



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Diseño

ANÁLISIS DEL SISTEMA UTM EUROPEO (U-SPACE) Y SU INTEGRACIÓN EN LAS PLATAFORMAS GESTORAS EXISTENTES INTERNACIONALMENTE



Trabajo fin de grado
Grado en Ingeniería Aeroespacial

Realizado por: Alejandra Morer Murcia
Tutorizado por: Áurea Cecilia Gallego Salguero
Israel Quintanilla García

Fecha de entrega: 15-07- 2021

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores, por brindarme todos los conocimientos y apoyo necesario para poder desarrollar este trabajo y alcanzar todos los objetivos que me propuse. Y también por animarme a volar con cada paso que de.

A mis padres por haberme acompañado en todo el camino animándome día a día a superar mis miedos y a crecer tanto como me lo proponga. Por haberme enseñado a hacer de barreras, soluciones y haber confiado en mi siempre.

A mi hermana, Marta, por inspirarme, animarme y apoyarme en cada decisión que tome, tú me haces ser la mejor versión de mi misma.

A todos mis amigos, por haber hecho que esta etapa sea inolvidable y haberme hecho disfrutar siempre. En especial a Meri, por apoyarnos y crecer juntas en esta aventura que es la vida, has sido indispensable.

ÍNDICE

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	- 4 -
RESUMEN	- 5 -
ABSTRACT	- 6 -
PALABRAS CLAVE	- 7 -
1. INTRODUCCIÓN	- 8 -
1.1. OBJETIVOS.....	- 9 -
2. CONTEXTO HISTÓRICO	- 10 -
2.1. EVOLUCIÓN DE LOS UAS	- 10 -
2.2. EVOLUCIÓN DE LA NORMATIVA	- 12 -
3. MARCO TEÓRICO	- 14 -
3.1. ENTIDADES REGULADORAS.....	- 14 -
3.1.1. OACI.....	- 14 -
3.1.2. JARUS	- 15 -
3.1.3. EASA	- 16 -
3.1.4. FAA	- 17 -
3.1.5. NAAs: AESA, CAA.....	- 17 -
3.2. NORMATIVA VIGENTE PARA GESTIONAR EL TRÁFICO AÉREO	- 18 -
3.2.1. <i>En España</i>	- 19 -
3.3. GESTIÓN ATM.....	- 21 -
3.4. GESTIÓN UTM.....	- 22 -
3.5. SORA-MEDUSA.....	- 24 -
4. U-SPACE	- 26 -
4.1. PROYECTO SESAR	- 27 -
4.2. ARQUITECTURA U-SPACE	- 28 -
4.2.1. <i>Normativa</i>	- 31 -
4.3. SERVICIOS U-SPACE	- 34 -
4.4. DEMOSTRADORES DE PROYECTO	- 42 -
4.4.1. <i>Resultados de los demostradores</i>	- 45 -
4.4.2. <i>European Network of U-Space Demonstrators</i>	- 47 -
4.5. PROVEEDORES DE SERVICIOS	- 48 -
4.5.1. CISP.....	- 49 -
4.5.2. USSP	- 50 -
4.5.3. <i>Entidades proveedoras de servicios</i>	- 52 -
5. GEOLOCALIZACIÓN	- 54 -
5.1. AIRMAP	- 54 -
5.1.1. <i>Usuarios y servicios</i>	- 54 -
5.2. UNIFLY	- 58 -
5.2.1. <i>Usuarios y servicios</i>	- 58 -
5.2.2. <i>Plataforma</i>	- 61 -
5.3. ALTITUDE ANGEL	- 62 -
5.3.1. <i>Usuarios y servicios</i>	- 62 -
5.3.2. <i>Plataformas</i>	- 66 -
5.4. OTRAS PLATAFORMAS.....	- 67 -
5.5. COMPARACIÓN DE PLATAFORMAS	- 68 -
6. CONCLUSIONES	- 70 -
7. PRESUPUESTO	- 73 -
7.1. COSTE DE PERSONAL.....	- 73 -

7.2.	COSTE DE EQUIPOS.....	- 74 -
7.3.	COSTES COMPUTACIONALES.....	- 74 -
7.4.	OTROS COSTES	- 75 -
7.5.	GASTOS GENERALES Y BENEFICIO.....	- 75 -
7.6.	COSTES TOTALES.....	- 75 -
8.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	- 76 -
8.1.	EQUIPOS DE TRABAJO	- 76 -
8.2.	CONDICIONES LABORALES.....	- 76 -
8.3.	COVID-19.....	- 77 -
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 78 -

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (FIREBEE). FUENTE: WIKIPEDIA.....	- 11 -
FIGURA 2.	TABLA RESUMEN DE LA EVOLUCIÓN DE LA NORMATIVA A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL. FUENTE: PROPIA. -	13
FIGURA 3.	ENTIDADES REGULADORAS. FUENTE: PROPIA	- 14 -
FIGURA 4.	CARACTERÍSTICAS DE CADA CATEGORÍA OPERACIONAL. FUENTE: AESA.....	- 20 -
FIGURA 5.	REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA ATM EN LA ACTUALIDAD. FUENTE: AIRBUS.	- 21 -
FIGURA 6.	REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA UTM/ATM E EL FUTURO. FUENTE: AIRBUS.	- 22 -
FIGURA 7.	ESQUEMA ORGANIZATIVO DEL REPARTO DE FUNCIONES DEL SISTEMA UTM/ATM. FUENTE: AIRBUS.	- 23 -
FIGURA 8.	PROPUESTA DE SESAR PARA LA NUEVA ORGANIZACIÓN DEL ESPACIO AÉREO. FUENTE: SESAR.	- 30 -
FIGURA 9.	ESQUEMA ORGANIZATIVO DEL DESARROLLO DE OPERACIONES UTM/ATM. FUENTE: PROPIA.....	- 30 -
FIGURA 10.	TABLA INFORMATIVA DEL DESARROLLO DE ACTIVIDADES DEL SISTEMA UTM/ATM SEGÚN EL TIPO DE ESPACIO AÉREO. FUETE: PROPIA.	- 31 -
FIGURA 11.	ESQUEMA ORGANIZATIVO DE LOS TIPOS SERVICIOS U-SPACE. FUENTE: SESAR.	- 34 -
FIGURA 12.	ESQUEMA ORGANIZATIVO DE LOS SERVICIOS U-SPACE EN FUNCIÓN DE SU NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN Y OBLIGATORIEDAD. FUENTE: PROPIA.	- 42 -
FIGURA 13.	ENTIDADES COLABORATIVAS EN EL PROYECTO DE DEMOSTRADORES DE U-SPACE. FUENTE: SESAR.....	- 43 -
FIGURA 14.	NIVEL DE DEMOSTRACIÓN DE SERVICIOS U3. FUENTE: SESAR.	- 45 -
FIGURA 15.	INFORMACIÓN SOBRE PROYECTOS DE LA EUROPEAN NETWORK OF U-SPACE DEMOSTRATORS. FUENTE: EUROCONTROL.	- 48 -
FIGURA 16.	INTERFAZ DE APLICACIÓN DE USUARIO DE AirMAP. FUENTE: AirMAP.	- 57 -
FIGURA 17.	MENÚ DE INICIO DE LA INTERFAZ DE AirMAP. FUENTE: AirMAP.	- 58 -

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	COSTE DE PERSONAL.....	- 73 -
TABLA 2.	COSTE TOTAL DE PERSONAL.....	- 74 -
TABLA 3.	COSTE DE EQUIPOS.....	- 74 -
TABLA 4.	COSTES COMPUTACIONALES.....	- 75 -
TABLA 5.	COSTES ELÉCTRICOS.....	- 75 -
TABLA 6.	COSTE TOTAL.....	- 75 -

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AESA → Agencia Estatal de Seguridad Aérea
ANSP → Air Navigation Service Providers
ATM → Air Traffic Management
ATC → Air Traffic Controller
BVLOS → Beyond Visual Line of Sight
CAA → Civil Aviation Authority
CISP → Common Information Service Provider
CONOPS → Concept of Operations
EASA → European Aviation Safety Agency
FAA → Federal Aviation Administration
GNSS → Global Navigation Satellite System
ICARO → Integrated Com Reporting Office
JARUS → Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned System
MEDUSA → Methodology for the U-Space Safety Assessment
NAA → National Aviation Authorities
OACI → Organización de Aviación Civil Internacional
PANS → Procedures for Air Navigation Services
RPAS → Remotely Piloted Aircraft System
SACTA → Sistema Automático de Control de tránsito Aéreo
SES → Single European Sky
SORA → Specific Operations Risk Assessment
UAS → Unmanned Aircraft System
UAV → Unmanned Aerial Vehicle
UTM → Unmanned Traffic Management
VLOS → Visual Line of Sight

RESUMEN

Se denomina vehículo aéreo no tripulado, UAS (*Unmanned Aircraft Systems*), a una aeronave que desarrolla un vuelo sin tripulación, comúnmente conocidos como drones. Desde 1944 en el Convenio de Chicago se habla de drones y de que estos elementos tendrían que ser regulados por una normativa competente.

La industria de los UAS ha ido desarrollándose exponencialmente a lo largo de los años, hasta que a día de hoy nos encontramos ante un sector en plena expansión que envuelve a todos los medios del sector aeroespacial. El aumento de la fabricación de estas aeronaves y su inclusión en todo tipo de espacios aéreos ha creado la necesidad de desarrollar una normativa que dé servicio a las actuaciones de los UAS.

Es por ello que la integración de los UAS con el resto de aeronaves que ocupan el espacio aéreo es imprescindible para tener una red segura de rutas aéreas. Ante esta situación, el concepto UTM (Unmanned Traffic Management) es la solución y U-Space será el sistema concreto de UTM para su implementación en Europa.

De esta forma, en este trabajo se analizará la situación actual que existe referente al proyecto en desarrollo del U-Space, su arquitectura, servicios y plataformas de implementación. Con ello, se considerará la normativa que busca integrar este sistema con el ATM de forma que ambos puedan coexistir en el mismo espacio ofreciendo una red aérea segura. Así, se expondrá el futuro funcionamiento del sistema de uso de drones. A su vez, se hará un estudio más exhaustivo de las soluciones que se proponen para el servicio de geolocalización de los drones y las aplicaciones que lo implementan.

ABSTRACT

An Unmanned Aerial Vehicle, UAS (Unmanned Aircraft Systems), is an aircraft that develops an unmanned flight, exceptionally known as drones. Since 1944, the Chicago Convention has talked about drones so that these elements should be regulated by a competent normative.

The UAS industry has been increasing and expanding exponentially over the years, until today, when we are facing a sector in full expansion that involves all media in the aerospace sector. The rise in the manufacture of these aircrafts and their inclusion in all types of airspaces has created the need to develop regulations that attend the operations that UAS are capable of running nowadays.

For this reason, the integration of the UAS with the rest of the aircrafts that occupy the airspace is essential in order to have a safe network of air routes. Faced with this situation, the UTM (Unmanned Traffic Management) concept is the solution and U-Space will be the specific UTM system for its implementation in Europe.

In this way, this draft will analyze the current situation regarding the U-Space project under development, its architecture, services and implementation's platforms. In addition, the regulations that seek to integrate this system with the ATM will be considered so that both can coexist in the same space offering a secure air network for all types of aircrafts. Thus, the future operation of the drone use system will be exposed. Also, the solutions that are proposed for the geolocation service of drones and the applications that implement it will be studied in an exhaustive way.

PALABRAS CLAVE

- UTM
- ATM
- UAS
- Normativa
- Espacio aéreo
- U-Space
- Servicios aeronáuticos
- Geolocalización
- Seguridad aérea
- Proveedores de servicios

1. INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo del diseño de los primeros UAS (Unmanned Aircraft Systems) o drones, como se les conoce comúnmente, hasta día de hoy, su concepto ha ido evolucionando y aceptando diferentes significados a lo largo del tiempo. En los últimos años, los vehículos aéreos no tripulados representan un sector de la aviación con un gran crecimiento y desarrollo en Europa y globalmente, hecho que se aprecia no solo en el aumento del número de fabricación de estas aeronaves sino también en la integración de las mismas al espacio aéreo. Debido a sus numerosos usos y a su versatilidad, estas aeronaves ofrecen una gran variedad de servicios tanto a empresas como a ciudadanos. Entre otros, se utilizan en cartografía, grabaciones cinematográficas o incluso transporte de mercancías, permitiendo así, por ejemplo, el transporte de material sanitario en puntos cuyo acceso es complejo, hecho real que se ha vivido ante la pandemia del 2020.

Sin embargo, es importante recordar que un dron es una aeronave que ocupa el espacio aéreo al igual que cualquier otra aeronave tripulada y es por eso que las autoridades competentes necesitan regular su vuelo. Debido al gran desarrollo actual de este sector se debe incidir con más empeño en este hecho. Ante esta situación, está surgiendo la necesidad de integrar los UAS con el resto de aeronaves que ocupan el espacio aéreo para proporcionar un servicio seguro y eficaz. Siguiendo esta línea nos encontramos con el concepto de UTM (Unmanned Traffic Management) que busca ofrecer servicios y herramientas que permitan la integración y coordinación de los UAS y así poder atender a las nuevas demandas del espacio aéreo que nos rodea.

