



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA AEROESPACIAL

---

El mantenimiento en las aeronaves  
tripuladas por control remoto:  
Aspectos Jurídicos

Julio 2018

---

Autor: Andrés Bella Canet

Director: Francisca Ramón Fernández



# Agradecimientos

A mi madre y mi hermana, que siempre han estado dispuestas a escucharme y soportarme, facilitarme cada paso que daba y acompañarme en todas las fases de este vuelo.

También a todos los profesores del grado de ingeniería aeroespacial que me han aportado las aptitudes necesarias, así como a mi tutora, Francisca, por haberme guiado a lo largo de toda la elaboración del trabajo.





# Resumen

En el presente trabajo se analiza un tipo de aeronaves, las aeronaves tripuladas por control remoto o RPA. En concreto se estudia el mantenimiento de estas desde un punto de vista legislativo, el cual es de especial interés si se va a operar este tipo de aeronaves y se quiere hacer con seguridad, cumpliendo con la normativa correspondiente. Ello supone adentrarse en los diferentes documentos normativos que regulan la aviación tanto tripulada por un piloto abordo como tripulada por control remoto ya que, aunque son diferentes, ambos vehículos son aeronaves y poseen muchas características similares. Por ello, el tratamiento en cuanto a mantenimiento va a ser similar. Sin embargo, presenta diferencias remarcables, especialmente en lo referido a los elementos conexos a la RPA (como los mandos de control, satélites, ...). Además, los procedimientos a seguir en el mantenimiento de RPA son muy diversos debido al gran rango de RPA que se encuentran disponibles (amplia variedad de pesos). Teniendo en cuenta esto último, en este proyecto se expone la normativa aplicable a nivel estatal (España), así como europeo, en materia de mantenimiento de RPA, estableciendo las responsabilidades y particularidades que conlleva cada rango de peso, así como las similitudes entre los mismo.

Alumno/a

D. Andrés Bella Canet

Tutor/a

Prof. Dña. Francisca Ramón Fernández

València, Julio de 2018



# Abstract

In this paper, one type of aircraft is analyzed, the remotely piloted aircraft or RPA. Specifically, the maintenance of these is studied from a legislative point of view, which is of special interest if this type of aircraft is going to be operated safely and in compliance with the corresponding regulations. This means going into the different normative documents that regulate both manned and remotely piloted aviation because, although they are different, both vehicles are aircraft and have many similar characteristics. Therefore, the treatment in terms of maintenance will be similar. However, there are remarkable differences, especially in reference to the elements related to the RPA (such as control commands, satellites, etc.). In addition, the procedures to follow in the maintenance of RPAs are very diverse due to the wide range of RPAs available (wide variety of weights). Taking the latter into account, this project sets out the applicable regulations at the state level (Spain), as well as at the European level, on the maintenance of RPAs, establishing the responsibilities and particularities of each weight range, as well as the similarities between them.



# Índice General

Acrónimos .....	I
Definiciones .....	IV
Introducción .....	V
Objetivos y justificación .....	VII
Metodología .....	IX
1. Historia: Del globo aerostático a los RPAS .....	1
2. Concepto de RPAS.....	3
2.1 Definición actual.....	3
2.2 Tipología RPAS.....	7
3. Concepto de mantenimiento.....	9
3.1 Definición y orígenes.....	9
3.2 Aeronavegabilidad .....	12
3.3 Tipos de mantenimiento .....	13
3.4 Programa de mantenimiento.....	15
3.4.1 Organizaciones de mantenimiento.....	16
4. Operaciones actuales y futuras.....	18
4.1 Ámbitos de uso .....	19
4.1.1 Militares.....	19
4.1.2 Civiles.....	20
a. Aplicaciones futuras.....	24
b. Tipos de Operaciones.....	25
5. Marco jurídico .....	29
5.1 Marco jurídico internacional.....	29
5.2 Marco jurídico europeo .....	30

5.3 Marco jurídico estatal.....	33
6. El mantenimiento de RPAS y su tratamiento en la legislación aplicable .....	37
6.1 Indicaciones legislativas previas.....	38
6.2 Normativa de mantenimiento a nivel estatal.....	38
6.2.1 Reglamentación: MTOW que no exceda los 150 kg.....	40
6.2.2 Normativa para RPAS de aplicación estatal de MTOW mayor de 150 kg.	49
6.2.3 Aplicabilidad de la norma.....	61
6.3 Normativa para RPAS de aplicación europea.....	65
6.3.1 Proyecciones de futuro.....	66
6.3.2 Estándares .....	67
6.4 Consideraciones sistema completo.....	70
6.5 Mantenimiento como elemento supletorio.....	71
6.5.1 Certificado de aeronavegabilidad .....	71
6.5.2 Manual de operaciones.....	75
6.5.3 Inspecciones AESA .....	76
Conclusiones .....	78
Bibliografía .....	80
Referencias legislativas.....	81

# Índice de figuras

Figura 1. Cronología histórica de los RPAS.....	72
Figura 2. De izquierda a derecha: globos bomba del ejército austriaco y el Sperry aerial torpedo .....	3
Figura 3. Gnat de General Atomics.....	3
Figura 4. Elementos que conforman el RPAS.....	6
Figura 5. Tipología RPAS .....	8
Figura 6. Patrones de fiabilidad con la edad.....	10
Figura 7. Ideas principales mantenimiento .....	11
Figura 8. Clasificación diferentes tipos de mantenimiento .....	14
Figura 9. Ingresos mundiales por venta de RPA según segmentos en el ámbito civil.....	19
Figura 10. Principales Aplicaciones militares de los RPAS.....	20
Figura 11. Número de operadores en Europa autorizados por las autoridades correspondientes.....	21
Figura 12. Valor de los recursos que son potencialmente sustituibles por RPA en un futuro próximo.....	22
Figura 13. Principales aplicaciones de los RPAS en el sector comercial.....	22
Figura 14. Comparación riesgo mantenimiento con drones y humano .....	23
Figura 15. RPA logística médica, desfibrilador.....	23
Figura 16. Retroalimentación Mantenimiento/Reglamentación/Seguridad en las tareas .....	24
Figura 17. Proposición organización espacio aéreo Amazon.....	24
Figura 18. RPA Aquila surcando el cielo en uno de sus vuelos de prueba. Fuente....	25
Figura 19. De izquierda a derecha: VLOS y E-VLOS.....	27
Figura 20. De izquierda a derecha: RLOS y BRLOS.....	28
Figura 21. Enmiendas OACI destinadas a la inclusión de las RPAS.....	30
Figura 22. Esquema de los ámbitos de actuación del mantenimiento. ....	40
Figura 23. Checklist Pre-vuelo proporcionada por el fabricante de pequeños RPAS (MTOW<25 kg) Phantom, para uso en sus productos.....	42
Figura 24. Parámetros a incluir en el registro de datos según etapas .....	43

Figura 25. Ejemplo de registro de vuelos anexoado por AESA, apéndice M.....	43
Figura 26. Ejemplo ICA de fabricante. En concreto, indicaciones de los intervalos de realización de tareas de mantenimiento para el motor del RPAS GAIA 160HY-Hybrid Hexacopter (MTOW=21 kg) .....	44
Figura 27. Ejemplo ICA de fabricante. En concreto, indicaciones para las tareas de lavado y lubricado del filtro del carburador del motor del RPAS GAIA 160HY-Hybrid Hexacopter (MTOW=21 kg) .....	44
Figura 28. Revisiones y pruebas a incluir en el programa de mantenimiento de RPAS (MTOW<150kg) según el apéndice I establecido por AESA.....	45
Figura 29. Apartado sobre detalles de inspecciones y tareas contenido en la plantilla de programa para aviones.....	59
Figura 30. Número de RPAS fabricados en España para actividades no recreativas según rango de pesos de la normativa aplicable.....	60
Figura 31. Apartado dedicado al mantenimiento incluido en el manual de usuario de un RPA con MTOW = 3 kg.....	62
Figura 32. Apartado sobre asistencia en caso necesario del manual de usuario de un RPA con MTOW = 3 kg.....	62
Figura 1. Tipos de certificado de aeronavegabilidad aplicables a RPAS.....	73
Figura 34. Ejemplo de documento que acredita el certificado de aeronavegabilidad restringido de una RPA (MTOW de 80 kg).....	74

## Índice de tablas

Tabla 1. Modelos con su respectivo MTOW ordenados de mayor a menor .....	8
Tabla 2. Categorización de las operaciones con RPAS. ....	26
Tabla 3. Categorías de RPAS propuestas por la EASA.....	32
Tabla 4. Diferente normativa aplicable a las RPA. Leyes, reales decretos y ordenes presidenciales. ....	34
Tabla 5. Separación por peso para el tratamiento de las RPA en España.....	35
Tabla 6. Comparación entre las diferentes operaciones permitidas en 2014 y 2017....	36



Tabla 7. Separación RPAS según tratamiento legal .....	39
Tabla 8. Fabricantes de RPAS de España que ofrecen servicios para el mantenimiento .....	47
Tabla 9. Tabla comprobaciones y revisiones recomendadas por el fabricante de RPAS DJI para su DJI Phantom (MTOW<2) .....	48
Tabla 10. Equivalencia en normativa de mantenimiento entre aeronaves tripuladas y RPAS.....	49
Tabla 11. Tipos de organizaciones de mantenimiento.....	53
Tabla 12. Responsabilidades de la CAMO y el operador con contrato para la gestión del mantenimiento de las RPAS del operado.....	55
Tabla 13. Diferentes tipos de vuelos experimentales indicando la influencia del mantenimiento en ellos. ....	63
Tabla 14. Documentación a presentar para la realización de operaciones especializadas o vuelos experimentales según posesión de certificado de aeronavegabilidad .....	64
Tabla 15. Parámetros para el cálculo del estándar aplicable. ....	69
Tabla 16. Contenido del manual de operaciones relacionado directa o indirectamente con el mantenimiento.....	75
Tabla 17. Tipos de inspecciones que realiza AESA con sus características principales .....	76

# Acrónimos

A4A	Airlines for America
AERPAS	Asociación Española de RPAS
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
AGL	Sobre el nivel del suelo
ARC	Revisión del certificado de aeronavegabilidad
ATA	Asociación de transporte aéreo de américa (obsoleto, actualmente A4A)
ATM	Gestión del tránsito aéreo
AWL	Limitaciones de aeronavegabilidad
BRLOS	Más allá de la visibilidad directa de radio
BVLOS	Más allá de la visibilidad directa visual
BVLOS	Más allá del alcance visual del piloto
C2	Mando y control
C3	Mando, control y comunicaciones
CAA	Autoridad de aviación civil
CAMO	Organización de gestión del mantenimiento
CDL	Lista de desviaciones respecto a la configuración
CMR	Requisitos de mantenimiento de certificación
CofA	Certificado de Aeronavegabilidad
CONOPS	Concepto de operaciones
CPDLC	Comunicaciones por enlace de datos controlador-piloto
CRS	Certificado de aptitud para el servicio
CS	Especificación de certificación
DAA	Detectar y evitar
EASA	Agencia europea de seguridad aérea
ELA1	Aeronave ligera europea tipo 1
ETSO	Estándar técnico europeo
EUROCAE	Organización europea para el equipamiento de la aviación civil
E-VLOS	Visibilidad directa visual extendida
FAA	Agencia de aviación civil norteamericana
FIZ	Zona de información de vuelo
FPV	Vista en primera persona
GANP	Plan global de navegación aérea

GBSAA	Sistema de radar de detección y evitación desde tierra
ICA	Instrucciones para el mantenimiento de la aeronavegabilidad
IFR	Reglas de vuelo instrumentales
IMU	Unidad de medición inercial
JARUS	Autoridades conjuntas para la elaboración de reglamentos sobre Sistemas no tripulados
LNA	Ley de Navegación Aérea
MCM	Manual de control de mantenimiento
MEL	Lista de equipo mínimo
MIDCAS	Sistema de Evitación de Colisión
MMEL	Lista maestra de equipo mínimo
MOD	Ministerio de defensa del Reino Unido
MOPS	Estándares mínimos de rendimiento operativo
MTOW	Peso Máximo al Despegue
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
p. ej.	Por ejemplo
PANS	Procedimientos para los servicios de navegación aérea
RD	Real Decreto
RP	Piloto o controlador de la RPA
RPA	Aeronave(s) pilotada(s) por control remoto
RPAS	Sistema(s) de aeronave(s) pilotada(s) por control remoto
RPS	Estación de pilotaje a distancia
RPS	Estación de pilotaje remota
RTCA	Comisión radiotécnica para la aeronáutica
SAR	Radar de apertura sintética
SARPS	Normas y métodos recomendados
SC	Condiciones espaciales
SIGINT	Inteligencia de Señales
SORA	Evaluación de riesgos de operaciones específicas
STANAG	Acuerdo de normalización
TSA	Espacio temporalmente segregado
UA	Aeronave(s) no tripulada(s)
UAS	Sistema(s) de aeronave(s) no tripulada(s)
UAV	Vehículo aéreo no tripulado
ULM	Aeronaves tripuladas ultraligeras motorizadas

VANT	Vehículo Aéreo No Tripulado
VFR	Reglas de vuelo visuales
VLOS	Visibilidad directa visual

# Definiciones

**ARC.** Revisión del certificado de aeronavegabilidad por la que deben pasar aquellas aeronaves con certificado de aeronavegabilidad para que este les sea renovado (en caso de que cumplan con las condiciones fehacientes) y poder seguir operando.

**Diseño de reparación importante.** Referido al diseño de reparaciones para enmendar fallos y defectos no considerados en la información facilitada por el titular del certificado tipo.

**Estado de matrícula.** Es el estado en el cual está registrada la aeronave pertinente. Otra expresión corresponde a *estado miembro de matrícula*, en la que nos referimos a uno de los estados pertenecientes a la UE o a la OACI, según contexto.

**ESTO.** Son especificaciones detalladas que emite la EASA en relación a la aeronavegabilidad para garantizar el cumplimiento de los requisitos de sus reglamentos.

**Nivel de vuelo (FL).** Altitud designada para el vuelo de una aeronave y calculada respecto a la isobara (101325 Pa), siendo esta la presión media al nivel del mar en la atmósfera tipo

**Operaciones aéreas especializadas.** Aquellas operaciones realizadas con RPA que no son transporte aéreo y que engloban actividades especiales como antiincendios, de investigación, agrónomas, forestales, de vigilancia, publicidad aérea, entrenamiento para pilotos de RPA, monitorizados, ... Además, también se les nombra trabajos técnicos, científicos o aéreos

**Operador.** El sujeto (persona física o jurídica) que, bajo la responsabilidad de cumplir con los requisitos de la normativa del real decreto, realice operaciones especializadas o vuelos experimentales.

# Introducción

En las próximas páginas se han tratado las aeronaves tripuladas por control remoto desde la perspectiva de la normativa aplicada al mantenimiento. Estas aeronaves, son conocidas global y comúnmente por el nombre de “drones”, el cual ya ha sido introducido por la Real Academia Española en el diccionario como: “aeronave no tripulada”. Sin embargo, hay distinciones, que se verán en los próximos capítulos, sobre las posibles aeronaves no tripuladas o sin piloto a bordo. En este sentido, esa denominación puede llevar a confusión en cuanto al grado de implicación del piloto en el control del vuelo, por lo que es necesaria una mayor diferenciación. Así pues, el término adecuado es “aeronave tripulada por control remoto” o RPA. En ella, el piloto tiene pleno control del vuelo a distancia (con excepciones que se remarcaran más adelante). Además, cabe remarcar que para referirse no solo a la RPA sino también al todo el conjunto de elementos que influyen en el funcionamiento de la misma (como el mando a distancia) se usa: sistema de aeronave tripulada por control remoto o RPAS. El establecimiento del concepto correcto es necesario para proceder a su tratamiento legislativo, y ello es lo que se pretende en este trabajo.

En concreto, se examinará la normativa del mantenimiento a la que están sujetas estas aeronaves, indicando responsabilidades de los implicados en el mismo, requerimientos para la aplicación del mantenimiento, procedimientos que se siguen, algunas proyecciones futuras, ejemplos, ... todo manteniendo un enfoque práctico especialmente desde la figura del operador y, apuntando aquellas características en materia de mantenimiento que son únicas en estas aeronaves.

Además, se introducirá al lector en el mar regulatorio en el que se encuentran estas aeronaves, no solo en materia de mantenimiento sino también desde un enfoque general. Esto se dispone de forma separada según la normativa a la que están sujetas las aeronaves tripuladas por control remoto en cada nivel territorial, esto es, internacional, europea y estatal (aplicada a España).

Por otro lado, para su mejor entendimiento, dicha normativa se envolverá de otra información general sobre aeronaves y mantenimiento, empezando por una breve reseña

histórica sobre la evolución de estas aeronaves (características, distintas denominaciones y hechos relevantes), seguida de una descripción general del concepto de aeronave tripulada por control remoto y detallando las diferentes tipologías que se pueden encontrar.

En la misma trayectoria se establecerán a continuación las bases de lo que se entiende por mantenimiento aeronáutico, empezando por sus orígenes y describiendo posteriormente algunos elementos importantes relacionados.

A ello le seguirá una visión del uso y las aplicaciones que estas aeronaves poseen en la actualidad, así como las previsiones de futuro, todo acompañado con algunas estadísticas para remarcar el alcance de las aeronaves tripuladas por control remoto.

Para finalizar, se harán unas reflexiones de carácter subjetivo en las que se pretenderá establecer conclusiones, problemas y posibles mejoras extraídas de todo el estudio realizado en el presente trabajo.

# Objetivos y justificación

Como en el título del proyecto se indica, hay 3 parámetros clave dentro de este estudio: las aeronaves tripuladas por control remoto, el mantenimiento y la legislación. El estudio de estos tres elementos juntos y establecer las relaciones que entrañan son las metas de este trabajo. Si bien las aeronaves tripuladas por control remoto o RPA militares, las cuales quedan fuera del propósito de este trabajo, llevan establecidas mucho más tiempo, son una tecnología relativamente nueva en el mundo civil.

Las RPA empezaron a tener presencia hace poco más de una década y fue menos de ocho años atrás cuando se vio el gran potencial que estas tenían, y su uso pasó a ser una realidad. Con este crecimiento, las autoridades aeronáuticas legisladoras se vieron obligadas a crear un marco normativo con el fin de integrar adecuadamente estos nuevos usuarios del cielo y poder garantizar el mayor grado de seguridad posible en el entorno que las rodea. Sin embargo, el proceso de creación de regulación es lento por la minuciosidad que ello requiere y por la diversidad de RPA que existen (elevado rango de pesos), por lo que aún en la actualidad quedan muchos aspectos por cubrir.

El mantenimiento de estas aeronaves es de gran influencia en la garantía de la seguridad operacional de las mismas y especialmente en este ámbito, la normativa aún no está completamente clara. Con ello, ante el gran potencial que las RPA poseen para el futuro y el estado borroso de la normativa de mantenimiento, el propósito de este trabajo tomó forma.

Se estudian las responsabilidades a las que están sujetos los implicados en el mantenimiento de las RPA, según pesos y desde una perspectiva basada en los requerimientos para con el sujeto que vaya a explotar la RPA. Esto se aplica al territorio español además de dar una perspectiva más general a nivel europeo. Con todo, el principal objetivo es proporcionar una guía de los procedimientos a seguir para poder cumplir con la normativa de mantenimiento y así facilitar el proceso a la persona u organización que quiera operar estas aeronaves. En este sentido la intención es clara: proporcionar a aquel que quiera hacer uso de las RPA el conocimiento necesario para



suplir la parte de mantenimiento que estas requieren, además de visiones generales de otros aspectos y términos que están conectados a este mantenimiento.

# Metodología

La elaboración de este trabajo ha estado basada en la recopilación de información bibliográfica en materia de mantenimiento de aeronaves tripuladas por control remoto o RPA, tratando principalmente aspectos jurídicos, aunque incluyendo también, en menor medida, aspectos técnicos generales.

En una primera instancia y para la elaboración de una visión general sobre RPA, se han consultado bases de datos como Google Scholar, así como ciertos libros técnicos sobre RPA y mantenimiento. Además, la asignatura de 4º de aeroespacial de mantenimiento de aeronaves, ha ayudado a entender numerosa terminología referida al mantenimiento.

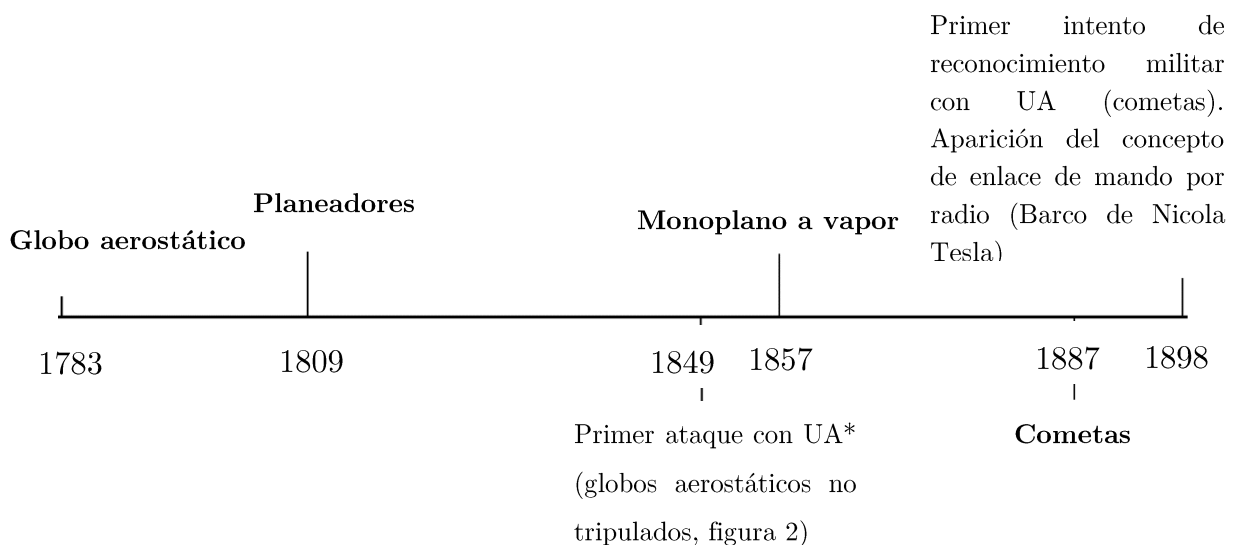
Por otro lado, para el tratamiento de los aspectos legislativos se ha recurrido a los documentos reguladores en materia de mantenimiento y RPA tanto de carácter internacional, como europeo y estatal. Para la normativa internacional se han utilizado las publicaciones hechas por la OACI como: manuales y circulares; para la europea, la página EUR-lex ha proporcionado el acceso a los reglamentos de la comisión europea, algunos de ellos en inglés y otros traducidos; y para la estatal, en España, se ha acudido al Boletín Oficial del Estado, donde se pueden encontrar los diferentes reales decretos y leyes utilizados para este trabajo. Sin embargo, aunque pueda parecer que existen 3 bases de datos jurídicas diferente, estas están entrelazadas, por lo que ha sido frecuente el cambio de documentos de un ámbito territorial a otro.

Además, para ciertas cuestiones procedimentales se ha contactado mediante correo electrónico con la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, y del mismo modo, para completar el conocimiento sobre la aplicación de la norma, también ha sido de ayuda el contacto con algunas empresas operadoras de RPA.

# 1. Historia: Del globo aerostático a los RPAS

A continuación, se muestra la cronología de evolución del concepto de aeronave tripulada por control remoto (figura 1). Se muestran tanto descripciones referentes a sucesos importantes en la evolución de los RPAS y la aparición de nuevas tecnologías como la nomenclatura con que se denominaba a los drones en cada época (Globo aerostático, planeadores, monoplano a vapor, cometas, torpedo volador, BTT, dron, aviones señuelo, RPV, UMA, UAV, UTA, UCAV, ROA, UAS y RPAS).

Si bien muchos de los predecesores tienen poco que ver con lo que actualmente es una RPA, todos y cada uno de ellos supusieron un paso hacia adelante en la aparición del esta. Por otro lado, los grandes impulsores han sido los militares. Desde el principio se han desarrollado estas aeronaves con intenciones bélicas, desde los primeros ataques con globos aerostáticos en el 1849, pasando por las dos guerras mundiales, la guerra del Vietnam y la del golfo, y terminando en la cúspide del desarrollo de esta tecnología con su uso para la lucha antiterrorista desempeñada especialmente por el centro de inteligencia de la CIA, quienes demostraron las grandes capacidades de las RPA.



