido de 10 segundos de estacionario a la altura de los ojos del piloto a 5/10 metros del mismo, seguido de:
- una traslación en vuelo lento y nivelado en forma de S en alejamiento a 20 m de altura con 4 cambios de rumbo, seguido de:
- un vuelo de traslación nivelado en acercamiento, moviéndose hacia atrás (con la cola a la vista del piloto) con 4 cambios de rumbo a 20 m de altura.
- una traslación en vuelo rápido y nivelado en forma de S en alejamiento a 20 m de altura hacia adelante con 4 cambios de rumbo ;



- partiendo de delante del piloto, ascenso a 10 m y un vuelo de traslación lateral a 30 m a cada lado del piloto.
- Partiendo de una altura, según tipo de helicóptero, un viraje de 360º descendiendo (una espiral) a la derecha y otra a la izquierda, con motor a mínima potencia y frustrada a 10 metros del suelo; seguido de:
- un circuito rectangular con virajes a la derecha en traslación en alejamiento, con un aterrizaje delante del piloto;
- un circuito rectangular con virajes a la izquierda en traslación en alejamiento con un aterrizaje de precisión en una zona previamente definida, a 30 / 40 m del piloto.
- demostrar la capacidad del helicóptero (pérdida de señal GPS, pérdida de enlace de mando y control), sistema RTH y aterrizaje manual.
- Una autorrotación completa con el motor a la mínima potencia con aterrizaje y parada.

3.- Programa para multirrotores:

- un despegue vertical seguido de un vuelo de 10 segundos en estacionario a la altura de los ojos del piloto a 5 / 10 metros del mismo, seguido de:
- una traslación en vuelo rápido y nivelado en alejamiento en forma de S con 4 cambios de rumbo a una altura de 20 / 30 metros; seguido de:
- un vuelo lento de traslación nivelado en acercamiento, moviéndose hacia atrás (con la cola a la vista del piloto) y a 20/30 metros de altura;
- una traslación en vuelo lento y nivelado en alejamiento en forma de S con 4 cambios de rumbo a una altura de 20 / 30 metros.
- un ascenso vertical a 10/20 m. de altura y un vuelo de traslación lateral a 30 m de distancia del piloto a ambos lados del piloto.
- ascenso a 50/60 m de altura y realizar un viraje de 360º en descenso a la derecha (espiral), hasta 5 m de altura quedando frente al piloto.
- ascenso a 50/60 m de altura y realizar un viraje de 360º en descenso a la izquierda (espiral), hasta 5 m de altura quedando frente al piloto.
- un circuito rectangular hacia la izquierda con aterrizaje vertical delante del piloto.
- un circuito a 100 m de altura y aterrizaje de emergencia a 50 m. del piloto.
- despegue y circuito rectangular con virajes a la izquierda con tramo final en acercamiento a 5 m de altura aterrizando en una zona definida a 10 m. del piloto.
- demostrar la capacidad del multirrotores (perdida de señal GPS, perdida de enlace de mando y control), sistema RTH.
- Un ascenso vertical a 100 metros de altura y descenso en vertical con aterrizaje.

NOTA. Todas las figuras se harán frente al piloto con los vientos dominantes en una ventana de 120 m de altura máximo; en un área de 35 metros de diámetro centrada en el alumno solo estará este, el examinador y en todo caso, otro representante de la organización que imparta la formación.



Anexo 2 al Apéndice I

CRITERIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS CURSOS BÁSICO Y AVANZADO CON TÉCNICAS DE ENSEÑANZA A DISTANCIA

(Basados en el AMC 1 de ORA.ATO.300; Decisión del Director Ejecutivo de EASA 2012/007/R, publicando los medios aceptables de cumplimiento y material guía de la Parte ORA del Reglamento UE nº 1178/2012, de la Comisión por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo)

Las ATO pueden usar técnicas de formación a distancia para el desarrollo de los cursos básico y avanzado de instrucción de conocimientos teóricos a que se refiere el punto c) del apartado 5 del art. 50 de la Ley 18/2014 y este Apéndice I. Para formular la oportuna comunicación a AESA se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

a) En cualquier caso, en cada curso se incluirá un elemento de instrucción en aula en todas las materias de los cursos de formación a distancia.