Por lo tanto, poco a poco todas las entidades reconocidas en la aviación a nivel mundial se están viendo inmersas en un complejo proceso de unificación de normativa de drones, así como el intento de la creación de normativa que permita la integración de estos elementos con el resto de las aeronaves, buscando una red de tránsito aéreo que sea común para todo tipo de vehículos aéreos.

Ante esta situación, la Comisión Europea, siguiendo los pasos de otros países como Estados Unidos, lanza el proyecto denominado “U-Space”, que propone una solución para implementar un sistema de tráfico aéreo para aeronaves no tripuladas en Europa, buscando a su vez la implementación con el sistema ATM. Con esta iniciativa se busca crear una distribución del espacio aéreo a nivel europeo que componga un complejo ecosistema en el que coexistan todo tipo de aeronaves en un mismo espacio aéreo. Así mismo, también incluiría la automatización de las operaciones en drones, permitiendo el vuelo más allá de las zonas específicas reservadas.

Así, el sistema U-Space busca desarrollar un proveedor de servicios de navegación aérea para ofrecer un equivalente del servicio ATM a naves no tripuladas, ampliando así la capacidad del vuelo de estas aeronaves y que la integración de las mismas con el resto de aeronaves no suponga un peligro. Todo ello se llevará a cabo generando una serie de normas y reglas a nivel europeo que establezcan una reconfiguración del espacio aéreo creando espacios segregados en diferentes niveles de seguridad en función del riesgo de la operación que se lleve a cabo según el tipo de aeronave. En España, será ENAIRE

el encargado de poner en contacto al sistema U-Space con el usuario, es decir, será su proveedor de servicios.

A modo de justificación del tema escogido para desarrollar este estudio, se ha tomado como base los resultados de la norma NOV 2020 en la que hubieron más de 4600 respuestas a favor de la exposición del proyecto. Este hecho refleja indiscutiblemente la importancia del proyecto y lo interesadas que están las organizaciones y empresas en que salga adelante. Por un lado, por los avances tecnológicos, que supondrán un enorme proceso en la sociedad, y por otro lado, por los múltiples sectores a los que puede favorecer, pues presenta un gran incentivo económico en el sector del transporte, la información y la comunicación entre otros. [\[1\]](#)[\[2\]](#)[\[3\]](#)[\[4\]](#)

1.1. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es analizar la propuesta que hace el proyecto U-Space para la integración de UTM/ATM, basándose en la investigación de los acuerdos establecidos a nivel internacional sobre los requisitos para la creación de un nuevo espacio aéreo que albergue aeronaves tripuladas y no tripuladas. Para ello, se estudiará su viabilidad investigando concretamente su aplicación en el contexto del territorio nacional español.

Por este motivo, se tratará la normativa actual vigente referida a la gestión de tráfico de drones y cómo ésta se aplica a la nueva iniciativa. Se intentará, además, plasmar cómo sería finalmente una operación siguiendo el reglamento establecido por el cambio de U-Space. Así, se pretende observar el impacto que este avance puede suponer. Se expondrán todos los conceptos a tener en cuenta con la intención de conseguir un marco en el que sea posible ofrecer un servicio de navegación tanto a vuelos tripulados como no tripulados analizando no solo la normativa sino también las infraestructuras con las que se debe contar; hecho indispensable a fin de saber si es factible realizar lo que la cabeza humana es capaz de pensar e imaginar.

De este modo, no sólo se estudiarán los aspectos relacionados con los drones y su normativa sino también el funcionamiento de la gestión del espacio aéreo para aeronaves tripuladas con el objetivo de imaginar la integración de ambos sistemas.

Se pretende, también, tratar un aspecto concreto del sistema creado para U-Space, haciendo un análisis de las soluciones que se están investigando para la geolocalización de los drones una vez el sistema se haya desarrollado. De esta manera, se investigarán las plataformas que se están utilizando y su funcionamiento.

2. CONTEXTO HISTÓRICO

Con la intención de comprender mejor la importancia que tiene el estudio del tema escogido para desarrollar este trabajo, es importante poner en contexto la evolución que ha sufrido el mundo de los drones en cuanto a su tecnología y funciones. De esta manera, se visualizará la necesidad de crear una normativa que rijan la actuación de estos sistemas ya que, a lo largo de los años, como se ha comentado previamente, estas aeronaves han evolucionado dando lugar a nuevas necesidades de volumen de espacio aéreo e incluso a su uso en zonas que en un principio resultaban impensables.

2.1. Evolución de los UAS

Hoy en día, los drones tal y como los conocemos son aeronaves no tripuladas, generalmente de pequeño tamaño, que desempeñan diferentes funciones en numerosos ámbitos tales como la cartografía, la vigilancia, el transporte de mercancías o el uso recreativo entre un sinnúmero de posibilidades en el ámbito civil o militar.

Aún así, este hecho no ha sido así durante toda la vida pues en sus inicios, y durante largos años, estas aeronaves han estado estrechamente relacionadas al ámbito militar en usos bélicos. Este entorno es el que más ha marcado la historia del uso del dron y con ello la normativa que los ha regido a lo largo de los años.

Los primeros registros de vehículos aéreos no tripulados datan alrededor del 1849, cuando las tropas austrohúngaras usaron cientos de globos aerostáticos no tripulados cargados de bombas para atacar la ciudad de Venecia en la Primera Guerra de la Independencia italiana. Años después hubo pequeños avances por parte de los americanos, que en 1898 incorporan una cámara a una cometa, dando lugar a la toma de las primeras fotografías de reconocimiento aéreo.

Ahora bien, para conocer el inicio del desarrollo de los vehículos aéreos no tripulados como los conocemos hoy en día, hay que remontarse al inicio de la Primera Guerra Mundial, donde se encuentran los primeros intentos de crear un UAV con el objetivo de hacer misiones de vigilancia aérea para seguir los movimientos del enemigo, crear bombas o simular blancos. A finales de 1916 el británico Archibald M. Low desarrolla un vehículo aéreo no tripulado controlado por radio desde tierra. Su objetivo era el de colocar un blanco aéreo de entrenamiento y preparar a sus líneas para la defensa contra los zeplines. En esta época histórica también es destacable el prototipo desarrollado por Charles F. Kettering denominado como "Kettering Bug". Sin embargo, nada de esto habría sido posible si no fuera porque en 1898 Nikola Tesla aplicó por primera vez ondas de radio para poder controlar remotamente un objeto.

En esta época, la idea de crear armas guiadas fue un incentivo para equipar con explosivos a sus aeronaves no tripuladas y usarlas para atacar. Una publicación del *New York Times* en 1926 afirma que "estas aeronaves eran guiadas con gran precisión" y que después de una distancia predeterminada "volaban hacia abajo en vertical" con una carga de explosivo tal que eran capaces de volar una población entera. Sin embargo,

estos modelos no eran capaces de hacer maniobras tales como volver a la base o tener un comportamiento no predeterminado.

En la Segunda Guerra Mundial, la tecnología por control remoto todavía estaba muy limitada, con lo que en muchos casos los pilotos tenían que guiar el artefacto hasta la altura deseada para luego tirarse en paracaídas. Sin embargo, a finales de 1946, la Fuerza Aérea estadounidense aprobó un programa para desarrollar tres posibles UAVs de entre los cuales destacó el modelo Q-2. Este modelo, también conocido como "Firebee" (*Figura 1*), fue uno de los primeros modelos de drones a reacción que era capaz de volar durante dos horas seguidas y alcanzar alturas que nunca se había alcanzado con una aeronave no tripulada.



Figura 1. Vehículo aéreo no tripulado (Firebee). Fuente: [Wikipedia](#).

Con el fin de la guerra, comenzó una época en la que la demanda no requería de la creación de este armamento, pues en esa época un dron se entendía con este concepto. No fue hasta la llegada de la Guerra de Vietnam (1955-1975) cuando de nuevo se impulsó la creación de estos elementos. Es por eso que dicha guerra también se conoce como la primera guerra tecnológica de la historia, por lo que las características de este conflicto dieron lugar a la creación del mayor programa de vigilancia nunca visto anteriormente hasta la fecha y para ello se usaron vehículos aéreos no tripulados por ser la opción más eficaz e inteligente.

El papel principal lo tomó el ejército de Estados Unidos, que enviaba aviones no tripulados para misiones de espionaje en Cuba y en zonas más sensibles en las que no se querían enviar aviones con piloto para perder combatientes. Se buscó automatizar el campo de batalla para poder visualizar los movimientos del enemigo utilizando principalmente los modelos Firebee en el campo de batalla vietnamita. De entre las numerosas posibilidades de prototipos que se realizaron en esta parte de la historia, las compañías Boeing y Ryan fueron las más destacables, a las que se les pidió crear modelos teledirigidos (RPVs) muy resistentes con una gran capacidad de alcance, altitud y vigilancia electrónica.

Finalmente, el desarrollo tecnológico en sistemas de control y computación de los años 90 nos lleva a revisar la historia contemporánea de los drones, donde el objetivo que se marcó la CIA para una misión en Afganistán determinó un enorme avance de los sistemas aéreos de estudio. Tras los atentados en Nueva York el 11 de septiembre del 2001, el servicio de inteligencia usó los drones tanto para la vigilancia como para el

ataque del objetivo en cuestión: Osama Bin Laden. Con ello, se buscó desarrollar los mejores prototipos, pues la tecnología en ese momento ya lo permitía.

Avanzando unos años en el tiempo, en 2006, la FAA comenzó a proporcionar drones para un uso comercial, lo que significó un cambio en el desarrollo de los proyectos de dron, pues ya se le veían otras utilidades más allá de las bélicas. Poco a poco, en 2010, la empresa Parrot lanzó el primer dron controlable por wifi lo cual abrió un mundo de posibilidades para el futuro.

Por suerte, hoy en día, la guerra ya no es el único motivo del éxito de los drones, pues a pesar de haber sido la motivación para el desarrollo de estos, en la actualidad, se ha demostrado que se le pueden dar una infinidad de usos y los prototipos se diseñan y se mejoran para poder ofrecer aplicaciones de investigación, salvamento, búsqueda o transporte. Por suerte, todavía nos encontramos en el comienzo de la revolución del mundo de los drones y este evoluciona hacia otra vertiente: el progreso y mejora de la sociedad. [5] [6] [7] [8]

2.2. Evolución de la normativa

Ya desde 1944 en el Convenio de Aviación Civil internacional, también conocido como Convenio de Chicago (lugar donde se formó la OACI), se hablaba de drones y de que aquellas aeronaves no pilotadas por personas tendrían que estar reguladas por una normativa competente. Todos los acontecimientos previos, debido a las dos guerras que impulsaron el desarrollo de los UAVs, hicieron que este concepto no pudiera pasar desapercibido y obligó a plantear una normativa para ellos, pues de lo contrario, con el futuro avance de los drones, acabarían siendo un problema para la seguridad aérea.

Años más tarde, con el impactante desarrollo de estas novedosas aeronaves, se editó la circular 328 (CIR 328 AN/190), en la que se habla del concepto UAS. En esta circular se define que hay dos tipos de aeronaves no tripuladas: las controladas remotamente y las aeronaves automáticas. Es en este momento cuando se acuñó el concepto RPAS (Remotely Piloted Aircraft System). Todo ello se impulsó aproximadamente en 2011 pero poco a poco la normativa se ha ido adaptando ante la aparición de nuevas tecnologías. En esta parte de la historia, únicamente se habló del concepto, pero no se contemplaba la normativa para los ya definidos UAS ya que los vuelos con este tipo de sistemas no estaban permitidos.

Previamente a la creación de la normativa europea se denominaban a todas las aeronaves no tripuladas como RPAS pues a pesar de no estar tripuladas sí estaban controladas. Sin embargo, tras la aparición de la normativa europea (Reglamento del aire- Amendment 43/OACI A2) publicada por la OACI en 2012 con la inclusión del concepto de los drones (Anexo 2), ya se podía denominar con propiedad a los UAS y por lo tanto proceder a generar una normativa concreta para ellos. Además, a nivel internacional, en 2013 también se resaltaba el concepto de los drones en términos de Gestión de la Seguridad Operacional (Anexo 19).

En 2015 aparece el Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems creado por la EASA que tarda 6 años en publicarse. Esta nueva normativa, vigente en 2021, es mucho más permisiva y da paso a la realización de vuelos autónomos y al transporte de mercancías entre otros muchos desarrollos que dan lugar a una gran inclusión de los drones en el planeta.

Una vez se ha conseguido adecuar una normativa que organice y regule el vuelo de los drones en su singularidad, la evolución de estos en la época que nos encontramos obliga al planteamiento y la búsqueda de una normativa que regule la gestión del tráfico de los drones y de los mismos con el resto de los ocupantes del espacio aéreo. A este concepto se le denomina UTM (Unmanned Traffic Management).