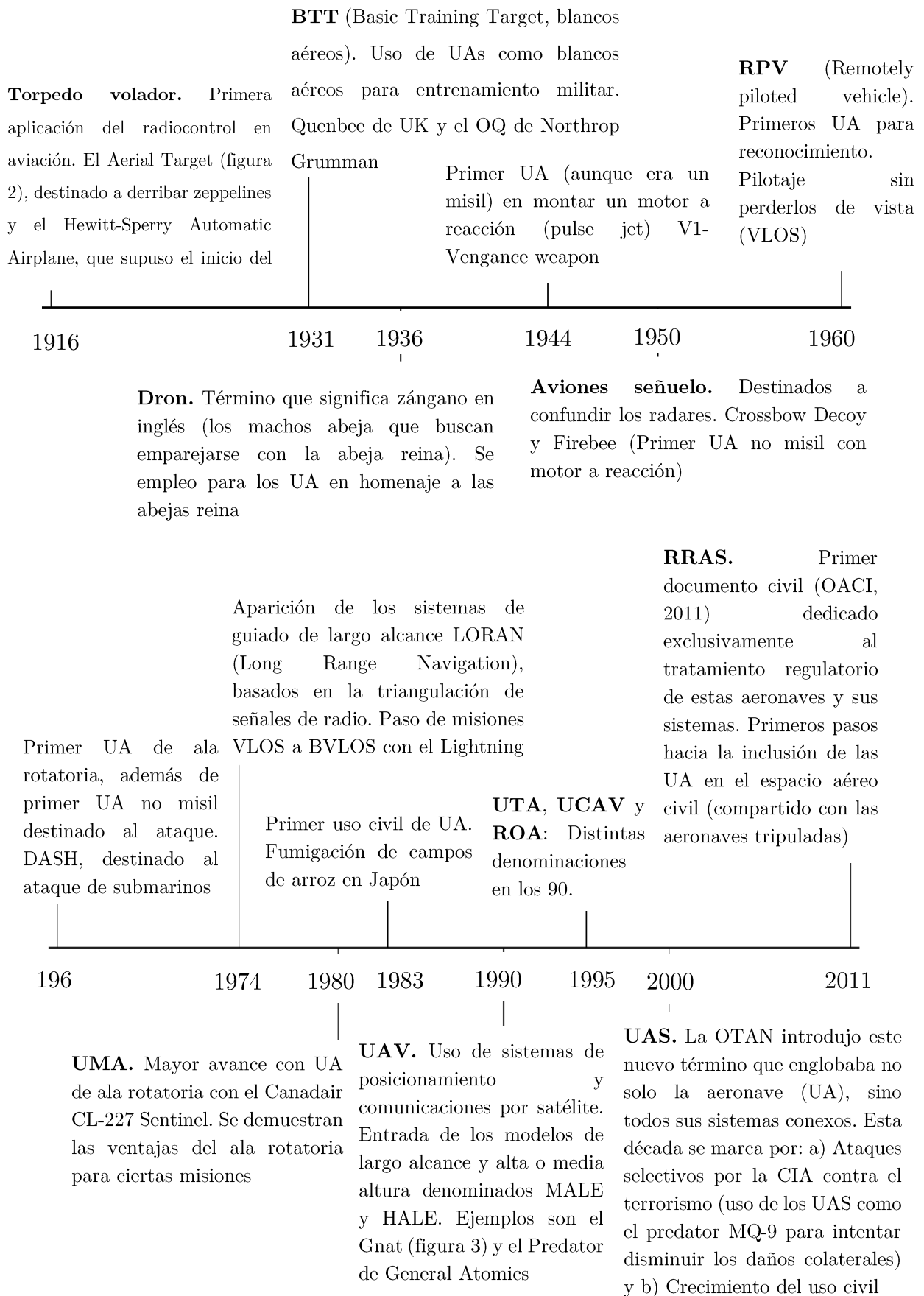


Figura 2. Cronología histórica de los RPAS

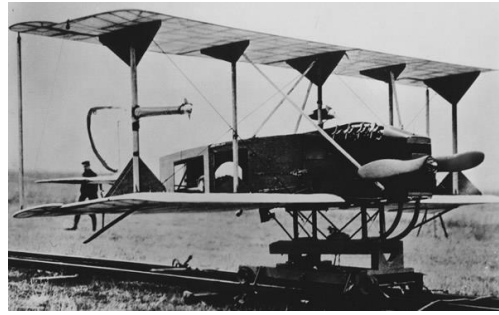
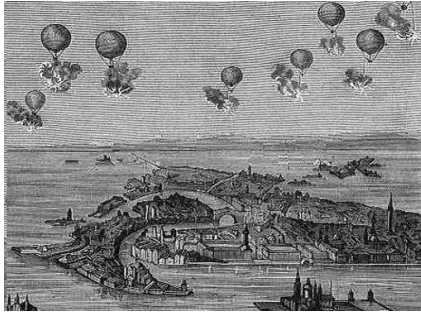


Figura 3. De izquierda a derecha: globos bomba del ejército austriaco y el Sperry aerial torpedo. Fuente: <http://www.fotosdomundo.com.br>



Figura 4. Gnat de General Atomics. Fuente: <http://www.deagel.com/library/GNAT>

Como se puede ver en las figuras 2, 3 y 4, la evolución en materia de RPAS ha sido remarcable. Desde un globo aerostático con un control prácticamente nulo hasta un avión avanzado con capacidades para operar por sí solo, con un gran número de sofisticados sensores, un control con una notable precisión, ... Solo cabe preguntarse que es lo que se incluirá en futuras cronologías.

## 2. Concepto de RPAS

### 2.1 Definición actual

Como ya se ha visto, a lo largo de la historia, estas aeronaves comandadas remotamente han recibido una gran variedad de nombres. Según surgían aplicaciones, nuevos inventos, nuevos modelos, ... la nomenclatura se iba adaptando.

Cada denominación hacía referencia a una determinada era tecnológica y perduraba hasta la aparición de un nuevo avance que modificaba algunas de las características principales que definían el funcionamiento de estas aeronaves. El problema es que ello dificultaba la definición de normativa reguladora para este tipo de aeronaves. Con la entrada del siglo XXI el uso de estos dispositivos no solo recaía en el ámbito militar, nuevas aplicaciones civiles se estaban gestando, es decir, aparecen nuevos escenarios en los que las aeronaves no tripuladas son las protagonistas. Como en toda nueva circunstancia desconocida, esto implicaba potenciales situaciones de inseguridad. Hasta el momento su uso solo limitado a operaciones bélicas podía mantenerse aislado de la normativa general, pero con la entrada en el mundo civil estas aeronaves debían atenerse a las normas de los demás usuarios.

El primer paso de todos había de ser la definición de estos nuevos ocupantes del espacio aéreo, es decir, el establecimiento de una regulación óptima requiere poseer un concepto claro y delimitado de lo que se va a regular. Por otro lado, no todo lo que vuela sin piloto se puede englobar en un mismo tratamiento.

Conscientes de ello, la OACI se reunió varias veces entre el 2005 y 2007, donde se decidió establecer, mediante la publicación de la circular 328, *Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS)*, de 2011, nuevas pautas para el tratamiento de este nuevo género aeronáutico.

El documento va dirigido a las aeronaves no tripuladas desde la propia aeronave (UA) y establece las diferencias entre los distintos dispositivos voladores no tripulados, delimitándolos con una nomenclatura que ayuda a la estandarización de este género y, por tanto, a crear una normativa más estable.

El objetivo principal de la OACI en este asunto es llegar a armonizar y estandarizar el tratamiento de estos nuevos usuarios del cielo con el propósito de que las operaciones sean más seguras.

Durante las reuniones de la OACI también se hizo hincapié en la necesidad de elaborar recomendaciones (SARPS) y procedimientos enfocados al tratamiento (PANS) de estas aeronaves. Esta parte del trabajo de la organización estaba facilitada por el avance en los procedimientos de carácter técnico la gestión de los UAS ya desarrollados por parte de EUROCAE y la RTCA. Además, SARPS y PANS de aeronaves tripuladas también podían usarse en este ámbito.

Así pues, centrándonos en la base del desarrollo de toda la normativa para estas aeronaves, la definición de qué dispositivos eran aquellos llamados como “drones”, UAV, ... encontrando los términos apropiados para cada tipo, era un punto importante dentro del trabajo que había de desempeñar la OACI en relación con las UA.

Para empezar a tratar el asunto en dichas reuniones se escogió el término UAS para definir a los sistemas de aeronaves no tripuladas, es decir, no solo la propia aeronave sino todo el conjunto de dispositivos que influyen en su vuelo como puede ser la estación de control remoto o el enlace entre el mando y el control. Esta nomenclatura fue empleada en primera instancia debido a que era la que EUROCAE y la RTCA utilizaban en ese momento.

En el Convenio sobre Aviación Civil Internacional en Chicago el 7 de diciembre de 1944, ya se introdujo de manera oficial en el artículo 8 la posibilidad de uso de aeronaves sin piloto a bordo en el mismo espacio que el transporte civil tripulado, remarcando la responsabilidad de cada estado contratante sobre la seguridad sobre la interacción UA y las aeronaves civiles tripuladas. Sin embargo, con la expansión de las UA civiles con la entrada del siglo XXI introdujo un nuevo término: RPA.

La razón de la entrada de este nuevo término radica en conservar la seguridad del tráfico aéreo civil con la entrada de las UA al mismo. En la circular 328 sobre UAS se especifica claramente que solo las aeronaves no tripuladas comandadas por control remoto pueden llegar a compartir el espacio aéreo con aeronaves civiles tripuladas. En la expresión “comandadas por control remoto” se encuentra la diferencia. En este

sentido se separan dos tipos de UA según el grado de control del piloto sobre la operación: Remotamente controlada y Autónoma. Así pues, de acuerdo con la OACI, solo los UA pilotados por control remoto (RPA) podrán operar en espacio no segregado ya que para conservar la seguridad de las situaciones donde coincidan aeronaves civiles tripuladas con UAs, es esencial que el comportamiento de estas últimas sean responsabilidad de un piloto. Todo lo que no se pueda controlar en tiempo real puede conllevar interacciones peligrosas con otras aeronaves. Ello responde al hecho de que la capacidad de predicción que un piloto puede tener no debería sustituirse por ningún dispositivo autónomo. Además, para interactuar con el sistema de gestión de tráfico correspondiente (ATM) es fundamental la figura de piloto.

Por otro lado, la OACI ve plausible la inclusión de un cierto grado de autonomía para facilitar determinadas operaciones, siempre que se mantengan las responsabilidades para con el piloto. Esto es equivalente al piloto automático de las aeronaves tripuladas donde en cualquier momento el piloto puede volver a tener completo control del vehículo.

Con todo, el objeto de estudio para estandarizar y normalizar las UA se ha centrado en un subconjunto de las mismas, las RPA. Además, de igual forma que ocurre con el término UAS para definir todos los elementos que influyen en el funcionamiento de las aeronaves tripuladas, también se define el concepto de RPAS como todos los sistemas que hacen posible el vuelo de las aeronaves tripuladas por control remoto (RPA).

***Definición aeronave tripulada por control remoto:***

Introducido ya el origen del término RPA, se procede a ofrecer una más clara definición del mismo con la finalidad de delimitar finalmente cuál es el objeto de estudio de este trabajo: Vehículo diseñado para crear fuerzas aerodinámicas que lo capacitan para mantenerse en el aire, controlado de manera remota por un piloto desde una estación de control determinada.

Por otro lado, como ya se ha remarcado, el concepto de RPAS incluye además de la propia aeronave todos los demás componentes influyentes en el vuelo que se pueden apreciar en la figura 4.



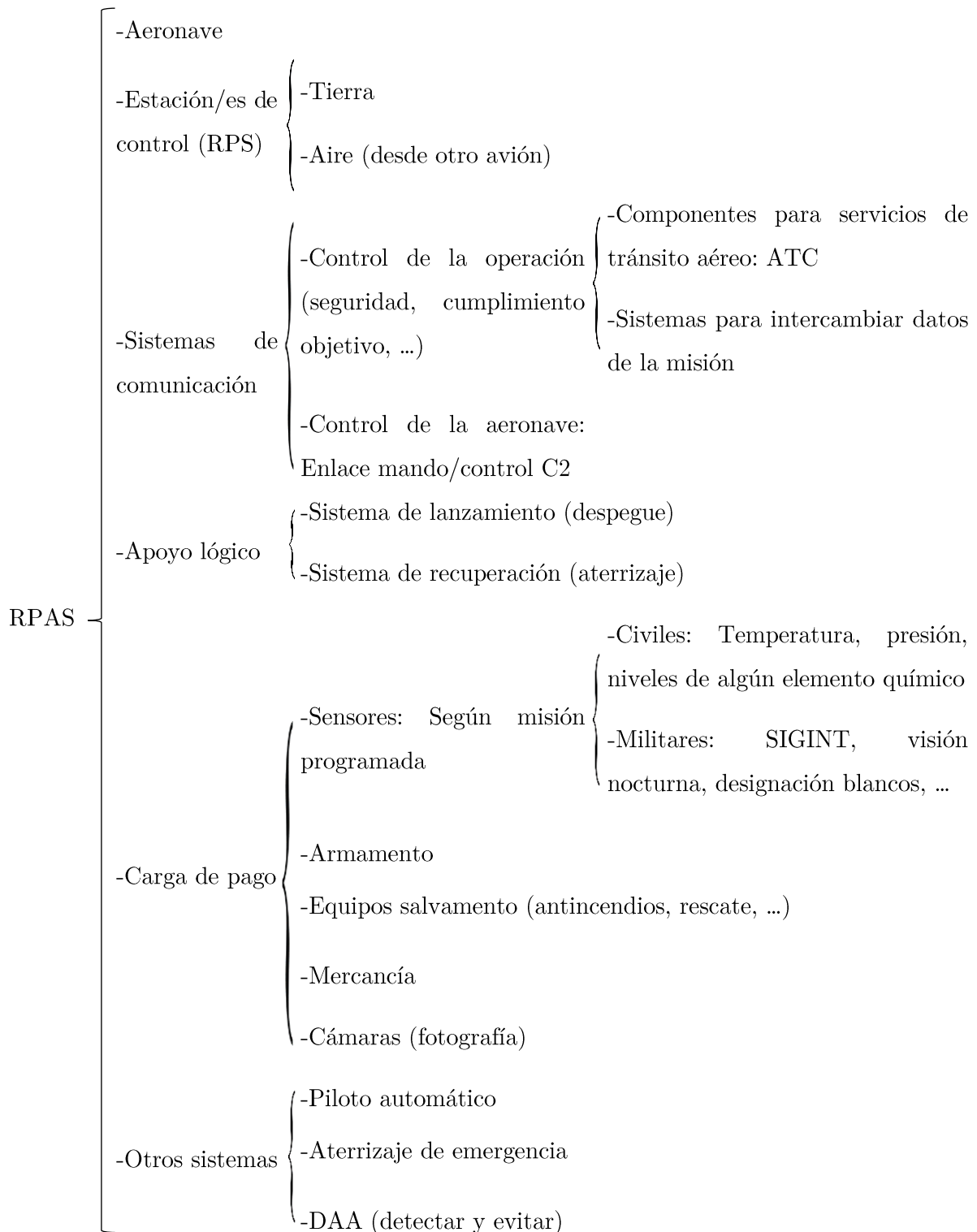


Figura 5. Elementos que conforman el RPAS. Fuente: Elaboración propia a partir de Guía de mantenimiento y reparación de drones (RPAS).

Sin embargo, aunque la OACI introdujo los términos RPA y RPAS, por algún motivo no todos los estados pertenecientes a este organismo internacional adoptan siempre sus recomendaciones. Por ejemplo, en Argentina, para referirse al concepto definido por la

OACI como RPAS, utilizan el término VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado), que diferencia las aeronaves no tripuladas otros dispositivos terrestres no tripulados, pero que puede inducir a malinterpretación dentro de las distintas aeronaves sin piloto abordo. También ello ocurre en Francia, donde mantuvieron el término “drône” para referirse a las RPAS y el de “système drône” para el sistema completo.

## 2.2 Tipología RPAS

Cuando se habla de aeronaves controladas por control remoto, la primera imagen que se suele tener es la del dispositivo con los cuatro rotores en sus vértices. En cambio, del mismo modo que ocurre en el mundo de las aeronaves tripuladas por un piloto abordo, existe una gran variedad de aeronaves controladas por control remoto según qué aplicación. En efecto, la definición de RPA abarca toda aeronave sin piloto que sea tripulada por control remoto. Con ello, cualquier aeronave puede considerarse como una RPA si operara por control remoto.

Debido a que el concepto de RPAS abarca más que la propia aeronave, la clasificación se puede enfocar de formas muy diversas. Aun así, los modos más comunes de clasificar se basan en el peso y la forma de obtener sustentación.

### 2.2.1 Método sustentación

Ala fija: aquella RPA cuya sustentación para el vuelo viene dada por un ala sujeta al cuerpo de la misma (inmóvil respecto al aeronave) y diseñada con perfiles alares aerodinámicos (que aprovechan el aire incidente para crear sustentación).

Ala rotatoria: de igual modo que con el ala fija, la RPA consigue sustentación debido a el diseño aerodinámico de perfiles, aunque en este caso estos perfiles forman parte de las palas de un rotor. Con ello, la sustentación es obtenida a partir del movimiento rotatorio de unos rotores.

Híbrido: se trata de una combinación de ambos modos de sustentación. Con RPA híbridas la sustentación se puede obtener tanto por ala fija como por ala rotatoria. Con ello, se puede aprovechar la velocidad y autonomía que ofrece un ala fija con la capacidad de vuelo a punto fijo y despegue y aterrizaje verticales de las alas rotatorias. Sin embargo, pueden no ser la elección más adecuada debido a los problemas mecánicos

y aerodinámicos que pueden llegar presentar. Ejemplos de cada tipo aparecen en la figura 5.



Figura 6. Tipología RPAS, de izquierda a derecha: híbrido, de ala fija y ala rotatoria. Fuente: <https://dronerative.com/>

### 2.2.2 Peso

En cuanto al peso, la clasificación se rige por el peso máximo al despegue (MTOW). Esta característica estaría directamente relacionada con otra posible clasificación, el peso de la carga de pago: mayor cuanto mayor es el MTOW. Por otro lado, la separación de los RPA por peso responde a razones legales ya que, en la normativa actual, cada grupo es tratado de una forma. Con ello, en este punto solo se establece dicha clasificación con el objeto de mostrar que el gran abanico de RPA existente. Desde el típico pequeño multirrotores hasta aviones que bien serían capaces de alojar pasajeros en su interior. A modo de ejemplo se expone la tabla 1 con RPAS de diferente MTOW.

Tabla 1. Modelos con su respectivo MTOW ordenados de mayor a menor

Modelo RPAS	X-47B	RQ Global Hawk	Predator C avenger	Boeing X-48	Unmaned Little Bird	HADA Inta	Parrot disco
MTOW (kg)	20405	14628	8255	227	1610	50	0,8

Otro criterio bien podría ser el tipo de propulsión, ya que se pueden encontrar RPA tanto con motores eléctricos como alternativos o a reacción.

## 3. Concepto de mantenimiento

### 3.1 Definición y orígenes

Puesto que se va a tratar la normativa enfocada al mantenimiento en las RPAS, es necesario establecer las bases de dicho concepto.

Según la real academia española, el mantenimiento es: “Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente”.

Es decir, el trabajo hecho con la finalidad de preservar las condiciones (de buen funcionamiento, sino no tendría sentido) de un artículo y prolongar así su vida útil asegurando a lo largo de toda esta, dichas condiciones. Esta perspectiva es aplicable a todo el mundo de la ingeniería y no solo al aeronáutico.

Sus orígenes vienen con la aparición de la industria. En un primer momento, la simplicidad de la maquinaria utilizada permitía que la presencia de mantenimiento fuera casi nula. Sin embargo, con la evolución de la tecnología y sustitución de gran parte de la mano de obra por esta, la necesidad de controlar y mantener la calidad de la instrumentación hacía del mantenimiento una figura de gran importancia en el mundo industrial.

Justamente fue la ingeniería aeronáutica la gran innovadora en este aspecto. Debido a la gran tasa de accidentes de la aviación comercial en las décadas 40 y 50, a mediados de los 60 la autoridad de aviación civil de los EEUU (FAA) decidió emprender un estudio con la finalidad de reducir tanto costes como accidentes. Este fue el principio de un camino hacia la meticulosidad por la que se caracteriza el mantenimiento en aeronaves. En 1968 la ATA publicó procedimientos para desarrollar el primer programa de mantenimiento, dedicado para el Boeing 747. Con estas nuevas metodologías se mejoraron ciertos parámetros, pero no fue hasta el 1978 cuando se implantaron las bases del mantenimiento moderno, el mantenimiento centrado en la fiabilidad o confiabilidad (RCM). Este, desarrollado por los ingenieros F.S. Nowlan y H.F. Heap, presentaba un nuevo enfoque para la implementación del mantenimiento.

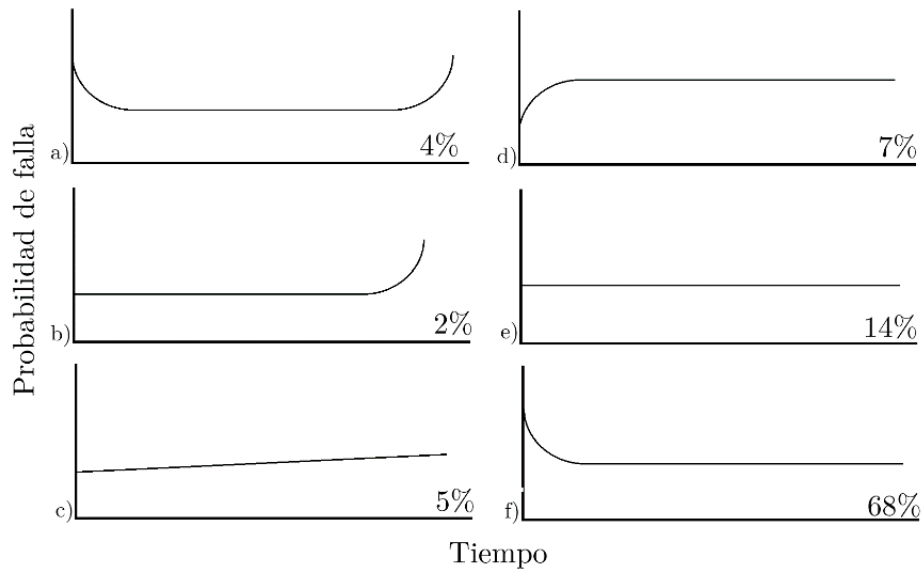


Figura 7. Patrones de fiabilidad con la edad. Eje vertical: Probabilidad de fallo. Eje horizontal: tiempo desde overhaul o reparación. Se representa también el porcentaje de componentes que presentan cada modo característico de fallo dentro del total de elementos estudiados (Estudio de United Airlines). Modos de fallo: a) Curva de la bañera, b) Fallo por edad, c) Fallo por fatiga, d) Fallo por estrés, e) Fallo aleatorio, f) Mortalidad infantil. Fuente: Nowlan y heap, pag 46

Hasta el momento el mantenimiento se solía basar en cambios mayores (*overhauls*) programados cada ciertas horas de funcionamiento. Se hacían solo cambios y/o reparaciones completas de la aeronave basándose en una sola variable, el tiempo de operación. Está claro que para los componentes que presenten un comportamiento como el de las curvas a) y b) de la figura 6, un cambio o reparación en el momento antes del aumento de fallos sería lo óptimo. Estos, cuando están llegando al final de su vida útil, además, presentan desgaste indicativo de fallo por edad. Con ello, el concepto de *overhaul* después de un determinado tiempo es lo correcto. Por otro lado, las otras curvas, que representan el 89% de los componentes no responden a la misma necesidad. En este caso la probabilidad de que falle dicho componente no presenta una dependencia con el tiempo. Es más, a lo largo de los años se mantiene constante, fallando de manera aleatoria, posiblemente sin presentar desgaste alguno.

