Escola Politècnica Superior de Castelldefels

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TRABAJO DE FIN DE CARRERA

L'estudiant ha de triar la portada del seu TFC / PFC entre les opcions de l'apartat anterior "PORTADES", en funció de la titulació que estigui cursant i de la tipologia del TFC/PFC que hagi desenvolupat.

Título: Maqueta de TFC/PFC

Autor: Daniel Ruiz Galobardes

Director: Jorge Ramírez Alcántara

Fecha: 20 de Julio de 2009

Resumen

Este documento contiene la explicación detallada del trabajo realizado entre los meses de Abril y Julio de 2009. Esta labor ha sido llevada a cabo en colaboración con el grupo ICARUS de investigación de la EPSC, que se dedica en el desarrollo de aeronaves no tripuladas, así que el trabajo está basado en este tipo de aeronaves.

La memoria consiste en una primera búsqueda de información y análisis acerca del marco legal aeronáutico, más concretamente en los aspectos de certificación de aeronaves, tanto aeronaves convencionales como no tripuladas o UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Posteriormente se encuentra el procedimiento para obtener permisos para realizar vuelos de prueba.

Seguidamente, se puede ver cuál fue el proceso que se siguió para llegar a conocer el procedimiento para solicitar una autorización de vuelo con UAV, así como los resultados de esa búsqueda. También está explicado cómo se redactó un documento con una petición para obtener esa autorización.

Finalmente, la última parte de la memoria describe como, con qué medios y en que me basé para planificar una campaña de vuelos de prueba con una aeronave no tripulada que posee el grupo ICARUS y para redactar otro documento con esa planificación.

El contenido de esta memoria es puramente explicativo, y describe cómo se realizó la labor y cuál fueron los pasos y dificultades que aparecieron durante ese tiempo. Los resultados prácticos de la labor están contenidos en los anexos al presente documento.

Title: TFC/PFC Model

Author: Daniel Ruiz Galobardes

Director: Jorge Ramírez Alcántara

Date: July, 20th 2009

Overview

This document contains the detailed explanation of the realized work in the moths from April to July, 2009. This project has been done in collaboration with the investigation group ICARUS, a group belonging to the EPSC, which does research in the unmanned aerial vehicles, so this project is based in this kind of aircrafts.

The memory consists in a first research of information and analysis of the aeronautical legal frame, concretely in the aspects of aircraft certification of conventional aviation and also of unmanned aerial vehicle. After that, we find the procedure to obtain authorization to perform a flight test.

Then, we can see what was the process followed to know about the procedure to request for an authorization of flight for an UAV, and also the results of this information research. It is also explained how a document with a formal request to obtain this authorization was redacted.

Finally, the last part of the memory describes how, with what tools and on what I based to plan a flight test campaign with an unmanned aerial vehicle that the ICARUS group has got, and to redact another document with this planning.

Contain of this memory are purely explanative, and describes how the project was realized and which were the followed steps and difficulties that appeared during that time. The practical results of the work are contained in the appendix of this document.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 10

CAPÍTULO 1. MARCO REGULATORIO 12

1.1. Introducción 12

1.2. Marco Regulatorio para aviones convencionales 12
1.2.1. Marco Legal Aeronáutico 12
1.2.2. Certificado de Tipo 14
1.2.3. Modificaciones al Certificado de Tipo 15
1.2.4. Aeronavegabilidad 16
1.2.5. Certificado de Operador Aéreo 19
1.2.6. Approval Certificate 19

1.3. Marco Regulatorio para *Unmanned Aerial Systems* 20
1.3.1 Introducción 20
1.3.2 Principales aspectos regulados 20
1.3.3 Regulación de UAS en el mundo 21
1.3.4 Regulación en Europa 22

1.4. Procedimientos para solicitar permisos para vuelos de prueba 24
1.4.1. Concesión de permisos para aeronaves convencionales 24
1.4.2. Concesión de permisos para UAV 25
1.4.3. “NOTAMs” 25

CAPÍTULO 2. SOLICITUD DEL PERMISO DE VUELO 27

2.1. Introducción 27

2.2. Procedimiento de solicitud de permisos de vuelo para UAV 27

2.3. Búsqueda de procedimientos 29

2.4. Tramitación de la autorización 30

2.5. Redacción de la solicitud 31
2.4.1 Análisis del proceso de redacción 32

2.6. Entrega del documento 36

2.7. Resultados de la solicitud 36

CAPÍTULO 3. PLANIFICACIÓN DE LA CAMPAÑA DE VUELOS 37

3.1 Introducción 37

3.2 Redacción de la planificación 38
3.2.1 Búsqueda de requisitos 38
3.2.2 Asociación de procedimientos 39
3.2.3 Agrupación por días 42
3.2.4 Identificación de la logística 43

3.2.5 Identificación de la seguridad 45
3.2.6 Otra información añadida 46

CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS 47

4.1 Conclusiones 47

4.2 Futuros trabajos 48

REFERENCIAS 49

Quiero agradecer el esfuerzo hecho por Enric Pastor, Joshua Martínez, Marc Pérez, Cristina Barrado, y al grupo ICARUS en general por ayudarme desinteresadamente en este proyecto.

Lista de Figuras

Fig. 1.1. Diagrama del marco legal aeronáutico. 13
Fig. 1.2. Las distintas definiciones de aeronavegabilidad. Fuente: AESA 17
Fig. 1.3. Proceso para garantizar de la aeronavegabilidad 18
Fig. 1.4. Diagrama de las distintas organizaciones reguladoras 22
Fig. 1.5. Ejemplo de NOTAM. Fuente: Icaro XXI 26
Fig. 2.1. Vista en planta del Shadow MK-1 32
Fig. 2.2. Circuitos diseñados de muestra 33
Fig. 2.3. Superposición de un circuito sobre el aeródromo de Alfés 34
Fig. 2.4. Superposición de un circuito sobre el aeródromo de Benabarre 35
Fig. 2.5. Diagrama de aportaciones a la redacción de la solicitud 35
Fig. 3.1. Modelo de proceso de verificación del ARP4754 37
Fig. 3.2. Diagrama del procedimiento proc_rc_01 41
Fig. 3.3. Diagrama del procedimiento proc_ap_04 41
Fig. 3.4. Distribución de procedimientos 42
Fig. 3.5. Diagrama de Gantt de la campaña de vuelos 43

Lista de tablas

Tab. 3.1. Ejemplo de Requisitos 38
Tab. 3.2. Matriz de requisitos Vs. Procedimientos 40
Tab. 3.3. Ejemplo de un *check-list* de logística 44
Tab. 3.4. Ejemplo de un *check-list* de seguridad 46

Glosario de términos

Término	Definición
AA	Airworthiness Authorities
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aerea
AFM	Aircraft Flight Manual
AMM	Aircraft Maintenance Manual
AOC	Air Operator Certificate
AP	AutoPilot
ARP	Aerospace Recomended Practice
ATC	Air Traffic Control
ATM	Air Traffic Management
C3SS	Command, Control, Communication, Spectrum & Security
CE	Comisión Europea
CS	Certification Specifications
DGAC	Dirección General de Aviación Civil
EASA	European Aviation Safety Agency
eDEP	Early Demonstration & Evaluation Platform
EPSC	Escola Politécnica Superior de Castelldefels
EUROCAE	European Organization for Civil Aviation Equipment
FAA	Federal Aviation Administration
FCOM	Flight Crew Operating Manual
ICARUS	Intelligent Comunications and Avionics for Robust Unmanned Systems
IFR	Instrumental Flight Rules
IPC	Illustrated Parts Catallogue
JAA	Joint Aviation Authorities
JAR	Joint Aviation Requirements
MEL	Minimum Equipment List
NOTAM	NOtice To Air Men
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
RC	Radiocontrol
RD	Real Decreto
RFA	Requisito Funcional del piloto automático
RFM	Requisito Funcional del Motor
RFP	Requisito Funcional de Performance
RFS	Requisito Funcional de Sistema
RL	Requisito de Logística
RS	Requisito de Seguridad
SG	Subgrupo
SRM	Structural Repair Manual
TSM	Trouble Shooting Manual
UAS	Unmanned Aerial System
UASSG	Unmanned Aerial System Study Group
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VLOS	Visual Liine of Sight
WBM	Weight & Balance Manual
WG	Working Group

INTRODUCCIÓN

Este trabajo ha sido realizado con la finalidad de crear una planificación de vuelos de prueba para el UAS (*Unmanned Aerial System*, de sus siglas en inglés) que posee el grupo ICARUS, un grupo de investigación de la EPSC que se dedica, de forma experimental, a la investigación y el desarrollo de este tipo de aeronaves. Para realizar este trabajo nos hemos encontrado con varias dificultadas, la más remarcable es que el marco regulatorio para UAS no existe y tampoco ningún procedimiento para solicitar autorizaciones para realizar pruebas con ellos, ya que otro de los objetivos del trabajo era identificar dicho procedimiento. Para afrontar estas dificultades se ha realizado un intenso trabajo de investigación y búsqueda de información.

El proyecto está estructurado en tres grandes capítulos:

El primero trata sobre la certificación de aeronaves y el marco legal aeronáutico, haciendo un paralelismo entre la aviación convencional y los aviones no tripulados. Se da una explicación y un motivo para cada uno de los certificados que una aeronave debe poseer. A continuación, se describen los procedimientos para obtener una autorización para realizar vuelos de prueba, también en el caso de un avión tripulado y uno no tripulado. El motivo por el que hice este capítulo es porque necesitaba empezar a conocer cosas sobre aviación no tripulada y pensamos que buscar el marco regulatorio y compararlo con el marco regulatorio para aviación convencional sería una buena forma de empezar.

De la búsqueda del procedimiento para conseguir autorizaciones para vuelos de prueba se deriva el segundo capítulo, que trata de los pasos que seguí para conocer ese procedimiento sobre cómo obtener una autorización de vuelo para un UAV, todos los contactos que tuve y a quien me dirigí para conseguir lo que quería y la explicación del posterior documento que creé con la finalidad de formalizar una solicitud para que AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea) [1] estudiara la posibilidad de concedernos los permisos.

Finalmente, el tercer y último capítulo habla de la planificación de una campaña que he propuesto y de la creación de un segundo documento donde aparece dicha planificación totalmente detallada. En este capítulo se describen los métodos que he utilizado para planificar la campaña y cuál ha sido el resultado.

Las dos últimas partes el contenido son una explicación de lo que he hecho durante este tiempo y del trabajo de investigación que se ha ido realizando. No es un resumen de esos documentos aparte también mencionados, aunque se pueden consultar en los anexos.

El tercer capítulo es el que *a priori* debía ocuparme la mayor parte de mi trabajo pero las dos anteriores ocuparon más tiempo de lo esperado, de tal forma que al final, he podido dedicar más o menos el mismo tiempo para cada capítulo. Esta redistribución del tiempo no ha sido en vano, pues el documento de

solicitud que creé para que se nos concediera una autorización de vuelos actuó como detonante para llegar a un acuerdo verbal para que realizáramos las pruebas en una zona en concreto, y por el momento nuestra solicitud está siendo estudiada por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

A lo largo de los más de cuatro meses en los que he estado realizando el trabajo he mantenido varias reuniones tanto con miembros del grupo ICARUS como con empresas, he hecho visitas a varios sitios como por ejemplo la Oficina de Seguridad en Vuelo del aeropuerto de Sabadell, aparte de tener reuniones de seguimiento con mi tutor entre una y dos veces por semana.

CAPÍTULO 1. MARCO REGULATORIO

1.1. Introducción

En este capítulo se recoge el trabajo que realicé durante aproximadamente el primer mes de trabajo. Aquí encontramos un estudio del marco regulatorio tanto para aviación convencional como para aviones no tripulados. Hay que decir que, mientras la certificación de aviones convencionales está definida hasta el último detalle, la certificación de UAV's es hoy en día un campo lleno de dudas y preguntas sin respuesta que requieren de una gran coordinación internacional así que actualmente la regulación se encuentra en un estado muy preliminar.

1.2. Marco Regulatorio para aviones convencionales

Toda aeronave necesita tener una serie de documentos que permiten que, a efectos legales, pueda volar. Las reglas a seguir para su certificación son las reglas JAR-21 [2]. Este conjunto de reglas viene a ser una recopilación de "*los procedimientos para la certificación de aeronaves civiles o productos y piezas relacionados con ellas, que toman como referencia lo establecido en el anexo 8 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, para cubrir los diferentes asuntos que en él se contemplan, de modo que garantizan el cumplimiento de los requisitos sustanciales de dicho anexo e, incluso, establecen estándares de seguridad superiores*", según cita el Real Decreto 660/2001 [3], de 22 de Junio, por el que se regula la certificación de las aeronaves y de los productos y piezas relacionados con ellas.