En el ámbito europeo, este concepto ya se ha desarrollado y toma el nombre de U-Space. La normativa generada por este proyecto ha sido actualmente aprobada (2021) y se espera que salga a la luz en 2023. Además, en el entorno español, inicialmente se permitía volar los drones en un espacio bastante reducido con la Ley 18/2014, en zonas campestres o no pobladas, ya que no requería ninguna licencia y por lo tanto estaba permitido volar un dron. Sin embargo, en el Real Decreto 1036/2017 del 2017, establecido por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), se regula la utilización civil de los UAS y permite el vuelo de un dron en cualquier lugar siempre que se realice un estudio de seguridad operacional que verifique la seguridad de dicho vuelo. A continuación, se recoge en la *Figura 2* un esquema que muestra la evolución de la normativa reguladora de UAS en el tiempo. [9] [10].



Figura 2. Tabla resumen de la evolución de la normativa a nivel nacional e internacional. Fuente: propia.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Entidades reguladoras

En la *Figura 3* se puede observar un esquema de las diferentes entidades reguladoras que intervienen en la divulgación de la normativa referente a los UAS. Todas ellas serán definidas en este apartado.

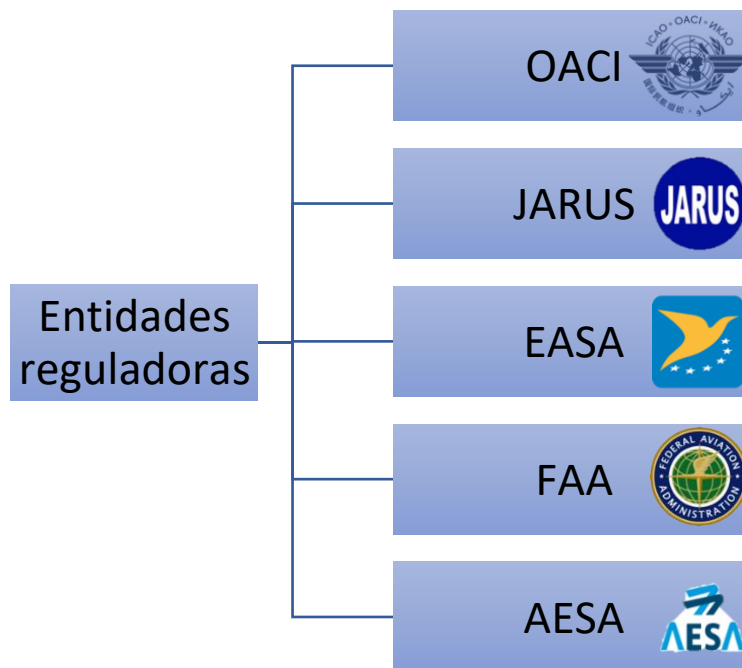


Figura 3. Entidades reguladoras. Fuente: propia

3.1.1. OACI

La Organización de la Aviación Civil Internacional es una agencia de la Organización de las Naciones Unidas que nació en 1944 en la conferencia del Convenio de Chicago sobre Aviación Civil Internacional. En un primer momento, 52 países firmaron el Convenio sobre Aviación Civil Internacional, pero en la actualidad 193 países son los que rigen sus normas sobre aviación civil en referencia a los requerimientos establecidos por la OACI con la intención de favorecer entre ellos la vía diplomática y la cooperación en el transporte aéreo.

Esta organización, tiene como función principal el “mantenimiento de una burocracia administrativa y especializada que facilita esas interacciones diplomáticas, además de la investigación de nuevas políticas de transporte aéreo e innovaciones de normalización de acuerdo con el mandato que recibe de los gobiernos” (OACI,2021) y su responsabilidad se extiende sobre un área geográfica que se inicia en el Polo Norte hasta el Sahara y desde la Costa Este de América del Norte hasta el Estrecho de Bering. Es decir, promueve, investiga y supervisa la implementación de las normas y métodos recomendados referentes a la aviación civil en un ámbito internacional a la vez que actúa como plataforma crítica que coordina la aviación civil. Se puede decir que es la

“referencia reglamentaria mundial para garantizar actividades de aviación más seguras, más eficientes y respetuosas con el medio ambiente” ([OACI](#), 2021).

El objetivo principal de esta organización es apoyar y facilitar una red mundial de transporte aéreo consiguiendo mejorar las formas de diseño de rutas aéreas, aeropuertos y métodos de navegación aérea. De este modo, satisface las necesidades de desarrollo social y económico con una conectividad más amplia de empresas y pasajeros, asegura la seguridad aérea internacional y busca el aumento de la capacidad del transporte aéreo para un futuro no muy lejano.

Aún así, hay que tener en cuenta que la OACI no dicta reglamentos mundiales, es decir, no tiene autoridad alguna sobre los gobiernos nacionales. La OACI no puede cerrar o restringir espacios aéreos o rutas ni ordenar el cese de algunas actividades aeroportuarias o aéreas por no cumplir con sus requerimientos impuestos, son los Estados soberanos los que aplican sus propios reglamentos que deben cumplir los explotadores de servicios aéreos en su región. Aún así, por supuesto, los Estados incluidos en la firma del convenio de la OACI acaban promulgando su normativa siempre referida a lo que establece la OACI previamente. Es su referente principal.

En 1983 la OACI ya se involucró en la creación de un sistema de gestión de tráfico aéreo global basado en tecnologías de comunicación, navegación y vigilancia. Para ello, se creó el comité FANS (Comité de sistemas de aeronavegación para el futuro) que centraba su atención en la creación de un sistema ATM eficiente, seguro e internacional para atender al aumento de las demandas del tráfico aéreo.

Finalmente, la OACI recoge sus requerimientos en 19 anexos y 5 PANS del Convenio los cuales se van modificando según evoluciona la tecnología de la aviación y plantea nuevas necesidades a solucionar. Por supuesto, está perfectamente estructurado y todas sus secciones están diferenciadas según el sector de la aviación al que competan.

[11] [12]

3.1.2. JARUS

JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems) es un grupo de trabajo que se centra únicamente en la reglamentación de sistemas no tripulados. Está formado por expertos de la NAAs (National Aviation Authorities) y organizaciones regionales de seguridad operacional de la aviación que se encargan de establecer la normativa OACI a cada uno de sus países. Por lo tanto, está formado por los representantes nacionales de cada país que trabajan con los RPAS, así mismo, tanto la Agencia Europea de Seguridad Aérea y EUROCONTROL contribuyen en el desarrollo del sector a nivel internacional.

Esta organización “recomienda un conjunto único de requisitos técnicos, operativos y de seguridad para todos los aspectos relacionados con la operación segura de los sistemas de aeronaves no tripulados (UAS), incluidos los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS), lo que requiere la revisión, consideración de las regulaciones existentes y otro material aplicable a las aeronaves tripuladas, el análisis de las tareas específicas vinculadas a los UAS y la redacción de material para cubrir las

características únicas de los UAS” ([JARUS](#), 2021). De esta forma, JARUS busca ofrecer servicios y soluciones para que cada autoridad pueda generar su propia legislación de forma coordinada para integrar de forma segura a los sistemas de aeronaves no tripuladas en la aviación.

Por supuesto, es importante saber que al igual que ocurre en OACI, no es competencia de JARUS desarrollar leyes o estándares obligatorios, son los Estados competentes los encargados de establecer la normativa a seguir en cada caso, pero, de nuevo, dichos Estados se rigen por lo que esta organización propone para poder conseguir una normativa homogénea a nivel internacional. [[13](#)] [[14](#)]

3.1.3. EASA

La EASA (European Aviation Safety Agency) es la organización europea que regula las operaciones en el ámbito de la aviación a nivel europeo. Esta estructura apareció a partir de la antigua JAA en el año 2003 y opera como principal componente de la búsqueda para la seguridad aérea en la Unión Europea.

A grandes rasgos, la EASA, a diferencia de la OACI, sí tiene bajo su responsabilidad el establecimiento de normativa legal para certificación de aeronavegabilidad, operaciones de vuelo, sistemas de navegación aérea y aeropuertos entre otros. [[15](#)] [[16](#)]

“Algunas de las competencias que son competencia de EASA son las siguientes:

- Redacción de la regulación sobre la seguridad de la aviación y prestación de asesoramiento técnico a los Estados Miembros y la Comisión Europea.
- Inspecciones y formación para garantizar la aplicación uniforme de la legislación europea.
- Certificación de tipo de aeronavegabilidad y medioambiental para productos aeronáuticos, componentes y equipos.
- Aprobación de las organizaciones de diseño de aeronaves.
- Coordinación de los programas de seguridad, recolección de datos, análisis e investigación para mejorar la seguridad aérea.” ([EASA](#), 2021)

“La EASA tiene como principales misiones

- Garantizar el más alto nivel común de protección de seguridad para los ciudadanos de la Unión Europea.
- Asegurar el más alto nivel común de protección medioambiental.
- Obtener un proceso único de reglamentación y certificación entre los Estados Miembros.
- Facilitar el mercado único interior de la aviación y crear igualdad de condiciones
- Trabajar con otras organizaciones y reguladores a nivel internacional” ([EASA](#), 2021).

3.1.4. FAA

FAA recoge las siglas de “Federal Aviation Administration” es una agencia del Departamento de Transporte de Estados Unidos y es la entidad gubernamental responsable de la regulación de todos los aspectos de aviación civil en América desde 1967. La FAA ha sido la organización que más cambios ha sufrido, se ha adaptado a las necesidades de las tecnologías y el sector, es por ello que es una de las reconocidas a nivel mundial y se tiene como influencia y referente en el mundo de la aviación.

Las funciones principales que recaen sobre la responsabilidad de la FAA se listan a continuación:

- Regular el transporte aéreo espacial, así como las normas de vuelo y las infraestructuras aeroportuarias.
- Regular la aviación civil para garantizar la seguridad operacional en Estados Unidos.
- Conceder y supervisar los permisos de piloto.
- Ampliar la cobertura y promover unos servicios de transporte aéreo con más calidad en el país.
- Desarrollar los sistemas de control, navegación y automatización para mejorar el sistema de tráfico aéreo aplicando las nuevas tecnologías.
- Investigar y desarrollar el Sistema Nacional Aeroespacial y de aviación civil.
- Promover la equidad entre empresas del sector y garantiza una competencia justa en cada uno de los servicios de aviación.

Además, es una de las organizaciones más involucradas en el campo de la aviación a nivel mundial por lo que su opinión siempre se tiene en cuenta e interviene en la creación de nuevos procesos relacionados con el sector. [\[17\]](#)

3.1.5. NAAs: AESA, CAA...

Se hará una breve explicación únicamente de AESA ya que es la entidad reguladora que establece la normativa a nivel nacional, aspecto relevante en el presente trabajo.

“AESA es el organismo del Estado, adscrito a la Secretaría de Estado de Transporte del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, que vela para que se cumplan las normas de aviación civil en el conjunto de la actividad aeronáutica en España.” [\(AESA,2021\)](#)

De esta manera, la supervisión y ordenación del transporte aéreo, el establecimiento y aplicación de legislación aeronáutica, así como la evaluación de riesgos en la seguridad del transporte, la navegación aérea y la seguridad aeroportuaria son competencias de este organismo.

Por supuesto, esta organización tiene un carácter internacional, pues siempre trata de involucrarse en cualquier proyecto que la unión europea busque desarrollar para mejorar el sistema aéreo tanto a nivel nacional como internacional. Además, AESA

cuenta con más de 30 Oficinas de Seguridad en Vuelo (OSV) en diferentes localizaciones españolas para facilitar la tramitación de cualquier proceso sobre temas de aeronavegabilidad.

En sus bases, AESA establece 5 objetivos principales:

“

1. Preservar la seguridad del transporte aéreo de acuerdo con los principios y normas vigentes en materia de aviación civil.
2. Promover el desarrollo y establecimiento de las normas aeronáuticas nacionales e internacionales en materia de seguridad aérea y protección al usuario del transporte aéreo, así como de los procedimientos para su aplicación.
3. Promover una cultura de seguridad en todos los ámbitos de la aviación civil.
4. Proteger y defender los intereses de la sociedad, y en particular de los usuarios, velando por el desarrollo de un transporte aéreo seguro, eficaz, eficiente, accesible, fluido, de calidad y respetuoso con el medio ambiente.
5. Desarrollar sus competencias atendiendo a las necesidades de la aviación civil, en términos de calidad, eficacia y eficiencia y competitividad.” ([AESA](#), 2021)

De esta forma, AESA desempeña un papel indispensable en la integración de los drones con el resto de las aeronaves del espacio aéreo, pues es el encargado a nivel nacional de decidir la regulación de la normativa que establecerá la actuación de las operaciones UAS y de la implantación del sistema propuesto por la Unión Europea. [18]

3.2. Normativa vigente para gestionar el tráfico aéreo

Previo al estudio de los cambios que se quieren realizar en el reglamento para la integración UTM/ATM, es muy importante conocer la normativa vigente que rige las operaciones UAS. De esta manera, se puede situar el marco teórico en el que nos encontramos, revisando los conceptos con los que cuenta y carece el reglamento en la actualidad, y así localizar los puntos que necesita incluir o mejorar la próxima normativa.

En primer lugar, como ya se ha comentado con anterioridad, cabe destacar que no hay un reglamento unificado para aplicar en términos generales en todos los países, sino que cada país cuenta con su propia autoridad para decretar el reglamento que se debe seguir a nivel nacional. Sin embargo, dichas autoridades estatales siguen los pasos de las recomendaciones que publica la OACI para conseguir una gestión globalizada y común en todos los países.