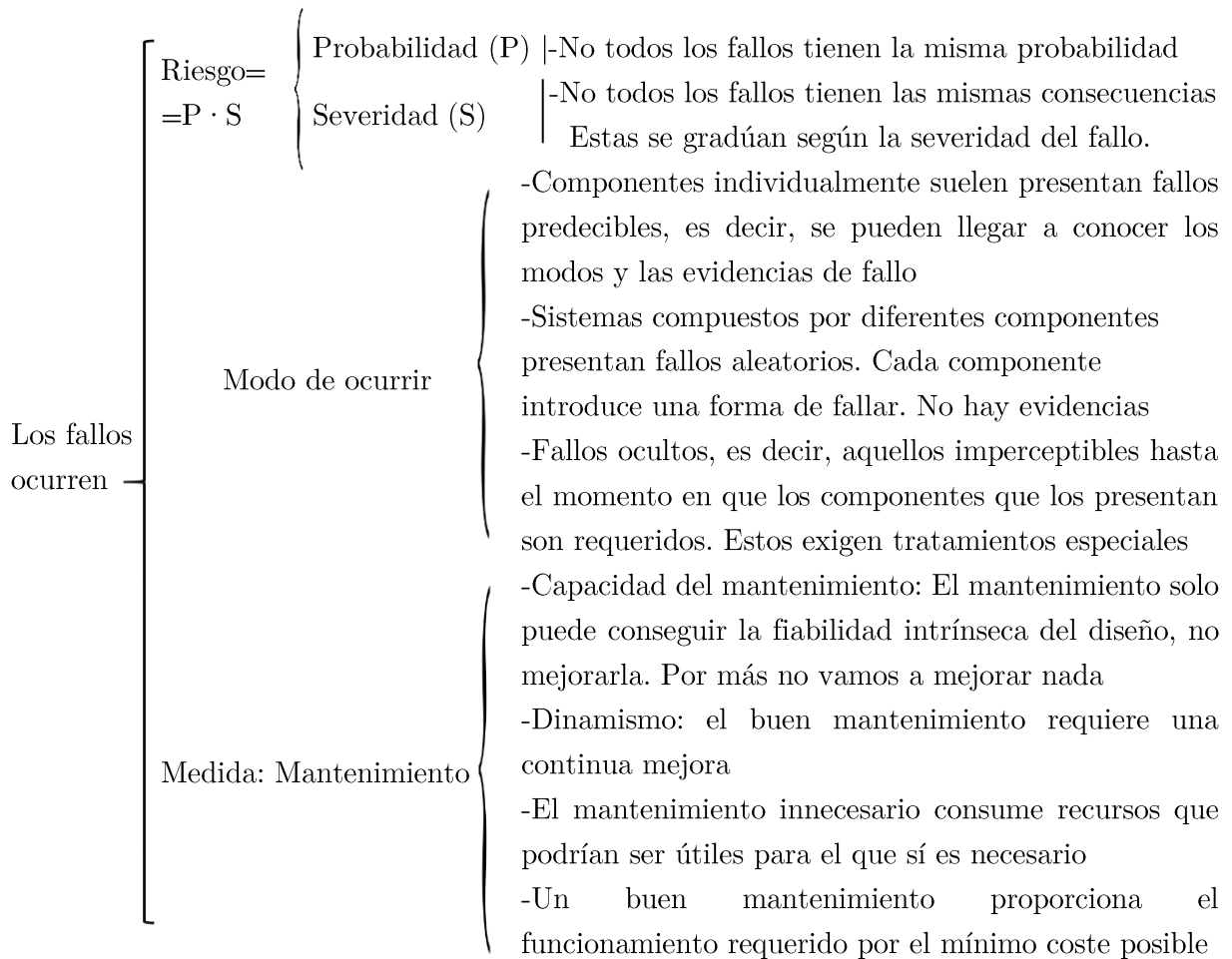


Figura 8. Ideas principales mantenimiento. Fuente: elaboración propia a partir de *Reliability-centered maintenance (RCM) handbook* (p. 2.1-2.13))

Con ello, la idea básica de cambio o reparación cada una determinada etapa de tiempo en activo no es válida. No solo eso, sino que se puede empeorar la fiabilidad de un conjunto introduciendo componentes con mortalidad infantil que de otra manera podrían mantenerse estables (Nowlan y Heap, 1978, p.48).

Gracias a la introducción de todas las ideas que conlleva trabajar considerando la fiabilidad, se han llegado a implantar sistemas de mantenimiento que han contribuido tanto a mejorar tanto los estándares de seguridad como de rendimiento económico.

Las principales ideas que se deben tener en cuenta para establecer las bases de un buen mantenimiento se encuentran resumidas en la figura 7.

## 3.2 Aeronavegabilidad

Puesto que ya ha quedado introducida la idea básica del concepto de mantenimiento, no solo aplicado a la aviación sino a la industria en general, y no solo para mejorar la seguridad sino también con fines económicos, ahora introduciremos otro término relacionado con el mantenimiento aeronáutico, la aeronavegabilidad.

Aeronavegabilidad es la capacidad de un elemento de ser aeronavegable, cuya definición relacionada con el diseño es: “El estado de una aeronave, motor, hélice o parte cuando se ajuste a su diseño aprobado y está en condiciones de operar con seguridad” (OACI, 2001, definiciones). Aeronavegabilidad sin mencionar el término diseño explícitamente, incluyendo no solo la operación en el aire, sino en tierra y puntualizando en seguridad, también puede definirse como:

La capacidad de una aeronave u otro equipo o sistema aerotransportado de ser operado en vuelo y en tierra sin peligro significativo para la tripulación de vuelo, la tripulación de tierra, los pasajeros o terceros; es un atributo técnico del material a lo largo de su ciclo de vida. (UK MOD, 2014, p. 1 MAA 02 Glossary)

Es importante remarcar que la definición de “diseño aprobado”, que se refiere al diseño tipo, está igualmente ligada al término aeronavegabilidad. El fabricante de una aeronave o de un sistema o componente aeronáutico, para introducir cualquiera de sus productos en el mercado, debe asegurar que estos se adecuan a un diseño aprobado. Este diseño aprobado o tipo es aquel que cumple los requisitos que: a) son impuestos por la autoridad de aviación correspondiente y b) aseguran que dicho diseño reúne las capacidades para ser aeronavegable. Para la autoridad competente emite un certificado tipo, donde se declara que el producto certificado se ciñe a los requerimientos de aeronavegabilidad.

Por otro lado, el término “mantenimiento aeronáutico” también está íntegramente relacionado en la aeronavegabilidad. Siendo estas las acciones llevadas a cabo para que una aeronave o sistema/componente aeronáutico siga funcionando correctamente, ello significa que continúe cumpliendo con las condiciones que lo dotan de ser aeronavegable. Es decir, es la “realización de las tareas requeridas para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de una aeronave, incluyendo, por separado o en combinación, la

revisión general, inspección, sustitución, rectificación de defectos y la realización de una modificación o reparación” (OACI, 2015, p. xvii glosario).

Así pues, en este punto se puede ya dividir la aeronavegabilidad en dos conceptos: aeronavegabilidad inicial y aeronavegabilidad continuada. La inicial es la referida a la aeronavegabilidad en el diseño aprobado y la continuada es la referida al mantenimiento de dicha condición de aeronavegabilidad en el tiempo. Con ello, existen dos tipos de documentos que certifican que se cumple cada condición: El certificado tipo, emitido cuando el diseño cumple los requisitos de aeronavegabilidad y el certificado de aeronavegabilidad, que constata que la aeronave presenta los atributos especificados en su diseño tipo y que, por tanto, reúne los requerimientos de aeronavegabilidad. Este último se debe renovar cada un cierto periodo de tiempo establecido por la autoridad competente con la finalidad de asegurar que las condiciones de aeronavegabilidad siguen vigentes en la aeronave correspondiente. Dicha renovación solo es aceptada si la aeronave conserva su estado de ser aeronavegable, lo cual solo es posible con un mantenimiento adecuado. Es decir, el mantenimiento de aeronaves, que incluye a las RPA, es aquel que se encarga de la aeronavegabilidad continuada, y por tanto, de preservar las condiciones de una aeronave dentro de los límites que aseguran su vuelo seguro.

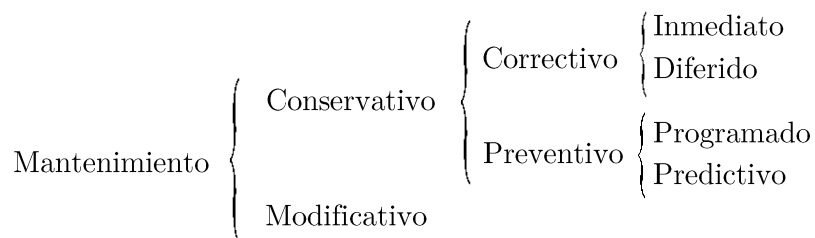
### **3.3 Tipos de mantenimiento**

El mantenimiento en aeronaves se puede dividir de varias formas. En primer lugar, se puede diferenciar entre mantenimiento conservativo o modificativo (también llamado restaurativo). Mientras que el conservativo trata las reparaciones y los cambios de elementos por otros similares, el modificativo se basa en la actualización de los componentes que por determinadas razones (obsolescencia, fallos recurrentes, nuevos objetivos, ...) necesitan ser cambiados para dejar paso a nuevas mejoras. Por otro lado, el conservativo se puede diferenciar en correctivo y preventivo. Como indica la palabra, el correctivo es el mantenimiento destinado a corregir cualquier avería que haya aparecido, mientras que el preventivo se anticipa a los fallos, es decir, tiene la finalidad de conservar la aeronave, equipos y componentes asociados en las mejores condiciones posibles para así evitar un fallo inesperado. En este sentido, el objetivo del



mantenimiento predictivo es el de minimizar el correctivo. Ambos también se pueden matizar en distintas ramas.

Las acciones correctoras se efectúan en el momento en el que el fallo es descubierto o bien, se posponen incluyéndolas dentro de la programación del mantenimiento preventivo. En cuanto a este, se distinguen dos formas de proceder. Por un lado, el mantenimiento preventivo programado, el cual basa la ejecución de sus acciones según intervalos programados óptimamente, es decir, para asegurar un cierto nivel de fiabilidad teniendo en cuenta los costes. La variable duración del intervalo puede ser tiempo, horas de operación, ciclos LTO (despegue y aterrizaje), ... Por otro lado, el mantenimiento preventivo predictivo, el cual se basa en realizar las tareas de mantenimiento según el estado de la aeronave, equipos y componentes asociados. Este monitoriza las condiciones en las que se encuentran los diferentes elementos a los que se le aplica este tipo de mantenimiento. Cuando dichos elementos presentan indicios de deterioro, considerado como predecesor del fallo, es aplicada la acción de mantenimiento. Cabe remarcar que una figura importante ligada al mantenimiento de aeronaves (especialmente en el ámbito comercial y también en el militar) es la del control de calidad, sección encargada de asegurar que todo el sistema de mantenimiento y lo relacionado con el mismo, cumple con lo que se le requería, descubriendo fallos y posibles mejoras del mismo. Para entender mejor el esquema correspondiente a los diferentes tipos de mantenimiento se presenta la figura 8.



*Figura 9.* Clasificación diferentes tipos de mantenimiento. *Fuente:*  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>

Todas las diferentes formas de mantenimiento programables (el correctivo en sí no lo es, aunque al diferir una tarea correctiva se está programando) se deben planificar para obtener la mejor

relación fiabilidad/coste posible. Se tienen en cuenta muchas variables como la duración de las tareas de mantenimiento, feed-back (reportes de otras entidades de mantenimiento, del fabricante, ...), coste de por perdida de oportunidad (mientras no está operativa una aeronave o componente, no se aprovecha su potencial), recursos necesarios y disponibles, cómo estos recursos van a ser transportados (aprovisionamiento de materias primas, ...), disponibilidad talleres (cuándo y dónde se efectuará el mantenimiento), ... Todo ello para poder optimizar la disponibilidad de la aeronave, el coste total y la seguridad.

Por otro lado, la planificación será menor cuanto menor sean los requerimientos de la aeronave. Es decir, un menor riesgo en la operación (relacionado con menores exigencias legales) no conlleva la necesidad de mantener unas condiciones óptimas de la aeronave. Como ejemplo, el mantenimiento que puede requerir un RPA destinado al ocio, como es el *Syma X5C* con un peso menor de 0,8 kg, es en gran cuantía menor que el que requieren RPA similares al *Predator* de General Atomics. En el primero, aunque no es recomendable, se podría llegar simplemente a realizar entretenimiento, cuya única función recae en realizar un mantenimiento correctivo, es decir, hasta que el elemento no falla y deja de ser funcional, no se procede a su reparación.

### **3.4 Programa de mantenimiento**

Dentro de la documentación que conlleva la planificación y realización del mantenimiento programado (no entretenimiento), el programa de mantenimiento (AMP) es el documento maestro donde se plasma lo que se ha planificado para conservar la aeronavegabilidad de una aeronave. Este comprende tanto las tareas de mantenimiento específicas a realizar como la periodicidad en que se van a llevar a cabo. También integra otros documentos anexos de los que se destaca:

- El programa de fiabilidad, que estipula los procesos para garantizar la efectividad de las tareas realizadas, así como el adecuado establecimiento de la frecuencia en que estas se realizan
- Limitaciones de aeronavegabilidad (AWL), que indican los límites de vida de los diferentes elementos de los que se compone la aeronave

- Los requisitos de mantenimiento de certificación (CMR), que son tareas de carácter obligatorio, cuya necesidad de ejecución se identifica durante la certificación del diseño.

La elaboración de este recae en el explotador de la aeronave a la que se le aplica el mantenimiento por lo que de la filosofía de mantenimiento que emplee se verá reflejada en el programa. Aun así, en el caso de las aeronaves que necesiten por ley la posesión de un programa de mantenimiento, se tendrá en cuenta que las practica de mantenimiento especificadas superan los requisitos mínimos de mantenimiento de la aeronavegabilidad establecidos en el informe de la junta de revisión de mantenimiento (MRBR), cuya elaboración es corresponde a la autoridad competente (FAA y EASA). De ese modo, es una de las conexiones entre los procesos de mantenimiento que se realizarán y la autoridad de aviación competente en tanto que dicho programa debe ser aprobado por la misma.

De igual forma que se ha apuntado antes, si la necesidad de mantenimiento de la aeronave es menor (por ejemplo, debido a su menor riesgo en la operación) este programa será más reducido o en algún caso prescindible. Desde la gran complejidad de los programas utilizados por compañías de aviación comercial que debe asegurar la aeronavegabilidad de sus aeronaves, hasta el sencillo programa de un aficionado a los RPA cuyo deseo es no poseer una batería en las mejores condiciones el mayor tiempo posible. Para esto último, existen plataformas online, a la vez que softwares, que actúan de programa de mantenimiento ayudando al usuario a planificar de forma sencilla ciertas tareas según los datos que se le introduzcan (modelo, horas operando, ...).

### **3.4.1 Organizaciones de mantenimiento**

En la confección del mantenimiento aeronáutico participan dos entes diferenciados y con competencias diferenciadas. Dichas competencias abarcan:

a) La gestión del mantenimiento, referida a la planificación y organización de todos los procesos implicados en el mantenimiento: control de calidad, comunicaciones con autoridades competentes, programación de tareas, garantías de seguimiento de normativa, ...

b) La realización del mantenimiento, referido a todo el trabajo realizado directamente a la aeronave, es decir, aquello que se realiza en el taller: reparaciones, modificaciones, inspecciones, ...

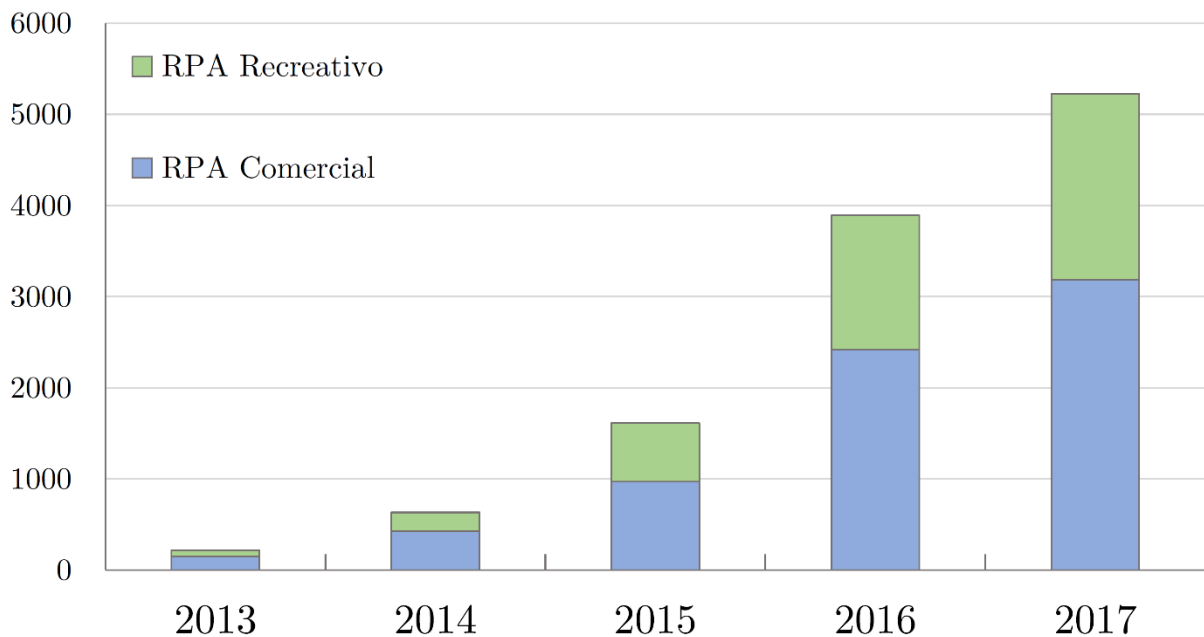
Aunque más adelante se especificarán las responsabilidades referentes a la planificación y ejecución del mantenimiento, existen dos tipos de organismos reconocidos oficialmente para ocuparse del mantenimiento aeronáutico: organizaciones de gestión del mantenimiento y organizaciones de mantenimiento. Estas fueron introducidas por las EASA y ambas en ciertos casos, son las únicas organizaciones habilitadas para llevar a cabo el mantenimiento. Por organización de gestión de mantenimiento (CAMO, por sus siglas en inglés) se entiende aquella organización que cumple con los requisitos establecidos en la sección A, subparte G de la Parte M del Reglamento (UE) N°1321/2014 de la Comisión. De igual modo, una organización de mantenimiento declarada como tal, cumplirá los requisitos especificados en los apartados de ese mismo reglamento para tal efecto (se especificarán en el capítulo 6).

## 4. Operaciones actuales y futuras

En los inicios el uso de las RPA estaba limitado al ámbito militar, desde dispositivos destinados a ofensivas directas (bombas volantes) hasta los utilizados para misiones de carácter estratégico (reconocimiento del terreno, espionaje, ...). Sin embargo, sus capacidades han llegado a impactar estos últimos años en el mundo civil. Y es que marcan la diferencia: Los de ala rotatoria son similares en capacidades a los helicópteros, con las ventajas que supone su menor tamaño y los de ala fija presentan la misma particularidad, destacando además su gran autonomía. Ambos tipos eliminan el peligro para con el piloto y presentan un coste mucho menor que las aeronaves convencionales con piloto a bordo. Por otro lado, los avances tecnológicos que en este ámbito pueden producirse incentivan cada vez más su uso.

El crecimiento en los últimos años es un hecho. Militarmente, aunque también ha habido un incremento importante debido a la madurez de ciertas misiones con RPA, no es tan remarcable como el crecimiento del uso de estas aeronaves en el ámbito industrial y comercial, ya que militarmente ya había décadas de experiencia mientras que en el ámbito civil era una tecnología relativamente nueva. Cabe decir que el uso recreativo está más popularizado. Hay un gran abanico de RPA de muy bajo coste y tamaño y con componentes sencillos, al igual que su pilotaje, destinados a la fotografía/video amateur o simplemente al ocio. Sin embargo, aunque el número de usuarios amateurs sea superior que en el ámbito profesional (comercial), los ingresos por venta son menores (figura 9), ya que los RPA comerciales son de mayor calidad (y tamaño normalmente), por lo que su precio será mayor. Aún más significativo sería con los militares, cuyos principales modelos son de tal sofisticación y envergadura como el Global Hawk de Northrop Grumman, con especificaciones similares a las de un avión tripulado.

Tan solo con el sector civil, desde unos ingresos mundiales por ventas de estas aeronaves de 216 millones de euros en 2013 a los 5200 millones en 2017 (figura 9), lo cual verifica la necesidad de reflexión sobre estas aeronaves, sus objetivos, obligaciones, derechos, ...



*Figura 10.* Ingresos mundiales por venta de RPA según segmentos en el ámbito civil (en millones de €).  
*Fuente:* Elaboración propia a partir de: Gartner, 2017, BI intelligence, 2016, Goldman Sachs Global Investment Research, 2014 y Teal Group Corporation, 2017.

En cuanto al crecimiento en el ámbito militar, este también es notable, aunque el liderazgo del sector de las RPA por su parte de apaciguará a lo largo de los años. En 2017, los ingresos mundiales por venta de RPA militares ascendía a los 8500 millones (Teal Group, 2017), 3000 millones más que en el sector civil mientras que, en 2020, según estudios de pronósticos, la diferencia pasara a ser de 1700 millones, con unos ingresos de 11200 euros en el sector militar y 9500 en el civil (Teal Group, 2017).

## 4.1 Ámbitos de uso

### 4.1.1 Militares

Tanto usados como señuelos voladores, armas para el combate, investigación y desarrollo o vigilancia, estas aeronaves han llegado a ser uno de los recursos más importantes del sector militar. La principal razón es las ventajas que presentan respecto a los aviones tripulados:

- Precio menor que el de las aeronaves tripuladas
- Menor tamaño (en algunos modelos). Habilita las misiones de difícil acceso, mejora la ocultación, etc.
- Sin riesgo para el piloto

- Tiempo de operación extendido: pueden surcar el cielo las 24 h del día, los siete días de la semana. Autonomía aproximada de unas 20 h por RPA = la vigilancia puede ser continuada.

Son una nueva arma para hacer frente a los conflictos bélicos que se ve patente en casi todo el mundo, especialmente en los estados unidos. En Europa países como el Reino Unido y Alemania ya están sustituyendo algunas de sus pelotones de aviones tripulados por RPA. En España se han desarrollado armas justo para lo contrario, para abatir los posibles ataques con RPA torpedo del ISIS. En estados unidos, el número de aeronaves no tripuladas de que disponen asciende a más de 10000, modelos para misiones específicas, desde pequeños RQ-11 Ravens de vigilancia hasta RPA de gran tamaño y alcance como MQ-9 Reapers o RQ-4 Global Hawks. Los usos van desde vigilancia has ataques y se pueden resumir en la figura 10:

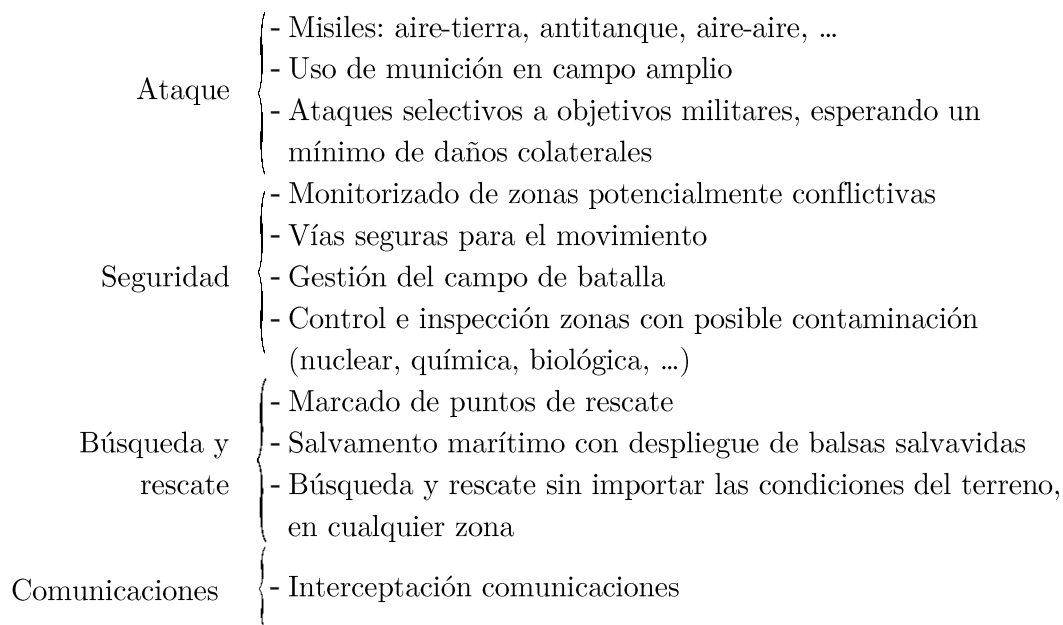


Figura 11. Principales Aplicaciones militares de los RPAS. Fuente: Adaptado de BI Intelligence,

#### 4.1.2 Civiles

Las posibilidades en este sector son muy elevadas. El mundo recreativo lleva más tiempo establecido que el comercial, pero es de este último del que interesa reflexionar. Su crecimiento, para algunos inesperadamente, ha ido por delante de las normas y regulaciones. Las autoridades competentes en materia aeronáutica han reaccionado a las demandas especialmente en la última década y ya han establecido ciertos

procedimientos que ayudan a asentar el uso comercial de los drones, autorizando bajo ciertos requisitos, el uso de los RPAS para un gran número de empresas. El crecimiento del número de empresas autorizadas para operar RPAS ha dado grandes saltos en los últimos años (figura 11), sin embargo, aún hay un largo camino ya que las tecnologías crecientes de los RPA los llevan a poseer capacidades extraordinarias. Ello no significa que el hobby de tener un RPA de pequeño tamaño para uso personal no conlleve legislación, pues también presentan riesgos y suponen un sector del mercado de los RPA importante, pero las innovaciones tienen enfoques más comerciales.