Este conjunto de reglas tiene varios objetivos y ámbitos de aplicación, sin embargo, haré hincapié en los siguientes:

- Los requisitos de procedimientos para la emisión de Certificados de Tipo;
- Los requisitos de procedimientos para la emisión de cambios a dichos certificados;
- Los requisitos de procedimientos para la emisión de Certificados de Aeronavegabilidad.

1.2.1. Marco Legal Aeronáutico

Para esquematizar el marco legal aeronáutico he extraído el diagrama que vemos a continuación de mis apuntes de la asignatura "Introducción a la Operación de una Aeronave Comercial" [4] impartida en la EPSC, pero para entenderlo, antes hay que entender las distintas partes que actúan a la hora de certificar una aeronave. Las cuatro partes diferenciadas son las que he llamado

“AA”, Airworthiness Authorities, el productor de la aeronave, la compañía operadora y el centro de mantenimiento.

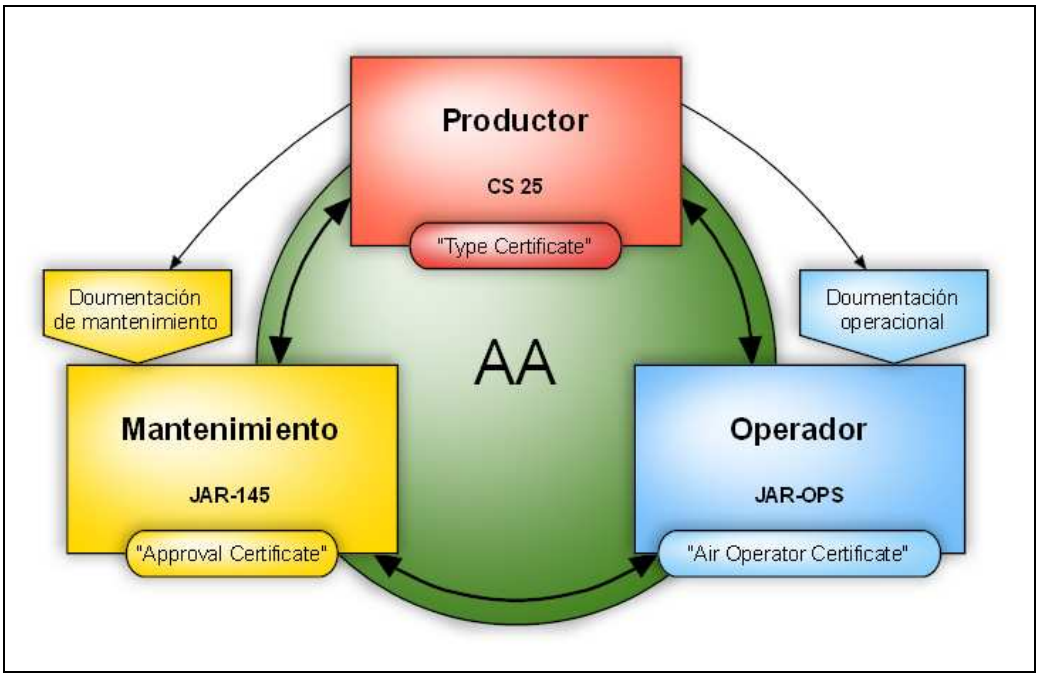

Fig. 1.1. Diagrama del marco legal aeronáutico.

Las autoridades (EASA en EUROPA, FAA en EEUU,…) publican los distintos documentos que deberá seguir cada uno para desempeñar correctamente su trabajo. El primer documento es el CS 25 [5] (también podría ser 21, 22, 23, 27 o 29, todos ellos de EASA, dependiendo de la aeronave a construir, el 25 en concreto es para *large aeroplanes*), que da las especificaciones de certificación a la hora de diseñar y construir una aeronave. El segundo es el JAR-OPS [6], publicado por la JAA (EASA publica el CS-OPS), que es un pliegue de documentos que tratan desde el transporte aéreo comercial, hasta las directivas para vuelos simulados, los requisitos operacionales de aeronavegabilidad, o las directivas para la *Minimum List Equipment*. El tercer y último documento es el JAR-145 [7], que trata sobre la aprobación de la organización del mantenimiento.

Si cada una de las partes implicadas sigue al pie de la letra los requisitos del documento que deben seguir, cada uno recibe el certificado pertinente: el Certificado de Tipo conforme el productor ha hecho un trabajo correcto, el Certificado de Operador Aéreo conforme la compañía dispone de los medios y es capaz de hacer volar el avión de forma segura, y el *Approval Certificate* conforme la aeronave sigue un control exhaustivo de mantenimiento en un centro capaz y competente.

Finalmente, para que Operador y Centro de Mantenimiento conozcan la aeronave, sepan utilizarla y hacer sus reparaciones, el Productor elabora una serie de manuales operacionales y de mantenimiento. La documentación operacional está formada por el AFM (*Aircraft Flight Manual*), el FCOM (*Flight*

Crew Operating Manual) y el WBM (*Weight & Balance Manual*). La documentación de mantenimiento está formada por AMM (*Aircraft Maintenance Manual*), SRM (*Structural Repair Manual*), TSM (*Trouble Shooting Manual*), IPC (*Illustrate Parts Catalogue*) y otros.

1.2.2. Certificado de Tipo

Según está indicado en la página web oficial de la Dirección General de Aviación Civil [8], el certificado de Tipo es un certificado que valida un proyecto de aeronave desde el punto de vista del cumplimiento de la regulación y la normativa de aeronavegabilidad. El proceso de certificación se inicia durante la fase de proyecto, de manera que el fabricante pueda introducir modificaciones que resulten necesarias para cumplir con las normas técnicas de aeronavegabilidad. La solicitud de la aprobación del nuevo proyecto se hace llegar a EASA [9] (*European Aviation Safety Agency*), y la deberá hacer todo constructor que desee lanzar al mercado un nuevo tipo de aeronave, o un nuevo modelo de una aeronave ya existente. Normalmente, si el constructor es español, EASA encargará los correspondientes trabajos técnicos a la DGAC [8].

La Dirección General de Aviación Civil verificará que el proyecto de la aeronave se ajusta a las normativas técnicas de aeronavegabilidad vigentes en todos los ámbitos (estructura, diseño, construcción, sistemas…)

Este proceso puede durar hasta cinco años para un tipo nuevo de avión o helicóptero de transporte, y hasta tres años para un avión o helicóptero pequeño. Cuando se trata del lanzamiento de un nuevo modelo de un avión ya existente, el tiempo de certificación se reduce considerablemente.

El proceso de certificación incluye:

- La presentación del solicitante de los correspondientes planos y memorias de cálculo;
- La inspección física de diferentes aspectos de la aeronave;
- La realización de ensayos de laboratorio para verificar diferentes aspectos, como por ejemplo resistencia de los materiales y su comportamiento frente a agentes externos;
- La realización de ensayos estructurales, donde se verifica la resistencia de la estructura del ala, fuselaje, tanto estática como a fatiga.
- La realización de ensayos en tierra para verificar aspectos que van desde la compatibilidad electromagnética y posibles interferencias de los equipos electrónicos de a bordo a la no ingestión de agua por los motores en condiciones de pista inundada, así como las actuaciones en tierra de la aeronave.
- La realización de ensayos en vuelo, donde se verifican las actuaciones y las cualidades de vuelo, llevando el avión a extremos de sus condiciones de diseño de vuelo (envolvente), y mucho más allá de las condiciones normales que se encontrará durante su vida en servicio.

Una vez superados todos y cada uno de estos procesos, el interesado realiza una declaración formal de cumplimiento, y el equipo de certificación de la Dirección General de Aviación Civil [8] remite a EASA [9] un exhaustivo informe final, sobre cuya base la Agencia emite el Certificado de Tipo.

1.2.3. Modificaciones al Certificado de Tipo

Cuando un fabricante u organización o cualquier aficionado desea realizar cambios en una aeronave, el Certificado de Tipo de ésta debe ser modificado ya que estamos modificando el Diseño de Tipo de la aeronave. La regulación a seguir en este caso es la Subparte D o la Subarte E, dependiendo del tipo de cambio y de quien lo solicita, de las reglas JAR 21 [2], y el texto que sigue es lo que dicha reglamentación dice.

Se clasifican los cambios en dos tipos: cambios menores y cambios mayores. Un "cambio menor" es, según las reglas JAR 21 [2], aquel que "*no tiene un efecto aplicable en el peso, centrado, resistencia estructural, fiabilidad, características operacionales u otras características que afecten la aeronavegabilidad del producto*". Un "cambio mayor" es todo cambio que sí afecta a uno o varios aspectos de los anteriormente citados.

1.3.2.1 Cambios menores

Los cambios menores del Diseño de Tipo pueden ser aprobados directamente por la Autoridad o indirectamente a través del uso por una organización de diseño debidamente aprobada, de procedimientos de modificación que hayan sido acordados con la Autoridad.

1.3.2.2 Cambios mayores

La Autoridad aprueba un cambio mayor a un Diseño de Tipo si:

- Se demuestra de manera aceptable que el producto modificado cumple con los requisitos aplicables;
- Cualesquiera de las disposiciones sobre aeronavegabilidad que no se cumplan quedan compensadas por factores que suministran un nivel de seguridad equivalente;
- Ninguna peculiaridad o característica hacen inseguro al producto para los usos para los que se pide certificación.

Para realizar un cambio mayor en una aeronave primero debemos asegurarnos que este cambio está autorizado por EASA [9]. Luego deberemos comprar la patente, que es única e intransferible, es decir, si queremos aplicar el cambio a dos aviones, debemos comprar dos patentes, una para cada avión. Más

adelante, hay que acudir a la Oficina de Seguridad en Vuelo para pedir los permisos y demostrar que se cuenta con los medios necesarios, tanto técnicos como humanos, para hacer la modificación. Habrá que demostrar que el interesado cuenta con una experiencia humana previa en realización de modificaciones mayores parecidas.

Cada cambio autorizado para un modelo de avión está descrito en un documento llamado *Stress Report*. En este documento encontraremos los pasos a seguir para realizar la modificación, además de los requisitos que debe tener una vez instalado el cambio y una serie de análisis, recomendaciones y conclusiones.

El encargado de la supervisión del mantenimiento utiliza el *Stress Report* para notificar que todo lo que se va haciendo se hace en base a este documento.

Cuando ya se ha acabado el proceso de modificación, se tienen que realizar una serie de pruebas en tierra (también descritas en el *Stress Report*)

1.2.4. Aeronavegabilidad

La información que encontramos en la web de AESA [1] sobre aeronavegabilidad es lo suficientemente clara como para tener una idea del propio concepto de aeronavegabilidad y del certificado que a ello va unido.

1.3.3.1 Concepto de Aeronavegabilidad

El concepto de aeronavegabilidad está asociado al estado de seguridad de un avión y lleva asociadas tres definiciones detalladas a continuación:

Aeronavegabilidad: es la capacidad de un avión para estar listo para volar de forma segura en cualquier ambiente y circunstancias para las que ha sido diseñado y certificado por el fabricante.

Aeronavegabilidad continuada: se entiende como el conjunto de actividades necesarias para garantizar que un avión permanece seguro a lo largo de su vida útil.

Aseguramiento de la aeronavegabilidad continuada: entendida como la confianza de que existen sistemas robustos en funcionamiento que garantizan la aeronavegabilidad continuada del avión en cada momento.

La figura siguiente muestra cómo estos tres conceptos se relacionan mediante distintos organismos como las Autoridades Aeronáuticas, OACI, las compañías operadoras, los diseñadores y fabricantes y las organizaciones, el mantenimiento y la aeronavegabilidad. Todos juntos garantizan el cumplimiento de estos tres conceptos.

Fig. 1.2. Las distintas definiciones de aeronavegabilidad. Fuente: AESA

1.3.3.2 Certificado de Aeronavegabilidad

Una vez en la fase de explotación comercial de la aeronave, para que esta se considere aeronavegable, y por tanto como segura para ser operada, las condiciones de la misma han de corresponder con las recogidas en el certificado de tipo por la autoridad competente durante la etapa de diseño. Además, para el reconocimiento de la aeronavegabilidad, habrá que demostrarse física y documentalmente que:

- Se hayan realizado las operaciones de mantenimiento programado que le correspondan conforme al Programa de Mantenimiento aprobado por el organismo competente (DGAC en España) para cada flota de aeronaves y establecido sobre la base del programa de mantenimiento genérico que ha sido establecido por el constructor;
- Que se esté realizando seguimiento específico del mantenimiento no programado en caso de que se produzcan averías, realizándose los correspondientes estudios de fiabilidad.

Una vez que la documentación, inspecciones y pruebas pertinentes demuestren que la aeronave está en condiciones para su utilización de forma segura de acuerdo con su certificado de tipo, se expide el certificado de aeronavegabilidad.

Este es un certificado vivo, es decir, que hay que ir renovándolo periódicamente, con tal de detectar y corregir oportunamente cualquier anomalía, así como verificar que se cumplen las hipótesis de fiabilidad realizadas durante el proceso de certificación.