A nivel internacional, desde el 30 de diciembre de 2020 es la Nueva Normativa Europea UAS la que rige las operaciones de los UAS, afectando a todas las aeronaves no tripuladas independientemente de su peso y tamaño. Estas reglas son comunes para todos los Estados Miembros. La Nueva Normativa se materializa en los siguientes 5 documentos:

- Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947
- Reglamento de Ejecución (UE) 2020/639
- Reglamento de Ejecución (UE) 2020/746

- Reglamento Delegado (UE) 2019/945
- Reglamento Delegado (UE) 2020/1058

De entre los numerosos cambios que acoge el nuevo reglamento, uno de los más llamativos es que la normativa involucra a todo tipo de UAS sin importar su tamaño o peso. Por supuesto, gran parte de los artículos están referidos a la evaluación de riesgo operacional y las zonas de vuelo de UAS. Así mismo, también incluye novedosos requisitos para la instrucción de pilotos de drones, fabricantes o vendedores de estos. [\[19\]](#) [\[20\]](#) [\[21\]](#)

3.2.1. En España

Al estar realizando un estudio sobre la aplicación del sistema U-Space en un ámbito nacional, se realizará un análisis concreto de la normativa que envuelve dicha zona territorial.

Como ya se ha mencionado, la AESA es la autoridad que se encarga de establecer las normas que se han de seguir en la aviación civil en España.

De todos los reglamentos mencionados anteriormente, son dos los que más repercusión tienen a nivel nacional:

- Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947
- Reglamento Delegado (UE) 2019/945

De los dos reglamentos, el que presenta más interés para el estudio que se está llevando a cabo es el primero de ellos, pues trata temas de seguridad operacional, notificación de vuelo y localización del dron, así como de desarrollo de la ruta que se espera realizar. Sin embargo, el segundo de los mencionados incluye temas relacionados con los fabricantes y diseñadores de UAS. De entre los numerosos artículos que se establecen en este reglamento, los más destacables son los siguientes:

- Artículo 3: Categorías de operaciones UAS
- Artículo 7: Normas y procedimientos aplicables a la utilización de los UAS
- Artículo 11: Normas para efectuar la evaluación del riesgo operacional
- Artículo 15: Condiciones operacionales aplicables a las zonas geográficas de las UAS
- Artículo 18: Tareas de la autoridad competente
- Artículo 19: Información sobre seguridad

En primer lugar, en esta normativa se establece una nueva clasificación de drones según su peso. A su vez, se define el concepto de “zonas geográficas” con más precisión con la intención de “prohibir algunas o todas las operaciones de las UAS, imponer condiciones particulares para algunas o todas las operaciones de UAS o exigir una autorización de vuelo previa para algunas o todas las operaciones de UAS” ([Comisión Europea](#), 2019) en dichas regiones. Esta incorporación “busca controlar riesgos de seguridad pública,

protección de datos personales, privacidad y medio ambiente” ([Comisión Europea, 2019](#)).

Además, se diferencian 3 categorías operacionales dependiendo del nivel de riesgo del procedimiento que desarrolla cada aeronave. De esta manera, se aplican requisitos diferentes dependiendo de ese nivel de riesgo. En la *Figura 4* se recogen algunos de ellos según la categoría operacional. Así, las posibles categorías son las siguientes:

- Categoría abierta (riesgo bajo)
- Categoría específica (riesgo medio)
- Categoría certificada (riesgo elevado)



Figura 4. Características de cada categoría operacional. Fuente: [AESA](#)

Otro de los aspectos destacables de la Nueva Normativa son algunos elementos clave referentes a la identificación y registro de los UAS:

- **Identificación electrónica remota directa**

Este requisito está enfocado al sector comercial de los UAS. Esto es debido a que a partir de ahora todos ellos deben incluir un sistema de emisión de información directa y periódica del UAS. Por ejemplo, número de registro del operador, posición geográfica, altura, dirección velocidad, etc. Este sistema debe poner a disposición dicha información en tiempo real, de forma que sea posible la identificación y seguimiento del sistema en todo momento.

- **Registro electrónico**

Debe realizarse un registro tanto para UAS “cuyo diseño esté sujeto a certificación en base al Anexo 7 de la OACI” como para operadores “que operen en categoría ‘específica’ y ‘certificada’” ([Comisión Europea, 2019](#)) y para categoría abierta con una serie de requisitos concretos.

[22] [23] [24]

3.3. Gestión ATM

Se denomina ATM al conjunto de sistemas de gestión del tráfico aéreo formado por diferentes servicios que proporcionan asistencia a las aeronaves a lo largo del vuelo dando lugar al soporte de la navegación aérea. De esta manera, se entiende como gestión de tráfico aéreo a la interacción de todos los servicios de asistencia en vuelo que colaboran en el desarrollo de una ruta aérea.

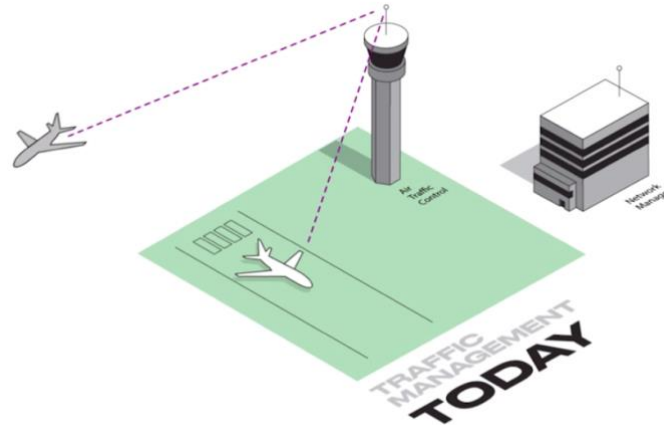


Figura 5. Representación del sistema ATM en la actualidad. Fuente: [Airbus](#).

Concretamente los servicios y sistemas que intervienen en el proceso ATM son el ATC, ATF, ASM, los sistemas de navegación, el sistema ICARO, los SACTA o el SCV. Más en concreto las funciones de algunos de ellos son las siguientes [25] [26]:

- **Control de tráfico aéreo (ATC)**

Se compone de controladores aéreos situados en tierra que proporcionan seguridad e información sobre el vuelo, asegurando en todo momento la separación correcta y consiguiendo así un espacio aéreo seguro, ordenado y eficaz.

- **Sistemas de comunicaciones por voz (SCV)**

Son sistemas que mantienen comunicados, mediante una conexión por voz, a todos los componentes del sistema aéreo. Concretamente, su objetivo es comunicar al piloto y a los controladores que componen el ATC. Ofrecen enlaces de comunicación por voz tanto tierra-aire como tierra-tierra que ejecutan mediante enlaces de radio y telefónicas. Además, el sistema cuenta con la intervención de proveedores de servicios de telecomunicaciones que ponen a disposición del servicio ATC una red de voz y datos de navegación aérea (REDAN).

- **Sistema automatizado de control de tránsito aéreo**

SACTA es el sistema que se encarga de la gestión del control del tráfico aéreo con el objetivo de simplificar y facilitar las funciones a desarrollar para ofrecer, así,

un servicio ATC más ligero y eficaz. Este servicio únicamente se desarrolla en España, y lo gestiona ENAIRE.

Los objetivos de este sistema se logran por medio de la integración de los centros de control de las fases de vuelo, facilitando el intercambio de datos entre los centros de control a nivel nacional y la comunicación automática con centros de control internacionales.

- **Integrated COM/AIS/AIP & reporting office automated system**

El Sistema ICARO es el encargado de automatizar las actividades referentes a toda la información aeronáutica y meteorológica que mueve el sistema de gestión de tráfico aéreo, por ejemplo, los NOTAM (Notice To Airmen).

3.4. Gestión UTM

Al igual que ATM, UTM hace referencia a la misma idea, pero derivado al sector de los UAS, es decir se puede definir como el sistema de gestión de tráfico de aeronaves no tripuladas. Este sistema busca dar soporte de información a toda una red de aeronaves no tripuladas para poder tener sus operaciones controladas y consolidar un espacio aéreo seguro en el que convivan diferentes tipos de aeronaves sin la exposición de estas al peligro.

El concepto UTM aparece ante la necesidad de suplir la demanda y las expectativas de un amplio espectro de operaciones con una elevada complejidad y un riesgo cada vez mayor a través de un mercado innovador y competitivo. Para ello, es imprescindible que los servicios proporcionados sean interoperables para permitir que el ecosistema UTM sea estable y lo suficientemente eficaz para satisfacer a la comunidad de operadores de UAS.

Cabe destacar que la implementación de este servicio no excluye las prestaciones ya existentes que proporciona el servicio ATM, pero ante la necesidad que crea el sector en inminente desarrollo de los UAS, se busca crear un sistema independiente pero complementario que facilite la integración de los UAS al resto del espacio aéreo.

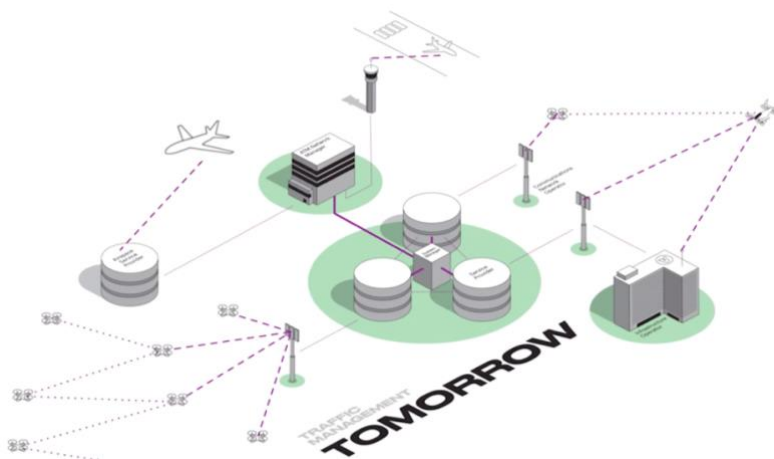


Figura 6. Representación del sistema UTM/ATM e el futuro. Fuente: [Airbus](#).

Este concepto describe los requerimientos técnicos y operacionales para crear una arquitectura de soporte para el desarrollo de operaciones de UAS permitiendo desarrollar su vuelo en cualquier nivel del espacio aéreo. La idea es crear un ecosistema basado en la cooperación de sistemas de gestión de tráfico donde operadores y proveedores de servicios sean los responsables de la coordinación, ejecución y gestión de cada operación que interviene en el proceso de organización del espacio aéreo. Se consigue así la convivencia entre los UAS y el resto de las aeronaves.

Con el desarrollo del UTM se busca ofrecer un proveedor de servicios, así como identificar roles y responsabilidades, establecer la arquitectura de información, los protocolos de intercambio de datos y las funciones de software que la gestión de los UAS requiere. También se pretende identificar las infraestructuras y requisitos de actuación que un sistema tan complejo supone para que la gestión de operaciones UAS no controladas se permitan en un ámbito muy amplio. El servicio UTM se extiende desde los reguladores y los fabricantes de las aeronaves hasta los proveedores de servicios de navegación y las políticas que tienen que seguir las aeronaves.

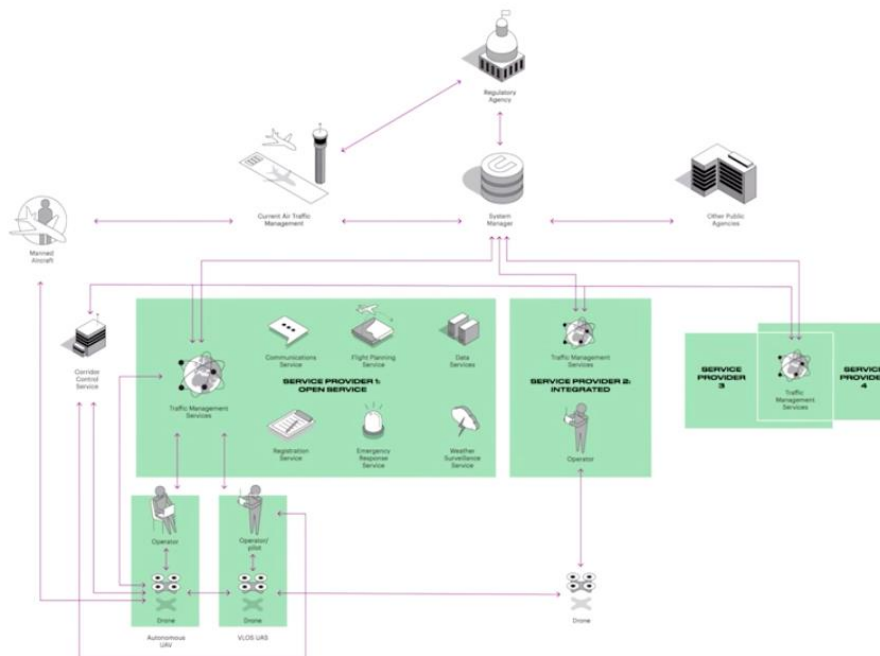


Figura 7. Esquema organizativo del reparto de funciones del sistema UTM/ATM. Fuente: [Airbus](#).