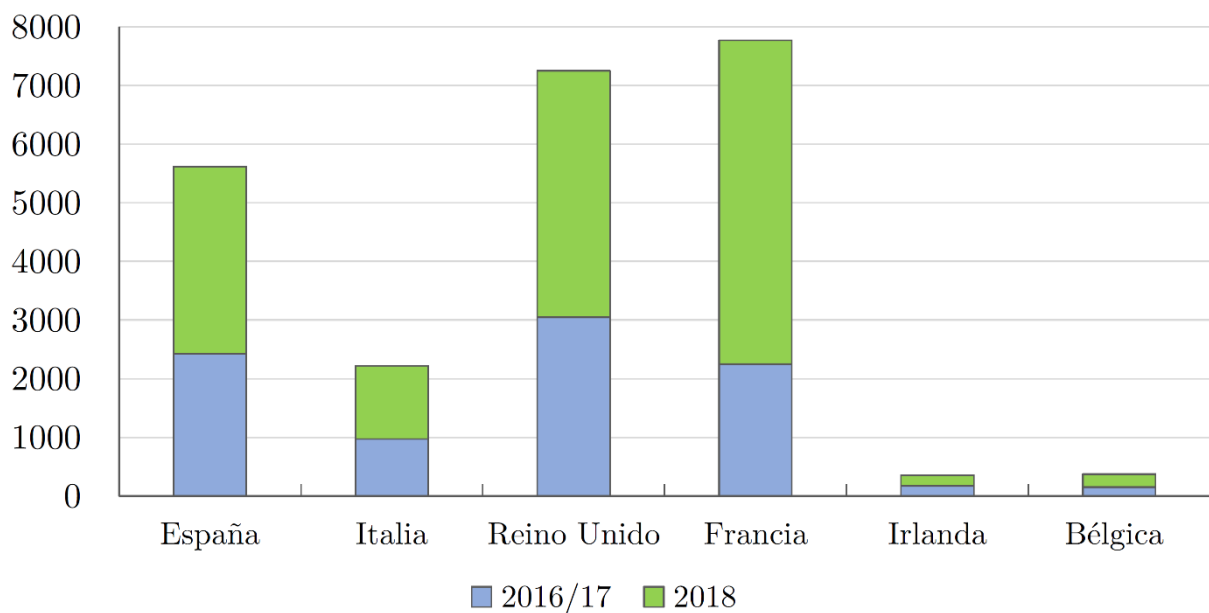


Figura 12. Número de operadores en Europa autorizados por las autoridades correspondientes. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de las autoridades de aviación civil de los diferentes países.

Las nuevas oportunidades de negocio que las empresas pueden alcanzar engloban diversidad de ámbitos de comercio (figura 12). Estudios realizados por la consultoría PwC (Price Waterhouse Coopers) de la mano de DPS (Drone Powered Solutions) indicaron que el valor de los recursos de diversos comercios susceptibles a ser sustituidos por el empleo de RPA en los EEUU, los pioneros en este ámbito, podría ascender a 127 billones de dólares. Además, proporcionaron una idea de la inversión individual de los comercios más influyentes (figura 12).



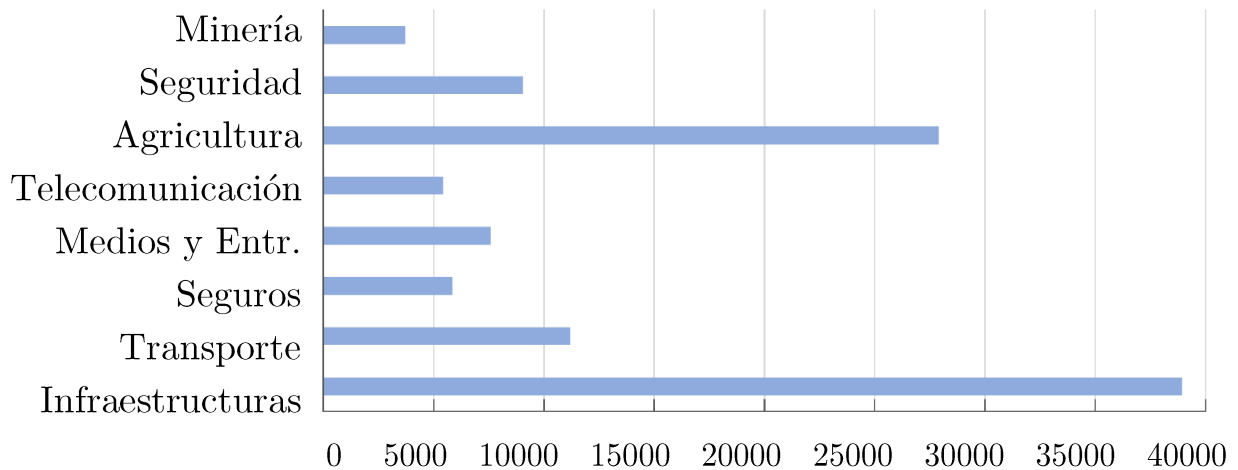


Figura 13. Valor de los recursos (mano de obra y servicios en millones de euros en el eje x) que son potencialmente sustituibles por RPA en un futuro próximo. Fuente: Informe PwC, 2016

En la figura 13 se encuentra con mayor detalle las principales aplicaciones civiles especificadas en la figura 12.

Infraestructuras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitorizado de la evolución del proceso de construcción</li> <li>- Mantenimiento estructural (figura 14)</li> <li>- Control de inventario de activos</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrega de paquetes</li> <li>- Provisión de repuestos</li> <li>- Logística médica: Desde transporte de medicamentos hasta Drones Desfibriladores (figura 15)</li> </ul>
Seguros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitorizado de zonas potencialmente peligrosas</li> <li>- Evaluación de riesgos</li> <li>- Prevención de fraude</li> <li>- Evaluación de daños</li> </ul>
Medios y entretenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toma de videos y fotografías aéreas</li> <li>- Protagonizando o en un segundo plano en espectáculos (Efectos especiales como conciertos, Metallica)</li> <li>- Publicidad</li> </ul>
Telecomunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento estructuras de telecomunicación</li> <li>- Análisis radioeléctricos</li> </ul>
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salud de la cosecha (fumigación)</li> <li>- Análisis del suelo y plantación</li> <li>- Supervisión de cosechas</li> </ul>
Minería	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificación y exploración</li> <li>- Control del entorno (consecuencias hacia el medio ambiente)</li> <li>- Monitorizado evolución del trabajo</li> </ul>

Figura 14. Principales aplicaciones de los RPAS en el sector comercial. Fuente: Elaboración propia a partir de <https://www.pwc.pl/pl/pdf/clarity-from-above-pwc.pdf>



Figura 15. Comparación riesgo mantenimiento con drones y humano. Fuente: ajustado de <http://www.offshoreinspections.co.uk/what-are-the-difficulties-of-wind-turbine-maintenance-and-inspections-b45>



Figura 16. RPA logística médica, desfibrilador. Fuente: <https://www.fayerwayer.com/2014/11/fabrican-un-dron-ambulancia-para-ayudar-en-situaciones-de-emergencia/>

Vistas las aplicaciones que actualmente se desempeñan con RPAS se puede deducir la importancia del mantenimiento. Muchas de estas operaciones se desempeñan con el objeto de garantizar la seguridad de otros elementos (estructuras de puentes, aseguradoras, ...).

En este sentido el mantenimiento es clave, pues hay una retroalimentación (figura 16): garantizar de buen funcionamiento del RPAS equivale asegurar el buen desempeño de sus tareas y por tanto de los productos que con el mismo se están controlando, y un mantenimiento adecuado aumenta la fiabilidad del RPAS. Por último, un correcto mantenimiento se obtiene con una adecuada reglamentación.

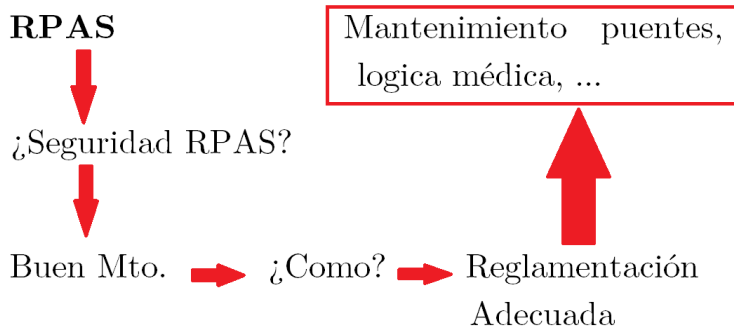


Figura 17. Retroalimentación Mantenimiento/Reglamentación/Seguridad en las tareas

## a. Aplicaciones futuras

Dentro del contexto actual, la visión de futuro abarca nuevos retos para el mundo de la aviación no tripulada. Como ya se ha comentado, el crecimiento hasta la fecha es real, pero aún se debe mirar más arriba. Esto incluye normativa más adaptada a las necesidades futuras, permitiendo nuevas operaciones, lo cual va adherido a la mejora de la tecnología destinada a la seguridad, destacando los sistemas de detectar y evitar, claves para la integración segura de las RPA en el cielo ocupado ya por las aeronaves tripuladas y en lugares donde se necesita minimizar los riesgos. Proyectos más remarcables que necesitan dicha integración son:

- **Amazon:** Propone una ambiciosa nueva forma de servicio de paquetería con RPA, Amazon Air Prime, reinventando la forma de envío rápida. Dicha entrega sería más que rápida (menos de 30') desde el almacén más cercano. Para ello propone una organización del espacio aéreo dividida en 5 partes. Tres de ellas para operar con los RPA (dos según velocidad y otra como espacio autorizado para RPA) y la restante para la aviación tripulada (figura 17).



Figura 18. Proposición organización espacio aéreo Amazon. Fuente: Propia a partir de [www.amazon.com/primeair](http://www.amazon.com/primeair)

- **Aquila:** Proyecto de Facebook basado en crear una gran red de RPA que puedan transmitir señales de internet, proporcionando así el acceso al mismo en todos los lugares del mundo. El diseño de las RPA ya está muy avanzado. Estas aeronaves (figura 18) poseen una envergadura equivalente al de un Boeing 737, un peso de 400 kg y están alimentados por energía solar que les proporciona de 3 a 6 meses de autonomía volando a una altitud muy superior a la de los aviones comerciales.



*Figura 19.* RPA Aquila surcando el cielo en uno de sus vuelos de prueba. *Fuente:* <https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/drones>

- **U-Space:** Proyecto oficial en Europa considerado como una sección del programa SESAR (Single European Sky ATM Research), comandado por SESAR JU (SESAR Joint Undertaking), que fundaron por la Comisión Europea y Eurocontrol, con el objetivo de mejorar la organización y gestión del espacio aéreo de la UE. El U-Space sería la parte destinada a la integración de los RPAS en el cielo no segregado (no destinado solo a RPA), es decir, la integración con el tráfico aéreo tripulado. Por el momento se reflexiona sobre la operación de los RPA por debajo de los 150m (500 ft). Este pretende ser un gran impulsor de las nuevas inquietudes comerciales con estos dispositivos.

## **b. Tipos de Operaciones**

Estrictamente hablando, las operaciones con RPAS se pueden subdividir según altitud, gestión del vuelo y contacto entre el piloto y la aeronave. Se plantearon varios modelos de organización, pero el más aceptado es el que propuso recientemente Eurocontrol (tabla 2) emitiendo un concepto de operaciones (CONOPS), acorde con otro CONOPS que emitió EASA y el plan global de navegación aérea (GANP) de la OACI en 2013. Aun así, cada país dispone de su propia normativa y algunas de las operaciones que en

la tabla 2 se exponen son modificadas. Además, no todas están implantadas, sino que son proyecciones de futuro

Tabla 2. Categorización de las operaciones con RPAS.

<i>Tipo operación</i>	<i>Altura (AGL)</i>	<i>Reglas de vuelo ATM</i>	<i>Contacto Visual con la RPA</i>	<i>Enlace remoto C2</i>
<i>VLL (A muy baja altura)</i>	<150 m	/	B-VLOS	RLOS
			E-VLOS	RLOS
			VLOS	RLOS
				Cautivo
<i>En espacio segregado (Aeropuertos inc.)*</i>	>150 m	VFR	E-VLOS	RLOS
			B-VLOS	BRLOS
	<FL600	IFR		B-VLOS
			BRLOS	
	/	/	VLOS	Cautivo
			B-VLOS	BRLOS
<i>VHL (A gran altura)*</i>	>FL600	IFR	B-VLOS	BRLOS

Nota: Elaboración propia a partir de datos de EUROCONTROL, 2017. \* No reglamentadas actualmente

Se distinguen 3 alturas: en alturas bajas VLL, donde actualmente se está operando; En espacio no segregado, por encima de los 150 m, atendiendo a las mismas reglas de vuelo visual (VFR) e instrumentales (IFR) que la aviación tripulada; a gran altura VHL, que se necesitaría control de tráfico especialmente en la transición hasta llegas al nivel de vuelo FL600 (aproximadamente 60000 ft, o 18000m) y estaría ocupado por RPAS como el Aquila, con necesidad de trabajar a altas alturas debido a su misión (proveer de señal

de internet). Respecto al contacto visual entre el piloto remoto y la aeronave existen varias posibilidades:

- Visibilidad directa visual (VLOS), donde el piloto mantiene contacto visual con la aeronave, limitada a una distancia horizontal de 500m (figura 19).
- Visibilidad directa visual extendida (E-VLOS), donde el contacto visual con la aeronave se amplía gracias a la ayuda de uno o más observadores (figura 19).
- Más allá de visibilidad directa visual (BVLOS), donde no hay contacto visual con la aeronave, ni el piloto ni observadores

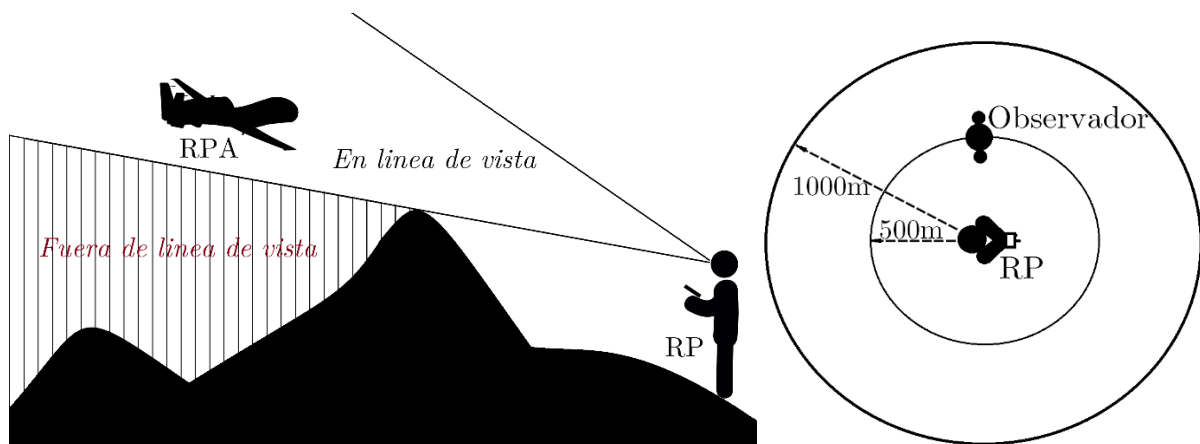


Figura 20. De izquierda a derecha: VLOS y E-VLOS. Fuente: Manual Oaci, 2013

Por otro lado, según el enlace de radio entre la estación de control y la RPA se distinguen: operaciones en línea de vista de radio (RLOS), donde entre el receptor (RPA) y el transmisor (sistema radio terrestre) hay suficiente cobertura (figura 20); operaciones más allá de vista de radio (BRLOS), donde la RPA y la estación de control no están en RLOS, y son necesarios dispositivos adicionales como satélites u otros transmisores terrestres (figura 20). Además, también existe la posibilidad de que la aeronave esté conectada a la estación de control remota por medio de un cable (cautiva).

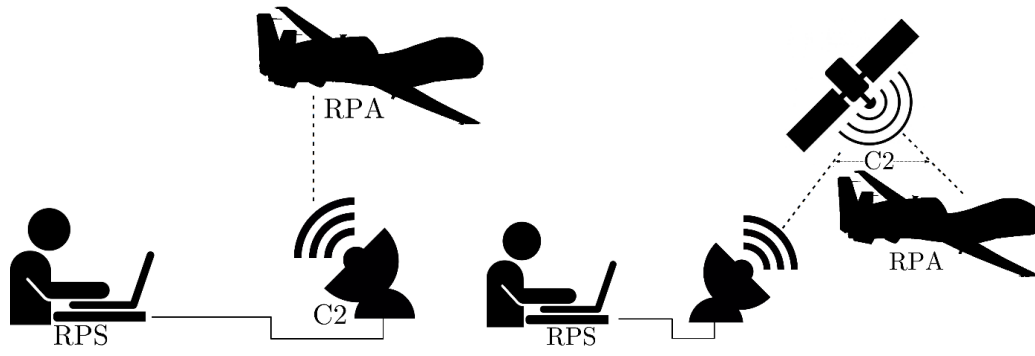


Figura 21. De izquierda a derecha: RLOS y BRLOS. Fuente: Manual Oaci, 2013

## 5. Marco jurídico

La normativa que envuelve el uso de RPAS aún es joven ya que no fue hasta principios de esta última década que aparecieron los primeros documentos de carácter regulatorio solo destinados a estas aeronaves. Esta relativa inmadurez conlleva por un lado, que aún queden aspectos sin regular y por otro, falta de homogeneización en tanto que cada estado regula su propia normativa, lo que desemboca en diferencias entre los mismos. Con ello, la mejor forma de abarcar el marco normativo es seccionándolo en niveles de aplicación: internacional, europeo y nacional (centrado en España).

### 5.1 Marco jurídico internacional

Internacionalmente el principal organismo a considerar para la regulación de la normativa de aviación civil es la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Este, en el convenio sobre Aviación Civil Internacional (Chicago, 1944) ya hizo mención a las aeronaves no tripuladas en el artículo 8 (aeronaves sin piloto), donde remarca la soberanía de cada estado sobre las aeronaves no tripuladas que se encuentren en su espacio aéreo y que: “Cada Estado contratante se compromete a asegurar que los vuelos de tales aeronaves sin piloto en las regiones abiertas a la navegación de las aeronaves civiles sean controlados de forma que se evite todo peligro a las aeronaves civiles”. Aquí la homogeneización era lo último que se estaba considerando. No fue hasta 2011 que, ante la evolución de los RPAS, la OACI emitió un documento (Circular 328), de carácter no legislativo, con recomendaciones y reflexiones sobre RPAS que sirvieran de guía en el proceso regulatorio. El objetivo principal de dicha circular era ayudar a crear una normativa más estable que condujera a una estandarización del género para llegar a incluir las RPAS en el espacio no segregado (compartir el espacio aéreo con tráfico tripulado) conservando los máximos niveles uniformes de seguridad operacional. Una de las tareas más importantes de la OACI es la elaboración de normas y métodos recomendados oficiales (SARPS) con la ayuda de otras entidades competentes. A pesar de que la circular 328 solo estaba destinada a la obtención de una visión de conjunto de los RPAS, las primeras recomendaciones en forma de SARPS dedicados a los RPAS



se introdujeron un año después con la modificación de los siguientes documentos (figura 21):

El reglamento del aire, Anexo 8 de la OACI (Enmienda 43, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soberanía del estado con los RPAS que vuelen sobre el mismo</li> <li>- Necesidad de certificado de aeronavegabilidad: Aeronave y componentes conexos</li> <li>- Necesidad de certificado de explotador para el operador de la RPA</li> <li>- Necesidad de licencias para los pilotos</li> <li>- Autorización para operar en otro estado</li> </ul>
Marcas de nacionalidad y de matrícula de las aeronaves (Enmienda 6, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se incluyen las aeronaves no tripulada controladas a distancia dentro de las aeronaves que deben ser matriculadas</li> </ul>

*Figura 22.* Enmiendas OACI destinadas a la inclusión de las RPAS. *Fuente:* Propia, a partir de los documentos en cuestión.

Aunque son estos los documentos en los que se hace mención directa a las RPAS, el objetivo final es la integración de estas aeronaves al espacio aéreo ocupado por la aviación civil tripulado, por lo que son de aplicación todas las reglas referidas a estas últimas.

## 5.2 Marco jurídico europeo

La regulación de la normativa de RPAS en la Unión Europea (UE) recae en el Parlamento que aprueba la legislación propuesta por la Comisión Europea (CE), en la que participan todos los estados de la UE. Ello se ejecuta con el apoyo de la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA), la cual es el organismo especialista en materia de aviación civil y se encarga de velar por el cumplimiento de la norma, así como de proporcionar estándares para la unificación europea. Dentro de los documentos normativos europeos deben seguir todos los miembros de la UE se encuentra el Reglamento (CE) N°216/2008 del parlamento europeo y del consejo de 20 de febrero de 2008 sobre normas comunes en el ámbito de la aviación civil y por el que se crea una Agencia Europea de Seguridad Aérea, y se deroga la Directiva 91/670/CEE del Consejo, el Reglamento (CE) N°1592/2002 y la Directiva 2004/36/CE, que indica que

los RPAS (introducidos en dicho reglamento como aeronaves no tripuladas) se regularán acorde con las normas existentes aplicables a la aviación tripulada, por lo que les será de aplicación la demás normativa, a remarcar:

- El Reglamento (UE) N°1321/2014 de la comisión de 26 de noviembre de 2014 sobre el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves y productos aeronáuticos, componentes y equipos y sobre la aprobación de las organizaciones y personal que participan en dichas tareas

- El Reglamento (UE) N°748/2012 de la comisión de 3 de agosto de 2012 por el que se establecen las disposiciones de aplicación sobre la certificación de aeronavegabilidad y medioambiental de las aeronaves y los productos, componentes y equipos relacionados con ellas, así como sobre la certificación de las organizaciones de diseño y de producción

Además, solo serán reguladas por la EASA aquellas con un peso máximo al despegue (MTOW) mayor de 150 kg, que no realicen operaciones propias del estado (aduanas, policía, salvamento, ...), especializadas (agrícolas, fotografía, científicas, ...) o vuelos experimentales. En caso contrario, quedarán bajo la normativa correspondiente al estado miembro de la UE al que pertenezcan. Ello incita a la creación de un marco jurídico altamente fragmentado, pues la mayoría de las RPAS actuales son menos de 150 kg y cada estado puede tener su propia normativa. Aun así, es cierto que sí hay establecidas ciertas normas de carácter general que muchos de los estados miembros comparten. Por otro lado, para cumplir el objetivo de introducir las RPAS en el espacio no segregado compartido con la aviación tripulada, es necesaria una mayor estandarización. Por ello, EASA está actualmente trabajando en la elaboración de una nueva normativa (publicada mediante el aviso de propuesta NPA 2017-05 (A), Introduction of a regulatory framework for the operation of drones) que ayudará al cumplimiento de esta meta, así como de objetivos futuros como el transporte de pasajeros.

Esta nueva normativa se basa en el cambio de enfoque con referencia a la caracterización de los RPAS. Si bien por el momento el tratamiento normativo de estas aeronaves depende del peso máximo en el despegue, la EASA pretende cambiar esta visión por otra basada en el riesgo de la operación. La consideración del MTOW como

parámetro indicativo de riesgo es adecuado en tanto que mayor peso significa mayor energía cinética de impacto. Aun así, el riesgo no solo depende de la energía de impacto que la aeronave posee, sino que es altamente dependiente del contexto en que se encuentre operando la aeronave. Una RPA con MTOW de 20000 kg operando en un espacio segregado supone un menor riesgo que otra con un MTOW de menos de 100 kg operando encima de una aglomeración de gente. Para este propósito EASA propone la subdivisión de los RPAS en 3 categorías en función del riesgo que suponen (tabla 3)

Tabla 3. Categorías de RPAS propuestas por la EASA.

Categoría abierta	Categoría específica	Categoría certificada
Bajo riesgo	Riesgo incrementado	Alto riesgo
Competencia: Autoridad Estatal	Competencia: Autoridad Estatal	Competencia: Autoridad Estatal y EASA
Espacio no compartido con aviación tripulada	Posibilidad de compartir espacio con aviación tripulada	Posibilidad de compartir espacio con aviación tripulada
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con limitaciones: VLOS, Alturas máximas, lejos de aeropuertos, aglomeraciones de gente</li> <li>- Certificación/autorización no necesaria</li> <li>- Cumplimiento de estándares de seguridad industriales (para el caso de los RPAS de juguete)</li> <li>- Supervisión mayoritariamente por parte de la policía</li> <li>- MTOW &lt; 25 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sujeta a estudios de evaluación de riesgo</li> <li>- Autorización por parte de la autoridad estatal</li> <li>- Requisitos aeronavegabilidad aplicables basados en los estudios de evaluación de riesgo</li> <li>- Con manual de operaciones donde se especificarán</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparable a la aviación tripulada</li> <li>- Línea divisoria entra cat. específica y certificada no definida aún</li> <li>- Certificados (TC, CofA, de ruido, ...) necesarios</li> <li>- Enlace C2 y sistema CAA se aprobados de forma independiente</li> <li>- Piloto con licencia y operador con certificado</li> </ul>

<p>- Tres subcategorías: CAT A0: <i>Juquetes y minidrones &lt;1kg.</i>  CAT A1: <i>RPA muy pequeños &lt;4kg.</i> CAT A2: <i>RPA pequeños &lt;25kg</i></p>	<p>medidas para reducir el riesgo de la operación</p>	<p>de operador remoto (ROC)</p>
---	---	---------------------------------

*Nota: Elaboración propia a partir de A-NPA nº2017-05 de 2017*

### 5.3 Marco jurídico estatal

La regulación de la aviación civil y por tanto de las RPA en el estado español recae en el ministerio de fomento a través de la dirección general de aviación civil, que emite los correspondientes documentos normativos con el soporte de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA). Esta última es la encargada de velar por que se cumpla la norma. Los RPA, desde su crecimiento en la última década, fueron introducidos en la normativa con la Ley 18/2014, de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia, y la modificación de 2014 de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea (LNA). En esta última se define el concepto de aeronave pilotada por control remoto con lo que estas pasan a considerarse tráfico aéreo y, por tanto, quedan sujetas a los requisitos en materia de navegación aérea. Automáticamente las RPA también quedan bajo las normas aplicables a las aeronaves tripuladas por lo que también deben respetar la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea (LSA). Por otro lado, las RPA también están afectadas por normativa no aeronáutica, pues presentan características especiales respecto las demás aeronaves. Estas particularidades que poseen y su gran crecimiento requerían un tratamiento normativo más completo, lo que llevó a que, recientemente, se emitiera el primer documento normativo dedicado exclusivamente a las RPA, el Real Decreto 1036/2017, de 15 de diciembre, por el que se regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto, y se modifican el Real Decreto 552/2014, de 27 de junio, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea y el Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea.. Este establece los requerimientos que la utilización de las RPA conlleva y supone una

ampliación de la ley 18/2014. Para tener una visión de conjunto de toda la normativa aplicable se presenta la tabla 4.