b) La cantidad de tiempo realmente dedicado a la instrucción en aula no será inferior al 10 % de la duración total del curso.

c) Todos los instructores estarán plenamente familiarizados con los requisitos del programa del curso de formación a distancia.

d) Para presentar el material del curso están abiertos a la ATO una variedad de métodos (distribución de materiales escritos por correo postal, correo electrónico, internet, utilización de elementos de comunicación electrónica distintos de los anteriores (CD, etc.).

e) Es necesario que la ATO mantenga registros completos de alumnos y actividad a fin de asegurar que mantienen un progreso académico satisfactorio y cumplen los límites de tiempo mínimo establecidos para la realización de los cursos.

f) En la comunicación que se remita a AESA, aparte de los elementos indicados en el cuerpo del Apéndice I, se incluirán los siguientes elementos:

(1) indicación del método de trabajo que se vaya a utilizar (escrito postal, electrónico, internet, etc.); si se utiliza un medio electrónico se facilitarán indicaciones para el acceso a los cursos;

(2) copia de los materiales escritos o electrónicos que se van a suministrar a los alumnos (lecciones desarrolladas, instrucciones de trabajo, etc.);

(3) copia de los registros que se vayan a utilizar;

(4) modelos de las pruebas de evaluación continua que se presenten a los alumnos;

(5) indicación del sistema de evaluación final y criterios de la misma.

g) Pautas de planificación por la ATO para el desarrollo de los elementos de aprendizaje a distancia de los cursos básico y avanzado:



- (1) se supone que un alumno estudiará durante al menos 15 horas a la semana;
- (2) se ha de incluir una indicación en todo el material del curso de lo que constituye el estudio de una semana;
- (3) también se ha de incluir la estructura recomendada del curso y el orden del aprendizaje;
- (4) se deberá añadir una prueba de progreso para cada materia que debe ser presentada a la ATO para evaluación.
- (5) Deberían ser realizadas otras pruebas de progreso autoevaluables en intervalos adecuados de horas de estudio;
- (6) se mantendrán contactos adecuados durante todo el curso, teniendo acceso el alumno al instructor por teléfono, fax, correo electrónico o internet;
- (7) se establecerán los criterios de medición para determinar si un estudiante ha cumplido satisfactoriamente los elementos apropiados del curso;
- (8) si la ATO ofrece formación a distancia con la ayuda de soluciones informáticas, por ejemplo internet, los instructores deben controlar el progreso de los alumnos con los medios adecuados.



PROCEDIMIENTO PARA HABILITARSE COMO OPERADOR DE RPAS<25KG PARA REALIZAR TRABAJOS TÉCNICOS O CIENTÍFICOS.

(Art 50.3 Ley 18/2014)

Para el ejercicio de las actividades previstas en el art 50.3 de la Ley 18/2014 por aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg de masa máxima al despegue (MTOM) el interesado deberá presentar ante la Agencia Estatal de Seguridad Aérea una comunicación previa y declaración responsable (art. 50.6 Ley 18/2014) con una antelación mínima de cinco días al día del inicio de la operación.

A continuación se describen los pasos a seguir:

PASO 1: Solicitud de realización de los vuelos de prueba que demuestren que la operación pretendida conforme al art 50.3 de la Ley 18/2014 puede realizarse con seguridad.