La inclusión del UTM permite grandes avances en la inclusión de los drones, por ejemplo, su vuelo a diferentes niveles de vuelo. Además, amplía el conjunto de escenarios operativos, describiendo operaciones arriesgadas más allá del alcance visual del piloto (BVLOS) en espacios aéreos tanto controlados como no controlados.

UTM describe enfoques de varios componentes del sistema entre los que están incluidos:

- La reserva de un volumen de UAS.
- La determinación y comunicación en tiempo real de la situación de los UAS.
- Las autorizaciones de actuación.
- Diferentes categorías de servicio UAS.
- Notificación de contingencia UTM/ATM.

- Soporte de una arquitectura UTM para la identificación de los operadores UAS
- Aspectos asociados con la seguridad de operaciones UTM

Aún así, este concepto está todavía en auge y hoy innumerables organizaciones mundiales de aviación, tales como la FAA, EASA, OACI, NASA entre otras, trabajan para poder establecer por fin un completo sistema coordinado de gestión del tráfico aéreo. [\[27\]](#) [\[28\]](#) [\[29\]](#) [\[30\]](#) [\[31\]](#)

3.5. SORA-Medusa

Para poder desarrollar cualquier actividad nueva en el sector aeroespacial, es necesario implementar alguna metodología de seguridad operacional. En el caso de la implementación de un nuevo sistema de gestión de tráfico aéreo aplicado al sector de los UAS, la metodología seguida ha sido la SORA (Specific Operations Risk Assessment), la cual está siendo desarrollada por JARUS y está aceptada a nivel internacional.

“Esta metodología se basa en un modelo de evaluación del riesgo holístico, definiéndose riesgo como la combinación de la probabilidad de ocurrencia de una situación que pueda suponer un daño de cualquier tipo y su nivel de selectividad asociado.” ([Ministerio de Fomento](#), 2018)

SORA se fundamenta en el análisis de riesgos que ofrece un sistema para identificar las amenazas y evalúa y clasifica las operaciones en 6 niveles distintos de seguridad e integridad. Además, establece recomendaciones, dependiendo de cada caso, para definir los límites de una operación segura y evitar el riesgo.

Concretamente, U-Space define este concepto como MEDUSA (Methodology for the U-Space Safety Assessment) y toma el mismo significado que el expuesto para el SORA: un sistema de identificación y gestión de los peligros que se pueden plantear por el tráfico de UAS. Este sistema incorpora diferentes conceptos como:

- Diseño del espacio aéreo.
- Suministro de ATS.
- Interoperabilidad.
- Suministro de servicios U-Space.
- Operaciones aéreas.

En relación a la determinación de riesgos, se exponen tres casos para evaluar el nivel de mitigación de riesgos:

- Nivel de mitigación de riesgo aéreo.
- Nivel de mitigación de riesgo terrestre.
- Nivel de mitigación en la inclusión en zonas de exclusión aérea.

Algunos de los puntos destacables que se incluyen en el estudio de seguridad operacional son los siguientes:

- Concepto de la operación
- Determinación del riesgo del impacto en tierra inicial y final (GRC)
- Determinación del riesgo del impacto en aire inicial y final (ARC)
- Consideraciones del espacio aéreo adyacente
- Identificación de los OSOS
- Determinación del SAIL

[\[32\]](#) [\[33\]](#)

4. U-Space

Ya se ha comentado en anteriores apartados la gran industria que está generando el desarrollo de los drones y su inclusión en todos los sectores del espacio aéreo, desde zonas despobladas y remotas hasta las áreas urbanas, para innumerables funciones (mapeo, entrega de productos o usos recreativos). Al mismo tiempo, se ha hablado de la necesidad, derivada de este crecimiento, de establecer un sistema de gestión de tráfico aéreo para incluir a los UAS en el mismo, así como del sistema que se aplica en la actualidad para regular el vuelo de estos sistemas.

Con todos estos conceptos nace U-Space. Es una iniciativa de la Comisión Europea que propone un conjunto de nuevos servicios UTM para integrar a los UAS en Europa. Esta iniciativa pretende conseguir un escenario uniforme en la gestión de tráfico de aeronaves tripuladas y no tripuladas y dar una solución con un alto nivel de digitalización y automatización de funciones para obtener un espacio aéreo seguro, eficaz y protegido en el que se encuentren numerosos drones. Se podría decir que el U-Space propone una solución equivalente al ATM para aviación no tripulada en el espacio aéreo europeo, basada en el intercambio de información y en la conectividad de los servicios.

Por lo tanto, en su esencia, U-Space es un marco habilitador diseñado para facilitar cualquier tipo de misión en el espacio aéreo y en todo tipo de entorno; incluso en los más congestionados. A su vez, elabora una interfaz adecuada con la aviación tripulada y el control de tráfico aéreo. Para crear toda esa red de servicios, es imprescindible cumplir con dos requisitos. Por un lado, contar con proveedores de servicios que presten su asistencia y, por otro lado, digitalizar y automatizar todas las funciones que intervienen, tanto en las propias aeronaves como en el segmento de control en tierra.

Los principales objetivos que se propone U-Space son los siguientes:

- Permitir operaciones de alta complejidad y demanda tanto en el ámbito del desarrollo de operaciones únicamente con UAS como con múltiples aeronaves de diferentes características y misiones, automatizando los sistemas.
- Establecer los requisitos adecuados de seguridad, protección y resistencia necesarios para ofrecer un sistema adecuado al nivel de exigencia que se está estableciendo.
- Diseñar un proceso compatible con otras tecnologías del sector aeronáutico y del servicio U-Space, de forma que se consiga un servicio flexible y susceptible a cambios.
- Garantizar la seguridad de los usuarios del sistema que operan en el espacio aéreo, así como la de los ciudadanos en tierra.
- Facilitar la integración del sistema reduciendo su impacto económico, pudiendo aprovechar la tecnología e infraestructuras ya existentes en el sector aeronáutico tales como sistemas de navegación o comunicaciones.
- Crear un sistema accesible para todos los usuarios del espacio aéreo de forma justa e igualitaria.
- Anteponer la reducción del impacto ambiental, así como el respeto por la protección de datos y privacidad de los ciudadanos.

De esta forma las funciones que el proyecto desempeñará para cumplir sus objetivos son las siguientes:

- Seguimiento y monitorización de misiones.
- Identificación de UAS.
- Geofencing.
- Resolución táctica y estratégica de conflictos.
- Gestión dinámica de la capacidad del espacio aéreo.
- Gestión e intercambio de información.
- Interfaz colaborativa e interpolable con el servicio ATM.

[34] [3] [36] [37]

4.1. Proyecto SESAR

En 2004 se inició un proyecto tecnológico denominado Single European Sky (SES) que tenía como objetivo la organización del sistema aéreo para implementar una solución de mejora del rendimiento ATM. Este fue el pilar tecnológico para que en 2007 se creara la Empresa Común SESAR “en virtud del Reglamento (CE) 219/2007 del Consejo, de 27 de febrero de 2007 (modificado por el Reglamento (CE) 1361/2008 del Consejo (Reglamento SJU) y modificado en el último lugar por el Reglamento del Consejo (UE) 721/2014” ([SESAR](#), 2021). Esta organización utilizó el proyecto de investigación ATM del SES que tenía como misión coordinar y reunir todas las investigaciones y desarrollo de una nueva generación de ATM a nivel europeo. [36]

Desde el primer momento, el papel principal de SESAR ha sido definir, desarrollar y desplegar las estrategias necesarias para aumentar el rendimiento ATM y construir el sistema de transporte aéreo inteligente en Europa creando uno de los proyectos de infraestructura más innovadores jamás lanzados por la Unión Europea. A día de hoy, SESAR reúne a más de 3.000 expertos de un total de 100 organizaciones reconocidas tales como EUROCONTROL, involucrados activamente en fundamentar un proyecto de lo más innovador para la época de desarrollo venidera.

La importancia de SESAR en el proyecto U-Space es que ha sido su predecesor y es la organización que en 2017 impulsó la creación de U-Space. Fundamentó las ideas que finalmente se han decidido llevar a cabo en un proyecto más centrado y específico para el desarrollo de los UAS.

Las ideas que más ha desarrollado SESAR y que han servido como precedente para el lanzamiento del proyecto U-Space son las siguientes:

- Eliminar la fragmentación del sistema aéreo mal automatizado y conectado y así mismo las fronteras nacionales.
- Construcción de una infraestructura adecuada para respaldar operaciones más ambiciosas y de mayor calidad para aprovechar el potencial del sector.
- Transformar la ATM europea en un sistema más modular, automatizado e interpolable.

- Centrar el flujo y el vuelo para aprovechar los avances de las tecnologías digitales y de visualización.
- Integrar de forma segura todas las categorías de vehículos aéreos: desde drones y aviación general hasta aviación comercial y militar.
- Conseguir mejoras en todas las etapas de vuelo haciendo un tráfico más fluido y eficiente.

[38]

4.2. Arquitectura U-Space

Para lograr los objetivos que describe el proyecto U-Space es necesario establecer una arquitectura del sistema a desarrollar. Dicho sistema debe instaurar la cooperación de numerosas normas que involucran a los operadores de UAS, fabricantes, proveedores de servicios y cualquier entidad implicada en el desarrollo del vuelo de un UAS. Es además esencial que todos ellos sean capaces de interoperar entre ellos para desarrollar un espacio aéreo seguro y eficaz. Con ello, la idea principal a grandes rasgos es crear diferentes espacios denominados "U-Space" que se clasifiquen en diferentes niveles de seguridad basados en el riesgo de las operaciones que se lleven a cabo.

El Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664 de la Comisión de 22 de abril de 2021 establece el marco regulador para el U-Space. Al inicio de este, se exponen los antecedentes y se refleja la arquitectura que se busca lograr con las normas expuestas a lo largo del documento.

A continuación, se exponen los conceptos principales de dicho reglamento que facilitan la comprensión del sistema a desarrollar. Para una mejor comprensión de la estructura del procedimiento, se hace una diferenciación entre los aspectos que hacen referencia a la operación de los UAS en su simplicidad y aquellos referidos a la integración de los UAS con el resto de las aeronaves tripuladas. También se incluye un apartado con algunos reglamentos que definen procedimientos "externos" al sistema U-Space pero que son relevantes por intervenir en el proceso que rige específicamente las secciones que se mencionan en la normativa U-Space.

Referente a los UAS:

- Los estados podrán imponer condiciones particulares para operaciones UAS.
- Se definirán requisitos mínimos para operaciones UAS en determinadas zonas geográficas denominadas U-Space y el acceso a dicho espacio debe estar restringido al uso de determinados servicios para poder dar lugar a la gestión segura de dichas operaciones.
- Los UAS con masa máxima de despegue menor que 250g realizando vuelos en VLOS (Visual Line of Sight) no se verán obligadas a cumplir el reglamento establecido para el espacio U-Space.
- Se establecerán normas armonizadas para operadores UAS en el espacio U-Space y los servicios normalizados, así como métodos de conectividad con los proveedores de servicios.
- Es necesario definir el "U-Space" declarando perfectamente los requisitos en el espacio y los servicios que se proporcionarán en cada caso.

Referente a la integración UAS-Aeronaves tripuladas:

- Se dispondrá de instalaciones de comunicación específicas que mantendrán conectados a los servicios de tránsito aéreo con los operadores UAS y los proveedores de servicios.
- Se garantizará la separación para aeronaves UAS militares en el espacio U-Space
- Existirá un solo proveedor de servicios común a todos los U-Space para permitir a los operadores el acceso no discriminatorio prestando especial atención a la seguridad.
- Se seguirán protocolos de comunicación comunes, interpolables y abiertos entre las autoridades competentes, los operadores UAS y los proveedores de servicios
- Los proveedores de servicios deberán proporcionar en todo momento en el espacio U-Space:
 - Identificación de red. Se podrá proporcionar información sobre:
 - La identidad de los operadores UAS.
 - La ubicación del UAS.
 - El vector de vuelo del UAS.
 - Servicio de geoconsciencia. Se deberá proporcionar información sobre:
 - Las últimas imitaciones del espacio aéreo.
 - Las zonas geográficas definidas de los UAS disponibles.
 - Automatización de vuelo UAS:
 - Se deberá garantizar que las operaciones autorizadas de UAS estén libres de intersección en el espacio y tiempo en el que se van a desarrollar.
 - Información sobre tráfico:
 - Se deberá alertar a los operadores de UAS sobre el tráfico aéreo de otro que pueda estar presente cerca de sus UAS.
- Se instaurarán normas de señalización para indicar la presencia de aeronaves tripuladas.
- Será obligatorio el servicio de información meteorológica y de conformidad.
- Se dispondrá de un sistema de registro para el seguimiento de actividades UAS.

Reglamentos

- Requisitos de las instalaciones de comunicación.
 - Reglamento de Ejecución (UE) 2021/655
- Normas de señalización para aeronaves tripuladas.
 - Reglamento de Ejecución (UE) 2021/666
- Definición de zonas geográficas.
 - Reglamento de Ejecución (UE) 2021/947
- Designación de autoridades competentes en los Estados miembros.
 - Reglamento de Ejecución (UE) 2018/1139

[39] [36]

En la *Figura 8* se adjunta una imagen que refleja la organización propuesta por SESAR para contemplar más gráficamente los conceptos que se han mencionado

recientemente, pudiendo visualizar cómo sería el procedimiento para una operación UAS.