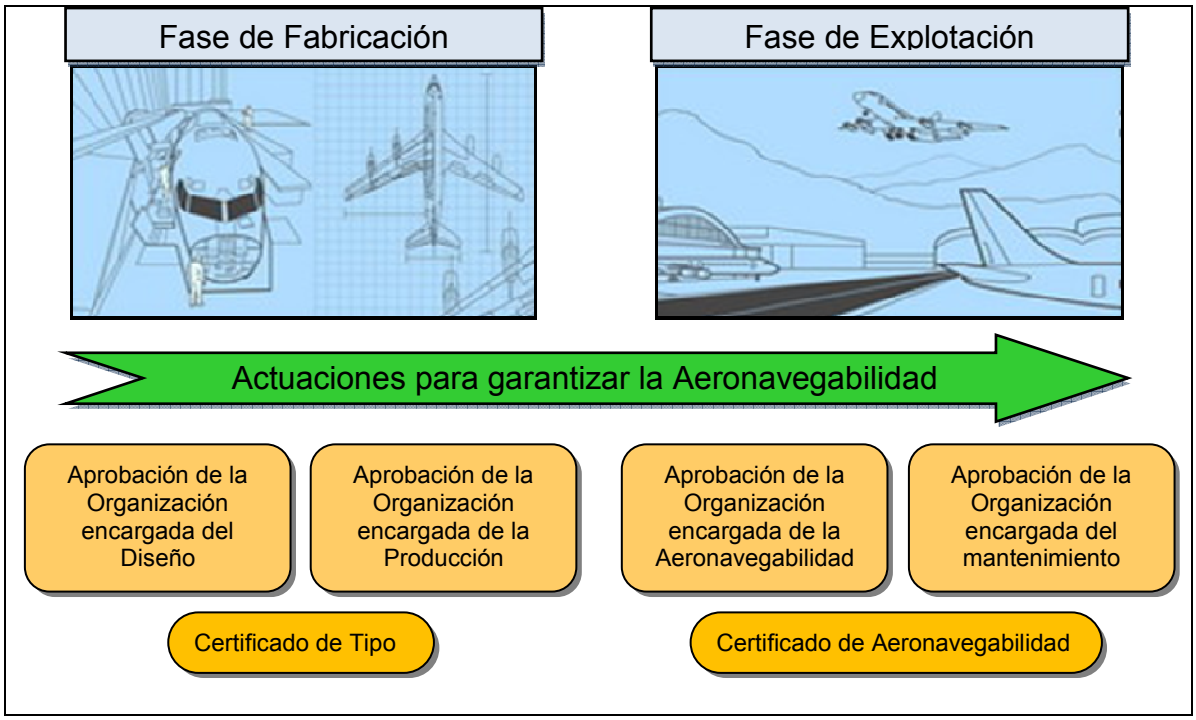

Fig. 1.3. Proceso para garantizar de la aeronavegabilidad

1.3.3.3 Inspecciones

Para garantizar la aeronavegabilidad continuada de una aeronave, se hacen varias inspecciones a lo largo de la vida útil de esta. Estas inspecciones se realizan en ciclos de tres años, haciendo un tipo de inspección distinta cada año, a menos que no haya cambios importantes en el avión, y excepto cuando el avión es nuevo. En este caso se le realizan los tres tipos de inspección al principio y a partir de ahí se empiezan los ciclos trianuales.

El primer año se hace una inspección documental. El interesado debe mandar a las autoridades toda la información referente a los trabajos que ha hecho el avión en ese año, léase: la información técnica del avión, los boletines de los cambios que se hayan introducido en este, documentación del responsable así como del piloto que haya trabajado con él, un informe de las horas que ha estado en el aire,…

El segundo año se añade a la inspección una supervisión exterior del avión en tierra. Además de tener que entregar toda la documentación actualizada que se entregó un año antes, se hace un reconocimiento exterior mirando que no haya ningún problema.

Finalmente, el tercer año, a la entrega de documentación y de la supervisión exterior se añade una fase de inspección en vuelo, donde el interesado deberá seguir las instrucciones que el inspector le irá transmitiendo con tal de demostrar que el avión puede seguir realizando las tareas para los que ha sido diseñado.

1.2.5. Certificado de Operador Aéreo

El *Air Operator Certificate* (AOC) es un documento expedido a una empresa o a un grupo de empresas por las autoridades competentes de un Estado miembro en el que se acredite que el operador en cuestión posee la capacidad profesional y la organización necesarias para garantizar la operación de aeronaves en condiciones seguras para las actividades aeronáuticas especificadas en el mismo.

Este certificado se expide a consecuencia de haber obtenido previamente una licencia de explotación, que es una autorización concedida por el Estado miembro competente a una empresa, por la que se le permite el transporte por vía aérea de pasajeros, correo y/o carga, a cambio de remuneración y/o pago de alquiler, en las condiciones que figuren en la licencia.

El documento regulatorio para la normativa de emisión de certificados de operador aéreo es el Orden de 12 de Marzo de 1998 [10], que trata de la concesión y el mantenimiento de licencias de explotación a las compañías aéreas.

Este certificado garantiza aspectos como la seguridad y la organización empresarial, pero también garantiza que la empresa cuenta con los medios profesionales necesarios para llevar a cabo el tipo de explotación comercial.

1.2.6. Approval Certificate

El *Approval Certificate* es el certificado que se entrega a la empresa propietaria de la aeronave conforme esta ha seguido los diversos aspectos para mantener la aeronavegabilidad continuada y ha seguido las recomendaciones emitidas tanto por las autoridades como por el productor de la aeronave.

El documento regulatorio a nivel europeo es el Reglamento (CE) n° 2042/2003 de la Comisión [11], de 20 de noviembre de 2003, 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. En la parte M del anexo 1 del citado documento están las directivas para conseguir el *Approval Certificate* así como su formato.

1.3. Marco Regulatorio para *Unmanned Aerial Systems*

1.3.1 Introducción

El hecho de que la aeronáutica sea un campo tan bien definido, es en parte culpa a toda la regulación que actúa de soporte, como los cimientos en una casa, y hace que la aviación esté declarada como el medio de transporte más seguro.

La aparición de los sistemas aéreos no tripulados no es más que otro reto de desafío contra la tecnología y el desarrollo que como rama perteneciente a la aeronáutica necesita también de una regulación y de una estandarización tal que volar con un UAV sea totalmente seguro. Para ello se requiere de un esfuerzo regulatorio y de una coordinación internacional que al final garantizarán que la integración de aviones no tripulados en el espacio aéreo, en un futuro no muy lejano, sea segura.

En este apartado del proyecto se pretende identificar el estado actual de la regulación aplicable a los UAS. El siguiente contenido debe leerse con el conocimiento previo de que tanto el desarrollo de la tecnología UAS como su regulación se hallan en un estado muy preliminar, sin embargo, cabe esperar que la certificación de aeronaves no tripuladas se acercará mucho a la de las aeronaves convencionales aunque seguramente será más restrictiva en muchos aspectos.

1.3.2 Principales aspectos regulados

Como ya hemos visto en el apartado 1.2, las aeronaves convencionales deben cumplir una serie de normas y estándares que involucran tanto el avión y sus componentes como al piloto y a la compañía que opera la aeronave. A continuación se describen los diferentes aspectos a los que se prevé que un UAS esté sujeto en el futuro, teniendo en cuenta los documentos consultados y el estudio hecho en el citado apartado para aeronaves convencionales.

1.3.2.1 Certificado de Tipo

De igual manera que las aeronaves convencionales, se prevé que sea un requisito básico que los aviones no tripulados tengan un certificado de tipo que valide un proyecto de aeronave no tripulada desde el punto de vista del cumplimiento de la regulación y la normativa de aeronavegabilidad, una vez está esté definida.

1.3.2.2 Certificado de Aeronavegabilidad

También se prevé que los UAV hereden la obligación de tener un certificado de aeronavegabilidad. Igual que a las aeronaves convencionales, este certificado demostrará que el avión es capaz de volar de forma segura al realizar las operaciones para las que ha sido diseñado.

1.3.2.3 Operación de aeronaves

Según recomienda OACI en la parte 1 de su Anexo 6 [12], la vigilancia de un operador aéreo es normalmente responsabilidad de la autoridad competente del estado del operador. Está previsto que de cara a un futuro no muy lejano se apruebe en EASA un procedimiento para autorizar operaciones basado en el procedimiento de la FAA, llamado COA, el cual se describe más adelante, en el apartado 2.2.. Esas autorizaciones serán expedidas para operaciones es espacio aéreo segregado y no poblado.

1.3.2.4 Protección medioambiental

Es válido suponer que para la protección medioambiental, la mayoría de los estados basaran su regulación sobre certificación de ruidos en los estándares expuestos en el Anexo 16 de OACI, “Protección Medioambiental”.

1.3.3 Regulación de UAS en el mundo

Existe un interés a nivel internacional de muchas organizaciones de estar al corriente de cómo se desarrolla la regulación de los UAS, incluso algunas quieren participar en la definición del marco regulatorio. Se han creado varios grupos de estudio como por ejemplo UASSG, perteneciente a OACI, y que tiene representación de los pilotos y también de los proveedores de servicios de navegación aérea.

El UASSG (*Unmanned Aircraft System Study Group*) es un grupo muy reciente, tuvo su primera reunión en Abril de 2008. Este grupo pretende, entre otros objetivos:

- Ser el punto central y coordinador de todos los temas relacionados con UAS dentro de OACI.
- Desarrollar un concepto de regulación para UAS.
- Contribuir al desarrollo de especificaciones técnicas por otros cuerpos.

A nivel europeo la organización con más peso es EUROCAE, que ha creado el WG73, un grupo de trabajo dedicado exclusivamente al estudio de aeronaves no tripuladas, del que se habla seguidamente. A nivel estadounidense la organización es la FAA.

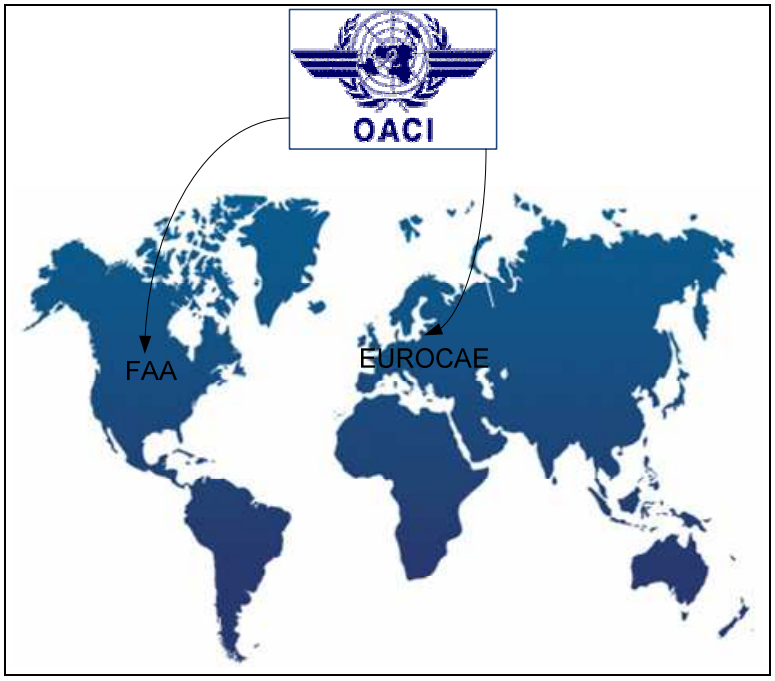

Fig. 1.4. Diagrama de las distintas organizaciones reguladoras

1.3.4 Regulación en Europa

La regulación para UAS en Europa se está haciendo de forma conjunta para facilitar y reducir esfuerzos tanto en l diseño de la reglamentación como en la posterior aplicación. El primer documento publicado relacionado con la regulación de UAS civiles fue el *Task Force [13]*, hecho conjuntamente entre Eurocontrol y JAA el año 2004.

Posteriormente, EUROCAE creó el grupo de trabajo WG73 con representaciones de autoridades, organizaciones militares, productores de aeronaves, industria de UAS, y a su vez se crearon cuatro subgrupos.

Dado el corto periodo que los grupos llevan formados, no se han publicado documentos regulatorios definitivos aplicables.

1.3.4.1 EUROCAE WG73

Este grupo de EUROCAE destaca por ser el grupo que hace propuestas más cerradas. Dentro del WG73 se encuentran representadas las instituciones

regulatoria europeas (EASA, JAA, DGAC del Reino Unido), fabricantes de aeronaves o sistemas y usuarios. Tanta diversidad otorga una gran representatividad a sus recomendaciones.