Documentación a presentar:

- Comunicación previa y declaración responsable por duplicado (Apéndice A.2)
- Documento de caracterización de cada aeronave declarada.
- Estudio aeronáutico de seguridad. Se debe de presentar un estudio de seguridad para cada tipo de operación, describiendo la operación, definiendo peligros/riesgos y medidas de mitigación. El estudio de seguridad debe analizar los vuelos de prueba a realizar.
- Documentos de demostración del cumplimiento de los requisitos exigibles a los pilotos (art.50.5 de la Ley 18/2014). Presentar copia compulsada de dichos documentos.
- Condiciones o limitaciones que se van a aplicar a la operación o vuelo para garantizar la seguridad (art 50 3.d.9º de la Ley 18/2014).
- Perfiles de los vuelos a desarrollar y características de la operación (art 50 6.c de la Ley 18/2014).
- Documento acreditativo de tener suscrito el seguro obligatorio. Se debe de presentar junto con la declaración responsable un certificado emitido por la compañía de seguros en el que expresamente se indique que dicha aseguradora se encuentra autorizada por la Dirección General de Seguros en el ramo de responsabilidad civil vehículos aéreos y que se cumple con los requisitos establecidos en el art. 50.3 d 7º de la Ley 18/2014 de 19 de octubre, para cada una de las aeronaves y actividades declaradas por el operador.



La comunicación previa y declaración responsable (Apéndice A.2) sellada por AESA habilita exclusivamente para la realización de aquellos vuelos que, según sea el caso, se hayan comunicado con la antelación prevista en el apartado 6 y con sujeción, en todo caso, al cumplimiento de los requisitos exigidos y en tanto se mantenga su cumplimiento.

PASO 2: Realización de los vuelos de prueba.

Se podrán realizar los vuelos de prueba una vez se haya presentado la comunicación previa y declaración responsable y se haya recibido la misma sellada por AESA. Este documento habilita al operador y solo a él a realizar los vuelos de prueba que demuestren que la operación pretendida puede realizarse con seguridad, bajo las condiciones y limitaciones establecidas en la documentación presentada.

PASO 3: Presentación de la comunicación previa y declaración responsable para habilitarse como operador de trabajos técnicos o científicos.

Junto a la comunicación previa y declaración responsable por duplicado (Apéndice A.1) se deberán de presentar los siguientes documentos:

- Manual de operaciones conforme a lo establecido en el apéndice E, incluyendo cada una de las operaciones declaradas.
- Estudio aeronáutico de seguridad. Debe presentar un estudio de seguridad para cada tipo de operación indicada en la declaración responsable. Dichos estudios deben incluir una descripción de las operaciones a realizar, detectando, y definiendo los peligros y/o riesgos que puedan producirse o en su caso que a lo largo de su experiencia haya detectado, con la finalidad de aplicar las medidas de mitigación oportunas para eliminar y/o reducir dichos peligros y/o riesgos, de manera que permita desarrollar la actividad, dentro de un marco de riesgo ACEPTABLE.
- Documentación acreditativa de la realización de los vuelos de prueba con resultado satisfactorio, donde se especifiquen las maniobras realizadas y el resultado de las mismas en base a lo establecido en el apéndice G. Dicho documento debe estar convenientemente firmado por el operador.
- Programa de mantenimiento conforme al apéndice H.

La comunicación previa y declaración responsable (Apéndice A.1) sellada por AESA habilita para la realización de los trabajos técnicos o científicos previstos en el art 50.3 para el ejercicio de la actividad por **tiempo indefinido**, con sujeción en todo caso, al cumplimiento de los requisitos exigidos y en tanto se mantenga su cumplimiento.

Ante modificaciones en las condiciones inicialmente declaradas se deberá de presentar un nuevo apéndice A1, así como las modificaciones de los documentos aportados de aplicación. (art 50.7 Ley 18/2014)



PRESENTACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN

Conforme al artículo 38.4 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, las solicitudes, escritos y comunicaciones que los ciudadanos dirijan a los órganos de las Administraciones públicas podrán presentarse:

- a) En los registros de los órganos administrativos a que se dirijan. (Registro General de AESA)
- b) En los registros de cualquier órgano administrativo, que pertenezca a la Administración General del Estado, a la de cualquier Administración de las Comunidades Autónomas, a la de cualquier Administración de las Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consejos Insulares, a los Ayuntamientos de los Municipios a que se refiere el artículo 121 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, reguladora de las Bases del Régimen Local, o a la del resto de las entidades que integran la Administración Local si, en este último caso, se hubiese suscrito el oportuno convenio.
- c) En las oficinas de Correos, en la forma que reglamentariamente se establezca.
- d) En las representaciones diplomáticas u oficinas consulares de España en el extranjero.
- e) En cualquier otro que establezcan las disposiciones vigentes.