Tabla 4. Diferente normativa aplicable a las RPA. Leyes, reales decretos y ordenes presidenciales.

<b>Normativa aplicable a las RPA</b>	<b>Observaciones y descripciones</b>
Ley 18/2014	Introducción de los escenarios operacionales y requisitos asociados a cada uno (certificados, mantenimiento, autorizaciones, ...)
RD 1036/2017	Ampliación de la ley 18/2014 y modificación del RD 552/2014. Supone un gran paso en el establecimiento de un marco normativo para el desarrollo y crecimiento de las RPA
Ley 48/1960 LNA	Definición de RPA
Ley 21/2003 LSA	Destinada a asegurar que las RPA no interfieren en las demás operaciones aeronáuticas
Ley Orgánica 15/1999*	Sobre protección de datos
Ley Orgánica 1/1982**	Sobre el derecho a la intimidad
Orden Presidencia 14/03/1957***	Sobre la toma de imágenes aéreas
Otra	Normativa medioambiental, sobre el uso del espectro radioeléctrico (enlace C2), ...

\* Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal

\*\* Ley Orgánica 1/1982, de 5 de mayo, de protección civil del derecho al honor, a la intimidad personal y familiar y a la propia imagen

\*\*\* Orden de Presidencia del Gobierno de 14 de marzo de 1957, sobre Fotografía Aérea

Aunque hay mucha regulación implicada, de mayor interés en este trabajo es la normativa exclusiva para RPA. La Ley 18/2014, aunque solo dispone de un artículo, supuso el primer paso en el desarrollo de la normativa de las RPA. Esta fue elaborada con la finalidad de fomentar el crecimiento de ciertas tecnologías (entre ellas las RPA) necesarias para mejorar la competitividad del país, que había recaído en los últimos años. En el artículo 50 de dicha ley, dedicado a los RPAS, se indican los requisitos que

se deben cumplir para operar estas aeronaves: qué operaciones están permitidas y qué responsabilidades conlleva cada operación. Además, se concreta, como ya se ha expuesto en el apartado anterior, qué RPA son jurisdicción del estado miembro y cuales del la UE: menor de 150 kg de MTOW y que realicen operaciones propias del estado (aduanas, policía, salvamento, ...), especializadas (agrícolas, fotografía, científicas, ...) o vuelos experimentales. De especial interés es la subdivisión de pesos por debajo de 150 kg de masa máxima al despegue (MTOW) que se establece a partir de las recomendaciones de organismos internacionales como la OACI. Esta división supone la aparición de diferentes escenarios operacionales que poseen unas determinadas limitaciones de operación, así como ciertos requerimientos en materia de certificación, mantenimiento, ... En general los grandes grupos son: MTOW menor o igual a 2, 25 y 150 kg, pero existen otras distinciones expuestas en la tabla 5 utilizadas en algunas situaciones de certificación y en limitaciones operacionales.

Tabla 5. Separación por peso para el tratamiento de las RPA en España

RPAS con MTOW $\leq$ 150 kg						
MTOW (kg)	$\leq$ 2	$\leq$ 25		$\leq$ 150		Tratamiento en certificación
	$\leq$ 2	$\leq$ 10	$\leq$ 25	$\leq$ 50	$\leq$ 150	Según escenarios operacionales

Por otro lado, cabe remarcar el gran salto que se hizo con la emisión del RD 1036/2017. En este se contemplan nuevos escenarios operacionales (tabla 6), se establecen mejor las bases para los procedimientos de certificación y mantenimiento, y se introduce un marco regulatorio para aquellas aeronaves de más de 150 kg de MTOW que son jurisdicción de AESA. Aun así, el camino por recorrer en cuanto a regulación de RPAS es aún muy largo. Si bien se han establecido las bases, hay procedimientos que deberían de aparecer más detallados. Concretamente, la consideración que se le concede del sistema completo, no solo de la RPA, es escueta. Por ejemplo, respecto al enlace de mando y control (C2) solo aparece un artículo, el 13, dedicado al mismo donde se comenta la necesidad de mantener la seguridad y fiabilidad del mismo y las características del espectro radioeléctrico.

Un adecuado parámetro para medir el estado en que se encuentra la normativa es aquello que esta permite, pues aquello que está permitido conlleva que este cubierto legislativamente. Con esta finalidad se exponen en la tabla 6 los diferentes escenarios operacionales permitidos. Además, se comparan con los que se permitían en el 2014 con la ley 18/2014, por lo que también ofrece una visión de futuro en tanto que muestra la evolución acontecida en los 3 años entre dicha ley y el RD 1036/2017.

Tabla 6. Comparación entre las diferentes operaciones permitidas en 2014 y 2017

<b>Tipo operación</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
B-VLOS	Con MTOW ≤ 2 *	Con MTOW ≤ 2 o mayor si disponen de sistemas DAA **
VLOS	Con MTOW ≤ 25	Cualquier MTOW
E-VLOS		Cualquier MTOW
Nocturnas		Con previa autorización y requeridos ciertos sistemas
En espacio controlado		Con MTOW ≤ 25 o mayor ***
En entornos urbanos y aglomeraciones		Con MTOW ≤ 10 y VLOS
Recreativas	No contempladas	Con ciertas limitaciones: Fuera de aglomeraciones para MTOW > 250g, VLOS, ...
Otras	Las RPAS con certificado de aeronavegabilidad o CofA (mirar siguiente capítulo) podrán realizar cualquier operación que esté dentro de los límites de su CofA.	

\* Con previa notificación a AESA

\*\* Con previa autorización por parte de AESA. Si no disponen de DAA, en espacio temporalmente segregado (TSA).

\*\*\* Mayor si dispone de transpondedor Modo S y en cualquier caso con autorización de AESA.

## 6. El mantenimiento de RPAS y su tratamiento en la legislación aplicable

Si bien el mantenimiento que requieren muchos modelos de RPAS debido a su simplicidad puede ser despreciable (modelos de bajo peso  $\leq 2\text{kg}$ ), esta no es una regla general. Se pueden encontrar modelos con componentes y diseños comparables a la aviación tripulada. Aún con la posibilidad de que la aeronave en sí no presente retos por su diseño, el desafío en este mundo es que no se trata solo de una RPA, sino del sistema completo RPAS, siendo requerido que todo componente del sistema este en las correctas condiciones de operación, es decir, correctamente mantenido.

De igual modo que ocurre con ciertos derechos (operaciones VLOS, BVLOS, nocturnas, ...) y obligaciones (notificaciones a la autoridad competente, registro de matrícula, ...) según clase de RPAS, en lo concerniente al mantenimiento también hay distinciones. Asimismo, cada país tiene sus propios procedimientos legales en lo tocante al mantenimiento de sus RPAS. Sin embargo, si se estudia el tratamiento legal del mantenimiento de RPAS en el territorio español, se estará estudiando una metodología muy similar a la del resto de países pertenecientes a la OACI, pues a partir de sus recomendaciones las regulaciones toman forma, y más aún si son miembros de la Unión Europea, ya que la EASA no solo controla parte de los RPAS, sino que ha sido un referente en la elaboración de normativa aplicable a los mismos.

Así pues, se diferencian dos grupos de RPAS según el tratamiento normativo aplicable. Como ya se ha visto en el capítulo anterior sobre el marco jurídico, las RPA cuya MTOW no supere los 150 kg o, independientemente del peso, las incluidas en el anexo II del Reglamento (CE) 2016/2008, serán competencia de la CAA correspondiente. El resto quedará bajo la regulación de la EASA.



## 6.1 Indicaciones legislativas previas

En los documentos aeronáuticos de carácter legislativo aparece información con diversos objetivos:

- Normas de obligado cumplimiento, es decir, todo texto normativo cuyo incumplimiento por parte del sujeto/s al que va dirigido conlleva penalización legal. En concreto, no seguir dicha norma supone una infracción administrativa en aviación civil, sujeta a las sanciones especificadas en el artículo 44 de la ley 21/2003 de 7 de julio de seguridad aérea y dirigidas a cualquier implicado (operador, fabricante, piloto, personal certificados, ...). En esta se clarifica que el hecho de incumplir la normativa no es en sí objeto de sanción, pero sí lo será cuando ello ocurra afectando a la seguridad.
- Normas alternativas, que permiten proceder, en determinadas ocasiones, de forma alternativa, intentando adaptarse a las exigencias del sector al que se dirijan y facilitando procedimientos para evitar la sobrerregulación.
- Normas transitorias, referidas a aquellas destinadas a proporcionar una reglamentación provisional durante el tiempo necesario para adoptar la nueva normativa que se pretende aplicar.
- Normas no vinculantes:
  - i) Recomendaciones, donde la autoridad que emite el documento legal pretende crear una guía de ayuda para ciertos procedimientos.
  - ii) Estándares, que engloban desde plantillas que facilitan la tramitación de documentos requeridos por la norma hasta otros textos cuyo seguimiento garantiza la seguridad, el correcto funcionamiento, ... de ciertos procedimientos.

## 6.2 Normativa de mantenimiento a nivel estatal

La normativa que se aplica estatalmente para regular las RPAS civiles, en el caso de España, es el Real Decreto 1036/2017 de 15 de diciembre. Las distinciones en la regulación de los distintos tipos RPAS vienen en función del peso de la aeronave. Según este, se pueden separar dos grupos dentro del tratamiento de mantenimiento aplicable: RPAS con MTOW menor o igual a 150 kg y con MTOW mayor de 150 kg. También,

otra distinción remarcable en la normativa de mantenimiento es la posesión de certificado de aeronavegabilidad (tabla 7).

Tabla 7. Separación RPAS según tratamiento legal

Órgano Competente	AESA			EASA
	MTOW (kg)	≤2	≤25	≤150
Certificación Aeronavegabilidad	Opcional		Necesaria	

\* Excepto las dedicadas a labores de aduanas, policía, búsqueda y salvamento, extinción de incendios, etc y las que excluye el Anexo II del Reglamento (CE) 2016/2008 que será competencia AESA

Esta división fragmenta aeronaves para el vuelo de las cuales será necesaria la aportación de una considerable documentación, pues tienen que ser certificadas ( $MTOW \leq 25$ ), de las que solo tendrían que presentar documentos para la realización de ciertas operaciones ( $MTOW < 25$ ). Directamente relacionada estará la acción de mantenimiento en tanto que:

- a) para la emisión del certificado de aeronavegabilidad es necesaria la documentación relativa al mantenimiento que se va a llevar a cabo y
- b) el certificado de aeronavegabilidad debe ser renovado y para ello las condiciones de aeronavegabilidad han de mantenerse.

También, las aeronaves que no están obligadas a ser certificadas, se les concederá la posibilidad de serlo en caso de que lo requiera operador, comunicándolo a AESA y por supuesto, presentando la misma documentación que las RPAS de obligado certificado de aeronavegabilidad. En tal caso, estas quedarán bajo la misma normativa que las que requieren certificación obligatoria. Por otro lado, los operadores de aeronaves no certificadas, aunque no deberán de tener en cuenta la vigencia del certificado de aeronavegabilidad, podrán estar sometidos a las inspecciones que AESA realiza para cerciorarse del cumplimiento de la normativa en materia de mantenimiento. Además, en cualquier caso, se deberá presentar la información relativa a probar que la aeronave

es aeronavegable cuando se vaya a solicitar permiso para operar. Así pues, la figura del mantenimiento aparecerá, según pesos, en 3 ámbitos (figura 22).

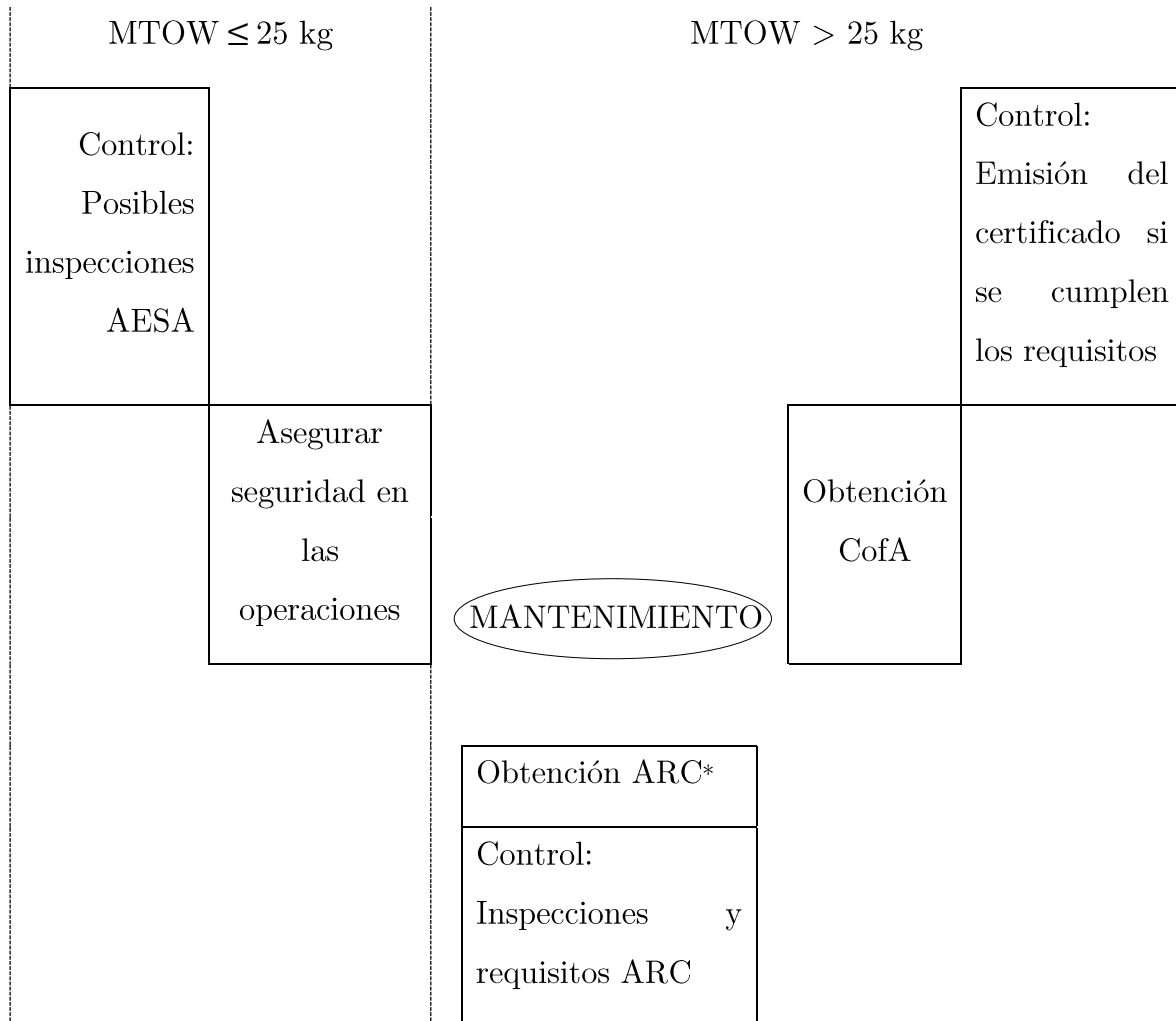


Figura 23. Esquema de los ámbitos de actuación del mantenimiento. \* Revisión del certificado de aeronavegabilidad.

## 6.2.1 Reglamentación: MTOW que no exceda los 150 kg

### 6.2.1.1 Normas comunes en mantenimiento

Existen una serie de normas que son de aplicación genérica, es decir, sin distinciones según peso dentro de este rango ( $MTOW \leq 150$ ) y, por tanto, independientes de la posesión de certificado de aeronavegabilidad. Aun así, el cumplimiento de las mismas estará más controlado para aquellos RPAS certificados y con los operadores que tengan más actividad. Las responsabilidades que aquí se citan serán pues de obligado cumplimiento con cualquier RPAS de menos de 150 kg de MTOW.

#### *i) Responsabilidades en gestión de mantenimiento*

i.1) Fabricante/Titular del certificado tipo:

Se distingue entre fabricante y titular del certificado tipo ya que no necesariamente son lo mismo. El titular del certificado tipo es quien ha diseñado una aeronave cuyo diseño ha sido aprobado por la autoridad competente. Este puede ser fabricante, pero también puede haber fabricantes de productos para los cuales dicho fabricante no sea el titular de su certificado tipo (teniendo en cuenta que lo que fabrique estará en concordancia con su diseño tipo).

Así pues, las responsabilidades en materia de mantenimiento serán la elaboración de unas instrucciones para el mantenimiento de la aeronavegabilidad (ICA). Estas supondrán una guía (en forma de manual, por ejemplo) mediante la que se detallen las tareas, procedimientos y acciones relacionadas con el mantenimiento del RPAS (reparaciones, inspecciones, comprobaciones pre-vuelo, tareas preventivas, ...). Un ejemplo del contenido que puede incluir un manual puede ser un documento guía para inspecciones pre-vuelo (figura 23).

Pre-Flight Checklist			
Pilot In Command:		FAA Reg. No.:	Date:
Observer (Optional):		Location:	
UAS Model: DJI Phantom 3 Pro			
Purpose of Flight (Check 1): <input type="checkbox"/> Recreation <input type="checkbox"/> Commercial <sup>(1)</sup> <input type="checkbox"/> SAR <sup>(2)</sup> <input type="checkbox"/> Other (Describe):			
NOTES: (1) - Commercial sUAS license required (2) - Authorization by applicable authority required			
Authorization for flight in restricted airspace: (Required for flight in restricted airspace only, otherwise NA)			
Authorized by: _____		Title: _____	
A. Pre-Start Checklist			
Important: Complete all check list items in the order they are presented. If you cannot check off an item <b>STOP!</b> and correct the problem before continuing.			
No.	Item	Acceptable Condition	Sat.
1	Airspace	Unrestricted airspace or flight authorized	
		Potential obstructions near intended flight path identified	
2	Weather	Visibility >=3 miles/500 ft., Wind <=15mph, Precip. - None	
3	sUAS Airframe/Props	No structural defects visible	
4	sUAS Battery	Sufficient for intended flight, not less than 75%	
5	Controller Battery	Sufficient for intended flight, not less than 75%	
6	Display Device Battery	Sufficient for intended flight	
7	Memory Card	Installed, sufficient memory space available for flight	
8	Observer	Present, briefed and ready (Only if designated, otherwise NA)	
9	Camera Gimbal Lock	Removed	
10	Display Device	On	
11	Controller Power	On	
12	sUAS Power	On	
13	sUAS Status Lights	Flashing GREEN	
14	Camera Check	FPV camera view normal	
15	Compass Calibration	Compass calibrated for current location	
16	Flight Limits Set	Alt. <=120 meters, Dist. <=500 meters	
17	Flight Mode Set to GPS	Controller mode switch in "P", display status GREEN - RTF	
18	Take-Off Location	Clear for >=25ft. radius, no overhead obstructions	
B. Motor Start Checklist			
No.	Item	Acceptable Condition	Sat
1	sUAS Motor Start	sUAS motors start and run at idle, no abnormal noise	
2	Home Point	Home Point Set	
3	Hover Check	Flight and Camera Gimbal control responses normal	
4	Flight Telemetry	Telemetry normal (Bat, Alt, Dist., etc.)	
<b>READY FOR FLIGHT</b>			
Notes:			

Figura 24. Checklist Pre-vuelo proporcionada por el fabricante de pequeños RPAS (MTOW<25 kg) Phantom, para uso en sus productos. Fuente: web del fabricante

i.2) Operador:

a) Este es el encargado de mantener la aeronavegabilidad del RPAS que opere y de asegurar que no se opera mientras no se cumplan las condiciones que hacen aeronavegable su RPAS. En él recae demostrar ante la CAA (de ser necesario), en este caso AESA, de que todo el conjunto (RPA, RPS, C2, ...), es decir el RPAS, presenta las condiciones a partir de las que se le emitió el certificado tipo RPA, debiendo además, responder a cualquier exigencia adicional que la CAA considere oportuna. Dentro de

las tareas básicas requeridas en el mantenimiento se encuentra el registro de datos. Este ha de ser llevado a cabo por cualquier operador, independientemente del peso, y se basa en el registro de parámetros importantes (figura 24) para el correcto mantenimiento.

Registro de datos	Antes del vuelo	Inspecciones pre-vuelo
		Incidencias ocurridas antes del vuelo
	Durante el vuelo	Acciones mantenimiento: reparación y sustitución de piezas
Defectos durante el vuelo para su corrección		
Después del vuelo	Sucesos y circunstancias hayan afectado a la seguridad	
		Vuelos efectuados, tiempo operación, aterrizajes, despegues, ...

Figura 25. Parámetros a incluir en el registro de datos según etapas

Para ello AESA proporciona plantillas base para rellenar (figura 25) de manera estandarizada y oficial, a través de la Resolución de 2 de marzo de 2018, de la Dirección de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, por la que se adoptan los medios aceptables de cumplimiento y material guía, aprobados para las operaciones con aeronaves pilotadas por control remoto, en virtud de la Disposición Final Cuarta del Real Decreto 1036/2017 de 15 de diciembre. Además, también podemos encontrar aplicaciones para sistemas Android, Apple y PC (ejemplos son NVdrones (NVDash), Airnest, ...) que ayudan a la recopilación de información relevante para la realización de un mantenimiento adecuado. Esto último es de interés para los RPAS de carácter recreativo.

Anexo II. Ejemplo de cumplimentación

1 FECHA (dd/mm/aa)	2 LUGAR DE OPERACIÓN	3 HORAS		4 RPAS		5 TIEMPO DE VUELO		6 ATERRIZAJES	
		SALIDA	LLEGADA	CATEGORÍA, MARCA, MODELO	REGISTRO			DIA	NOCHE
28/02/2020	Castejón de Henares	11:45	12:12	Multirroto, Phantom,X8	00000000H000000	0	27	1	
03/03/2025	Coordenadas geográficas	09:00	10:11	Avion, XyX (H1)	11111111F1111111	1	11	3	
TOTAL, DE ESTA PÁGINA						1	38		
TOTAL, DESDE PÁGINAS ANTERIORES						1	38		
TIEMPO ACUMULADO						1	38		
7 ACTIVIDAD REALIZADA Y CONDICIONES OPERACIONALES		8 FUNCIÓN DEL PILOTO – HORAS				9 OBSERVACIONES Y ANOTACIONES			
		PILOTO AL MANDO	DOBLE MANDO	COPILOTO	INSTRUCTOR/EXAMINADOR				
Fotografía, VLOS		0	27						
Entrenamiento mantenimiento aptitud EV BVLOS		1	11	1	11	Nombre y firma del instructor			

Figura 26. Ejemplo de registro de vuelos anexo por AESA, apéndice M

b) Encargado de formalizar un programa de mantenimiento (figura 28) atendiendo a las ICA del fabricante (figura 26 y 27). El programa se basará no solo en las instrucciones del fabricante sino también deberá tener en cuenta las peculiaridades del

operador en referencia al tipo de operación que se va a realizar con la RPA. Además, este incluirá no solo la RPA sino todos sus sistemas asociados.

Item		Before Use	Every 50h	Every 200h	Remarks
LiPo 12s Battery		Inspection	Balance Recharge		12s 3100mah
Intake	Air Filter	Inspection	Inspection		
Carbu retor	Primer puimp	Push			
Carbu retor	Fuel filter		Clean		Walbro WT-1107
Spark plug			Replace		NGK-CMR7H
Cylinder Kit			Replace		
Digital Servo				Replace	HITEC HS-5646WP

Figura 27. Ejemplo ICA de fabricante. En concreto, indicaciones de los intervalos de realización de tareas de mantenimiento para el motor del RPAS GAIA 160HY-Hybrid Hexacopter (MTOW=21 kg). Fuente: Manual de usuario del RPAS

### 3) Carburetor Fuel Filter

- Cleaning:

1. Remove Carburetor from NOVA.
2. Remove fuel pump cover screw and pump cover.
3. Remove fuel pump gasket and pump diaphragm.
4. Inspect pump diaphragm. REPLACE if it deformed.
5. Clean pump diaphragm using Carburetor Cleaner.
6. Clean pump fuel inlet using Carburetor Cleaner.
7. Reassembly the pump cover.