La política del WG73 es tratar a los UAV de la misma forma y con las mismas exigencias que cualquier otro usuario del espacio aéreo. Esto se traduce en adoptar las regulaciones ya existentes para el resto de usuarios y adaptarlos en los casos que sea necesario y creando nuevas regulaciones que cubran aquellos aspectos que hasta ahora no se tenían en cuenta.

El WG73 se ha dividido en cuatro grupos, que son los siguientes:

- SG1 – *Operations*
- SG2 – *Airworthiness*
- SG3 – *Command, Control, Communication, Spectrum & Security* (C3SS)
- SG4 – *UAS for VLOS operations*

El objetivo principal del SG1 es el de desarrollar una síntesis de las diferentes metodologías de *Safety* a nivel operacional. Esto es por causa de que independientemente de la configuración de la aeronave, existe una seria de riesgos inherentes a la utilización del espacio aéreo por parte de la aeronave. La ausencia de tripulación modifica las consideraciones de seguridad operacional aplicables a aviones que si que están tripulados.

La misión del SG2 es el de proponer recomendaciones sobre criterios de aeronavegabilidad genéricos. Los esfuerzos se han estructurado en torno a campos como por ejemplo:

- Objetivos globales de *safety* para UAS
- Certificado de aeronavegabilidad restringida versus certificado de tipo
- Guías de adaptación para las EASA CS
- Aspectos de aeronavegabilidad del *Sense & Avoid*
- Recuperación de emergencia
- Aeronavegabilidad continuada

Uno de los principales temas de los que se encarga el SG3 es la utilización del espectro de radiofrecuencia para el control y monitorización de los UAS. Al ser un campo muy novedoso y con una posible expansión importante a nivel mundial, es razonable pensar que existirá una banda de frecuencia destinada única y exclusivamente a UAS, pero hay que tener en cuenta que el espectro, hoy por hoy, está muy saturado, con lo que este grupo trabaja en estudios técnicos de necesidades de telecomunicaciones.

El SG4 se creó con el objetivo de crear una regulación que permita iniciar los vuelos de UAS en condiciones especialmente restringidas, debido a la gran complejidad de las tareas regulatorias que tienen los otros tres grupos.

1.4. Procedimientos para solicitar permisos para vuelos de prueba

En este apartado veremos cuál es el procedimiento a seguir para que se nos conceda la autorización para realizar vuelos de prueba, primero lo veremos para aeronaves convencionales y después para aeronaves no tripuladas.

1.4.1. Concesión de permisos para aeronaves convencionales

Una vez conocido todo el marco legal aeronáutico que hay detrás de una aeronave convencional, hace falta saber cómo se debe proceder para realizar un vuelo de pruebas.

Para poder hacer este apartado, aproveché una visita que miembros del grupo ICARUS debían hacer a la empresa Air-med S.A. (dedicada a trabajos aéreos), en Girona, para hablar con un miembro de la división de operaciones de la empresa, el señor Javier Hevia, que muy amablemente accedió a responder a mis dudas.

Lo primero de todo, y lo más importante, es que todos los certificados y licencias anteriormente descritas estén actualizadas y en vigor para el día de las pruebas. Para pedir autorización para que nos dejen realizar un vuelo de pruebas debemos rellenar un formulario que la AESA pone a nuestra disposición en su web [1].

Cuando se concede el permiso hay que hacer las gestiones a nivel aeroportuario. Habrá dos cosas a tener en cuenta, la primera es que si vamos a realizar un vuelo IFR (Instrumental Flight Rules) hay que pedir un *slot,* y la segunda es que tendremos que pagar unas tarifas, que son las tarifas estándares de Aena recogidas en el documento “Guía de Tarifas 2009”, para el año presente, por lo que deberemos pagar una cantidad de dinero para despegar y aterrizar en función del peso de nuestro avión.

Como en todos los vuelos hay que rellenar un plan de vuelo. Como la finalidad de un vuelo de pruebas es demostrar que el avión es seguro después de, por ejemplo, haber aplicado una modificación, el vuelo se hace con el mismo origen y destino, y es el inspector de las pruebas el que se encarga de dar las ordenes de ruta, una vez se está volando, por lo que la casilla de “Ruta” en el plan de vuelo, no se rellena.

El *Flight Plan* se trata de forma normal a nivel aeroportuario, el departamento de coordinación lo estudia y lo valida si todo es correcto (si no está todo bien, lo devuelven para hacer los pertinentes cambios) y después se pasa a ATC, *Air Traffic Control*, así los controladores tienen conocimiento de tu tarea.

1.4.2. Concesión de permisos para UAV

El contenido de este apartado se puede ver en el punto 2.2, ya que es parte de los resultados de la búsqueda que se realizaron durante la elaboración del segundo capítulo: SOLICITUD DEL PERMISO DE VUELO.

1.4.3. "NOTAMs"

Es posible que para realizar un vuelo de pruebas, ya sea para aeronaves tripuladas como para no tripuladas, se tomen una serie de medidas de seguridad para evitar posibles peligros. Estas medidas podrían ir desde un cambio en una ruta hasta el cierre total de un aeropuerto. La herramienta utilizada en aeronáutica para informar de esta serie de cambios es el NOTAM.

Un NOTAM (*NOtice To AirMen*, de sus siglas en inglés) es un tipo de información aeronáutica. El departamento encargado los crea y los publica según las especificaciones del Anexo 15 del Convenio Internacional de Aviación Civil [16], y se crean para alertar de cualquier tipo de peligro en una ruta o en un lugar en concreto. Según cita el documento nombrado anteriormente, un NOTAM *se expedirá prontamente cuando la información que se tenga que distribuir sea de carácter temporal y de corta duración o cuando se introduzcan con poco tiempo de preaviso cambios permanentes, o temporales de larga duración, que sean de importancia para las operaciones, salvo cuando el texto sea extenso o contenga gráficos*.

Hay una serie de motivos por los que debe ser emitido un NOTAM, a continuación se listan algunos de los más comunes:

- peligros como exhibiciones aéreas o saltos de paracaidistas
- vuelos de personajes importante, tales como jefes de Estado
- pistas cerradas
- ayudas de navegación por radio inoperativas
- ejercicios militares que imponen restricciones en el uso del espacio aéreo
- presencia temporal de obstáculos cerca de los aeropuertos

Cuando un piloto entrega su plan de vuelo, se le notifican los NOTAM que se creen pertinentes para que en todo momento tenga conocimiento de los cambios que ha habido.

Los NOTAM se distribuirán como respuesta a una solicitud y siempre deben estar redactados según las disposiciones correspondientes de comunicaciones de la OACI, tanto en el formato como en las abreviaturas.

La imagen siguiente es un ejemplo de un NOTAM tal y como lo reciben los pilotos o en los centros de control:

```
(C3540/09 NOTAMN
Q)LECB/QOBCE/IV/BO /A /RAC/000/999/4117N00204E5
A)LEBL B)0904271555 C)0905312359
E)CRANE 50M HGT LOCATED ON COORDINATES:
411725.4313N 0020432.5290E. ILLUMINATED MARKING.)
```

Fig. 1.5. Ejemplo de NOTAM. Fuente: Icaro XXI

Esta imagen es uno de los muchos NOTAM reales que podemos ver en la red, mediante un servicio de Aena llamado Icaro XXI [17] donde podemos encontrar desde todos los NOTAM publicados, vigentes y obsoletos, hasta información meteorológica actualizada o antigua.

CAPÍTULO 2. SOLICITUD DEL PERMISO DE VUELO

2.1. Introducción

En la primera parte del capítulo 2 podemos ver los resultados de la búsqueda que se realizó con tal de conocer el procedimiento para solicitar un permiso de vuelos de prueba para un UAV.

En este segundo capítulo también se explica los pasos que se siguieron desde que se empezó la búsqueda de información para saber cómo debía hacerse una solicitud de un permiso de vuelo para una aeronave no tripulada hasta que tuve constancia del procedimiento, y hasta que estuvo redactada la petición formal del permiso.

Dividiré el proceso en dos partes, que serían dos etapas cronológicas distintas. Hago esto para hacer más fluida la lectura y que se vea más estructurada.

La primera parte temporal comprende desde el inicio de la búsqueda de la regulación de los UAV hasta que estuvo identificada.

Durante esa búsqueda de la regulación de UAV se encontró un nombre, un miembro del WG73 de EUROCAE. En este punto empezaría la segunda parte, y comprende toda una serie de contactos que se establecieron y trámites a raíz de encontrar ese nombre.

Una vez abiertas las líneas de conversación, se consiguió obtener ese procedimiento del que se habla en el apartado siguiente, lo que nos lleva a la conclusión: la redacción de la solicitud.

Es importante remarcar la exclusividad que tiene el hecho de haber encontrado y llevado a la práctica un procedimiento, aunque todavía no sea oficial, para poder solicitar permisos de vuelo para UAV, ya que nadie en el grupo ICARUS ni en la EPSC lo había hecho con anterioridad.

2.2. Procedimiento de solicitud de permisos de vuelo para UAV

Como ya hemos visto en el apartado 1.3 sobre el marco regulatorio de aeronaves no tripuladas, la certificación de éstas es hoy en día un mar de incógnitas, y de la misma manera ocurre con los procedimientos para pedir autorizaciones para vuelos de prueba, que mientras en la aviación convencional es un tema muy bien definido, para los *unmanned aerial vehicles* es todo lo contrario, aunque sí hay ya ciertos aspectos que empiezan a quedar moldeados.

Concretamente en España, el organismo encargado de la concesión de permisos es AESA, y ésta propone, a aquellos que desean realizar vuelos experimentales con aeronaves no tripuladas, que redacten un documento con una estructura bastante concreta basada en un ejemplo de la FAA [14] (*Federal Aviation Administration*) llamado COA [15], con el que se formaliza una petición para una actividad específica llevada a cabo por un UAS. Una vez la autoridad ha estudiado la petición, si se acepta, se entrega un "certificado de autorización" que permite llevar a cabo esas actividades.

Cuando alguien se pone en contacto con AESA [1] para preguntar sobre este procedimiento, la persona responsable informa sobre ese ejemplo de la FAA mencionado y da una lista de cosas que no deben faltar en ese documento de solicitud de vuelos experimentales.

Este procedimiento es totalmente informal, es decir, los pasos a seguir no están definidos en ningún documento y todo el proceso se hace de forma extraoficial.

La lista de temas que no pueden faltar en un documento en el que se pide autorización para vuelos de prueba con UAV es la siguiente:

- Identificación y descripción de la aeronave.
- Propósito de los vuelos.
- Condiciones de vuelo.
- Zona de vuelo.
- Duración de la campaña de ensayos y número de vuelos estimados.

A continuación se explica que contenidos deben aparecer en cada apartado de forma general:

- En el primer punto hay que describir el avión físicamente, los equipos que lleva embarcados, la aviónica de la que dispone, imágenes acotadas de la aeronave…

- En el segundo hay que explicar cuál es el propósito de los vuelos, entrando en detalle sobre los motivos y diferenciar las distintas misiones, si es que las hubiera.

- El tercer punto trata de describir en qué condiciones se realizaran los vuelos, y de que medios se disponen para hacer frente a ello, si hará con reglas de vuelo visual, si harán todos los vuelos en línea de vista...

- En el cuarto punto se deben proponer algunas zonas pensadas para volar, en caso de no tener ningún permiso, y en caso de tenerlo, describir la zona y detallar cual será el área a sobrevolar. Hay que tener en cuenta que se obtendrá el permiso solamente para operaciones en espacio aéreo no poblado y segregado.

- El quinto y último punto trata sobre el tiempo estimado que se cree que durara la campaña y el número estimado de vuelos que se harán, argumentando el número tanto de vuelos como de la duración y la fecha de la campaña.

- En el siguiente capítulo veremos cómo se redactó nuestro documento de petición y que información se añadió con respecto a la información descrita anteriormente.

Es imprescindible adjuntar una carta de petición a ese documento, ya que toda tramitación que se hace desde AESA [1] debe ir acompañada de una carta de solicitud personalizada.

Finalmente, una vez se tiene la solicitud redactada y se ha escrito la carta de petición, explicando de forma general que es lo que se pretende, hay que hacer llegarlo todo a alguna de las Oficinas de Seguridad en Vuelo, y desde allí ya se la mandarán al responsable. Es importante que en el documento aparezca información del remitente, y también donde va dirigida, en este caso, deberá ir dirigida a la División de Certificación de la Dirección de Seguridad de Aeronaves de AESA.

A continuación se explica el proceso que se siguó para llegar a tener conocimiento de lo descrito anteriormente en este mismo apartado y cuales fueron mis dificultades al respecto.

2.3. Búsqueda de procedimientos

Como ya he dicho, este bloque comprende la búsqueda inicial del marco regulatorio para UAV.

Para situarnos temporalmente, el inicio de esta etapa es a finales de Abril del año 2009, y el final está exactamente en el día 7 de mayo, con lo que dura unas dos semanas de trabajo.

