



Definición de mínimas de separación de operación de RPAS y aeronaves convencionales

Entregable 1

Hoja de Identificación del documento

Título:	Definición de mínimas de separación de operación de RPAS y aeronaves convencionales Entregable 1
Código:	
Fecha:	24 / 02 / 2017
Fichero:	

Autor:	Pérez Castán, J.A., Olmos Pin, E.
Revisor:	Gómez Comendador, F.
Aprobado:	N.A.

Versiones:			
Numero	Fecha	Autor	Comentarios
01	24 / 02 / 2017	Pérez Castán, J.A.	

Definición de mínimas de separación de operación de RPAS y aeronaves convencionales

Entregable 1: Análisis bibliográfico, Concepto Operacional y Modelización Trayectoria Aeronave convencional

Resumen Ejecutivo

Este Entregable 1 es el primero de los entregables que conforman parte del proyecto de investigación “Definición de mínimas de separación de operación de RPAS y aeronaves convencionales” bajo el **OIDATM** (Observatorio para el fomento del I+D en ATM) promovido por **ISDEFE**.

El objetivo del Entregable 1 es el de enmarcar el trabajo que se ha realizado durante la fase inicial investigadora del proyecto así como caracterizar los primeros pasos a realizar para modelizar las mínimas de separación actuales para la integración de los RPAS en un espacio aéreo no segregado. Este primer documento ha englobado las siguientes tareas:

- 1 Revisión bibliográfica de los distintos trabajos, proyectos, investigaciones y documentar un estado del arte sobre la integración de los RPAS en un espacio aéreo no segregado.
- 2 Definición, caracterización y descripción del concepto operacional de los RPAS en un espacio aéreo no segregado, así como trazar los principales aspectos que van a caracterizar el desarrollo de este proyecto.
- 3 Definición, modelización y caracterización de las trayectorias realizadas por las aeronaves convencionales a partir de la metodología BADA¹ 4.0 desarrollada por EUROCONTROL.

Debido a la naturaleza diversa de estas tres tareas se ha considerado que lo mejor es dividir el Entregable 1 en tres sub-entregables de modo que cada uno de ellos responde a cada una de las anteriores tareas.

Así, dentro de este entregable se detalla la estructura que compone este entregable y sus tres sub-entregables, los objetivos y el alcance de cada uno de ellos. Además, se presentan las principales conclusiones que se han obtenido a lo largo de esta fase investigadora.

¹ BADA: Base of Aircraft Data.



HOJA DEJADA INTENCIONADAMENTE NE BLANCO

Definición de mínimas de separación de operación de RPAS y aeronaves convencionales

Entregable 1: Análisis bibliográfico, Concepto Operacional y Modelización Trayectoria Aeronave convencional

24 / 02 / 2017

4 / 11

I. Índice de Contenidos

1	INTRODUCCIÓN	6
2	ESTRUCTURA DEL ENTREGABLE 1.....	9
3	CONCLUSIONES.....	11

Definición de mínimas de separación de operación de RPAS y aeronaves convencionales

Entregable 1: Análisis bibliográfico, Concepto Operacional y Modelización Trayectoria Aeronave convencional

I. Glosario

ATM	Air Traffic Management
BADA	Base of Aircraft Data
EASA	European Aviation Safety Agency
FAA	Federal Aviation Authority
MRC	Modelos de Riesgo de Colisión
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OCD	Operational Concept Document
PBN	Performance-Based Navigation
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
RVSM	Reduced Vertical Separation Minima
UPM	Universidad Politécnica de Madrid

Definición de mínimas de separación de operación de RPAS y aeronaves convencionales

Entregable 1: Análisis bibliográfico, Concepto Operacional y Modelización Trayectoria Aeronave convencional

1 INTRODUCCIÓN

El OIDATM (Observatorio para el fomento de I+D en ATM²), promovido por ISDEFE, se plantea como Foro de referencia para fomentar las ideas y proyectos encaminadas a la mejora y optimización en el uso y explotación del espacio aéreo aprovechando el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías. La UPM³ y en particular el departamento de Sistemas Aeroespaciales, Transporte Aéreo y Aeropuertos (SATAA) colabora con el OIDATM con el objetivo de trabar en proyectos de investigación que pretenden dar respuesta a problemas actuales y futuras sobre la gestión del tráfico y del espacio aéreo.

Dentro de esta colaboración, uno de los proyectos que se están desarrollando es la “Definición de mínimas de separación de operación de RPAS⁴ y aeronaves convencionales”. Este proyecto tiene como objetivo primario responder a la pregunta de si las mínimas de separación actuales son válidas para la utilización de RPAS dentro de un espacio aéreo no segregado. Este concepto que parece una pregunta básica para el futuro desarrollo de los RPAS apenas ha sido regulado por las principales agencias de aviación internacional, OACI⁵, EASA⁶, FAA⁷, etc.