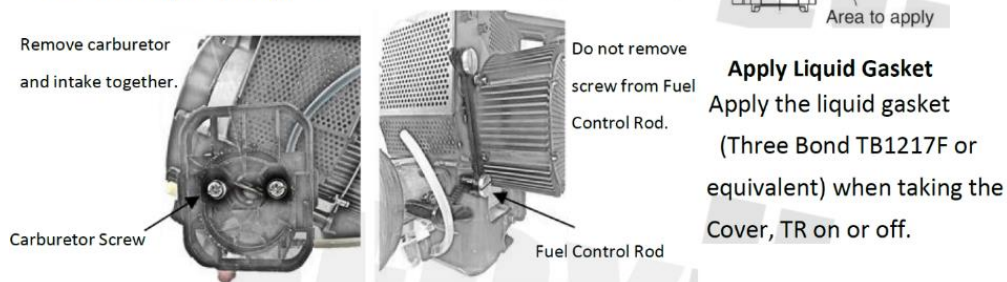


Figura 28. Ejemplo ICA de fabricante. En concreto, indicaciones para las tareas de lavado y lubricado del filtro del carburador del motor del RPAS GAIA 160HY-Hybrid Hexacopter (MTOW=21 kg). Fuente: Manual de usuario del RPAS

## ii) Responsabilidades en la realización del mantenimiento

### ii.1) Por parte del fabricante

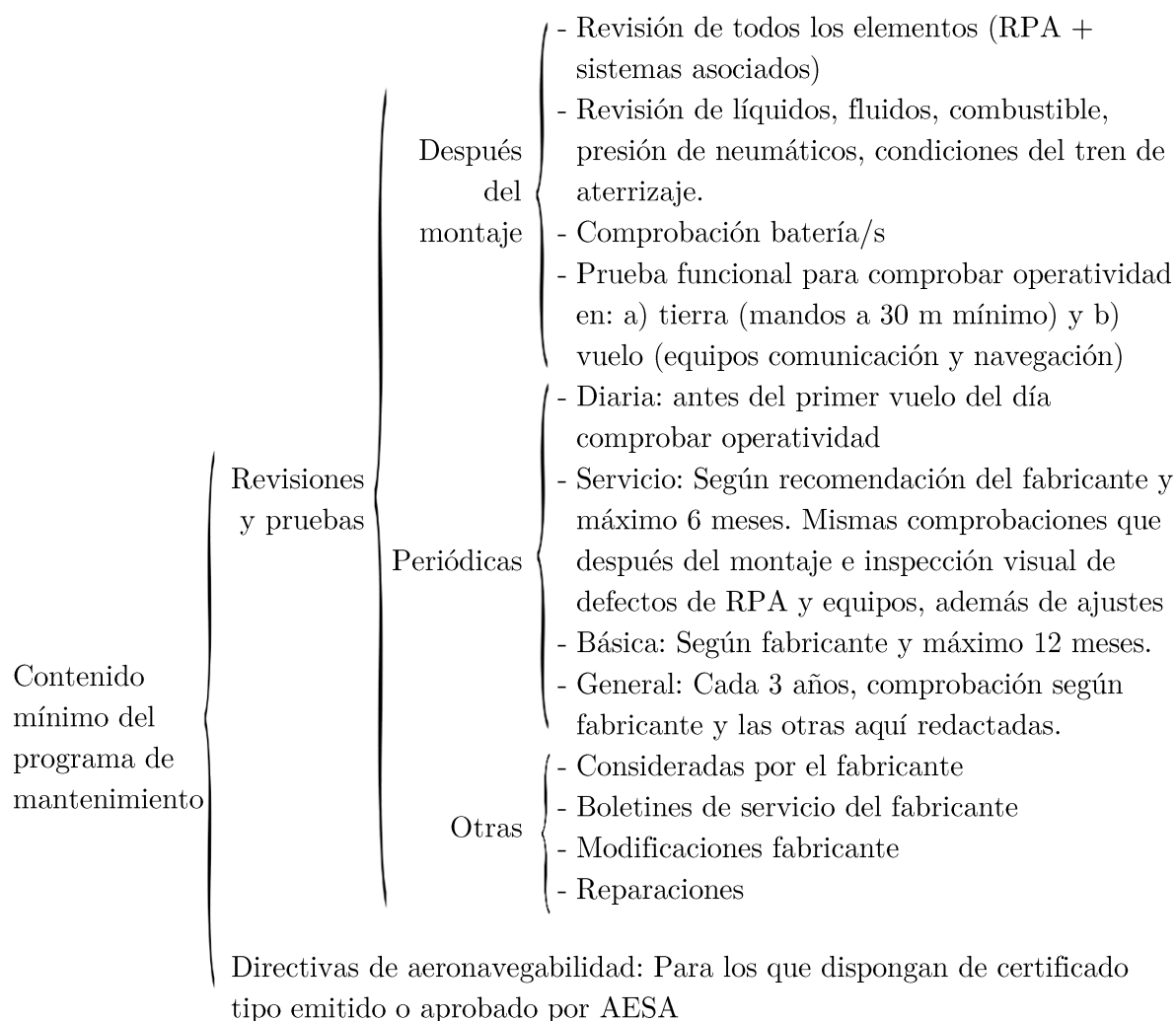


Figura 29. Revisiones y pruebas a incluir en el programa de mantenimiento de RPAS (MTOW<150kg) según el apéndice I en la resolución de 2018 establecida por AESA. Fuente: Elaboración propia a partir de apéndice I

El cual siendo el fabricante poseerá del conocimiento adecuado para la realización del mantenimiento de sus propios RPAS.

#### ii.2) Por una organización de mantenimiento

En este punto, debido a la inmadurez del tratamiento en mantenimiento de RPAS, AESA dispone de una norma transitoria hasta que se aplique la que se pretende adoptar.

Norma de adopción pospuesta: Se establece que cualquier organización de mantenimiento que esté aprobada por AESA podrá realizar el mantenimiento de cualquier RPAS que sea competencia del estado. Es decir, aunque no se especifica,



tanto organizaciones de gestión del mantenimiento (CAMO) como organizaciones que lo realicen (aprobadas según parte M y 145, respectivamente, del Reglamento (UE) N°1321/2014 de la comisión) tendrán capacidad de ejecutar el mantenimiento de cualquier RPAS.

Norma transitoria: los fabricantes o titulares del certificado tipo podrán emitir certificados, como lo haría AESA, autorizando la realización de mantenimiento a las organizaciones que posean las capacidades adecuadas (conocimiento e instrumentos) para dicha función. Los fabricantes o titulares de certificado tipo RPA serán los encargados de formar estas organizaciones y solo después de dicha formación y la comprobación de que se cumplen todos los requisitos (que los fabricantes consideren oportunos) podrán expedir el certificado.

En un futuro próximo es factible que AESA disponga de los estándares y reglamentos adecuados con los que poder decidir, como se hace en la aviación tripulada (organizaciones que cumplan con la parte M o 145 del Reglamento (UE) N°1321/2014, o con licencia de centro de mantenimiento nacional), si una organización de mantenimiento de RPAS puede ser aprobada como tal. Por el momento, los fabricantes serán los gestores de este.

### ii.3) Por parte del operador

El operador realizará el mantenimiento de sus RPAS con la debida formación impartida por fabricante o el titular del certificado tipo RPA. Aun así, cabe remarcar que, para modelos de más de 25 kg, por el riesgo que pueden entrañar, se podría prever que el personal de mantenimiento sea cualificado como tal por la autoridad competente y no solo formado acorde con cursos del fabricante.

#### **6.2.1.2 Normas específicas para MTOW menor de 25 kg en EEUU**

La FAA emitió un documento con procedimientos y normas para RPAS de menos de 55 lb (25 kg) que, en cualquier caso, puede servir de guía para los operadores ajenos a los EEUU.

Las tareas de mantenimiento básicas que la FAA requiere aplicar a estas RPA (small UAS según la nomenclatura FAA) son: chequeo pre-vuelo para asegurar la

aeronavegabilidad del RPAS y cancelación del vuelo en caso de que la RPA presente condiciones de inseguridad.

La Checklist Pre-vuelo se compondría de:

- Asegurar que el enlace C2 está funcionando correctamente.
- Asegurar que los requisitos de autonomía para la operación no sobrepasan la disponible.
- Asegurar que la carga de pago (sensores, cámaras, otros) están en posiciones que no interfieran en la controlabilidad y estabilidad de la RPA.

También, la FAA aprueba la utilización de estándares para el buen tratamiento de este tipo de RPAS. En concreto, en el ámbito de mantenimiento, el estándar ASTM F2909, *Standard Practice for Maintenance and Continued Airworthiness of Small Unmanned Aircraft Systems (sUAS)*, asegura el cumplimiento de la normativa de mantenimiento para las aeronaves de menos de 25 kg. Por otro lado, como permite la AESA, el mantenimiento también podrá realizarse por el propio fabricante.

En la tabla 8 aparecen algunos ejemplos de fabricantes españoles que ofrecen no solo sus productos sino diversos tipos de asistencia en materia de mantenimiento

Tabla 8. Fabricantes de RPAS de España que ofrecen servicios para el mantenimiento

<b>Fabricante</b>	<b>Servicios</b>
SCRTARGETS	Mantenimiento y formación
Air Dron Vision	Mantenimiento
CATEC	Mantenimiento y documentación
ATLAS	Mantenimiento y documentación
Atyges	Mantenimiento y formación
Adts group	Formación
Aerotools UAV	Formación y documentación
Squadrones	Formación, mantenimiento y documentación

### 6.2.1.3 Normas específicas para MTOW menor o igual a 2 kg

El operador podrá realizar el mantenimiento de sus RPAS simplemente conforme a las instrucciones del fabricante, sin tener que completar ninguna formación. Este punto

estaría enfocado para los RPAS para de uso recreativo, ya que no necesitan transportar carga de pago pesada y por tanto su MTOW es bajo ( $\leq 2$  kg). En este caso, simplemente solo se requiere que los fabricantes ofrezcan unas mínimas directrices en los manuales de sus productos. Estos normalmente se compondrán de recomendaciones que, aun no siendo contempladas legalmente, son de interés para la seguridad y la máxima prolongación vida del sistema. Por ejemplo, en el manual de usuario del DJI Phantom (con MTOW < 2 kg), se recomiendan las siguientes directrices:

1. Mantenimiento integral: después de 200 vuelos o cada 50 horas.
2. Comprobaciones (Tabla 9):

Tabla 9. Tabla comprobaciones y revisiones recomendadas por el fabricante de RPAS DJI para su DJI Phantom (MTOW<2)

Componente	Observaciones
Batería	Comprobar daños internos, en conectores, en cables; limpieza; etc.
Sistema de transformación	Desgaste de los servomotores
Motores	Ruidos anormales, deformidades, eje centrado y en buen estado, etc.
Hélices	Roturas, dobladuras, etc.
IMU	Comprobación mediante aplicación de PC, calibración, etc.
Sistema de control y de transmisión de video	Daños en antenas
Estabilizador	Desgaste en el conector de montaje rápido (que permite la estabilización de la cámara), rendimiento del estabilizador, limpieza, ruidos anormales, etc.
Sistema de posicionamiento visual	Daños en el objetivo de la cámara, sujeción, etc.

Remarcar que en ante ciertas situaciones el fabricante recomienda llevar el dispositivo a uno de sus centros, así que en cierto modo, también proporcionan mantenimiento.

## 6.2.2 Normativa para RPAS de aplicación estatal de MTOW mayor de 150 kg

Para este rango de RPA, la normativa referente a la elaboración de un programa de mantenimiento y su ejecución será similar a la que se aplica a las aeronaves tripuladas de ese mismo peso (con distinciones según la operación que desempeñen). Para ello, se distinguen 3 grupos (tabla 10).

Tabla 10. Equivalencia en normativa de mantenimiento entre aeronaves tripuladas y RPAS.

Tipo de aeronave tripulada equivalente	MTOW (kg)	
	Mayor que	Menor o igual a
ULM	150	450
ELA1 (no comercial)	450	1200
Aeronaves no comerciales	1200	

Las normas anteriormente citadas como reglas genéricas no entran en conflicto con la regulación de RPAS de más de 150 kg de MTOW que se expondrá a continuación (excepto la realización del mantenimiento por parte del operador). En todo caso, hay ciertos matices a considerar en materia de responsabilidades por parte del operador y el titular de certificado tipo, además de la reglamentación concerniente a la realización del mantenimiento. Como ya se ha dicho, el real decreto indica que la elaboración del programa de mantenimiento y su ejecución se regulará de igual modo que la aviación tripulada para RPAS con  $MTOW > 150$  kg, por lo que a continuación se mostrarán los distintos implicados en esta tarea con sus responsabilidades. Para ciertos rangos sin embargo, la inexactitud de la regulación imposibilita clarificar los procedimientos a seguir en materia de mantenimiento. Además, se separarán las RPA con MTOW entre 150 y 450 kg debido al carácter transitorio de la norma.

### 6.2.2.1 RPAS con MTOW entre 150 y 450 kg

Para este rango se dispone de una norma transitoria. La normativa referente al mantenimiento de las aeronaves tripuladas ultraligeras motorizadas (ULM) está en proceso de adopción desde que en 2015 AESA emitió un borrador cambiando diversos procedimientos de certificación y realización del mantenimiento. Ello, afecta en este

caso a los RPAS de MTOW entre 150 y 450 kg en tanto que se pretende un tratamiento similar al de las ULM.

Norma de adopción pospuesta: la formalización del programa de mantenimiento y su aplicación para las RPA con MTOW entre 150 y 450 kg responderá a la norma aplicada en la aviación tripulada ultraligera monitorizada ULM

Norma transitoria: Mientras la normativa específica sobre mantenimiento de ULM este en proceso de adopción, estas RPAS ( $150 \text{ kg} < \text{MTOW} \leq 450 \text{ kg}$ ) se trataran como las RPAS con MTOW menor o igual a 150 kg: El operador se encargará de formalizar el programa de mantenimiento de acuerdo con las ICA del fabricante, y el mantenimiento se realizará por el fabricante o titular del certificado tipo, el operador (formado por el fabricante en materia de mantenimiento) o una organización de mantenimiento aprobada.

#### **6.2.2.2 RPAS con MTOW mayor de 450 kg**

##### **a) Normas comunes: Programa de mantenimiento para RPAS con MTOW mayor de 450 kg.**

Hay una serie de procedimientos relativos al programa de mantenimiento que son de aplicación para todas las aeronaves de más de 150 kg de MTOW. Se establecen a continuación las responsabilidades del personal implicado y las características en la elaboración del programa de mantenimiento, así como del registro de mantenimiento (que se puede considerar como parte del programa). Todo ello se establece según los requisitos establecidos en el Reglamento (UE) N°1321/2014 de la comisión sustituyendo la documentación europea por documentos estatales equivalentes.

##### ***i) Responsabilidades en la elaboración del programa:***

Operador: Igual que con las aeronaves de menor peso, el programa de mantenimiento debe ser establecido por el operador.

Este programa se establecerá según las instrucciones:

1. Que emita la autoridad competente
2. Instrucciones para el mantenimiento de la aeronavegabilidad especificadas por:

a) Los titulares de certificado tipo

b) La aprobación de diseño de reparación importante (ver definiciones)

c) La autorización de ESTO (ver definiciones)

2. Cualquier otra aprobación requerida

3. Instrucciones alternativas o adicionales que proponga el operador o en su caso, la organización de gestión del mantenimiento, que serán concordantes con todos los requisitos de seguridad que la autoridad competente requiera.

El programa será dinámico, sujeto a revisiones periódicas que garanticen que sigue siendo adecuado ante los cambios en equipos, nueva normativa, nuevos estándares, experiencia operativa, ...

Este debe incluir toda la información necesaria para realizar las tareas de mantenimiento: detalle de las tareas y frecuencia de las mismas, así como cualquier apunte específico relacionado con la operación que se vaya a realizar.

***ii) Responsabilidades en la aprobación del programa:***

- Autoridad competente: El programa deberá ser aprobado por AESA (la autoridad competente que el estado miembro de matrícula elige). Por otro lado, la conservación del registro de mantenimiento será de dominio del operador.

- Organización de gestión de mantenimiento: El programa de mantenimiento podrá ser aprobado de forma indirecta. Una organización de gestión del mantenimiento (CAMO) puede poseer facultades de aprobación de programas de mantenimiento siempre que así se lo otorgue la autoridad competente. Por otro lado, en esta también recaerá el control del registro de mantenimiento.

***iii) Registro de mantenimiento:***

La conservación del registro de mantenimiento será de dominio del operador y el control del mismo por parte del organismo que gestione el mantenimiento de la aeronavegabilidad.

Igual que con las aeronaves que no exceden los 150 kg de MTOW, se deberá llevar un registro de datos relacionados con el mantenimiento, aunque ahora este será más

exhaustivo. Dicho registro será necesario para probar que se cumplen las condiciones adecuadas para la emisión de certificados que permiten el vuelo.

El registro se compondrá de:

a) El certificado de aptitud para el servicio (CRS), necesario para antes del vuelo y con información básica sobre las tareas efectuadas, fechas, personal que certifique y limitaciones de operación (de ser necesario), así como de certificados de revisión de aeronavegabilidad. El documento CRS será el formulario EASA 1 cuando así se requiera o uno equivalente a este.

b) Libro de vuelo de la aeronave, con identificación de la misma, tiempo total de vuelo y fechas, número de ciclos y aterrizajes, ...

c) Libros de vuelo y tarjetas de registro de componentes con información relativa a los mismo como: Identificación; referencias instalación y retirada; tiempo y fechas de vuelo y ciclos y/o aterrizajes del componente; estado de las directivas de aeronavegabilidad (AD) y otras emisiones por parte de la autoridad competente; estado de las modificaciones y reparaciones hechas en dicho componente; cumplimiento del programa de mantenimiento; informe de masa y centrado; mantenimiento aplazado; ...

***iv) Realización del mantenimiento:***

Según el tipo de aeronave tripulada, y por tanto el RPAS, el mantenimiento para este rango de peso (MTOW > 450 kg) será realizado por: a) una organización de mantenimiento aprobada según la parte 145 del anexo II del Reglamento (UE) N°1321/2014 de la Comisión o b) una persona u organización aprobadas según la subparte F del anexo I del Reglamento (UE) N°1321/2014 de la Comisión. Con ello, en los siguientes apartados, el término “organización de mantenimiento”, sin especificar más, se referirá a cualquiera de las dos. Cada una responde a una parte del reglamento (tabla 11), aunque algunos de los procedimientos por los que se rigen son comunes:

- Aplicarán los datos de mantenimiento (reparaciones, cambios, modificaciones, ...) establecidos según: a) las instrucciones que los titulares de certificado tipo, u otras organizaciones que publiquen instrucciones oficiales, emitan, b) requisitos de la EASA y de la autoridad competente, c) directivas de aeronavegabilidad, d) instrucciones

establecidas por la propia organización y aprobadas por el titular de certificado tipo sobre cómo realizar ciertas tareas de mantenimiento, cuando estas mejoren los métodos anteriores.

- El personal que realice el mantenimiento elaborará sistema para hacer referencia a cada tarea específica de mantenimiento de los datos de mantenimiento.
- Cualquier defecto que pueda tener la aeronave será subsanado antes del vuelo
- Cualquier defecto no subsanado antes del vuelo quedará debidamente registrado
- Los elementos que se instalen en la aeronave deberán estar en condiciones aptas para el servicio
- Las materias primas o materias consumibles solo se utilizarán en la aeronave si así lo especifica el fabricante
- Se tendrá un claro control de la vida y el estado de los elementos instalados o no instalados
- Podrán ejercer sus funciones después de la aprobación por parte de la autoridad competente
- Están habilitadas para emitir CRS y revisiones de aeronavegabilidad.

Tabla 11. Tipos de organizaciones de mantenimiento.

	<b>Organización de mantenimiento</b>	
Aprobada según Reg. UE 1321/2014	Parte 145 del anexo II	Parte M.A, Subparte F del anexo I
Ámbito aplicación	Cualquier aeronave	Aeronaves con MTOW < 5700 kg, sin turborreactor y en caso de ser turbohélice, ser monomotor.
Personal tareas de mantenimiento	Formado según norma europea o equivalente	Formado según normas de carácter oficial en el estado de matrícula
Personal certificador	Formado según parte 66 del reglamento (con excepciones)	Formación según parte 66 opcional. En algunos casos, incluso el piloto.



Información adicional	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Estructura organizativa bien definida según reglamento</li> <li>-Establecimiento Planes hora/hombre de mantenimiento</li> <li>-Políticas y sistemas de calidad y seguridad exhaustivos que serán objeto de revisiones por parte de la autoridad competente</li> <li>-Normas específicas de todos los procedimientos a seguir</li> <li>-Requisitos de las instalaciones precisos (iluminación, ruidos, higiene, temperatura, humedad, ...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Disponen de un manual que será aprobado por la autoridad competente donde se especifica: El alcance de sus trabajos, un organigrama del todo el personal, talleres donde se realice el mantenimiento, etcétera</li> </ul>
-----------------------	--	---

*Nota: Elaboración propia a partir del Reglamento (UE) N°1321/2014*

Por otro lado, como se ha comentado antes, hay ciertas normas comunes a las expuestas para las RPAS con MTOW que no exceda los 150 kg. Entre ellas, la realización del mantenimiento, que a parte de poderse hacer por las organizaciones de mantenimiento citadas en este apartado, los fabricantes también lo podrán realizar. Además, por el momento, debido a la poca inmadurez del sector, AESA no ha establecido procedimientos para aprobar organizaciones de mantenimiento de RPAS dejando esa tarea también a los fabricantes.

#### **b) RPAS con MTOW entre 450 y 1200 kg**

El tratamiento respecto a la elaboración del programa de mantenimiento y su ejecución en estas RPA será similar al de las aeronaves tripuladas de tipo ELA1 (aeronaves ligeras europeas de tipo 1) cuyo peso máximo también es de 1200 kg y sin el objetivo de ejecutar operaciones comerciales. Las responsabilidades establecidas a continuación serán pues de aplicación a este rango de peso, además de las expuestas en las normas comunes y en las genéricas de aplicación estatal.

***i) Responsabilidades en la elaboración y ejecución del programa: gestión y realización del mantenimiento***

El operador debe garantizar que solo se operará si se cumplen las condiciones de aeronavegabilidad (sinónimo de mantener el CofA válido), el mantenimiento se realiza acorde al programa de mantenimiento, está claramente definido lo que está apto para el servicio y lo que está fuera de servicio, ... Para satisfacer todo ello, el operador puede optar por:

i.1) Contratar una CAMO para la gestión del mantenimiento a través de un contrato en el que se especifiquen las responsabilidades de ambas partes (tabla 12).

Tabla 12. Responsabilidades de la CAMO y el operador con contrato para la gestión del mantenimiento de las RPAS del operado.

<b>Responsabilidades asumidas mediante contrato CAMO/Operador</b>	
<b>CAMO</b>	<b>Operador</b>
Que el RPAS se encuentre dentro de sus capacidades de aprobación	Conocer de forma general el programa de mantenimiento y de la normativa que rige la aeronavegabilidad continuada
El cumplimiento de las siguientes tareas de mantenimiento: - Elaboración programa de mantenimiento - Determinación de las tareas de mantenimiento realizables por el piloto - Coordinación de la aprobación del programa	El piloto podrá expedir un certificado de aptitud para el servicio después de efectuar las tareas de mantenimiento limitadas del piloto-propietario y este se incluirá en los libros de vuelo para el conocimiento de la CAMO  Encargarse de facilitarle la aeronave a la organización de mantenimiento aprobada convenida con la CAMO

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlar que la realización del mantenimiento se realiza por una organización aprobada para tal efecto</li> <li>- Controlar que todas las tareas de reparación se realizan correctamente, así como aprobar dichas tareas</li> <li>- Organizar el mantenimiento programado, las directivas de aeronavegabilidad aplicables, los requerimientos ante inspecciones</li> <li>- Gestionar los registros de mantenimiento</li> </ul>	<p>Comunicar a la CAMO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cualquier cambio o trabajo excepcional realizado al RPAS</li> <li>- Cualquier defecto encontrado durante la operación</li> <li>- Las horas de vuelo, ciclos, ... y cualquier parámetro acordado con esta, de forma periódica</li> </ul>
<p>Informar a la autoridad competente de las infracciones que el otro implicado en el contrato realice, es decir, de las acciones que no respeten los establecido en la normativa de mantenimiento</p>	

*Nota: elaboración propia a partir del apéndice I del Reglamento (UE) N°1321/2014 de la Comisión*

i.2) No contratar una CAMO y realizar la gestión del mantenimiento bajo su responsabilidad. Ello incluye la realización del programa de mantenimiento por su cuenta, así como todas las competencias de una CAMO (las dictadas en la tabla 9), siendo la realización del mantenimiento (reparaciones, cambios, etc.) competencia de una organización de mantenimiento aprobada a tal a efecto.

i.3) Formalizar un contrato limitado con una organización CAMO exclusivamente para el desarrollo y aprobación del programa de mantenimiento.