Al principio la búsqueda de información sobre la regulación y la certificación de aeronaves no tripuladas era totalmente difusa, el hecho de que no esté todavía definido hace que al buscar no encuentren más que suposiciones, divagaciones y contradicciones que lo único que consiguen es generar más dudas y dejar las ideas mucho menos claras que al principio.

Poco a poco se fueron identificando algunos de los organismos, como por ejemplo EUROCAE, EASA, OACI o FAA, que se han dedicado durante los últimos años a trabajar conjuntamente para crear un marco legal para este tipo de aeronaves.

El hecho de encontrar los organismos que han estado trabajado en ello también me hizo encontrar una buena cantidad de presentaciones *powerpoint*, como por ejemplo el "*UAS ATM Integration Workshop*" [18], el "*EASA policy on*

typer-certification of UAS" [19] o el "*SG3 Status Report*" [20] además de otros documentos como el "*UAV Task Force*" [13] mencionado ya en este documento o el "*FAA UAS Certificate*" [21], todos ellos documentos donde se plasmaba ese trabajo que ya se había realizado, aunque las conclusiones no son más que propuestas y el contenido era de tipo muy general.

Lo que trataban básicamente estos documentos era proponer cambios a algunos de los artículos de documentos utilizados para el diseño y la certificación de aeronaves convencionales, como por ejemplo las directrices de certificación de aeronavegabilidad recogidas en la Parte 21 del Reglamento 1702/2003 de la Comisión Europea [22] o los documentos CS, *Certification Specifications,* como el CS25 [5], donde están definidas las especificaciones de certificación para todo tipo de aeronaves.

Más adelante, se supo de la existencia de las oficinas de seguridad en vuelo, que se dedican a hacer el trabajo de campo a la hora de realizar inspecciones relacionadas con la verificación de las tareas de mantenimiento y la aeronavegabilidad. Más concretamente, sus principales responsabilidades son, entre otras:

- Emitir certificados de aeronavegabilidad y documentación técnica de las aeronaves.
- Hacer inspecciones para garantizar la aeronavegabilidad continuada.
- Aprobaciones de las listas de equipo mínimo (MEL).

En España actualmente existen ocho oficinas de seguridad en vuelo repartidas por la península, el archipiélago balear y el archipiélago canario.

Se decidió cortar por la vía rápida y llamar a una de estas oficinas que se encuentra en el aeropuerto de Sabadell. Preguntamos por los procedimientos de la certificación de UAV y por la concesión de permisos de vuelos de prueba, pero solo hacían que referenciarnos a los procedimientos de certificación y a la concesión de permisos de vuelos de prueba para aeronaves convencionales. Se descartó ese camino al recibir iguales respuestas en otras tres oficinas de seguridad en vuelo.

Esto fue, sin duda, dar un paso atrás, así que volvimos q buscar en la documentación encontrada días atrás.

2.4. Tramitación de la autorización

Mientras la búsqueda del marco legal para aeronaves no tripuladas iba tomando forma, la de los procedimientos para conseguir permisos para hacer vuelos de prueba estaba totalmente parada, hablar con gente de las oficinas de seguridad en vuelo no llevaba a ningún sitio, debíamos hablar con alguien directamente de AESA.

Finalmente se encontró un nombre en la lista de miembros asistentes a un congreso del WG73 de EUROCAE, Jesús Bedriñana, empleado de Senasa en colaboración con AESA.

Se abrió una línea de comunicación con el señor Jesús Bedriñana por vía correo electrónico, y se le preguntó por los procedimientos requeridos para gestionar un vuelo de pruebas con un UAV. Su respuesta nos redirigía a otra persona, el señor Francisco Javier Ajo Ortiz, también empleado de Senasa en calidad de experto asesor para las tareas de certificación que AESA desarrolla.

Se abrió una nueva línea de comunicación con el señor Ajo preguntándole por lo mismo y después de mantener conversaciones con él por correo y por teléfono nos informó del procedimiento definido en el apartado 2.2. Nos informó del ejemplo de COA de la FAA [15] y nos dijo que el procedimiento era redactar un documento formalizando la petición y que debía tener los contenidos citados en dicho apartado, que recordamos que es esta:

- Identificación y descripción de la aeronave.
- Propósito de los vuelos.
- Condiciones de vuelo.
- Zona de vuelo.
- Duración de la campaña de ensayos y número de vuelos estimados.

2.5. Redacción de la solicitud

Inmediatamente después de tener conocimiento del procedimiento, la redacción de un documento de solicitud obtuvo la máxima prioridad en mi trabajo. Mi tarea consistía en crear un documento que debía satisfacer los requisitos que se nos había comunicado, sin perder de vista el ejemplo de la FAA.

Después de pensarlo bien, creímos más oportuno que en nuestro documento aparecieran todos los temas que nos habían dicho, pero también quisimos poner información de los temas que aparecían en el ejemplo de la FAA, pero que no se nos dijo explícitamente que añadiéramos.

En nuestro documento, además de tener el contenido que se nos dijo, también informamos sobre la estación de control y describimos con detalle todos los sistemas que forman el UAS, tanto los que están en la estación de tierra como los que van embarcados.

Durante la redacción de la solicitud, que se puede consultar en el anexo 1, se contacto con varios miembros del grupo ICARUS, cada uno especialista en un tema distinto, para reunir toda la información que se necesitaba. El apartado siguiente consiste en analizar esa búsqueda de información que se hizo, explicando a quien se acudió y que herramientas se utilizaron.

2.4.1 Análisis del proceso de redacción

El primer capítulo del documento de solicitud es el de “Identificación y descripción de la aeronave”. Fueron utilizados varios documentos relacionados directamente que el UAV que posee el grupo ICARUS, el modelo Shadow MK-1, sobretodo el *Flight Manual* [23], cedido por Joshua Martínez, un miembro del grupo que es técnico de mantenimiento de aeronaves. Del *Flight Manual* [23] se obtuvieron los datos técnicos del avión y del motor, algunos dibujos acotados e imágenes como la que vemos a continuación.

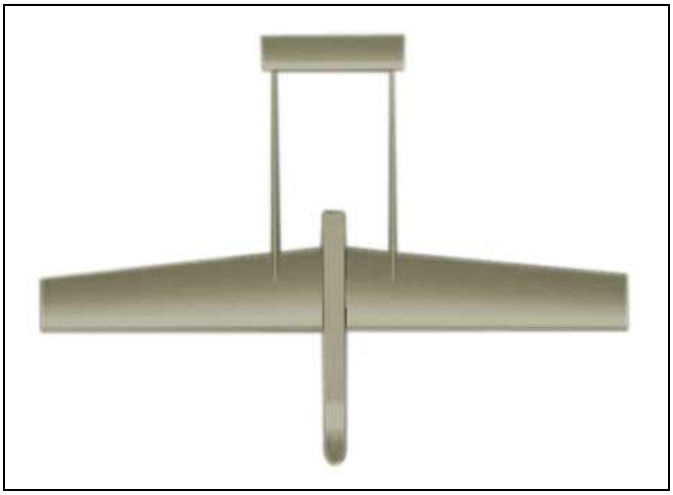

Fig. 2.1. Vista en planta del Shadow MK-1

También había información de la aviónica con la que está equipado, y tenía algún apartado que hacía referencia al piloto automático. Se tuvo que consultar el manual del piloto automático [24] para conseguir una información más completa.
Para completar este capítulo también hicieron falta el ya citado manual del piloto automático AP04 [24], la web de Hitec RCD [25], proveedor del receptor de radiocontrol, y el manual del sistema dual de alimentación de servos [26], un sistema que permite permutar el control del piloto automático a radiocontrol y viceversa. El capítulo se completa con información de las luces disponibles que tiene la aeronave, de los sistemas de registros de datos y con una serie de procedimientos de emergencia.

El siguiente capítulo de la solicitud es el que trata sobre la estación de tierra. Para obtener la información me reuní con Enric Pastor, profesor de la EPSC y jefe del grupo ICARUS. A raíz de esa reunión conseguí las referencias de la estación de control del piloto automático [27], de la radio de banda aeronáutica para comunicarnos con ATC [28], y del sistema de radiocontrol [29], los mandos de control remoto.

Durante otra reunión con el profesor Enric Pastor, definimos lo que sería el siguiente capítulo, el propósito de los vuelos, donde me comentó cuales eran

los objetivos del grupo y las finalidades de los vuelos para los que estaba solicitando un permiso.

El siguiente capítulo es “Condiciones de vuelo” con lo que se describen cuales eran nuestras condiciones (solamente VLOS), los medios de los que disponemos para afrontar esas condiciones, que métodos de vigilancia y que capacidad de detección tenemos. Para este capítulo se diseñaron unos circuitos, utilizando Microsoft Visio, que ilustraran que tipo de vuelos son los que se pretende realizar. La imagen siguiente muestra dos de esos circuitos diseñados.

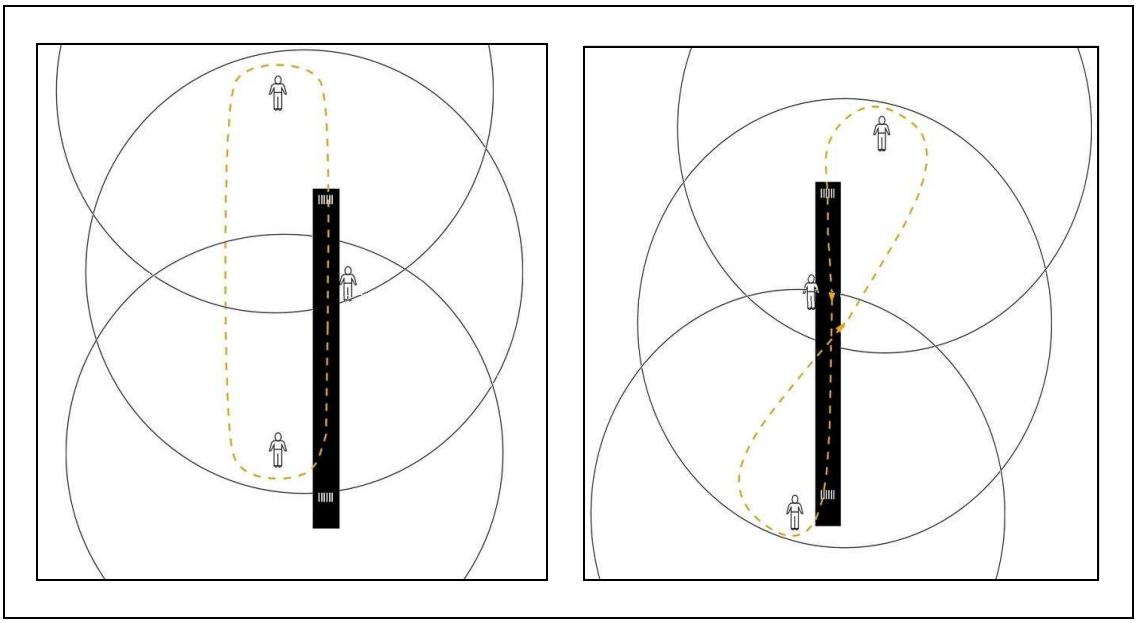

Fig. 2.2. Circuitos diseñados de muestra

En este capítulo también se informa de un método adicional de vigilancia que consiste en integrar la información de vigilancia militar (que miembros del grupo están tratando de conseguir) con un *software* de Eurocontrol llamado eDEP (*Early Demonstration & Evaluation Platform*) [30] que consiste en una plataforma de simulación de ATM con diferentes medios técnicos como los que disponen los controladores en sus consolas, y del que hemos obtenido una licencia de utilización.

Durante las conversas con el señor Francisco Javier Ajo, éste nos insistió en que debíamos hacer hincapié en las medidas de seguridad y en que nos informáramos sobre el sistema de gestión de la seguridad, así que tal y como se puede ver en el documento, éste está lleno de guiños a aspectos de seguridad y en todo momento se da un punto de vista de *safety*, prueba de ello está en el apartado del último capítulo descrito de la solicitud, que trata sobre nuestra gestión de seguridad y en la identificación del formulario de notificación de sucesos [31] que se encuentra en el anexo del documento (ver anexo 1), y se debe utilizar para informar a las autoridades de cualquier incidente o accidente aeronáutico.

Para redactar la información relacionada con el capítulo sobre la zona de vuelos pensamos que sería mejor introducir varias imágenes para que el lector tuviera una visión más gráfica y con nuestro mismo documento tuviera la posibilidad de estudiar la posibilidad de cedernos un aeródromo u otro. Para ello, me puse en contacto con otro miembro del grupo, Marc Pérez, y junto con él hicimos un estudio de varios aeródromos, en concreto los aeródromos de Alfés, Benabarre y Vistabella, y superponiendo las imágenes de los circuitos que había diseñado a mapas reales de la zona extraídos de la herramienta Google Earth, conseguimos plasmar nuestra idea sobre el papel.