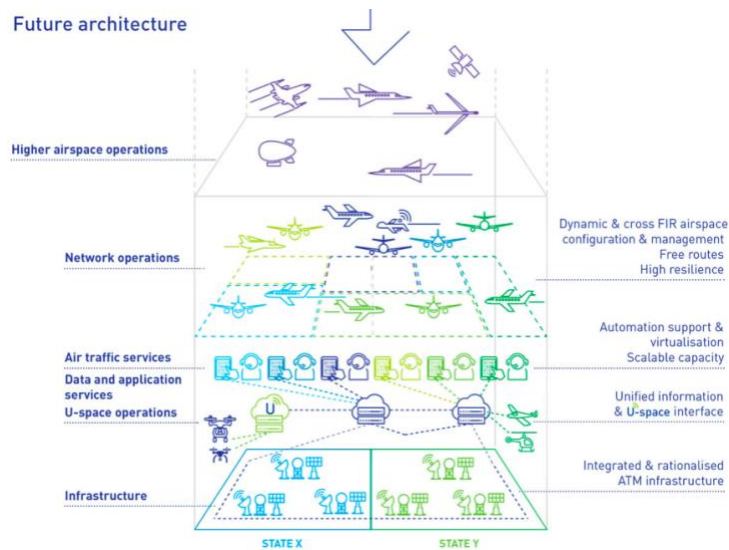


Figura 8. Propuesta de SESAR para la nueva organización del espacio aéreo. Fuente: [SESAR](#).

Además, se ha realizado un esquema organizativo que plasma claramente cómo sería el desarrollo de actividades UAS en un sistema U-Space, consiguiendo la integración de estas con actividades de vuelo tripulado (integración UTM/ATM). Éste se puede visualizar en la *Figura 9* junto a una breve explicación en la *Figura 10*.

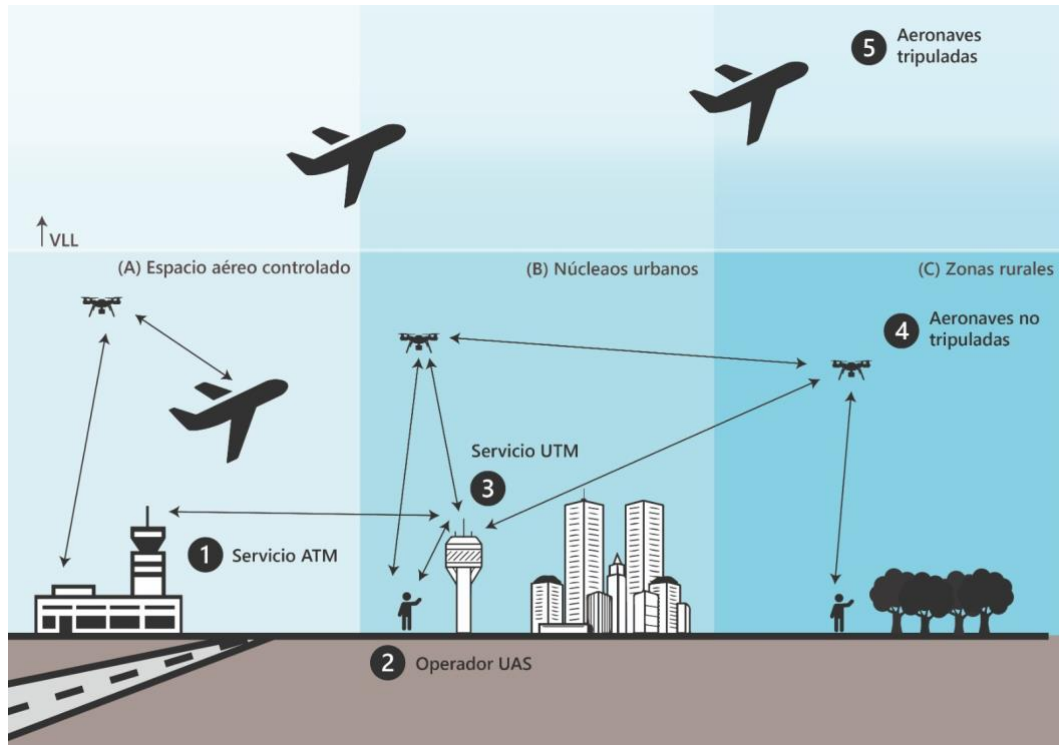


Figura 9. Esquema organizativo del desarrollo de operaciones UTM/ATM. Fuente: propia.

(A) Espacio aéreo controlado	(B) Nucleos urbanos	(C) Zonas rurales
<ul style="list-style-type: none"> • Tanto aeronaves tripuladas como no tripuladas necesitan permiso del ATM. • ATM controla el espacio aéreo y está en contacto con UTM para conocer las actividades de las posibles UAS que quieran entrar a su espacio controlado. • Su principal función es coordinar las operaciones de aeronaves tripuladas y estar atento para cada caso que entre una operación UAS, para darle autorización y en caso de que fuera necesario, algún tipo de servicio, tal como control aéreo o información de tráfico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las aeronaves no tripuladas necesitan permiso del UTM. • Las UAS tienen que estar vigiladas por el UTM que será su proveedor de servicios mientras se desarrollen operaciones en ese espacio. • El proveedor de servicios principal en este caso es el USSP y está conectado tanto con el ATC como principalmente con los UAS del sector que le toca controlar, para darles los servicios necesarios. • Dependiendo de a qué U-Space de servicio, el USSP tendrá que estar formado por los proveedores de servicios necesarios para cada caso. • Además habrá una especie de gestor, que actuará como proveedor de servicios común a los USSP. • Lo ideal es que haya varios proveedores de servicios que se den soporte entre ellos, de forma que pueda haber un intercambio activo y rápido de información, y luego que todo ello llegue al que se pondrá en contacto o bien con la UAS o bien con el ATC. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere de permiso para operar en este espacio aéreo, las operaciones se realizan bajo supervisión del operador UAS. • Las UAS deben estar igualmente registradas y autorizadas para operar y deben cumplir las características técnicas de posicionamiento o registro establecidas para todas las aeronaves no tripuladas para que los USSP tengan consciencia de las actividades que se están desarrollando. • Contarán con una plataforma que le proporcione los servicios directamente, una especie de "nube" de información, de forma que se le pueda quitar carga de trabajo a los USSP, puesto que estos subirán la información común y concreta en cada espacio aéreo y ya cada operador podrá consultarla directamente.

Figura 10. Tabla informativa del desarrollo de actividades del sistema UTM/ATM según el tipo de espacio aéreo. Fuente: propia.

4.2.1. Normativa

Teniendo en cuenta los antecedentes expuestos, se procede a mencionar algunos de los conceptos más destacables recogidos en los artículos que forman el Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664 de la Comisión de 22 de abril de 2021, el cual, como ya se ha mencionado, define las “normas y procedimientos para la seguridad de las operaciones de los UAS en el espacio aéreo U-Space, para la integración segura de los UAS en el sistema de aviación y para la prestación de servicios de U-Space.” ([Comisión Europea, 2021](#))

- **Artículo 1: Objeto y ámbito de aplicación**

En él se indica que “el presente Reglamento se aplicará, dentro de las zonas geográficas de los UAS definidas como espacio aéreo U-Space por los Estados miembros, a:

- a) los operadores de UAS;
- b) los proveedores de servicios de U-Space;
- c) los proveedores de servicios comunes de información.” ([Comisión Europea, 2021](#))

Así mismo, se establecen las situaciones concretas que excluyen algunos casos en los que no se aplicarán las normas recogidas en el reglamento de la Nueva Normativa Europea.

- **Artículo 2: Definiciones**

Muchas de ellas ya se han definido en normativas anteriores, por lo que algunas de las más destacadas son las definiciones de servicios de U-Space, servicios de información común o reconfiguración dinámica del espacio aéreo, que hace referencia a “la modificación temporal del espacio aéreo U-Space para adaptarse a los cambios a corto plazo en la demanda de tráfico tripulado, ajustando los límites geográficos de dicho espacio aéreo U-Space.” ([Comisión Europea, 2021](#))

- **Artículo 3: Espacio aéreo U-Space**

Se dispone que “todas las operaciones de UAS en el espacio aéreo U-Space estarán sujetas, como mínimo, a los siguientes servicios obligatorios de U-Space:

- a) el servicio de identificación de red a que se refiere el artículo 8;
- b) el servicio de geoconsciencia a que se refiere el artículo 9;
- c) el servicio de autorización de vuelo de UAS a que se refiere el artículo 10;
- d) el servicio de información sobre el tráfico a que se refiere el artículo 11.” ([Comisión Europea, 2021](#))

Todos los artículos mencionados, se desarrollarán en profundidad más adelante. A su vez, se indica que los Estados Miembros darán acceso a los datos permitidos a los proveedores de servicios.

- **Artículo 4: Reconfiguración dinámica del espacio**

Define la obligación por parte de los Estados Miembros de asegurar la “reconfiguración del espacio aéreo” para garantizar que las aeronaves tripuladas y no tripuladas mantengan en todo momento la separación adecuada.

- **Artículo 6: Operadores UAS**

Se obliga a todos los operadores UAS a cumplir los requisitos del Reglamento y a hacer uso de los servicios U-Space. A su vez, todos ellos tienen el deber de contar con una autorización de vuelo y con los certificados pertinentes. A modo de resumen, se requiere que el procedimiento por parte del operador sea el siguiente:

1. Previo al vuelo, han de presentar la solicitud para obtener la autorización de vuelo.
2. Presentar la solicitud de activación de la autorización en el momento de inicio del desarrollo del vuelo.
3. Durante el vuelo, cumplir en todo momento lo que se establece en la autorización de vuelo, y responder ante cualquier cambio que los proveedores de servicios hagan de forma puntual.

- **Artículo 14: Solicitud de un certificado**

Hace referencia a los requisitos que se establecen en cuanto a los proveedores de servicios, y en consecuencia, al proceso a desarrollar para la obtención de un certificado que los acredite a desempeñar sus funciones. Por lo tanto, se determina que “Los proveedores de servicios de U-Space y, cuando se designen, los proveedores únicos de servicios comunes de información deberán estar en posesión de un certificado expedido por la autoridad competente del Estado miembro de su centro de actividad principal.” ([Comisión Europea](#), 2021)

- **Artículo 16: Validez del certificado**

Señala que la validez de los certificados de proveedores de servicios durará siempre que este cumpla con los requisitos que se le imponen, de manera que desempeñe su función correctamente. En el momento en que esta situación no se dé, ya no podrá estar en posesión de un certificado.

- **Artículo 17: Capacidades de las autoridades competentes**

“Las autoridades competentes tendrán la capacidad técnica y operativa y los conocimientos técnicos necesarios para cumplir sus obligaciones en virtud del artículo 18.” ([Comisión Europea](#), 2021)

- **Artículo 18: Tareas de las autoridades competentes**

Algunas de las tareas más destacables de las autoridades competentes son las siguientes:

- “Determinarán los datos de tráfico, en directo o grabados, que los proveedores de servicios de U-Space, los proveedores únicos de servicios comunes de información y los proveedores de servicios de tránsito aéreo deben poner a disposición de las personas físicas y jurídicas autorizadas, incluida la frecuencia requerida y el nivel de calidad de los datos, sin perjuicio de los reglamentos de protección de datos personales;” ([Comisión Europea](#), 2021)
- “llevarán a cabo auditorías, evaluaciones, investigaciones e inspecciones de los proveedores de servicios de U-Space y de los proveedores únicos de servicios comunes de información, tal como se establece en el programa de supervisión;” ([Comisión Europea](#), 2021)

“supervisarán y evaluarán periódicamente los niveles de rendimiento en materia de seguridad y utilizarán los resultados del seguimiento de dichos niveles, en particular en el marco de su supervisión basada en el riesgo.” ([Comisión Europea, 2021](#))

En cuanto a los artículos que mencionan detalladamente las características de algunos de los servicios U-Space o los requisitos que los proveedores de servicios han de cumplir, se comentarán en profundidad más adelante. [39]

4.3. Servicios U-Space

La intención de U-Space es ofrecer una serie de servicios que permitan el desarrollo de diferentes actividades y operaciones en una amplia variedad de entornos de vuelo. A su vez, la idea es ofrecer la posibilidad de tener un gran número de combinaciones entre dichos servicios que plantee un marco de cobertura que no deje indiferente a ningún operador del espacio aéreo. A continuación, se expondrán los diferentes servicios con los que el proyecto U-Space contará, y se hará una pequeña explicación de las funciones que abarca cada uno de ellos. Además, en la *Figura 11* se recogen todos y cada uno de ellos, organizados según el tipo de servicio y el sector al que apoyan para hacer una primera visualización del tema.