Así, uno de los mayores cambios que debe abordar la aviación civil en los próximos años es a la integración segura de las aeronaves RPAS dentro de un entorno operativo no segregado. La operatividad de los RPAS en algunos aspectos es similar a las aeronaves comerciales actuales pero otros factores como velocidad, peso, autonomía, y estela turbulenta entre otros, difieren claramente de los modelos actuales de aeronaves. Por lo tanto, el riesgo que supone la operación de un sistema RPAS junto aeronaves convencionales debe ser analizado en detalle y teniendo en cuenta todos los posibles requisitos técnicos publicados por las autoridades.

La definición de las mínimas de separación en un espacio aéreo depende de un gran número de variables. En el año 1998, OACI presentó su manual 9689⁸ con el que desarrolla una metodología para la definición, caracterización y modelización de unas mínimas de separación durante la planificación de un espacio aéreo. Estas mínimas de separación están basados en tres criterios que son críticos para determinar el tamaño de las mismas: Capacidad de navegación, Exposición al riesgo, y Capacidad de

² ATM: Air Traffic Management.

³ UPM: Universidad Politécnica de Madrid.

⁴ RPAS: Remotely Piloted Aircraft System.

⁵ OACI: Organización de Aviación Civil Internacional.

⁶ EASA: European Aviation Safety Agency.

⁷ FAA: Federal Aviation Authority.

⁸ OACI, Manual on Airspace Planning Methodology for the determination of Separation Minima.

Definición de mínimas de separación de operación de RPAS y aeronaves convencionales

Entregable 1: Análisis bibliográfico, Concepto Operacional y Modelización Trayectoria Aeronave convencional

intervención.

Estos tres factores son la clave para modelizar las mínimas de separación actuales y analizar si son válidas las mínimas actuales o no para la integración de los sistemas RPAS dentro de un espacio aéreo no segregado. Por lo tanto, la metodología que se elija para evaluar la compatibilidad de las nuevas operaciones requiere de la utilización de modelos de riesgo de colisión para su valoración. Estos MRC⁹ ya han sido empleados por las autoridades para la implantación de nuevos conceptos operativos y disminuciones de mínimas de separación, como por ejemplo la implantación del RVSM¹⁰ en el atlántico norte o los conceptos de la aplicación de la navegación PBN¹¹.

El objetivo de este entregable no es el de responder todas las anteriores cuestiones, que es el objetivo de todo el proyecto, si no presentar los primeros avances que se han realizado en este aspecto:

1. Revisión bibliográfica de los distintos trabajos, proyectos, investigaciones y documentar un estado del arte sobre la integración de los RPAS en un espacio aéreo no segregado.
2. Definición, caracterización y descripción del concepto operacional de los RPAS en un espacio aéreo no segregado, así como trazar los principales aspectos que van a caracterizar el desarrollo de este proyecto.
3. Definición, modelización y caracterización de las trayectorias realizadas por las aeronaves convencionales a partir de la metodología BADA 4.0 desarrollada por EUROCONTROL.

⁹ MRC: Modelos de Riesgo de Colisión.

¹⁰ RVSM: Reduced Vertical Separation Minima.

¹¹ PBN: Performance-Based Navigation.

Definición de mínimas de separación de operación de RPAS y aeronaves convencionales

Entregable 1: Análisis bibliográfico, Concepto Operacional y Modelización Trayectoria Aeronave convencional

2 ESTRUCTURA DEL ENTREGABLE 1

Este documento no responde a una pregunta concreta sino que responde a varias necesidades planteadas en la programación del proyecto. Los primeros bloques desarrollados responden a las siguientes necesidades:

1. Ubicación del estado del arte sobre la integración de RPAS en un espacio aéreo no segregado así como la revisión bibliográfica de las distintas líneas de investigación existentes en torno a los RPAS.
2. Una vez que se ha revisado y analizado los trabajos publicados hasta la fecha y la orientación de las líneas de investigación, el siguiente paso ha sido el de definir el OCD¹², es decir, definir las características operativas del sistema RPAS a emplear y establecer los pilares sobre los que se sustentará el resto del proyecto.
3. Paralelamente a estas labores, se ha estado trabajando en la modelización de las trayectorias para aeronaves convencionales usando el modelo BADA 4.0 desarrollado por EUROCONTROL. El objetivo es desarrollar las herramientas necesarias para generar trayectorias que sirvan como ejercicios de estudio en un futuro para modelizar y caracterizar los modelos de riesgo de colisión que servirán a su vez para definir y caracterizar la validez de las mínimas de separación. Este modelado se ha realizado en la herramienta de simulación MatLab.