A continuación se pueden ver dos de esas imágenes que creamos para completar el capítulo sobre las zonas de vuelo:

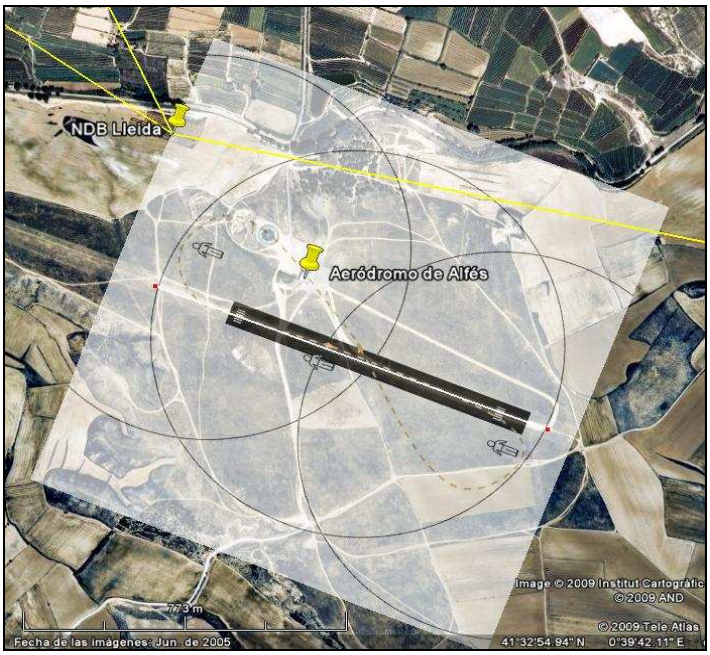

Fig. 2.3. Superposición de un circuito sobre el aeródromo de Alfés

Esta figura en concreto, la Fig. 2.3. Superposición de un circuito sobre el aeródromo de Alfés, muestra un circuito en forma de ocho sobre la zona del aeródromo de Alfés, y además observamos varios círculos. Estos círculos representan los límites de 500 metros el cual no deberemos sobrepasar según los últimos borradores sobre operaciones en línea de vista [32] que se manejan en el grupo de trabajo 73 de EUROCAE.

Por otra parte, a la hora de estudiar las posibles zonas para volar, quisimos observar si podía haber tráfico cerca, por lo que consultamos las cartas de salida i de aproximación del aeropuerto de Barcelona y casualmente las líneas amarillas que vemos en las dos imágenes muestran rutas asociadas al aeropuerto de El Prat.

Fig. 2.4. Superposición de un circuito sobre el aeródromo de Benabarre

El último capítulo de la solicitud trata sobre la duración de la campaña y el número de vuelos. Obtuve la información estimando yo mismo el número de vuelos, con la supervisión de otro miembro del grupo, Jorge Ramírez.

La imagen siguiente muestra un diagrama con las personas a través de las cuales conseguí obtener la aportación necesaria para redactar el documento de solicitud.

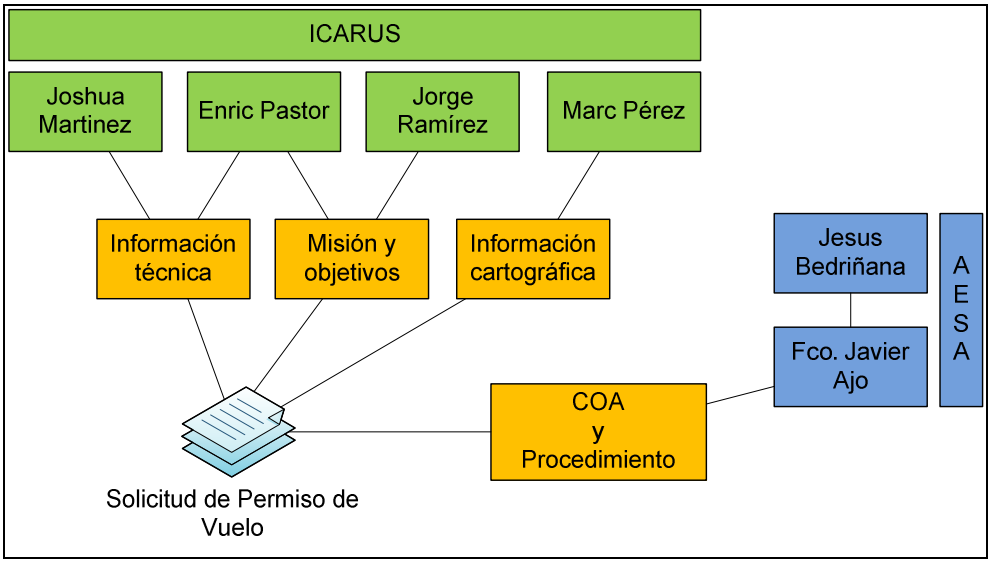

Fig. 2.5. Diagrama de aportaciones a la redacción de la solicitud

A lo largo de la redacción del documento conté con la ayuda y supervisión del nombrado miembro del grupo, y debido a que la comunicación se hizo básicamente por correo electrónico el proceso se prolongó más tiempo de lo

esperado, aunque visto desde otro punto de vista, esto influyó en que fuera un documento con todo lujo de detalle y revisado por ambas partes de arriba a abajo.

Haciendo el balance del documento y comparándolo con el ejemplo de COA de la FAA [15], vemos que hay poca diferencia en cuanto al contenido, pero sí que es más completo de lo que inicialmente se nos había pedido.

2.6. Entrega del documento

Una vez tuvimos el documento acabado y revisado varias veces tanto por mi parte como por parte de Jorge Ramírez, el día 18 de Junio me dirigí personalmente a la Oficina de Seguridad en Vuelo del aeropuerto de Sabadell y allí hice la entrega de la solicitud.

Al cabo de una semana de haberlo entregado, recibimos un correo electrónico del señor José Antonio Basáñez Ortiz, jefe de la División de Certificación de la Dirección de Seguridad de Aeronaves de AESA. Nos comunicaba que había recibido el documento de solicitud pero que éste debía ir acompañado de la carta de petición de la que hablo en el apartado 2.2. Debido a nuestra inexperiencia en la tramitación de este tipo de temas no conocíamos de la necesidad de redactar una carta, así que una vez recibimos el aviso, escribí una carta en nombre y firma del jefe del grupo, Enric Pastor, y se la hicimos llegar por correo electrónico y por correo postal.

2.7. Resultados de la solicitud

Al parecer, miembros del grupo ICARUS habían mantenido conversaciones anteriormente con la Generalitat y habían alcanzado el acuerdo de realizar las pruebas en Alfés, pero la falta de un documento como el descrito en este capítulo frenó el trámite, así que cuando tuvimos el documento redactado lo hicimos llegar Aeroports de Catalunya para que confirmaran que Alfés era la opción válida. El problema es que el aeródromo de Alfés está pendiente de obras, con la que la opción se descartó. Entonces, Aeroports de Catalunya nos puso en contacto con Avialsa, empresa valenciana dedicada a la extinción de incendios con aviones (tema en el que ICARUS también desarrolla varios estudios) y se llegó a un acuerdo para realizar las pruebas de vuelo en el aeródromo de Viver, situado en la provincia de Castellón.

De momento no hemos recibido información alguna desde AESA, con lo que nos mantenemos a la espera de que se nos conceda ese permiso de vuelo.

CAPÍTULO 3. PLANIFICACIÓN DE LA CAMPAÑA DE VUELOS

3.1 Introducción

Una vez estuvo hecha y enviada la solicitud para que nos concedieran el permiso de vuelo, mi trabajo pasó a ser el de planificar esa primera campaña de vuelos que permitiera al grupo ICARUS realizar pruebas para verificar que todos los sistemas que forman el *Unmanned Aerial System* funcionan correctamente y según lo previsto. En este capítulo se puede ver cuál fue mi labor y como la realicé.

Para planificar la campaña de vuelos me basé en un proceso de certificación de sistemas para aeronaves, el documento ARP4754 de SAE International [33]. Este documento plantea un modelo de certificación basado en matrices de requisitos y procedimientos que combinados de forma correcta optimizan las labores de certificación y permiten realizar las pruebas con mayor fluidez.

En la imagen siguiente puede verse un diagrama del proceso de certificación del ARP4754 [33].

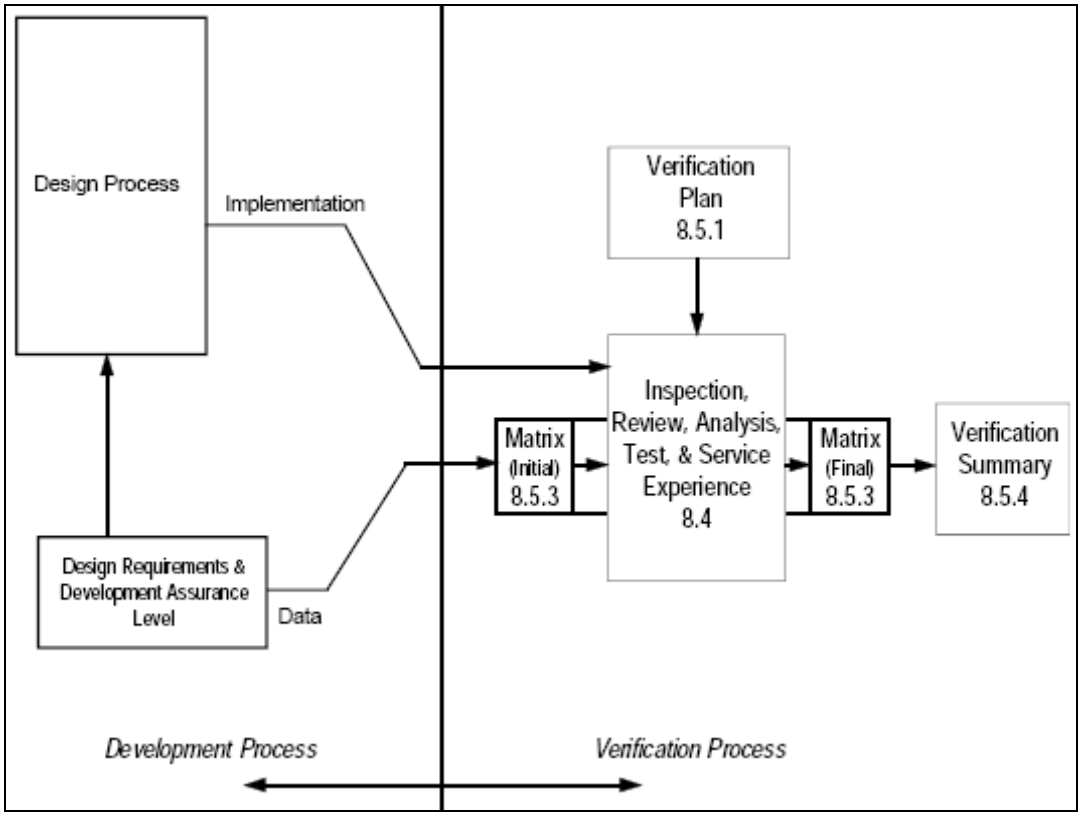

Fig. 3.1. Modelo de proceso de verificación del ARP4754

Para hacer la planificación de la campaña otro documento (ver anexo 2) fue redactado, en el que aparece la planificación para tres días de pruebas.

En el apartado siguiente se describe el proceso que seguí para redactar la planificación de la primera campaña de vuelos de prueba.

3.2 Redacción de la planificación

Para hacer más fluida la lectura de este apartado, he dividido el proceso de redacción en varias partes, que son: búsqueda de requisitos, asociación de procedimientos, agrupación por días, identificación de la logística, identificación de la seguridad y otra información añadida.

3.2.1 Búsqueda de requisitos

El primer paso para planificar la campaña era saber cuál son las pruebas que mejor se ajustan y cuyos resultados dan una información de más calidad que otras.

Los primeros requisitos serían aquellos que yo mismo había impuesto al redactar la solicitud de permiso de vuelo (ver anexo 1), es decir, si, por ejemplo, yo había escrito unas especificaciones técnicas del avión, debíamos probar que se ajustaban a la realidad, o si, por ejemplo, había escrito que teníamos la posibilidad de controlar el avión mediante piloto automático y radiocontrol, debíamos asegurarnos que ambos controles funcionan.

Así pues, releí la solicitud de permisos de vuelo (ver anexo 1) que enviamos a AESA en búsqueda de esos requisitos. En total, se identificaron 23 requisitos más 3 requisitos más que añadí, con lo que al final quedaron 26 requisitos y a cada uno se le adjudicó una referencia.