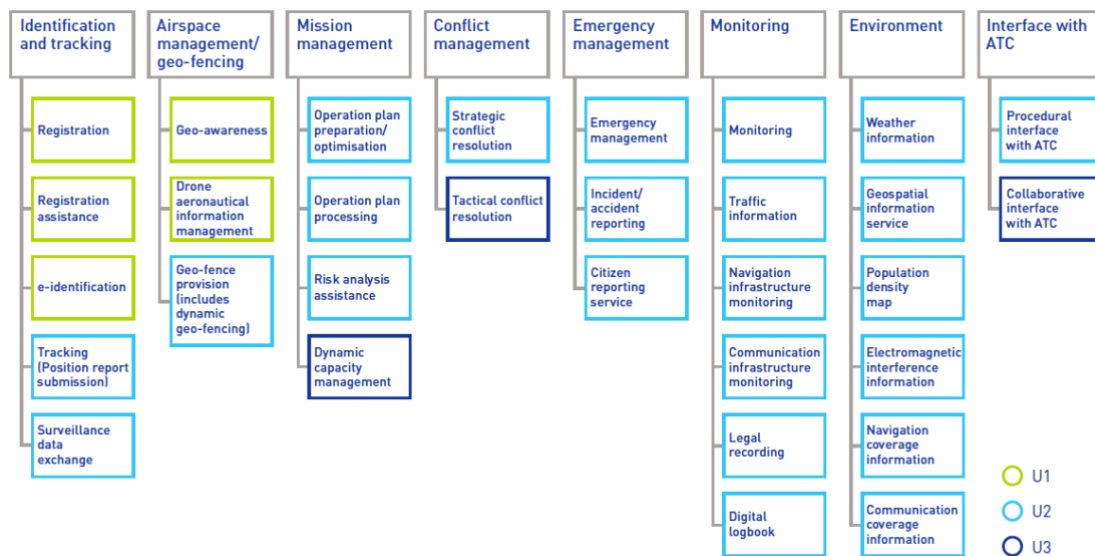


Figura 11. Esquema organizativo de los tipos servicios U-Space. Fuente: [SESAR](#).

En dicho esquema se puede visualizar claramente que hay 8 subgrupos principales de objetivos que se abordarán con el sistema U-Space, dentro de los cuales se incluyen diferentes servicios para cumplir las necesidades que presenta cada área. Los principales ámbitos de trabajo son los siguientes:

- Identificación y seguimiento
- Gestión del espacio aéreo y geo-fencing
- Gestión de las operaciones
- Gestión de conflictos
- Gestión de emergencias

- Monitorización
- Entorno
- Interacción con ATM

A grandes rasgos, los servicios que ofrece el marco U-Space se dividen en tres grandes grupos dentro de los cuales se incluyen numerosas prestaciones. En este apartado, se detalla y explica la clasificación de los servicios y sus funciones. La especificación de cada uno de los servicios se desarrolla a continuación:

- **Foundation services (U1)** → Cubren el registro electrónico y la identificación.

- Servicio de registro

“El servicio de registro permite a los operadores de drones acceder al registro, para registrar o actualizar sus entradas, como lo exige la ley. El servicio de registro también permite a los organismos encargados de supervisar el cumplimiento de ley u otros usuarios autorizados a recuperar los datos del operador.” ([SESAR](#), 2020)

Este servicio se pone en marcha puesto que el operador ha de realizar el registro antes de empezar la operación y la autoridad debe haber certificado dicha operación. Así mismo, debe confirmar que la actividad que el UAS va a desempeñar está autorizada.

- Servicio de asistencia de registro

Este servicio permite realizar el registro de algunos vehículos de forma sencilla para facilitar el trámite en casos que se realicen de forma rutinaria, por ejemplo, dar de alta un operario cuando una tienda vende un dron o que una escuela de formación registre nuevos pilotos.

- Servicio de identificación electrónica

“El servicio de identificación electrónica lo utilizan principalmente los organismos encargados de supervisar el cumplimiento de la ley. Toma la información de identificación remota y la utiliza para acceder a los detalles del operador registrado y de la operación que desarrolla” ([SESAR](#), 2020)

Entre otros requerimientos, las entidades reguladoras deben tener acceso a la localización e información de contacto del operador del UAS. Por este motivo, dicha información tiene que estar registrada y disponible durante todo el vuelo.

- Gestión de información aeronáutica de drones

“El servicio de gestión de información aeronáutica de UAS permite a las organizaciones autorizadas a crear, actualizar o eliminar “geofences” y otros datos geográficos en cualquier momento.” ([SESAR](#), 2020)

- Geo-Awarness

“El servicio de Geo-Awarness proporciona información acerca de la “geofence” para que sea utilizada por el operador del UAS, el piloto e incluso el propio dron.” ([SESAR](#), 2020)

- **Initial services (U2)** →Cubren la gestión de operaciones de drones

- Seguimiento

“El servicio de seguimiento genera, como la palabra indica, un seguimiento de la operación basado en la posición actual y el movimiento del dron. Este, utiliza información del tráfico para el monitoreo de conformidad, resolución de conflictos tácticos e identificación remota de la red. El seguimiento depende de los informes de posición enviados por el subservicio de envío de informes de posición, pero combina otras fuentes, como los sistemas de detección de drones, si es que hay alguno disponible. El servicio de seguimiento proporcionará tanto direcciones como una indicación de las incertidumbres asociadas con dicha dirección.” ([SESAR](#),2020)

A su vez, cuenta con un subsistema de envío de informes de posición, el cual permite enviar informes de posición desde los operadores UAS hasta los proveedores de U-Space para que sean asociados con una operación en concreto.

El sistema de comunicación para el seguimiento sobre el UAS debe estar siempre disponible y proporcionar información segura y precisa. Así mismo, el servicio debe ofrecer información relacionada con la velocidad y dirección del UAS.

- Intercambio de datos de vigilancia

“El servicio admite intercambios de información entre los servicios de seguimiento y otras fuentes o consumidores, como, por ejemplo, el servicio de tráfico aéreo o los sistemas de protección.” ([SESAR](#),2020)

- Información dinámica de Geofencing

“El servicio de provisión de geofencing extiende la información relacionada con las “geofences” y a los UAS que están preparados para usar esta información, así como a las estaciones de piloto remoto. Esta información se proporciona incluso durante el vuelo.” ([SESAR](#), 2020)

El servicio debe dar cobertura a los operadores, indicando la localización de las “geofences” mediante polígonos que tengan un nivel de precisión por debajo de 1 metro. De este modo, la información no debe tardar más de 10 segundos en actualizarse.

- Preparación y optimización del plan de operaciones

Este servicio facilita al operador UAS el proceso de creación del plan de vuelo, así como el envío del mismo al sistema U-Space. El plan de vuelo diseñado ha de contar con la información establecida por la normativa, como por ejemplo la definición geográfica de la ruta que se va a desarrollar.

Además, el plan de vuelo debe ser aprobado por la autoridad competente y el servicio debe informar al operador de este hecho.

- Procesamiento del plan de operaciones

Este servicio es la vía para que otros servicios del U-Space que basen su trabajo en el plan de operaciones puedan acceder a él, como por ejemplo el servicio de resolución estratégica de conflictos.

Debe avisar al operador UAS de cualquier cambio que la autoridad haya hecho en el plan de vuelo y permite cambiar o cancelar el plan.

- Asistencia de análisis de riesgos

Este servicio se aplica como respaldo de los servicios de SORA (seguridad operacional de vuelo) ya que compara el plan de vuelo que presenta cada uno de los operadores UAS con datos referidos al entorno, por ejemplo, la densidad de población o la cobertura de los servicios de comunicación, para asegurar que la operación que se quiere desarrollar es segura.

- Resolución estratégica de conflictos

La resolución de conflictos es un servicio que se desempeña previo al inicio del vuelo, desde el momento que se ha presentado el plan de vuelo. “El servicio revisa dónde estará cada aeronave en cada momento” (SESAR, 2020). De esta forma, se pueden evitar los posibles conflictos proponiendo al operador el cambio del plan de vuelo con trayectorias alternativas que no tengan conflictos.

Atendiendo al tipo de servicio, este debe tener acceso a la información a la base de datos, donde se encuentra la información de todos los planes de vuelo presentados. Los procedimientos en los que se basa la detección de conflictos son aquellos que establece el SORA.

- Gestión de emergencias

“El servicio de gestión de emergencias tiene dos funciones principales:
- Comunicar información acerca de la emergencia al piloto, por ejemplo, si alguna asistencia de los servicios U-Space está dañada.

- Brindar asistencia al piloto de aquel dron que esté pasando por una emergencia” ([SESAR](#), 2020)

De esta manera, es imprescindible que el servicio cuente con un sistema de comunicación que proporcione la información en tiempo real y el piloto debe estar conectado en todo momento al sistema de aviso de emergencias.

- Notificación de accidentes e incidentes

“Este servicio respalda el proceso de aviación estándar para la notificación de accidentes, diseñado principalmente para el usuario de UAS. Sin embargo, no se abordará la investigación de todos los incidentes, pero se pondrá a disposición de todos los usuarios la recopilación de valores estadísticos.” ([SESAR](#),2020)

Todas las autoridades competentes deben tener acceso a la información recopilada por este servicio.

- Notificación ciudadana

De forma similar al caso anterior, el servicio de notificación ciudadana permitirá que los propios ciudadanos puedan informar de alguna situación irregular que se haya observado. Esto se debe realizar en el momento que crean que se ha producido un accidente con un UAS.

- Monitorización

Este servicio es imprescindible para la seguridad puesto que “advierde al piloto remoto u operador del dron si este no sigue su plan de operaciones. Estas advertencias se basan en información procedente del servicio de seguimiento y del servicio de tramitación del plan de vuelo.” ([SESAR](#), 2020)

- Información de tráfico

“El servicio de información de tráfico proporciona al piloto y/o al operador del dron información y advertencias sobre otros vuelos, tripulados o no tripulados que se espera que se acerquen a su aeronave. Además, también presentará gráficamente la "situación aérea”.” ([SESAR](#), 2020)

El servicio siempre debe tener en cuenta la privacidad de la información de otros operadores y por ello la información se debe proporcionar a los usuarios en operaciones concretas, como por ejemplo en el caso de emergencias detectadas o cambios de plan de vuelo para resolver conflictos.

- Supervisión de infraestructuras de navegación

“El servicio de supervisión de infraestructuras de navegación proporciona información sobre el estado de la infraestructura de navegación, como GNSS. El piloto y/o el operador utilizan este servicio antes y durante el desarrollo de las operaciones. El servicio debe dar advertencias de pérdida de precisión de navegación.” ([SESAR](#), 2020)

El operador debe recibir una alerta en caso de que el sistema de navegación no esté dándole información correcta sobre la posición.

- Supervisión de infraestructuras de comunicación

“El servicio de supervisión de infraestructuras de comunicación proporciona información sobre el estado de la infraestructura de comunicación, como la telefonía móvil. El piloto y/o el operador utilizan este servicio antes y durante el desarrollo de las operaciones. El servicio debe dar advertencias de pérdida de precisión de navegación.” ([SESAR](#), 2020)

Las características son muy similares al caso anterior.

- Grabación legal

Este servicio tiene un fin analítico y post-analítico ya que se basa en el registro de todas las aeronaves que entran en el U-Space. Por ello, sirve también como un buen soporte al servicio de investigación de accidentes e incidentes. A su vez, por motivos de seguridad, quedarán registrados todos los accesos a la información del servicio de grabación legal.

- Logbook digital

Este servicio recopila toda la información que se ha registrado en el servicio de grabación digital y la organiza de forma que los operadores del U-Space pueden hacer resúmenes y estadísticas de los vuelos desarrollados.

- Información meteorológica

“El servicio de información meteorológica proporciona información meteorológica actual y prevista relevante para la operación de drones.” ([SESAR](#), 2020)

En caso de que la predicción meteorológica cambie se le debe notificar al operador para estar alerta de los posibles riesgos que se puedan presentar.

- Información de interferencias electromagnéticas

Este servicio “entrega informes y pronósticos de interferencia electromagnética que son relevantes para la operación de los UAS. Esto puede resultar muy relevante ya que las interferencias pueden obstaculizar las comunicaciones, la navegación o el funcionamiento de los sensores o del propio dron.” ([SESAR](#), 2020)

- Información geoespacial

Proporciona mapas e información relevante sobre el terreno y los obstáculos que se pueden encontrar, tales como edificios o montañas. Está dedicado principalmente a fin de facilitar el desarrollo de vuelos VLL (Visual Line of Light).

El servicio de preparación de plan de operaciones ha de tener esta información en cuenta para poder diseñar rutas que se encuentren al menos a 1 metro de los obstáculos tanto vertical como horizontalmente.

- Mapa de densidad de población

Este servicio “recopila y pronostica la densidad de población, lo cual es utilizado para evaluar el riesgo del suelo. La información debe basarse en referentes de la densidad de población instantánea, tales como la densidad de la telefonía móvil.” ([SESAR](#), 2020)

- Información de cobertura de navegación

Este servicio indica mediante un mapa de cobertura el alcance de los sistemas de navegación en cada zona, de modo que se informa del rendimiento de los sistemas en cada caso.

- Información de cobertura de comunicaciones

Al igual que el servicio anterior, el de información de cobertura de comunicaciones utiliza un mapa para señalar la cobertura que tiene los servicios de comunicaciones en las diferentes regiones del espacio.