En cuanto a la realización del mantenimiento podrá ser realizado tanto por una organización Parte 145 como Parte M.A Subparte F. Además, se especifican ciertas tareas de baja complejidad que podrán llevarse a cabo por parte del piloto u operador y también, para elementos instalados en la aeronave o solo retirados temporalmente, el mantenimiento podrá realizarse por personal certificador aprobado según la parte 66 del Reglamento (UE) N°1321/2014 de la comisión.

Los certificados revisiones de aeronavegabilidad se podrán emitir por: a) la organización CAMO contratada por el operador o b) la autoridad competente con previa recomendación emitida por personal certificador que cumpla la parte 66 del Reglamento UE.

***ii) Requerimientos del programa de mantenimiento***

El programa de mantenimiento para RPAS con MTOW entre 450 y 1200 kg además de cumplir con las normas comunes especificadas anteriormente en el apartado 6.2.2.1 a), deberá establecerse de acuerdo con el programa mínimo de inspección. Esto significa que, en todo caso, no será menos restrictivo que este. Además, incluirá otra información/documentación pertinente como directivas de aeronavegabilidad.

*ii.1) Consideraciones sobre la no aprobación del programa:* En caso de que AESA no apruebe el programa, el operador añadirá una declaración en el mismo donde asumirá toda responsabilidad sobre el contenido del mismo, concretamente respecto aquello que difiera de las recomendaciones del titular del certificado tipo.

*ii.2) Revisiones del programa:* ya sea por parte de la CAMO contratada (de haberlo hecho) o por el personal de revisión de la aeronavegabilidad (formado para tal efecto), el programa de mantenimiento será revisado anualmente o cada 100h de vuelo. De haber defectos en la aeronave debido a la implementación o el contenido erróneo del programa, este se deberá modificar acorde con las exigencias de la autoridad competente.

*ii.3) Contenido del programa:*

a) Identificación operador y configuración del RPAS

b) Las tareas relacionadas con: Directivas de aeronavegabilidad aplicables (AD), limitaciones de aeronavegabilidad (AWL), requisitos específicos estipulados por el titular del certificado tipo, requisitos de mantenimiento de certificación (CMR), recomendaciones mediante boletines de servicio (SB) por el fabricante

c) Todas las tareas y pruebas estipuladas en las instrucciones del fabricante (ICA) así como aquellas tareas específicas relacionadas con las operaciones que se van a realizar.

Estas incluyen: Inspecciones de elementos estructurales, sistemas y componentes, revisión de los registros de pesaje y del pesaje, pruebas funcionamiento de los sistemas electrónicos instalados, comprobaciones presiones aceite, temperatura del motor, ...

d) Los intervalos de tiempo en que se va a realizar cada tarea de mantenimiento

e) Modificaciones y reparaciones incorporadas a la aeronave

f) Mantenimiento por parte del piloto en caso de ser necesario

Para suplir la elaboración de un programa de mantenimiento, existen plantillas emitidas por AESA para aviones ELA 1 (y por tanto estas RPAS) que cumplen con los requisitos anteriormente citados (figura 29). Sin embargo, hay que tener en cuenta que estas no contemplan los equipos, componentes y sistemas relacionados con el mando y control de la RPA.

<b>Aviones ELA1 que no realizan actividad comercial</b>	
<u>Sistema/Componente/Zona</u>	<u>Detalle de la inspección o tarea</u>
Tuberías, carcasas y abrazaderas	Inspeccione las pérdidas, aflojamientos y condiciones inadecuadas.
Escapes	Inspeccione las grietas, defectos e inadecuada sujeción.
Turbo e intercambiador de calor	Inspeccione las grietas, condición inadecuada y aflojamiento de conexiones y sujeciones.
Sistema de refrigeración de líquidos	Inspeccione las pérdidas y nivel adecuado de fluido.
Control electrónico del motor	Inspeccione las evidencias de aplastamiento, adecuada condición eléctrica e instalación de los sensores.
Accesorios	Inspeccione los defectos evidentes de la seguridad de sus sujeciones.
Todos los sistemas	Inspeccione la instalación inadecuada, mala condición general, defectos y sujeción insegura.
Capots	Inspeccione las grietas y defectos Compruebe las compuertas de refrigeración.
Aletas de enfriamiento y sellos	Inspeccione defectos, sujeción inadecuada y desgaste.
Depósitos de combustible	Inspeccione la instalación inadecuada y las conexiones a tuberías.
<b>10. HÉLICE</b>	
Conjunto de la hélice	Inspeccione grietas, picaduras, erosiones y pérdidas de aceite.
Pernos de la hélice	Inspeccione la adecuada instalación, aflojamientos, evidencias de giro y la falta frenos.
Mecanismo de control de la hélice	Inspeccione la operación inadecuada, el montaje inseguro y topes restrictores.
Dispositivo antihielo	Inspeccione la operación inadecuada y defectos evidentes.

Figura 30. Apartado sobre detalles de inspecciones y tareas contenido en la plantilla de programa para aviones

### c) RPAS con MTOW de más de 1200 kg

En el Real Decreto 1036/2017 se apunta sobre la normativa correspondiente a la elaboración del programa de mantenimiento y su ejecución que: “se ajustará a los requisitos correspondientes a las aeronaves tripuladas de la misma masa máxima al despegue, contenidos en el anexo I, Parte M, del Reglamento (UE) n.º 1321/2014 de la Comisión, de 26 de noviembre de 2014”. A parte de la normativa general citada anteriormente en el 6.3.2 este es el único apunte relacionado con las RPAS de aplicación estatal de más de 150 de MTOW. Esta poco definido en tanto que existen diferentes tipos de aeronaves tripuladas de más de 1200 kg de MTOW, cuyo tratamiento en mantenimiento, también es diferente. Ello, ocurre de igual modo en el tratamiento de los RPAS competencia de la EASA (como se verá en el siguiente apartado). Esta imprecisión a la hora de tratar las RPAS de este rango puede tener sus razones en que:

a) la normativa es relativamente joven y para RPAS de esta magnitud se necesitan procedimientos más complejos y b) para los trabajos comerciales que actualmente se realizan se opta por aeronaves de menor peso, por ejemplo el número de RPAS fabricados en España para actividades no recreativas es mayoritario en el rango de entre 2 y 25 kg de MTOW, seguido por los RPAS de entre 25 y 150 kg y los de menos de 2 kg (figura 30). Además, los que superan los 1200 kg de MTOW son de carácter militar (por lo que se les aplica la normativa que impone el ministro de defensa) o están en desarrollo.

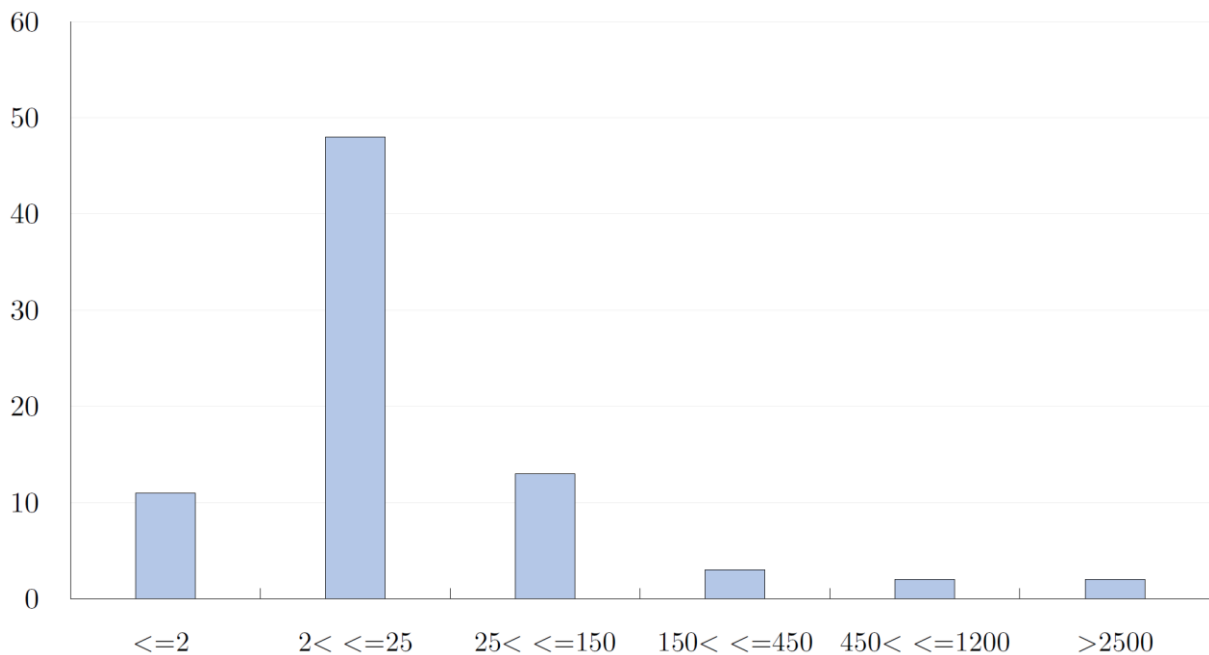


Figura 31. Número de RPAS fabricados en España para actividades no recreativas según rango de pesos de la normativa aplicable. Eje vertical: Numero RPAS. Eje horizontal: Rango MTOW.

A modo de hipótesis para RPAS de mayor MTOW que 1200 kg sería razonable aplicar la normativa aplicable a aquellas aeronaves tripuladas sin objeto de realizar operaciones comerciales, del mismo modo que se procede para el rango entre 450 y 1200 kg (aplicable ELA1) pero con aeronaves de mayor tamaño: ELA2 (MTOW < 2000 kg), aeronaves distintas de motopropulsadas complejas (con configuraciones similares al RPA en cuestión), motopropulsadas complejas (MTOW > 5700 kg),...; todas ellas para operaciones no comerciales. Algunas de estas aeronaves de mayor MTOW se diferencian de las anteriores ELA1 de un control más estricto del mantenimiento (contrato obligado con CAMO y organización Parte 145, programa de fiabilidad incluido en el programa de mantenimiento, ...).

### **6.2.3 Aplicabilidad de la norma**

En este apartado se estudia la situación real en la que se aplican las normas expuestas, tanto como se procede como los posibles problemas que presenta. Para ello se distinguen 2 grupos: uso recreativo y uso comercial.

#### **6.2.3.1 Uso recreativo**

La normativa de mantenimiento asociada a las RPA con un MTOW menor de 2 kg es la seguida por este sector, ya que, todos los RPAS que se pueden adquirir en el mercado de este peso disponen de un manual de usuario con recomendaciones. Por otro lado, se pueden adquirir RPAS de más de 2 kg de MTOW para uso recreativo y en este caso, existe un vacío en la normativa. Si bien en ella se especifica que el mantenimiento se realizará por el fabricante (en este caso la persona que adquiere el RPA para su uso personal), no se indica el grado de implicación del fabricante en dicha tarea. ¿Es suficiente con indicar ciertas tareas y procedimientos de mantenimiento (figura 31) añadiendo un apartado de contacto en caso de avería no considerada en el manual (figura 32)? Posiblemente sí sea suficiente, pero no se delimita bastante. El vacío se encuentra en que se deberían especificar normas alternativas (o procedimientos), más flexibles, atendiendo a las necesidades del sector recreativo. Por ejemplo, ampliar el rango de MTOW en que se aplica la norma para menos de 2 kg. Por otro lado, la flexibilidad en materia de mantenimiento también supone un control más severo de las zonas y modos de operación recreativo, pues pueden suponer peligro para los demás ocupantes del cielo y otros usuarios no aeronáuticos.



## 9.6 Motores

Hay motores de reemplazo disponibles como módulos del motor en sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario. Utilice el módulo del motor en sentido contrario a las agujas del reloj para reemplazar los motores n.º 1 y n.º 2, y utilice un módulo del motor en sentido de las agujas del reloj para reemplazar los motores n.º 3 y n.º 4. Reemplace los módulos del motor cada 150 horas de vuelo o cuando ya no giren suavemente.

Para reemplazar el módulo del motor, utilice primero una herramienta plana pequeña para hacer palanca para retirar la cubierta LED de la parte inferior del brazo.

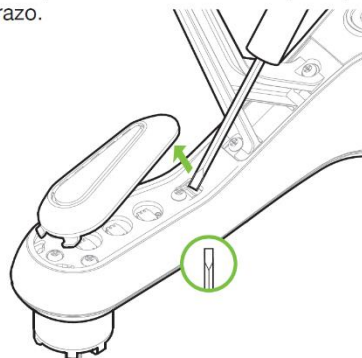


Figura 32. Apartado dedicado al mantenimiento incluido en el manual de usuario de un RPA con MTOW = 3 kg. Fuente: Manual de usuario del 3DR solo

## 8 Asistencia

Asistencia de 3DR está aquí para ayudarlo a obtener lo máximo de su Solo. Si tiene preguntas, comuníquese con nosotros a [support@3dr.com](mailto:support@3dr.com) o llámenos al 1 (855) 982-2898 (gratuito en EE. UU. y Canadá) o directo al +1 (858) 225-1414. Para enviar una solicitud de asistencia a través de nuestro sitio web, visite [3dr.com/support](http://3dr.com/support).

Utilice la app de Solo para enviar un ticket de problema y sus registros de vuelo se enviarán automáticamente a Asistencia de 3DR. Para enviar una solicitud de asistencia en la app de Solo, seleccione Asistencia del menú principal, y seleccione Registrar ticket de problema.

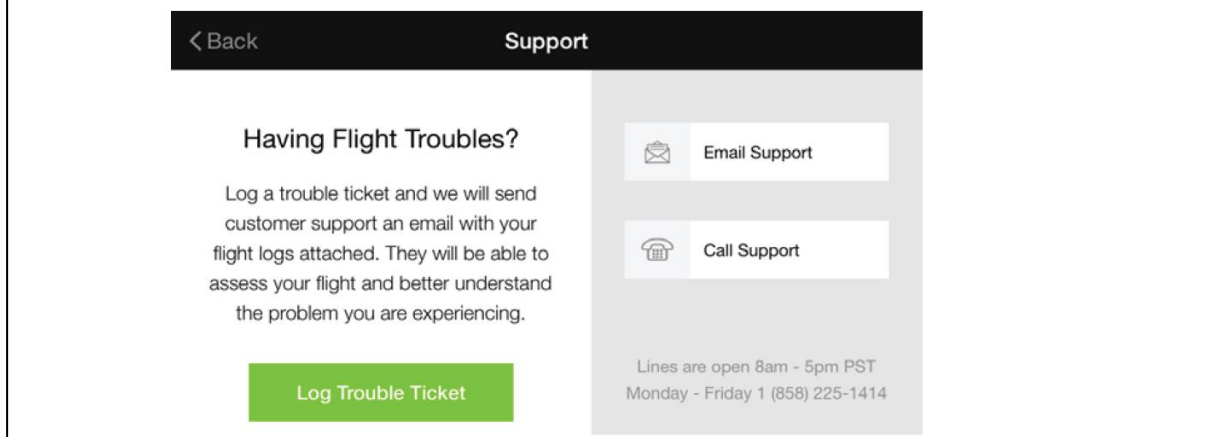


Figura 33. Apartado sobre asistencia en caso necesario del manual de usuario de un RPA con MTOW = 3 kg. Fuente: Manual de usuario del 3DR solo

### 6.2.3.2 Uso comercial

En comparación con el uso recreativo la práctica comercial no solo supone un mayor riesgo, pues la seguridad de los servicios realizados depende de la integridad del RPAS, sino que se necesitan más procedimientos para poder mantener los activos (en este caso

los RPAS) en las mejores condiciones para obtener el máximo rendimiento con las mínimas pérdidas económicas.

Además, la cantidad de RPAS que puede disponer una operadora comercial es un factor a considerar: cuantos más RPAS, más necesario se hace un mantenimiento exhaustivo, independientemente del peso, pues el hecho de reducir las posibilidades de fallo y aumentar la vida útil es especialmente importante cuando dispones de una flota considerable.

### Documentación y requisitos para operar

Ya se ha visto qué es lo que se necesita en materia de mantenimiento siendo propietario de un RPAS, es decir, cuáles son las responsabilidades de los implicados en el mantenimiento de los RPAS. En este apartado se va a ver la aplicabilidad de dicha normativa en las operaciones con RPAS, pues si se quiere un RPAS es para operarlo, viendo la documentación y los procedimientos requeridos para ello. En concreto este es el procedimiento que AESA requiere para habilitarse como operador y poder realizar tanto operaciones aéreas especializadas (ver definiciones) como vuelos experimentales (Tabla 13). Ambas son los únicos tipos de operaciones permitidas actualmente. En un futuro se prevén actividades comerciales de pasajeros, por lo que todo se tendrá que readaptar.

Tabla 13. Diferentes tipos de vuelos experimentales indicando la influencia del mantenimiento en ellos.

Operación	Observación	Implicación Mantenimiento
Vuelos de prueba de producción y de mantenimiento	Realizada por fabricantes u organizaciones de mantenimiento	Directa
Vuelos de demostración no abiertos al público	Para captar clientes potenciales	Indirecta: por ejemplo, mantenimiento fácil es atrayente
Vuelos para programas de investigación	Para demostrar que ciertas actividades se pueden realizar con seguridad	Indirecta: influencia del mantenimiento en la fiabilidad de los componentes
Vuelos de desarrollo	Para probar técnicas y procedimientos antes de	Indirecta: probar técnicas requiere la aeronave en las

	realizar una determinada actividad. Ejecutados por los que la van a realizar	mejores condiciones. También, se podrían probar procedimientos como nuevos enfoques de mantenimiento
Vuelos de I+D	Para desarrollar nuevas tecnologías asociadas a los RPAS	Indirecta: por ejemplo, checklist pre-vuelo para asegurar que todo está conforme
Vuelos de prueba	Realizados por el operador como prueba de que las operaciones que va a realizar son seguras	Indirecta: misma implicación que para los vuelos para programas de investigación

*Nota: elaboración propia con información del RD 1036/2017*

Se procede de dos formas para habilitarse para cualquiera de las actividades anteriormente mencionadas (experimentales y especializadas) según peso y características de la operación. Estas dos formas se diferencian en la notificación inicial de su realización y la documentación conexas que ello conlleva. La notificación se presentará ante AESA mediante: comunicación previa o autorización. Tanto la comunicación previa como la autorización contendrán: a) Datos identificativos: operador, aeronaves, pilotos, ... b) Tipo de operación.

La documentación previa permite al operador realizar las operaciones que en ella se indican desde el momento en que se presenta dicha comunicación ante AESA. Por otro lado, la autorización está sujeta a la presentación por parte del operador y la resolución de la misma por parte de AESA. Esto último sucede en un plazo máximo de 6 meses, que cuando expiran, se entiende denegada la operación. Cada una lleva asociada consigo otra documentación adicional en apoyo de la operación, aunque hay documentos comunes en ambas (tabla 14).

Tabla 14. Documentación a presentar para la realización de operaciones especializadas o vuelos experimentales según posesión de certificado de aeronavegabilidad

<b>Operaciones Especializadas y Vuelos Experimentales*</b>	
RPAS Certificadas	RPAS sin certificar
MTOW > 25	MTOW < 25**
Operaciones según limitaciones en el certificado de aeronavegabilidad	Operaciones fuera de: a) zonas con gente, b) zona FIZ y c) espacio aéreo controlado
<b>Documentación a presentar</b>	

Autorización Previa		Comunicación Previa	
Estudio aeronáutico de seguridad			
Garantía financiera que cubra la responsabilidad civil frente a terceros (p. ej. una póliza de seguro)			
Certificado aeronavegabilidad RPA o especial para vuelos experimentales***		Caracterización de las aeronaves o, en su caso, certificado aeronavegabilidad RPA	
Condiciones o limitaciones adicionales en la operación por seguridad			
El manual de operaciones o el de instrucción ****			
Programa mantenimiento con instrucciones para la aeronavegabilidad continuada		El programa de mantenimiento	
Acreditación realización vuelos de prueba			
*	Los experimentales solo realizables en las condiciones de RPAS sin certificar, en VLOS o en TSA		
**	O que no excedan los 50 kg de MTOW si se realizan las operaciones indicadas abajo		
***	Con MTOW > 25 kg solo será necesario el certificado especial para vuelos experimentales en caso de realizar sólo dichos vuelos		
****	Dichos manuales sólo para operaciones especializadas		

Requisitos adicionales importantes para las operaciones con RPAS de más de 25 kg de MTOW es que los responsables de las operaciones han de estar lo suficientemente cualificados para ejercer todas las tareas descritas en el manual de operaciones asegurando el cumplimiento de la normativa. Entre ellos, se encuentra el personal de mantenimiento que debe asegurar la aeronavegabilidad continuada y que dispondrá de la formación adecuada según lo expuesto en los apartados anteriores sobre normativa estatal de mantenimiento. Por otro lado, también cabe remarcar la necesidad de un seguro de responsabilidad civil, pues las operaciones con drones suponen un riesgo para terceros y bienes materiales. Estos seguros suelen separarse en función del peso. Hasta 20 kg de MTOW tienen un coste y, cuando exceden los 20 kg, este va en aumento. Sin embargo, esto no ocurre con la obligación de obtener uno: es requerido para operar comercialmente independientemente del peso.

### 6.3 Normativa para RPAS de aplicación europea

Como ya se ha establecido, las RPA con MTOW mayor de 150 kg distintos de aquellas destinadas a misiones de aduanas, salvamento, servicio militar y vigilancia, además de las excluidas en el anexo II del Reglamento (CE) N°216/2008 serán competencia de la

EASA. En este punto, la EASA no ha introducido normativa específica para las RPAS en ninguno de sus reglamentos. Con relación al mantenimiento en documentos de carácter no vinculante (E.Y013-01, 2009) EASA indica que el tratamiento normativo del mantenimiento de los RPAS de competencia europea se regirá por lo establecido en el anexo I, Parte M, del Reglamento (UE) N°1321/2014 de la Comisión. Con ello, al igual que en la normativa estatal para RPAS con MTOW mayor de 1200 kg, existe un vacío en la normativa de mantenimiento aplicable en tanto que no se especifica nada en relación con las RPAS en el Reglamento. A pesar de ello, dentro de las RPAS de más de 150 kg de MTOW que son jurisdicción de AESA se encuentran: son aquellas excluidas del anexo II del Reglamento CE 216/2008, las que efectúen actividades de aduanas, policía, búsqueda y salvamento, lucha contra incendios, guardacostas o similares y las que efectúen operaciones aéreas especializadas o vuelos experimentales, con lo que prácticamente no quedan aeronaves operables que puedan ser competencia de la EASA. Por un lado, las RPAS de mayor peso se encuentran dentro de ámbitos como lucha contra incendios, militares (regidas por las autoridades militares correspondientes), salvamento, ... y por otro, por operaciones especializadas de entiende: Pastoreo, vuelos de publicidad aérea, vuelos de fotografía aérea, operaciones de reconocimiento, incluidas operaciones de cartografía aérea y actividad de control de la contaminación, vuelos de calibración, vuelos agrícolas, vuelos en eventos especiales, vuelos para la construcción, vuelos de investigación científica, ... es decir, abarcan casi todas las operaciones que actualmente se realizan con RPAS. Así pues, las RPAS que recaen en la jurisdicción de la EASA son las de transporte de mercancías y de pasajeros, ambas no permitidas actualmente, aunque con proyecciones de futuro.

### **6.3.1 Proyecciones de futuro**

Otro motivo por el que no hay incluidos procedimientos, dentro de los Reglamentos, para estas aeronaves es la nueva normativa de RPAS que se está desarrollando. Como se ha expuesto en el capítulo anterior el tratamiento se basaría en una separación de RPAS en 3 categorías según el riesgo que suponga la operación y no el peso (aviso de propuesta NPA n°2017-05 de 2017). Esto supone un enfoque diferente por lo que la EASA ha decidido centrar sus esfuerzos en desarrollar esta nueva normativa (con objetivos de estandarización) que incluir en la reglamentación la normativa según pesos.

Por otro lado, no solo en materia de RPAS, pero que también quedarían expuestos a la misma, EASA está desarrollando nueva reglamentación para la aviación ligera (Opinión 05/2016, Task force for the review of Part-M for General Aviation). A raíz de la sustitución del “término aviación” ligera por “motopropulsada compleja” ciertas aeronaves como los turbohélices con MTOW < 5700 kg que antes no eran aviación ligera ahora son aviación motopropulsada compleja, quedando expuestos a los estrictos requerimientos que este tipo de aeronaves conlleva. Por ello, se propone la inclusión de una Parte-M ligera para el Reglamento (UE) N°1321/2014 de la Comisión, así como un nuevo tipo de organización de mantenimiento (llamada Parte-CAO) para facilitar y flexibilizar el tratamiento de aeronaves de bajo MTOW. Ello introduciría las siguientes novedades para las aeronaves de MTOW < 2730 kg, ELA2 y helicópteros de menos de 1200 kg:

1. Para la aviación que no necesite de CAMO, el operador desarrolla el programa de mantenimiento sin necesidad de comunicar a la autoridad competente las desviaciones del mismo respecto a las recomendaciones del titular del certificado tipo / fabricante
2. Mayor flexibilidad para el personal certificador en aeronaves para operaciones no comerciales, con inspecciones para emitir ARC cada 100h/anuales
3. Aparición de la organización CAO que combina requisitos de organización CAMO y organización de mantenimiento subparte F. Con ello, estaría habilitada para gestión y realización del mantenimiento, revisiones de aeronavegabilidad y expedición de permisos de vuelo
4. El programa de mantenimiento se adecuaría al programa de inspección mínimo

Esta normativa afectaría en gran medida a las RPAS, pues estas, por su configuración, suelen poseer MTOW menores que la aviación tripulada.