De este modo, el Entregable 1 tiene una característica particular puesto que no es un único entregable si no que está compuesto de tres sub-entregables. Esto queda reflejado debido a que el objetivo y alcance del trabajo presentado aquí excede el de un único entregable al abarcar distintos ámbitos pero que son necesarios en esta fase inicial del proyecto.

Las principales características de los sub-entregables son:

- **Entregable 1:** Documento explicativo del alcance y los objetivos de los distintos sub-entregables.
- **Entregable 1.1: Revisión bibliográfica** cuyo objetivo es documentar la revisión bibliográfica de los distintos documentos, investigaciones y trabajos que se están realizando actualmente o ya han sido realizados a lo largo del mundo en cuanto a la integración de los RPAS en un espacio aéreo no segregado.
- **Entregable 1.2: Concepto Operacional de los RPAS** tiene como objetivo la descripción detallada del concepto de operación de los RPAS bajo una perspectiva operacional, así como

¹² OCD: *Operational Concept Document*.

de las principales características de la integración de los RPAS es un espacio aéreo no segregado. Las principales tareas que se han desarrollado y se presentan en este entregable son:

- Definición, descripción y caracterización del sistema RPAS.
 - Clasificación de los RPAS en función de las principales agencias internacionales.
 - Definición de dos tipos de misiones a realizar por un RPAS:
 - Misión 1: Aeronave en crucero con vuelo estabilizado, no se producen virajes ni cambios de niveles de vuelo.
 - Misión 2: Aeronave en crucero realizando cambios de niveles de vuelo y sin virajes.
 - Análisis de los tipos de RPAS disponibles en BADA que pueden cumplir con los requisitos operacionales impuestos para cada una de las misiones anteriores.
 - Análisis inicial de los requisitos operativos propios de la operación de un sistema RPAS.
-
- **Entregable 1.3: Modelización en BADA 4.0 de Trayectorias para Aeronaves Convencionales** tiene como objetivo la modelización de la trayectoria para aeronaves convencionales utilizando el último modelo de aeronaves desarrollado por EUROCONTROL, **BADA 4.0**. Con este fin se han desarrollado las siguientes tareas:
 - Descripción del modelo 'Total-Energy'
 - Análisis del modelo 'Total-Energy' y taxonomía de las variables de vuelo.
 - Definición, caracterización y modelización de dos misiones:
 - Misión 1: Aeronave en crucero con vuelo estabilizado, no se producen virajes ni cambios de niveles de vuelo.
 - Misión 2: Aeronave en crucero realizando cambios de niveles de vuelo y sin virajes.
 - Implementación de ambos modelos en la herramienta de simulación **MatLab**.

3 CONCLUSIONES

La redacción del Entregable 1 junto a los tres sub-entregables ha permitido obtener las siguientes conclusiones:

- La definición de mínimas de separación para la integración de RPAS junto a aeronaves convencionales se encuentra en una fase inicial conforme a la documentación existente revisada. La escasez de estos análisis confirma la necesidad de ahondar en esta línea de investigación. Además, la gran mayoría de los esfuerzos están centrados en el análisis de la detección de conflictos entre RPAS y aeronaves convencionales en el plano horizontal, siendo la resolución de conflictos en el plano vertical prácticamente inexistente.
- La definición de los requisitos técnicos y operacionales necesarios para la integración operativa de los RPAS en un espacio aéreo no segregado están en una primera fase inicial. La normativa generada por los distintos agentes reguladores está en fase de desarrollo y es muy variable en función del agente que se elija. Sin embargo, la EASA es la que más está trabajando para definir los requisitos técnicos necesarios para la operación de los RPAS.
- Se ha constituido el OCD de la operación de los RPAS para un espacio aéreo no segregado. además, se han definido dos tipos de misiones en las que se van a modelizar las mínimas de separación:
 - Misión 1: Aeronave en crucero con vuelo estabilizado, no se producen virajes ni cambios de niveles de vuelo.
 - Misión 2: Aeronave en crucero realizando cambios de niveles de vuelo y sin virajes.Sobre estas dos misiones se construirán los MRC necesarios.
- Se ha implementado en MatLab el modelo BADA 4.0 de EUROCONTROL para la generación de trayectorias para una aeronave convencional, B737-900. Este modelo permite el análisis de las trayectorias a partir de las variables de control (Altitud y Mach de vuelo) y de salida (Empuje, Resistencia, Tiempo, Distancia y Consumo de combustible) para las dos misiones.
- Además, existen distintos tipos de modelización de la trayectoria en función de las variables de control que se elijan, lo que permite obtener distintos perfiles de vuelo y a la postre, tener una mayor amplitud en cuanto a las distintas tipos de trayectorias que se pueden modelizar.

Definición de mínimas de separación de operación de RPAS y aeronaves convencionales

Entregable 1: Análisis bibliográfico, Concepto Operacional y Modelización Trayectoria Aeronave convencional