A continuación se muestra una tabla con algunos de los requisitos identificados:

Tab. 3.1. Ejemplo de Requisitos

Referencia	Requisito
RFR.005	Respuesta de las superficies de control
RFS.009	Radio de banda aeronáutica
RFR.016	Permutación de radiocontrol
RFA.021	El AP04 realiza circuitos complejos

La leyenda de las referencias de los requisitos es la siguiente:

- RF: Requisito Funcional
- R: Radiocontrol
- S: Sistemas
- M: Motor
- A: Piloto Automático

3.2.2 Asociación de procedimientos

Cuando los requisitos estuvieron identificados y referenciados se tuvo que pensar cuál sería el procedimiento que cada uno de ellos tendría. El procedimiento para verificar un requisito debe ser concreto. Fui pensando requisito a requisito cual sería la mejor forma de probar que se cumplen, y una vez todos los requisitos tenían su correspondiente procedimiento, el siguiente paso era adaptar algunos procedimientos con otros para que varios requisitos pudieran probarse mediante el mismo procedimiento, de esa manera se ahorra trabajo a la hora de realizar las pruebas.

A los procedimientos también les asocié una referencia, cuya leyenda aparece a continuación:

- proc: procedimiento
- mot: motor
- rc: radiocontrol
- sis: sistemas
- ap: piloto automático
- per: performance

La diferencia con la referencia de los requisitos es que la numeración no es continua, los procedimientos para cada aspecto tienen su propia numeración.

El paso siguiente fue crear las matrices de trazabilidad con las que se ve de forma más gráfica que procedimientos pueden utilizarse para cada requisito y que requisito se verifica para cada uno de los procedimientos. Se crearon dos matrices de trazabilidad, la primera muestra los requisitos contra los procedimientos y es útil para ver de forma rápida con que procedimiento se verifica un requisito. La segunda muestra los procedimientos contra los requisitos y permite ver a primera vista cuantos y qué requisitos pueden probarse mediante un procedimiento. La segunda matriz es la inversa de la anterior.

A continuación se muestran una de las dos matrices de trazabilidad, concretamente la matriz de requisitos contra procedimientos:

Tab. 3.2. Matriz de requisitos Vs. Procedimientos

	proc_mot_01	proc_mot_02	proc_mot_03	proc_mot_04	proc_rc_01	proc_rc_02	proc_rc_03	proc_rc_04	proc_sis_01	proc_sis_02	proc_sis_03	proc_sis_04	proc_sis_05	proc_ap_01	proc_ap_02	proc_ap_03	proc_ap_04	proc_ap_05	proc_ap_06	proc_ap_07	proc_per_01	proc_per_02
RFM.001	X																					
RFM.002		X																				
RFM.003			X																			
RFM.004				X																		
RFR.005					X																	
RFR.006						X																
RFS.007									X													
RFS.008										X												
RFS.009											X											
RFP.010																					X	
RFP.011																						X
RFM.012	X																					
RFM.013		X																				
RFM.014			X																			
RFR.015							X															
RFR.016								X														
RFS.017									X	X												
RFS.018												X										
RFS.019													X									
RFA.020														X								
RFA.021															X							
RFA.022																X						
RFA.023																	X					
RFA.024																		X				
RFA.025																			X			
RFA.026																				X		

Cada procedimiento debe tener asociado un criterio de aceptación, un criterio con el que se define si el resultado de la prueba se da por correcto o por incorrecto. Si el procedimiento requiere un resultado numérico también hay que definir un intervalo de valores y una tolerancia.

3.2.2.1 Ejemplo de algunos procedimientos

Para facilitar la interpretación del lector de la planificación de algunos procedimientos, utilicé la herramienta Microsoft Visio para crear algunos diagramas que la facilitaran, haciendo que el procedimiento se entendiera más claramente y de una forma más visual y atractiva. Concretamente, realicé diagramas para cinco procedimientos y a continuación muestro algunos de esos diagramas.

El primero es el diagrama del procedimiento “proc_rc_01”. Es un procedimiento para una prueba en tierra con el que se verifica que las superficies de control de la aeronave responden correctamente a las órdenes del control remoto y

consiste en hacer mover las superficies con el radiocontrol desde varias distancias del avión al usuario y desde varias orientaciones.

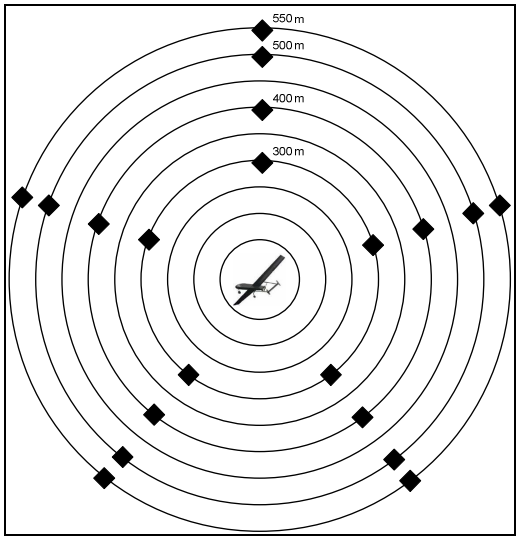

Fig. 3.2. Diagrama del procedimiento proc_rc_01

El avión quedaría situado en el centro de las circunferencias concéntricas y los puntos en negro representan todos aquellos puntos donde se debe de comprobar el funcionamiento del radiocontrol.

El siguiente diagrama que muestro hace referencia al procedimiento “proc_ap_04” utilizado para verificar el modo de retorno por emergencia del piloto automático (para saber más, consultar el documento de solicitud de permiso de vuelo en el anexo). Este procedimiento consiste en dar la orden de emergencia para que el UAV vuelva en línea recta a la estación de control a varias distancias de ella. Se muestra en la siguiente imagen:

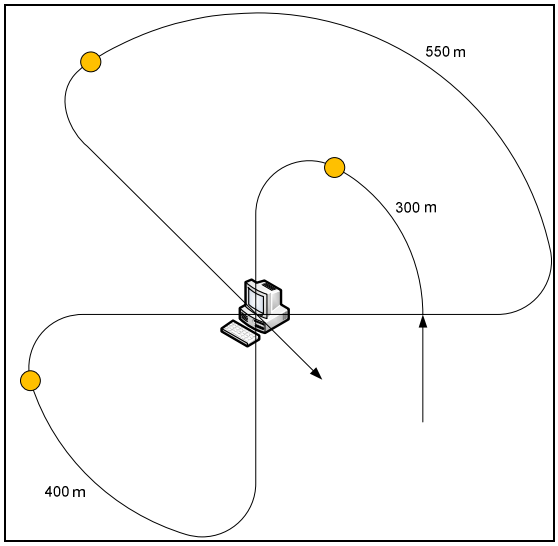

Fig. 3.3. Diagrama del procedimiento proc_ap_04

El vuelo se haría alrededor de la estación de control y los puntos amarillos son los puntos donde se debe dar la orden de emergencia al avión que una vez sobrepasa la estación de control se retoma el vuelo y se repite la operación.

3.2.3 Agrupación por días

El siguiente paso era intentar agrupar los requisitos en varios días, y para ello, lo primero era pensar el tiempo que cada prueba podría ocupar. Antes que nada, decidí diferenciar las pruebas según si eran pruebas en tierra o pruebas en vuelo, para entonces intentar agrupar en un día las pruebas en tierra, y las pruebas en vuelo agruparlas en distintos días. El balance fue de 9 pruebas que debían hacerse en tierra, y 17 en vuelo.

Una vez hecho esto ya se podía estimar el tiempo para cada prueba. Lo dividí para cada una en 5 partes, su montaje y su preparación, el de su realización, el desmontaje, y los tiempos para volar desde la estación de control al inicio de la prueba y desde el fin de la prueba a la estación de control. Es evidente que para las pruebas en tierra, la duración de estas dos últimas partes es nula.

Después de esto hice unas tablas con toda la información que hasta el momento había recopilado, el requisito con su referencia, la referencia del procedimiento y su explicación, el criterio de aceptación y finalmente el tiempo dividido en esas cinco columnas.

Hecho esto, se fueron colocando los ensayos en días distintos y quedó una campaña de tres días, uno de pruebas en tierra y dos de pruebas en vuelo. Los dos primeros días tienen pruebas con tiempo tal que ocupa solo la mañana mientras que el último día está planificado que dure más, con lo que tuve que añadir un descanso para comer y descansar.

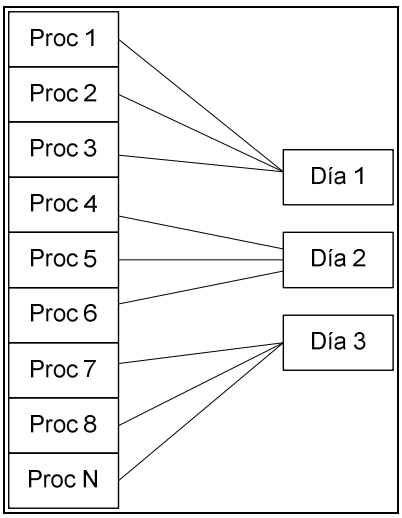

Fig. 3.4. Distribución de procedimientos

En lo que engloba la planificación también tuve que hacer varios *check-lists* para cada uno de los tres días y específicamente para cada prueba, aunque el material no dista mucho de una prueba a otra se hizo para que fuera más práctico a la hora de utilizar el documento el día de la campaña. En esas tablas de material también hay una columna donde pone cuantas personas se requieren para cada prueba y si alguna de esas personas debe ser alguien en concreto como por ejemplo un técnico de mantenimiento o alguien que domine la fraseología aeronáutica para comunicarse con ATC.

A continuación se muestra un diagrama de Gantt de la campaña de vuelos, la fecha en que está establecida es solamente orientativa, el objetivo del diagrama es ver a grandes rasgos como es la división en tres días y que dependencia hay entra un día y otro.

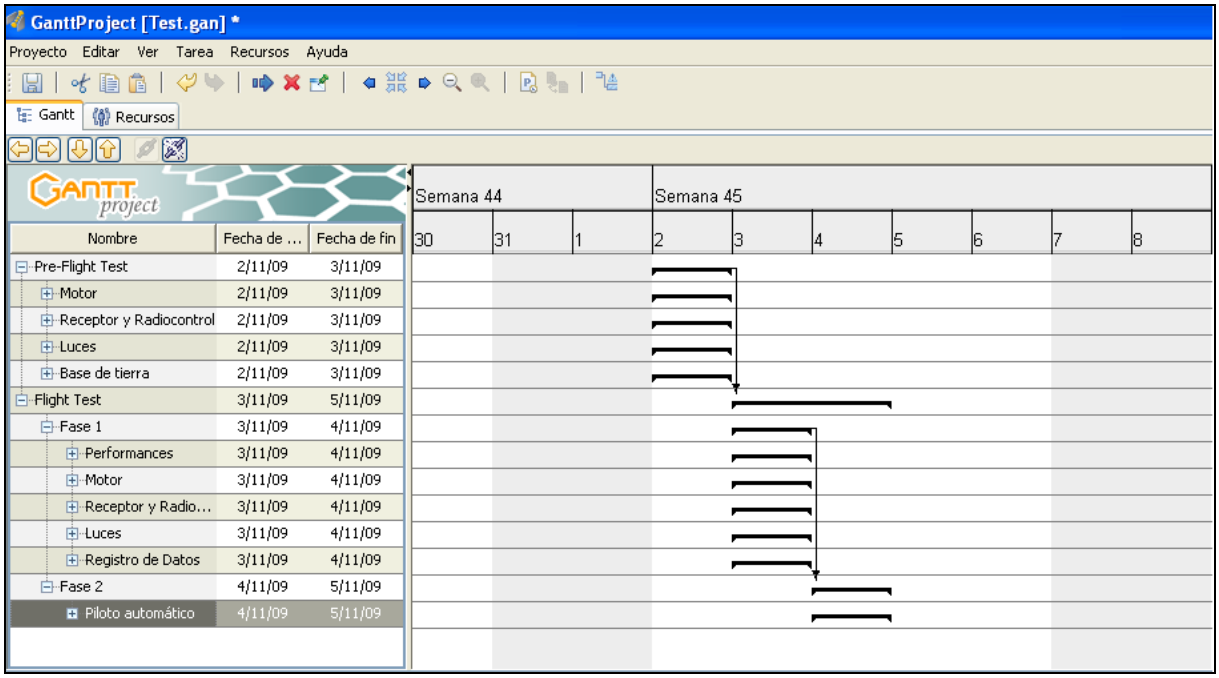

Fig. 3.5. Diagrama de Gantt de la campaña de vuelos

3.2.4 Identificación de la logística

La logística es un punto clave a la hora de planificar cualquier cosa, es por ello que en esta planificación también se tuvo en cuenta. En la logística entran en juego aspectos como los desplazamientos, los medios de transporte o de almacenaje, o la movilidad y el alojamiento de personas.

Para planificar la logística también se utilizó un modelo basado en requisitos y una serie de *check-lists* para cada uno de los días. En este caso cada requisito también tenía una referencia, para facilitar la lectura y hacer los documentos

más prácticos. Esta referencia está formada por las letras “RL” de Requisito de Logística.