### **6.3.2 Estándares**

Aunque EASA no haya incluido normativa en sus Reglamentos sobre RPAS, sí ha desarrollado algunas normas no vinculantes (llamadas en inglés “soft law”) como las especificaciones de certificación (CS). Estas son normas/estándares en forma de recomendaciones que detallan los requisitos de certificación de aeronaves y componentes

que demanda la EASA y que sirven para demostrar que se cumple con los requerimientos establecidos en el Reglamento (UE) N°1321/2014 de la Comisión. La aplicación de dichos estándares pretende asegurar niveles de seguridad comparables a los de la aviación tripulada. En ellos se especifican, entre otros contenidos, procedimientos requeridos para cumplir con la norma de mantenimiento: elementos a los que aplicar más mantenimiento, parámetros a tener en cuenta en el mantenimiento programado, detalles de algunas tareas de aplicación general, ...

Por un lado, EASA ha usado los CS existentes añadiendo condiciones especiales (SC) para suplir las diferencias y concreciones de las que se caracterizan los RPAS. En 2017 por ejemplo declaró el documento SC-RPAS.FC en el que especifica condiciones especiales a añadir a las especificaciones de certificación para aviones ligeros de ala fija y rotatoria, CS-VLA y CS-VLR respectivamente. Ello supone la introducción de todo el sistema asociado a la RPA (estación de control, enlaces de radio, sistemas adicionales de detectar y evitar, ...), además de las formas de control (automático, semiautomático, manual).

Por otro lado, JARUS es el gran desarrollador de estándares civiles para RPAS, y ya ha desarrollado algunos específicos para RPAS como el CS-LURS (2013) (especificaciones de certificación para aviones no tripulados de ala rotatoria ligeros), donde en su apéndice A especifica los requerimientos para la preparación de las instrucciones para la aeronavegabilidad continuada de los RPAS a los que se dirige.

Además, remarcar que los precursores de todos los estándares son los militares. Estos, si bien no exponen la estructura organizativa donde se relatan las responsabilidades en el ámbito civil de los implicados en el mantenimiento (operador, autoridad competente, CAMO, ...) proveen de procedimientos técnicos adecuados para llevar a cabo el mantenimiento. Entre ellos se destaca el estándar STANAG 4671 (2007) desarrollado por la OTAN, de aplicabilidad a RPAS de entre 150 y 20000 kg de MTOW y basado en el CS-23 de la EASA. También en él se dispone de apéndices con los procedimientos para cumplir los requerimientos de la aeronavegabilidad continuada. Este, además, es aceptado y reconocido actualmente por la EASA como estándar para la certificación de RPAS civiles.

### ¿Como elegir la norma correspondiente de certificación?

Para elegir qué estándares propios de aeronaves tripuladas son aplicables a cada RPAS, se compara la energía cinética en el impacto que tendrían según dos escenarios: impacto por pérdida total del control e impacto por aterrizaje de emergencia. A partir de ello, se hace un estudio calculando la energía cinética para cada escenario de un amplio número de aeronaves tripuladas de distinta categoría y por tanto de distinta aplicabilidad de estándares. La energía es calculada con velocidades características como la de entrada en pérdida ( $V_s$ ) por un coeficiente, la operativa máxima ( $V_{mo}$ ), ... según tipo de aeronave (ala fija, ala rotatoria) y escenario. Con esto elaborado, se calcula la energía cinética del RPAS en cuestión. Así pues, obtenemos dos valores de energía cinética, uno para cada escenario. Esto permite establecer qué estándares son aplicable a cada elemento del RPAS. Si el componente en cuestión afecta a la capacidad del RPAS a mantener una altitud segura, se le aplicará el estándar que concuerde con la energía cinética del escenario “aterrizaje de emergencia”. Por otro lado, si el componente afecta a la capacidad de mantener el control, a este se le aplicará el estándar equivalente a la aeronave tripulada con la misma energía cinética de impacto en el escenario “pérdida total de control”.

Por ejemplo, para el Global Hawk (tabla 15):

Tabla 15. Parámetros para el cálculo del estándar aplicable.

Global Hawk	MTOW	$V_s$	$V_{mo}$	E. Cinética		Estándar/es aplicable
	11600 kg	95 kts	395 kts	Perdida control	Aterrizaje Emerg.	
				3.53	0.177	CS25

*Nota: Elaborado a partir de Doc E.Y01301 EASA*

El proceso para el cálculo del estándar aplicable del Hawk (y para cualquier otro RPA) es:

1. Cálculo velocidades: Para el escenario pérdida de control la velocidad es  $1,4 \cdot V_{mo}$  y para el escenario de aterrizaje de emergencia  $1,3 \cdot V_s$
2. Cálculo de energía cinética  $\text{Energía cinética} = \text{MTOW} \times \text{Velocidad Escenario (kts)}^2$
3. Comparación con la energía cinética calculada de las aeronaves tripuladas y elección del estándar/es pertinentes. (EASA posee gráficos para facilitar la comparación)



## 6.4 Consideraciones sistema completo

Una RPAS es el conjunto compuesto por la RPA y todos los demás elementos externos a la misma que hacen posible su vuelo. Dentro del desarrollo de la normativa referente a los RPAS, este era el aspecto más novedoso respecto a la aviación tripulada. Se ha tratado de presentar recomendaciones especialmente respecto a la estación de piloto remoto y los sistemas de enlace C2 asociados. También se debería tener en cuenta los sistemas de detectar y evitar (DAA), ya que el buen funcionamiento de estos, con los anteriormente mencionados, es imprescindible para alcanzar RPA seguras y aptas para compartir el cielo con aeronaves tripuladas.

En la normativa, en mayor o menor grado, aparece la necesidad de considerar los nuevos componentes introducidos en el RPAS. En la normativa estatal se considera el enlace de mando y control mediante el artículo 13 del Real Decreto 1036/2017, que expone: “El enlace de mando y control que forma parte del RPAS deberá garantizar la ejecución de dichas funciones con la continuidad y la fiabilidad necesaria en relación con el área de operaciones”. Aunque es escasa la consideración, de mayor importancia son los procedimientos técnicos que pueden desarrollarse en estándares como lo están haciendo organizaciones como JARUS, la EASA, ...

Por otro lado, como ya se ha indicado en el apartado de la normativa europea, los nuevos elementos que introducen los RPAS ya se están tratando dentro de los estándares. Las consideraciones de mantenimiento aplicable a la estación de control son novedades en el mundo de la aviación. Por parte de la EASA, se introducen condiciones especiales (SC) a los ya existentes estándares. Estas pretenden abordar el tratamiento (entre ellos de mantenimiento) aplicable a características únicas de los RPAS como: Capacidad de recuperación de emergencia (sistema de terminación de vuelo y procedimientos de recuperación de emergencia), enlace de mando y control, nivel de autonomía (automático, semiautomático, manual), interfaz piloto-maquina, estación de control, tipo de operación, evaluación de la seguridad del sistema equipos de detectar y evitar.

La importancia de la inclusión del sistema completa en el tratamiento de las RPA también es considerada por otros entes importantes como JARUS y la OACI. Para la

OACI de especial interés es el enlace C2 y, según indica en el manual de RPAS (2011), este “proporciona funciones tan vitales como las del cableado tradicional, los cables de control y otros sistemas fundamentales”. Además, también hace hincapié en los nuevos retos en el mantenimiento que supone la posibilidad de transferencia del enlace C2 (de una RPS a otra) y el cambio de enlace terrestre a enlace por satélite. En estos casos el reto reside en que se debe mantener la aeronavegabilidad en todo el vuelo, en el cual, se están cambiando de equipos y configuraciones. Por otro lado, continuando con el enlace C2, JARUS trabaja en procedimientos para realizar una adecuada monitorización del estado del enlace C2, para garantizar el mantenimiento de la calidad del mismo y, por tanto, la seguridad de las operaciones.

## **6.5 Mantenimiento como elemento supletorio**

### **6.5.1 Certificado de aeronavegabilidad**

Como ya se ha expuesto en este mismo capítulo, las RPAS de más de 25 kg de MTOW están obligadas a poseer certificado de aeronavegabilidad. Esto además, conlleva su matriculación en el Registro de Matrícula de Aeronaves Civiles, donde se especificarán las características generales de la misma.

Así pues, las RPAS certificadas quedan bajo el cumplimiento de los requisitos expuestos en la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea. Concretamente el artículo 36 define el certificado de aeronavegabilidad como: “el documento que sirva para identificar técnicamente la aeronave, definir sus características y expresar la calificación que merece para su utilización, deducida de su inspección en tierra y de las correspondientes pruebas de vuelo”. Definición que invoca al mantenimiento en tanto que se refiere a inspecciones en tierra y pruebas de vuelo para asegurar que la aeronave sea operable. Por otro lado, en ese mismo artículo define las responsabilidades para la extensión del certificado de aeronavegabilidad. Esta, se realizará por parte AESA, la cual procederá con las correspondientes inspecciones para asegurar que la aeronave cumple con los requisitos de aeronavegabilidad. Excepciones encontramos en la aviación ultraligera (la regulación de la cual será de aplicación para los RPAS entre 150 y 450 kg de MTOW cuando se concluya la norma transitoria) en las que la tarea de revisión de aeronavegabilidad podrá desempeñarse por otras entidades aprobadas a tal efecto.

Además, para la emisión de certificados de aeronavegabilidad se seguirán los procedimientos establecido en el Reglamento (UE) N°748/2012.

### 6.5.1.2 Tipos certificado para RPAS



Figura 34. Tipos de certificado de aeronavegabilidad aplicables a RPAS

- El certificado de aeronavegabilidad aplicable a las RPAS es el certificado de aeronavegabilidad restringido (también llamado certificado aeronavegabilidad RPA). Este se incluye dentro de los certificados de aeronavegabilidad especiales (figura 33). Los pasos a seguir para este tipo de certificación por parte del operador y ASEA son:

1. El operador entrega la solicitud del certificado
2. AESA determina las bases de certificación y requisitos medioambientales. Esta, para el proceso de certificación, seguirá una instrucción circular, que marcará los procedimientos para ello. En cierto modo es como un estándar general para asegurar que se cumplen los requisitos de aeronavegabilidad.

Como se ha expuesto en el apartado de la normativa de mantenimiento europea, ya hay estándares para la certificación de RPAS, tanto para la RPA como sus sistema conexos. Para ejemplificar, los estándares que se utilizaron para la certificación del RPAS ALTEA-EKO (MTOW de 80 kg), de Flighttech System Europe, fueron:

a) STANAG 4703: LIGHT UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS AIRWORTHINESS REQUIREMENTS, desarrollado por la OTAN para RPAS de menos de 150 kg de MTOW

b) CS-VLA: certificación de especificación para aeronaves muy ligeras desarrollada por EASA, apto para la certificación de elementos estructurales de RPAS también muy ligeros.

3. El operador presenta el programa de certificación: pruebas, inspecciones, ensayos y cálculos. En este punto, se debe acreditar que se cumple con las bases de certificación. Además, el operador puede utilizar estándares adicionales a los que establece AESA. Siguiendo con la ejemplificación del ALTEA-EKO, se usaron:

a) DO-178B para el software

b) DO-254 para el hardware

c) DO-160G para las condiciones medioambientales

4. AESA aprueba el programa

5. El operador demuestra que aplica el programa de certificación

6. AESA está de acuerdo en que cumple con los requisitos de las bases de certificación, que significa que el diseño de la aeronave es correcto y que la aeronave de adecúa a tal diseño. Con ello, emitirá el certificado (figura 33)

Ejemplar nº 1		Nº 7457	
 <b>ESPAÑA</b> AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD AÉREA			
<b>CERTIFICADO DE AERONAVEGABILIDAD ESPECIAL RESTRINGIDO</b>			
1) Nacionalidad y matrícula.	2) Constructor y designación de la aeronave.	3) Nº de serie.	
EC-LYG	FLIGHTTECH ALTEA-EKO	001	
4) Categorías: PRIVADO (3) ESPECIAL			
5) El presente Certificado de Aeronavegabilidad, se otorga de acuerdo con la Reglamentación de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), según <b>Instrucción Circular 11-05A, DDC.2013 Ed.3 de fecha (16/07/2014) de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea</b> , para la aeronave antes mencionada, que se considera reúne las condiciones de aeronavegabilidad, mientras se mantenga y utilice de acuerdo con lo que antecede y las limitaciones de utilización pertinentes.			
Madrid, 21 de Julio de 2014 EL DIRECTOR DE SEGURIDAD DE AERONAVES P.D.F. (Resolución del D.S. de 27 de octubre de 2008) EL DIRECTOR DE LA OFICINA DE SEGURIDAD EN VUELO Nº 6  Marcelino Pazos Lameiro			
			Modelo 1107

Figura 35. Ejemplo de documento que acredita el certificado de aeronavegabilidad restringido de una RPA (MTOW de 80 kg). Fuente: página web Flighitech System Europe

7. Después de ello cabe entrar en el registro matriculando la aeronave

- Certificado especial para vuelos experimentales. Otro tipo de certificado de aeronavegabilidad especial es el certificado especial para vuelos experimentales (figura tal). Esta es de los certificados menos restrictivos y, aunque la RPA tenga un MTOW superior de 25 kg, si solo se dedica a realizar vuelos experimentales, no va a requerir de otro tipo de certificado. Incluirá lo siguiente:

- a) Caracterización del RPAS
- b) Establecimiento de una zona de seguridad segregada para el vuelo
- c) Estudio aeronáutico de seguridad por el que se pueda demostrar que las operaciones a realizar no presentan peligro
- d) Otros documentos que certifiquen la seguridad operacional de la aeronave
- e) Limitaciones y restricciones de la operación para tal efecto

## 6.5.2 Manual de operaciones

Siendo este el documento que marca los pasos a seguir en el desarrollo de cualquier actividad que desempeñe el operado, en este se incluyen aspectos relacionados con el mantenimiento.

### 6.5.2.1 Contenido del manual

a) *Contenido ajeno al mantenimiento:*

Objeto y alcance del manual, administración del manual, procedimientos relativos a la salud de los implicados en la operación, limitaciones horas de vuelo (esto paralelamente al mantenimiento ya que se anotan las horas de vuelo), tipos de operación a realizar, tratamiento y aviso de accidentes y sucesos adversos y anexos.

b) *Contenido relacionado con el mantenimiento en la tabla MO (tabla 16):*

Tabla 16. Contenido del manual de operaciones relacionado directa o indirectamente con el mantenimiento

Procedimientos operacionales	Procedimientos de preparación de vuelo (cómo inspeccionar, gestionar combustible o batería, ...)
	Instrucciones para la operación como chequeo pre-vuelo
	Instrucciones para después de la operación (registros)
Procedimientos operacionales de acuerdo con el tipo de avión	Masa y centro de gravedad. Cómo proceder y verificar la configuración
	Criterios y procedimientos para la calibración de equipos
	Funciones del personal: montaje, desmontaje, arranque motores, ...
Control y supervisión	Descripción de cómo el operador tiene que supervisar las operaciones (seguridad, cualificaciones del personal, validez certificados, cumplimiento mantenimiento, ...)
Organización y responsabilidades	Organigrama de todo el personal. Concretamente para cada departamento (como el de mantenimiento)
	Responsabilidades y obligaciones del personal de gestión
	Responsabilidades y obligaciones del personal de operación (entre los que se incluye el técnico de mantenimiento)
Cualificación y entrenamiento: Requerimientos	Por ejemplo, si el operador es el que realiza el mantenimiento, debe de controlarse que se cumple con la normativa: formación adecuada por parte del fabricante

Como se observa, el manual de operaciones es la base para cualquier actuación del operador. No define el detalle de las tareas de mantenimiento, pero si la estructura organizativa necesaria para establecer el programa de mantenimiento, la realización del mismo, los registros, ...

### 6.5.3 Inspecciones AESA

AESA es la encargada de controlar el cumplimiento de la normativa establecida en materia de aviación civil y, por tanto, los operadores de RPAS estarán controlados por la misma por medio de inspecciones. Especialmente para la las RPAS certificadas ya que la posesión del certificado autoriza a la realización de actividades con mayor riesgo (aunque ya están sujetas a la revisión de su certificado de aeronavegabilidad) pero para las no certificadas también se llevará a cabo la correspondiente revisión. En ellas AESA se asegura de que se cumple toda la normativa, tanto de mantenimiento como por ejemplo, de acreditaciones de los pilotos.

Así pues, se distinguen dos tipos de inspecciones según la situación del operador: Inspección declarativa (para operadores en servicio) e inspección de autorización (para nuevos operadores). Además, también se pueden distinguir las inspecciones según el alcance y los objetivos de las mismas (tabla 17). Dentro de cualquiera de las inspecciones AESA comprobará que todos los procedimientos relacionados con el mantenimiento se realizan correctamente (de acuerdo con la normativa), pues son necesarios para garantizar la seguridad operacional.

Tabla 17. Tipos de inspecciones que realiza AESA con sus características principales

Documental	Diferentes datos identificativos del operador y sus aeronaves, documentación como comunicación previa, etc
	Existencia de documentación adicional: Manual de operaciones y <b>Programa mantenimiento, registros, ...</b>
Documental detallada	Es como la anterior, pero con un estudio más detallado del contenido de los diferentes documentos
Física	Comprobación de que se cumplen los procedimientos del manual de operaciones

	Comprobación de cumplimiento de procedimiento de mantenimiento según el programa de mantenimiento
Presencial en vuelo/ operaciones	Comprobación cumplimiento de las condiciones de las operaciones: especificadas en la comunicación previa o en el certificado de aeronavegabilidad
	Comprobación de los procedimientos sobre seguridad (chequeo pre-vuelo incluido)

*Nota: elaborado a partir de <https://dronica.es/inspeccion-de-acesa-a-operadores/>*



# Conclusiones

A continuación, se exponen de manera resumida y separada las valoraciones y propuestas personales que han surgidas en la elaboración del presente proyecto y que a lo largo del texto se han desarrollado más extensamente.

El crecimiento de los drones recreativos es un hecho y este puede llegar a crear un ambiente de inseguridad debido al vasto conocimiento sobre el espacio aéreo, las normas que los rigen, el mantenimiento que requieren, ... Sería de interés la ejecución de planes para la formación de estos usuarios, ofreciendo más facilidad para realizar cursos, conferencias, formaciones ligadas a la compra de cualquier RPA, ... Si para conducir una motocicleta de 49 cc se necesita un carnet que es expedido después de haber asimilado los conocimientos sobre las reglas de circulación, no hay motivo para no actuar de forma similar en los RPA.

De gran importancia es que las compañías aseguradoras estén más presentes y faciliten los procesos de contratación ofreciendo planes más específicos para los RPAS con el objeto de apoyar a la normativa. Estas son el cinturón de seguridad de las operadoras de RPAS cuando comenten algún fallo en el seguimiento de la normativa, es decir, cuando el no seguimiento de la misma concluye en que la seguridad quede expuesta. Además, el desarrollo tecnológico cada vez es mayor, lo que aumenta el rango de posibles operaciones y, por tanto, el riesgo. Con ello, el desarrollo de normativa, incluida la de mantenimiento, debe ir paralelamente acompañado con la aseguranza, pues el crecimiento del sector depende del número de operadores y estos, estarán más dispuestos si los problemas jurídicos que pueda tener están correctamente cubiertos, no suponiendo así una barrera para entrar en el mundo de las RPA.

Primando siempre la seguridad en materia de aviación, un aspecto importante para garantizarla es que el estado de la RPA esté bajo las mejores condiciones operativas. Esto conlleva la realización el control de dicho estado y las tareas necesarias para conservarlo en esas condiciones, por lo que garantía de seguridad lleva inherente la realización del mantenimiento. Con ello, si bien es aceptable que los procedimientos para realizar el mantenimiento de RPAS de pequeño tamaño (bajo peso que conlleve

energía cinética de impacto de no riesgo) no estén regulados en demasía, para RPAS que podrían afectar a la seguridad de terceros deberían de establecerse ya procedimientos más específicos en materia de mantenimiento. La metodología, como se ha comprobado en el capítulo 6, ya está establecida pero solo se le dedica un artículo que, además, incita a la interpretación. Si bien se establecen ciertas responsabilidades, no se les remite a los lectores a otros documentos de carácter más técnico con el que basarse en los procedimientos. Además, si nos centramos en las RPA con MTOW mayor de 150 kg, las cuales necesitan más mantenimiento, la inexactitud aún es mayor. Por otro lado, la formación en mantenimiento debería estar también más regulada, pues por el momento los fabricantes son los que ofrecen los cursos formativos sin cumplir con ningún estándar. De igual modo que en los Reglamentos de la UE se contemplan los requisitos que deben cumplir los instructores que forman al personal de mantenimiento de la aviación tripulada, se debería actuar con los RPAS. Simplemente conllevaría una adaptación de lo establecido en aviación tripulada, pues ambas son aeronaves; la diferencia recae en los sistemas conexos para conseguir el control a distancia y el mayor rango de pesos (MTOW muy pequeños pueden no requerir el mismo nivel de mantenimiento).

Como ya está haciendo la EASA, la mejor manera de abordar el tratamiento (incluido la normativa de mantenimiento) de los RPAS no es considerando solo el MTOW, pues los factores de los que depende la seguridad son infinitos. Una RPA de bajo peso puede suponer comprometer la seguridad en el mismo grado o superior que una de alto peso si la operación que realiza lo conlleva, por lo que es de especial interés que no solo la EASA, sino todas las autoridades, trabajen en la creación de un marco jurídico que bases el tratamiento en función del riesgo que conlleve la operación (incluyendo en este el peso, la zona de operación, la energía cinética de impacto, ...). Además, ligada a la colaboración entre las autoridades se encuentra la idea de la estandarización que favorece el establecimiento de procedimientos más estudiados y optimizados en materia de mantenimiento, así como en otros aspectos.

# Bibliografía

NAVSEA (2007). *Reliability-Centered Maintenance (RCM) Handbook*. Revision 1. Ed. DIRECTION OF COMMANDER. Washington, D.C. pp. 2.1-2.13.

Nowlan FS y Heap HF (1978). *Reliability Centered Maintenance*. Ed. United Airlines Publications. San Francisco, CA. pp. 46-49.

PwC (2016). *Clarity from above, PwC global report on the commercial applications of drone technology*. PwC Polska. Poland. [consultado 12 de junio de 2018]. Disponible en: <https://www.pwc.pl/pl/pdf/clarity-from-above-pwc.pdf>

García, J., Muñoz, J., y Albares, J. (2018). *Guía de mantenimiento y reparación de drones (RPAS)*. Ed. Paraninfo. Madrid.

# Referencias legislativas

EASA (2016). *Opinión 05/2016, Task force for the review of Part-M for General Aviation*. Head of Product Safety Department, Colonia.

EASA (2017). *NPA 2017-05, Introduction of a regulatory framework for the operation of drones*. Head of Product Safety Department, Colonia.

EASA. (2009). *Policy Statement, Airworthiness certification of Unmanned Aircraft*

España. *Real Decreto 1036/2017, de 15 de diciembre, por el que se regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto, y se modifican el Real Decreto 552/2014, de 27 de junio, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea y el Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea*. Boletín Oficial del Estado, 30 de septiembre de 2016, núm. 316, pp. 129609 a 129641.

España. *Real Decreto-Ley 18/2014, de 4 de julio, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia*. Boletín Oficial del Estado, 5 de julio de 2014, núm. 163, pp. 52544 a 52685.

España. *Resolución de 2 de marzo de 2018, de la Dirección de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, por la que se adoptan los medios aceptables de cumplimiento y material guía, aprobados para las operaciones con aeronaves pilotadas por control remoto, en virtud de la Disposición Final Cuarta del Real Decreto 1036/2017 de 15 de diciembre*. Boletín Oficial del Estado, 18 de abril de 2018, núm. 94, pp. 40156 a 40201.

OACI. (2011). *Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS), Circular 328*. Montreal, Canadá.

OACI. (2015). *Manual sobre sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS), Doc. 10019*. Montreal, Canadá.

*Systems (UAS)*. Doc E. Y01301. Head of Product Safety Department, Colonia.

Unión Europea. *Reglamento (CE) N<sup>o</sup>216/2008 del parlamento europeo y del consejo de 20 de febrero de 2008 sobre normas comunes en el ámbito de la aviación civil y por*

*el que se crea una Agencia Europea de Seguridad Aérea, y se deroga la Directiva 91/670/CEE del Consejo, el Reglamento (CE) N°1592/2002 y la Directiva 2004/36/CE. Diario Oficial de la Unión Europea L 79, 24 de noviembre de 2009, pp. 4 a 60*

*Unión Europea. Reglamento (UE) N°1321/2014 de la comisión de 26 de noviembre de 2014 sobre el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves y productos aeronáuticos, componentes y equipos y sobre la aprobación de las organizaciones y personal que participan en dichas tareas. Diario Oficial de la Unión Europea L 362, 27 de febrero de 2017.*