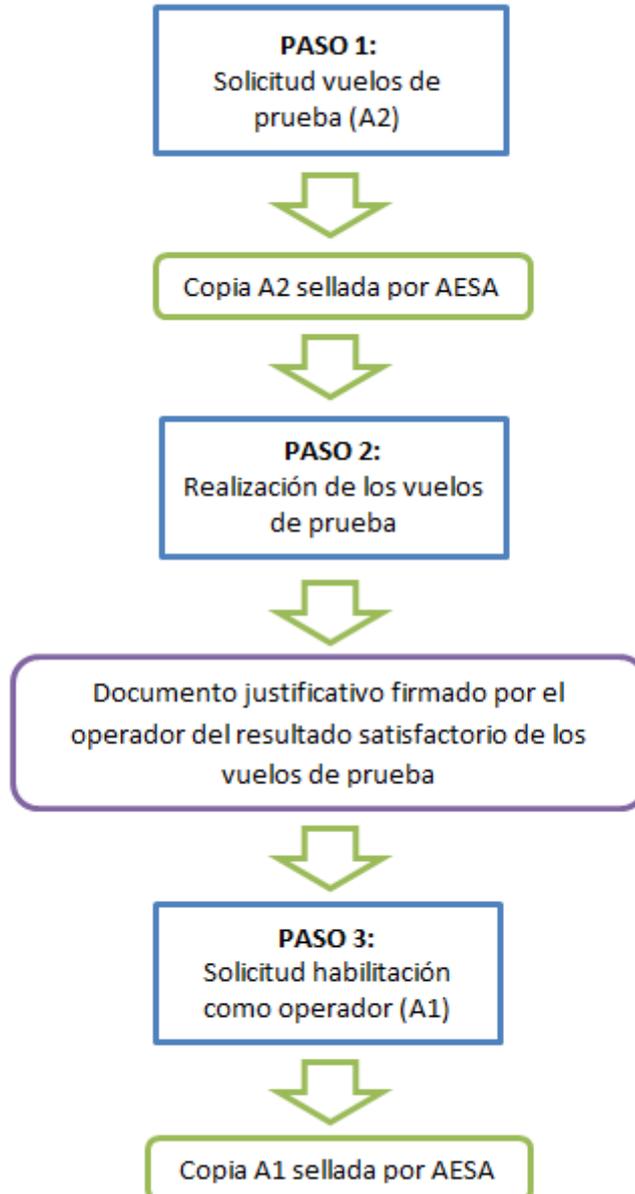
El cómputo de los plazos establecidos comienza a la recepción de la documentación en el Registro del órgano competente para la resolución del procedimiento (en este caso, el Registro General de AESA).

La documentación a entregar se puede presentar en formato papel o **preferiblemente en formato digital** (exceptuando apéndice A1 y A2), debiendo de dirigirse a:

Servicio de RPAS.
Agencia Estatal de Seguridad Aérea
Avenida Del General Perón, Nº 40. CP: 28020
Fax: 91 77 05 465



DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para vuelos especiales de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

Tipo de comunicación (marque la opción elegida)
<input type="checkbox"/> Inicial
<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:

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para vuelos especiales de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

Otros datos:
Domicilio a efectos de notificaciones (<i>rellenar solamente si no coincide con el del declarante</i>): Domicilio (<i>tipo de vía, nombre de la vía, código postal, municipio, provincia</i>):
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 vuelos (<i>de conformidad con lo dispuesto en la Ley 18/2014, art. 50.4</i>): Vuelos especiales a realizar (<i>marcar todas las que procedan</i>):
<input type="checkbox"/> Vuelos de prueba de producción y de mantenimiento. <input type="checkbox"/> Vuelos de demostración no abiertos al público. <input type="checkbox"/> Vuelos para programas de investigación

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para vuelos especiales de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