Entre otros, los aspectos que se tuvieron en cuenta fueron:

- Los medios utilizados para desplazarnos.
- El desplazamiento hasta el aeródromo de pruebas. Se hizo una estimación del coste del viaje, teniendo en cuenta carburante, peajes y alquiler de la furgoneta.
- El alojamiento para todas las personas que se desplacen, en este caso, dos noches de alojamiento para unas 8 o 9 personas.
- Medios para alimentar los sistemas que estarán en la estación de tierra, ya que es probable que no haya ninguna fuente de alimentación cerca.
- La memoria disponible en ordenadores para poder almacenar todos los datos generados durante las pruebas.
- Comida y bebida para llevar durante las pruebas ya que puede ser que en el aeródromo no haya ningún sitio donde poder comprar.

La logística, aunque es muy parecida, tiene algunas diferencias entre los tres días de pruebas, pero la mayoría de los diez requisitos se repiten de un día para otro.

La siguiente tabla es un ejemplo de los *check-lists* que realicé, concretamente la logística para el primer día de pruebas. Aquí las referencias no tienen ningún sentido pero en el documento, cada referencia tiene su requisito asociado encima de la tabla.

Tab. 3.3. Ejemplo de un *check-list* de logística

Check-List de logística

RL	✓
RL.001	
RL.002	
RL.003	
RL.004	
RL.005	
RL.006	
RL.007	
RL.008	
RL.009	
RL.010	

3.2.5 Identificación de la seguridad

El proceso para identificar la seguridad de la campaña es muy parecido a la de la logística. La seguridad también es un punto clave, ya que una mala gestión de ésta podría ocasionar grandes problemas en caso de ocurrir algún accidente.

La seguridad también se definió en requisitos, 28 en total, divididos en los tres días. El primer día tiene 15 requisitos de seguridad específicos, porque al ser las pruebas en tierra, la seguridad debe ser otra que cuando las pruebas son en vuelo. Los restantes 13 requisitos son iguales para el segundo y el tercer día de pruebas.

El tipo de identificación de requisitos mediante una referencia es casi igual que en los requisitos de logística, solo cambia la segunda letra que en lugar de una "L" es una "S" (por ejemplo: RS.021).

Algunas de las medidas de seguridad para el primer día son:

- La zona de pruebas será vigilada por integrantes del grupo por si se acercara algún civil.
- El avión estará sujeto al suelo durante las pruebas realizadas con el motor.
- En las pruebas de radiocontrol, habrá dos personas en emisión y dos en recepción.

Algunas medidas de seguridad para el segundo y el tercer día son:

- Tres personas deben tener un mando de control remoto y estarán distribuidas por la zona de vuelo
- Nunca se rebasará la zona de vuelo
- Para comunicarse se utilizarán *walky-talkies*
- Los integrantes del grupo que no estén colaborando de forma activa en la prueba estarán dentro de la furgoneta y a 100 metros de la estación de control

A continuación muestro la tabla *check-list* de requisitos de seguridad para el segundo día de pruebas. De igual forma que en el anterior apartado, las referencias aquí no tienen ningún sentido, pero en el documento aparece escrito el requisito justo encima del *check-list*.

Tab. 3.4. Ejemplo de un *check-list* de seguridad

Check-List de requisitos de seguridad

RS	✓
RS.016	
RS.017	
RS.018	
RS.019	
RS.020	
RS.021	
RS.022	
RS.023	
RS.024	
RS.025	
RS.026	
RS.027	

3.2.6 Otra información añadida

A nivel general del documento y común para todos los días introduje un *check-list* global de material, una lista de comprobación a revisar antes de partir, donde está todo el material necesario para toda la campaña de pruebas, desde el mismo avión junto con todos los sistemas, hasta comida, bebida, teléfonos móviles y pilas alcalinas.

También hay un apartado donde se especifica la documentación necesaria de la que se debe disponer, el permiso de vuelo de AESA, para empezar, la autorización del propietario del aeródromo, un seguro de las pruebas…

A nivel de la información de pruebas para cada uno de los días, también se añadió una explicación de los sistemas que se van a probar. Por ejemplo, en el primer día se hacen pruebas con el motor y el radiocontrol, pues en el capítulo del primer día hay un apartado con una breve explicación de estos sistemas. Y así de igual forma para los otros días con los sistemas correspondientes.

CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

4.1 Conclusiones

Al realizar este trabajo he ido extrayendo varias conclusiones, tanto a nivel personal, con cosas que he aprendido, como a nivel del grupo, con temas en los que podido ayudar al grupo a avanzar en sus investigaciones, como a nivel mundial, con algunos aspectos que a mi parecer podrían mejorarse.

A nivel personal, y empezando desde lo más básico, destaco tres cosas, la primera es que al planificar una campaña de vuelos hay que pensar en absolutamente todos los aspectos, ya que, por ejemplo, olvidarse un extintor puede ser el causante de un grave accidente. La segunda es que realizar este proyecto me ha servido para establecer contacto con algunos miembros que trabajan para el gobierno y eso me ha obligado a aprender a utilizar un protocolo de comunicación formal, a la hora de, por ejemplo, mandar un correo electrónico o de llamar por teléfono. La tercera conclusión a nivel personal es que he aprendido cual es el procedimiento para solicitar una autorización de vuelo de pruebas para un UAV, algo que en el grupo ICARUS nadie sabía.

Siguiendo con las conclusiones a nivel personal, también quería destacar que el hecho de tener que utilizar herramientas Office como el Word, el Excel o el Visio, ha incrementado mi dominio sobre ellos, algo que nunca está de más, y también que al ser un proyecto puramente de investigación y búsqueda de documentación ha aumentado mi capacidad y eficacia a la hora de realizar la búsqueda, por ejemplo, de documentación referida a la aeronáutica.

A nivel del grupo ICARUS, las conclusiones son claras, la primera es que gracias, en parte, al documento solicitando un permiso de vuelo, se ha llegado a un acuerdo con una empresa valenciana para ceder un terreno en los alrededores del aeródromo de Viver, en Castellón, cosa que me gratifica plenamente. También servirá de mucha ayuda que se haya identificado ese procedimiento para solicitar un permiso, por si en un futuro se desea realizar otra petición distinta. Paralelamente, el documento permitirá, o esa es mi opinión, que el grupo obtenga el permiso de vuelo a un plazo esperemos que no muy lejano, ya que AESA está actualmente estudiando nuestra propuesta, de forma que el proyecto abre una puerta para que las investigaciones del grupo puedan llegar a su resultado final deseado. Con respecto a la planificación de la campaña, es muy posible que el documento generado se cambie totalmente de cara cuando se realice la campaña pero por lo menos se dispondrá de un primer documento estructural definido para planificar futuras campañas.

A nivel del estado del marco legal de las aeronaves no tripuladas, la primera conclusión que extraje es que mientras el marco referente a aeronaves convencional está totalmente definido, el de aeronaves no tripuladas está todavía muy verde y en un estado muy preliminar, y aunque ya se han publicado varios documentos, la coordinación y el esfuerzo regulatorio

internacional debe ser tan intenso que no solo creo que es muy difícil sino que también se tardaran varios años en conseguirlo.
Con respecto al procedimiento para solicitar vuelos de prueba, la diferencia es la misma; para aeronaves convencionales está muy bien detallado pero para no tripuladas el procedimiento que hay no parece tan bien definido, y nos mantenemos a la espera de que se apruebe a nivel europeo por parte de EASA. Los contenidos que hay que incluir en la solicitud de los permisos tampoco son concretos y es la copia de un proceso que ni pertenece al ministerio de fomento, aunque creo que con el tiempo se irá mejorando en ese aspecto hasta llegar a un protocolo mucho mejor. Según mi opinión, creo que al final se adaptará el procedimiento para pedir permisos de vuelo para aeronaves convencionales a los vuelos de UAV, de forma que al rellenar los impresos de petición, el usuario tendrá la opción de poner que se trata de un vuelo de pruebas para una aeronave no tripulada.

4.2 Futuros trabajos

El trabajo realizado forma parte de un gran proyecto que lleva el grupo ICARUS, y esto solo es una pequeña parte de las tareas que había realizar. De aquí en adelante quedan muchos trabajos por hacer ya sea del proyecto en general o de otros aspectos más cercanos a lo que ha sido la labor descrita en esta memoria.

Los futuros trabajos más claros, a nivel general, son llevar a cabo la planificación de la campaña que se ha hecho ya que ahora lo más seguro es que se tenga la posibilidad legal de realizarla.

A nivel más interno del guipo, Uno de los trabajos futuros más importantes a desarrollar es el de integrar el sistema “MAREA”. Este es el sistema embarcado que permite la coordinación y relación de todos los sistemas que forman el sistema aéreo de forma global.

Otro aspecto interesante es el que realizan otros miembros del grupo, que están tratando de generar un sistema de *flight plan* con el que el UAV será capaz de volar mediante una serie de rutas y puntos que se le han introducido previamente y actualizables a tiempo real.

A raíz del estudio realizado sobre los procedimientos para obtener permisos de vuelo, mi opinión es que una tarea futura será mejorarlos y finalmente aprobarlos para que sean oficiales.

REFERENCIAS

[1] "*AESA*", Agencia Estatal de Seguridad Aérea. http://www.seguridadaerea.es/ – Consulta el Miercoles 3 de Junio de 2009.

[2] "*JAR-21*", Joint Aviation Authorities. 1 de Noviembre de 2001.

[3] "*Real Decreto 660/2001*", Miniterio de Fomento. 22 Junio de 2001.

[4] "*Introducción a la Operación de una Aeronave Comercial*", apuntes de la asignatura impartida en la EPSC. Consulta el 3 de Mayo de 2009.

[5] "*CS-25*", European Aviation Safety Agency. 17 de Octubre de 2003.

[6] "*JAR-OPS*", Joint Aviation Authorities.

[7] "*JAR-145*", Joint Aviation Authorities. 1 de Noviembre de 2004.

[8] "*Dirección General de Aviación Civil*", DGAC. Ministerio de Fomento. http://www.fomento.es – Consulta el 18 de Abril de 2009.

[9] "*European Aviation Space Agency*", EASA. http://www.easa.ui.int – Consulta el 24 de Abril de 2009.

[10] "*Orden del 12 de Marzo de 1998*", BOE nº 73. Ministerio de Fomento. 1998.

[11] "*Reglamento (CE) nº 2042/2003 de la Comisión Europea*", Comisión de las Comunidades Europeas. 20 de Noviembre de 2003.

[12] "*Anexo 6 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, Operaciones de las Aeronaves*", OACI.

[13] "*UAV Task Force – Final Report*", JAA/EUROCONTROL. 11 de Mayo de 2004.

[14] "*FAA: Home*.", Federal Aviation Administration. http://www.faa.gov/ - Consulta el Miercoles 3 de Junio de 2009.

[15] "COA Sample Application", Example of certificate of Approval submission. FAA. Setiembre de 2008.

[16] "*Anexo 15 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, Servicios de Información Aeronáutica*", OACI.

[17] "*Icaro XXI*", AENA. http://notampib.aena.es/icaro - Consulta el 7 de Mayo de 2009.

[18] Peter Van Blyenburgh. "*UAS ATM Integration Workshop*", Bruselas, 8 de Mayo de 2008.

[19] David Haddon. "*EASA policy on type-certification of UAS*", Bruselas, 23 de Mayo de 2009.

[20] Norbert Tränapp. "*SG3 Status Report*", Bruselas, 23 de Mayo de 2009.

[21] "*FAA UAS Certificate*", FAA. 27 de Febrero de 2006.

[22] "*Reglamento nº 1702/2003 de la Comisión Europea*", Comisión de las Comunidades Europeas. 24 de Setiembre de 2003.

[23] "*Shadow MK-1 Flight Manual*", Editado por el grupo ICARUS. Noviembre de 2008.

[24] "*AP04/GCS02 User Manual*", UAV Navigation. 2004. Edición de Mayo de 2008.

[25] "*Hitec RCD*." http://www.hitecrcd.com/ - Consulta el 10 de Junio de 2009.

[26] "*EMCOTEC.*" http://www.emcotec.com/ - Consulta el 15 de Junio de 2009.

[27] “GCS02 – The UAV Ground Control Station”, UAV Navigation. 2004.
[28] “*ICOM*.” http://www.icom.co.jp/world/index.html - Consulta el 10 de Junio de 2009.
[29] “*Hitec RCD*.” http://www.hitecrcd.com/ - Consulta el 10 de Junio de 2009.
[30] “*eDEP_UserGuide*”, Editorial Grafica. Enero de 2009.
[31] “Formulario de Notificación de Sucesos. Tipo I: Operaciones”, AESA, 2009.
[32] Ron van de Leijgraaf, “Draft Guidance Material a Policy for UAS, Visual Line of Sight Operations.”
[33] “*ARP4754*”, Aerospace Recomended Practice 4754, SAE International. 1996.

FIN DEL DOCUMENTO