- Vuelos de desarrollo para poner a punto las técnicas y procedimientos para una determinada actividad.
- Vuelos de I+D realizados por fabricantes para el desarrollo de nuevos productos.
- Vuelos de prueba necesarios para demostrar que las actividades solicitadas conforme al apartado 3 del artículo 50 pueden realizarse con seguridad.
- Operador no sujeto a la supervisión de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea

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

Clase de aeronave (avión/ helicóptero/ multirrotor/ 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:

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para vuelos especiales de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

<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 cumpla / mi representado conoce y cumple los requisitos exigidos en la Ley 18/2014 (marcar cada punto):			
<input type="checkbox"/> 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.			
<input type="checkbox"/> 2. 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.			
<input type="checkbox"/> 3. 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.			

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para vuelos especiales de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

4. 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.

5. 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

6. 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.

7. 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.

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para vuelos especiales de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

8. 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:

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.

Que adjunto la descripción de los perfiles de los vuelos a realizar, conforme al apartado 6.c del artículo 50 de la Ley 18/2014

Que me comprometo a mantener este cumplimiento durante el periodo de tiempo inherente al ejercicio de estas actividades.

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.

Que confirmo que la información facilitada en esta declaración es veraz y correcta.

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para vuelos especiales de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

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.

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para operador de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

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):	

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para operador de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

<p>Datos del representante (en su caso):</p> <p>Nombre (<i>primer apellido, segundo apellido, nombre</i>):</p> <p>DNI, NIF, NIE, CIF:</p> <p>Domicilio (<i>tipo de vía, nombre de la vía, código postal, municipio, provincia</i>):</p> <p>Teléfono de contacto: Correo electrónico:</p> <p>Para entidades privadas, Nº Protocolo/Notario/ año del poder de representación notarial:</p> <p>Otros datos:</p>
<p>Domicilio a efectos de notificaciones (<i>rellenar solamente si no coincide con el del declarante</i>):</p> <p>Domicilio (<i>tipo de vía, nombre de la vía, código postal, municipio, provincia</i>):</p> <p>Teléfono de contacto: Correo electrónico:</p> <p>Otros datos:</p> <p>Medio preferente para las notificaciones:</p>
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:
<p>Tipo de operación (<i>de conformidad con lo dispuesto en la Ley 18/2014, art. 50.3</i>):</p> <p>Actividades aéreas de trabajos técnicos o científicos (trabajos aéreos) (<i>marcar todas las que procedan</i>):</p> <p><input type="checkbox"/> Actividades de investigación y desarrollo.</p>

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para operador de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

<input type="checkbox"/> 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. <input type="checkbox"/> Fotografía, filmaciones y levantamientos aéreos (levantamientos topográficos, fotogrametría). <input type="checkbox"/> Investigación y reconocimiento instrumental: calibración de equipos, exploración meteorológica, marítima, geológica, petrolífera o arqueológica, enlace y transmisiones, emisoras, receptor, repetidor de radio o televisión. <input type="checkbox"/> Observación y vigilancia aérea incluyendo filmación y actividades de vigilancia de incendios forestales. <input type="checkbox"/> Publicidad aérea. <input type="checkbox"/> Operaciones de emergencia, búsqueda y salvamento <input type="checkbox"/> Otros trabajos especiales (describir):			
3. Aeronaves utilizadas (caso de ser necesario añadir hojas suplementarias con los mismos datos):			
Clase de aeronave <small>(avión/ helicóptero/ multirroto- tor/ otros)</small>	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:			

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para operador de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

<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):			
<input type="checkbox"/> 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.			
<input type="checkbox"/> 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.			
<input type="checkbox"/> 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.			

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para operador de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

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.

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

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para operador de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

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).

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.

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:

- 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.

Que me comprometo a mantener este cumplimiento durante el periodo de tiempo inherente al ejercicio de estas actividades.

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para operador de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

<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.		
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

COMUNICACIÓN PREVIA Y DECLARACIÓN RESPONSABLE

para operador de aeronaves pilotadas por control remoto de hasta 25 Kg. de masa máxima al despegue (MTOM)

Edición 1.1

DSA

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.