- Interfaz de procedimiento con el ATC

El objetivo principal de este servicio es coordinar la entrada y la salida de los UAS en el espacio aéreo controlado. Esta interfaz trabaja de forma previa a la operación a desarrollar, de manera que el ATC pueda aceptar o rechazar el vuelo, así como definir los requisitos y el proceso a seguir en caso de que se acepte.

- **Advanced Services (U3)** →Admiten la realización de operaciones más complejas en áreas densas

- Gestión de capacidad dinámica

“Los servicios de resolución de conflictos estratégicos y tácticos reducen la probabilidad de colisión para un nivel residual muy bajo, aunque no nulo. A medida que aumenta el número de operaciones planificadas en un volumen de espacio aéreo, también aumentan los riesgos acumulativos residuales de conflicto. El servicio de gestión de capacidad dinámica calcula este riesgo residual y detecta cuándo se alcanza el límite de la capacidad del espacio aéreo. Luego, toma medidas para aumentar dicha capacidad o para limitar el tráfico. El servicio de gestión de capacidad dinámica es uno de los servicios que aprueba un plan de operación presentado al servicio de procesamiento de plan de operación.” ([SESAR](#), 2020)

Durante el proceso de validación, el sistema debe tener en cuenta la disponibilidad y capacidad del área, considerando todas las operaciones que tendrán lugar en el mismo espacio al mismo tiempo. Por su parte, el operador debe recibir alertas sobre las modificaciones de las operaciones que ya habían sido aceptadas en un principio, de forma que pueda saber en qué momento adaptar el vuelo a las nuevas restricciones.

- Resolución táctica de conflictos

“La resolución táctica de conflictos resuelve los conflictos detectados durante el vuelo y solo se puede ofrecer si el servicio de seguimiento conoce las posiciones y movimientos de todas las aeronaves. El servicio de resolución táctica se activa tras la resolución de conflictos estratégicos, que resuelve conflictos de baja probabilidad antes del vuelo, por ejemplo, cambios en la trayectoria de la aeronave debido al viento. El rendimiento del servicio de detección de conflictos tácticos depende de la precisión de los datos proporcionados por el servicio de seguimiento.” ([SESAR](#), 2020)

Para que exista la posibilidad de aplicar este servicio, se debe tener acceso a la base de datos donde se recogen todos los planes de vuelo. Asimismo, el sistema no debe mostrar información sobre otros operadores y solo se enviarán alertas sobre el conflicto a los operadores involucrados por orden de importancia y resolución del conflicto.

- Interfaz de colaboración con ATC

“El servicio también proporcionará comunicación entre ATC y el piloto remoto o el propio dron en caso de vuelo automático. El servicio se utilizará cuando el dron se encuentre en un área controlada y permite que los vuelos reciban instrucciones y autorizaciones de manera estándar y eficiente.” ([SESAR](#), 2020)

A parte de todos los servicios mencionados con anterioridad, se plantea la creación de un cuarto nivel de servicios: el U4, que permitirá albergar operaciones con niveles muy altos de automatización, conectividad y digitalización. A dicho nivel de servicios se le denominará “servicios completos”. [1]

Para contextualizar todos los servicios mencionados, se ha realizado un esquema organizativo que se recoge en la Figura 12, en el que se estructuran los servicios en función del nivel de implementación que tiene hasta la fecha. A su vez, se indica cuáles de los servicios son obligatorios o no. Con ello resultará fácil visualizar cómo de avanzado está el proceso de establecimiento del U-Space, pues es tan importante el saber con cuántos de los servicios se cuenta como también cuántos de los que faltan por instaurar son imprescindibles para la formalización del sistema.



Figura 12. Esquema organizativo de los servicios U-Space en función de su nivel de implementación y obligatoriedad. Fuente: propia.

4.4. Demostradores de proyecto

Desde 2017, la Comisión Europea encargó a SESAR JU coordinar toda la investigación de actividades relacionadas con el proyecto U-Space. El objetivo principal era acelerar el proceso de la inclusión UTM en el sistema de aviación mundial, así como conseguir un marco más completo para la organización de las operaciones de los UAS. Siguiendo esta línea, las propuestas deben ser comprobadas por el mayor número de expertos posible para corroborar que la solución tomada es la más adecuada, segura y eficaz. De esta manera, el programa de los demostradores de U-Space muestra el trabajo y los resultados obtenidos por 19 proyectos propuestos por 19 países diferentes, los cuales están basados en la búsqueda y demostraciones de numerosas ideas a gran escala. El objetivo de estas demostraciones es reflejar todos los aspectos para el desempeño de

las operaciones UAS, desde las tecnologías que intervienen hasta los servicios que se necesitan. Dichos proyectos han sido liderados por las principales empresas y organizaciones europeas involucradas en el sector UAS, que se pueden observar en la Figura 13.



Figura 13. Entidades colaborativas en el proyecto de demostradores de U-Space. Fuente: [SESAR](#).

Poco a poco los avances logrados por el equipo de demostradores han puesto en manifiesto la efectividad del sistema que se pretende crear, estudiando cómo se desarrollaría y demostrando su viabilidad y eficacia una vez llevado a cabo. Por supuesto, estas pruebas también han permitido identificar los errores que el U-Space plantea con la intención de corregir o mejorar algunas partes, puesto que, si se implementan diferentes tecnologías o se refuerzan algunos de los puntos se le podría sacar más partido a la iniciativa.

Por su parte, estos proyectos pretenden demostrar los diferentes niveles de seguridad y la forma de intercambio de información entre los proveedores de servicio. Esto se consigue realizando pruebas que alcanzan desde el transporte entre dos localizaciones y la intervención ante emergencias médicas o policiales hasta operaciones en el espacio aéreo controlado cercano a aeropuertos, que incluye la interacción de UAS con aeronaves tripuladas.

Por supuesto, para ello, las pruebas y demostraciones se han desarrollado en una gran variedad de escenarios como diferentes tipos de espacios aéreos (controlados y no controlados) o exponiendo las operaciones a distintos tipos de operaciones con diversos niveles de riesgo (vuelos visuales, no visuales, con complejidad de tráfico o variedad de proveedores de servicios involucrados en la operación, entre otros). Así, se podrá comprobar la eficacia del sistema en cualquier ámbito. [36]

A continuación, se realizará un análisis general de los avances logrados por los demostradores, clasificándolos según el grupo de servicios de U-Space con la intención de mostrar la capacidad de la organización U-Space.

- **Demostración de servicios U1**

En cuanto a los servicios básicos, se han demostrado todos ellos prácticamente a la perfección. Por ejemplo, el proyecto “D-Flight internet of drones environment” pudo verificar el funcionamiento del servicio de identificación y registro. Si bien, esto se hizo en una situación poco compleja con un único proveedor de servicios involucrado en el

desarrollo. No obstante, se pudo confirmar la posibilidad de la ejecución de esta función.

[1]

- **Demostración de servicios U2**

Los servicios U2 recogen la gran mayoría de servicios que se presentan en el sistema U-Space, de los cuales muchos de ellos ya fueron definidos inicialmente por SESAR. Por este motivo, casi en su totalidad, están todos perfectamente comprobados y establecidos.

Muchas de las demostraciones que se han realizado en esta nueva propuesta de procedimientos U-Space, se han basado en los resultados obtenidos por los proyectos CONOPS. Es por ello que algunos de los nuevos servicios incluidos en la nueva normativa europea de UAS aún no se han comprobado, ya que la mayoría de las investigaciones se han basado en otras ya realizadas.

Algunos de los servicios que se han demostrado han sido mediante los siguientes proyectos:

- Servicio de información geoespacial →El proyecto EuroDRONE consiguió demostrar el servicio de información geoespacial al completo mediante el uso de un único USSP, logrando resultados de vuelos completamente automatizados en espacios aéreos no controlados y parcialmente automatizados en espacios controlados.
- Servicio de gestión de emergencias →El proyecto DOMUS ha conseguido demostrar parcialmente este servicio puesto que las investigaciones únicamente se han basado en el estudio del espacio aéreo no controlado en vuelo visual.
- Servicio de infraestructuras de navegación →Tanto DOMUS como EuroDRONE han realizado proyectos intentando abordar la demostración de este servicio, pero no se ha podido realizar por completo puesto que únicamente se han hecho estudios en espacios aéreos no controlados, por lo que en el espacio aéreo controlado no se puede aplicar la misma solución por no haber sido comprobada. [1]

- **Demostración de servicios U3**

El tercer grupo de servicios es el que presta las funciones más complejas e innovadoras del proyecto que se pretende desarrollar, por lo tanto, se espera que los resultados logrados no sean tan completos. En la *Figura 14* se puede observar que el proyecto de gestión dinámica de la capacidad del espacio aéreo ha sido demostrado por completo, ya que ha sido probado por numerosos proyectos que han trabajado en diferentes configuraciones del entorno en el que se desarrollaba la operación. Este hecho ha permitido lograr el 100% de la demostración de este servicio, sin embargo, ha habido menos proyectos que hayan intentado demostrar el resto de servicios U3. Entre estos, solo los proyectos “VUTURA” y “SAFIR” consiguieron las mejores soluciones para la resolución táctica de conflictos. [1]

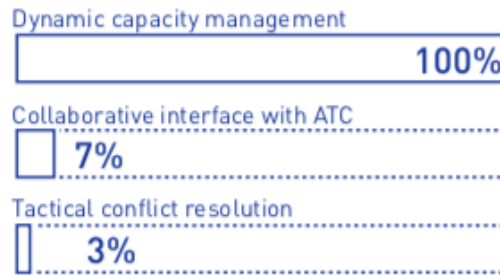


Figura 14. Nivel de demostración de servicios U3. Fuente: [SESAR](#).

4.4.1. Resultados de los demostradores

A continuación, se expondrán algunos de los proyectos más interesantes y los resultados obtenidos para reflejar los avances que se han logrado durante dos años de pruebas que han permitido la creación de un sistema final U-Space perfectamente definido.

- **DOMUS**

Demonstration of Multiple U-Space Suppliers (DOMUS) es un proyecto cuyo objetivo principal es la demostración de los servicios U2 y U3 para la integración de drones con el resto de usuarios que operan en el espacio aéreo. Concretamente, han observado que para lograr este fin es necesario la detección y eliminación de conflictos, por ello sus estudios se centran en estos servicios U-Space. Algunas de las empresas que han intervenido en el desarrollo de este proyecto son Enaire, que actúa como coordinador, Indra o AirMap.

En cuanto al desarrollo del proyecto demostrador, este se ha realizado tanto en zonas rurales como núcleos urbanos y espacios aéreos controlados, en la comunidad de Andalucía, España.

De este modo, se tienen 3 proveedores de servicios, 1 gestor principal de la red y la inclusión de 5 drones (provenientes de distintos fabricantes) con sus respectivos operadores. Siguiendo esta línea, el gestor principal es el que ha desempeñado el papel más determinante para conseguir una interfaz única con el ATM, éste recibía toda la información proveniente de los distintos proveedores y creaba “una sola verdad”, la cual era transmitida a los drones y al ATM. Se podría decir, que actuaba como punto común de información.

Paralelamente, los tres proveedores de servicios (ubicados en Lugo y Jaén) desempeñaban sus funciones concretas y a la vez que la transmitía al gestor, la comunicaba a los operadores de los drones.

Con esta jerarquía, se ha podido demostrar que con 3 proveedores de servicios, se puede dar cobertura a la operación de 5 drones con un gestor como mediador. A su vez, la implantación de algunos de los servicios U-Space tales como la planificación del vuelo, la interfaz e integración ATC o la resolución de conflictos se han podido poner en práctica.

- **PODIUM**

Las siglas PODIUM, recogen el proyecto denominado Proving Operation of Drones with Initial UTM. En él han intervenido entidades como Airbus, Eurocontrol (que ha actuado como coordinador) o Unifly.

La prueba busca especificar las características de los servicios previos al vuelo, mediante demostraciones en 5 ubicaciones diferentes y con el desarrollo de operaciones en entornos aeroportuarios y sobre la VLL.

Se estableció una plataforma web con la intención de que los operadores y autoridades pudieran conectarse en tiempo real y seguir cada una de las operaciones en desarrollo. A su vez, esta sirve como medio de comunicación con el piloto del UAS cuando sea necesario. Con ello se busca aliviar la carga de los proveedores.

Esta plataforma utiliza sistemas de seguimiento basados en ADS-B 1090 MHz, UNB-Banda L y redes de telefonía móvil.

Tras la realización del proyecto se ha llegado a la conclusión de que los servicios U-Space están perfectamente preparados para las fases previas al vuelo. En cambio, los servicios avanzados U3 necesitan algunas mejoras para ofrecer una asistencia adecuada. Con la intención de lograr estas mejoras, PODIUM ha realizado algunas recomendaciones tales como la mejora del seguimiento o la interfaz de conexión hombre-máquina, de forma que progrese el acceso de los pilotos a los datos.

- **SAFEDRONE**

Unmanned and Manned Integration in very Low-Level Airspace es el nombre que toma el proyecto desarrollado por el grupo Safedrone, con el fin de demostrar la viabilidad de los servicios U2 y U3.

El proyecto va dirigido a probar si existe la posibilidad de mantener la seguridad de los UAS y las aeronaves tripuladas que comparten un espacio a un bajo nivel de vuelo, por ejemplo, en el espacio aéreo de un aeropuerto.

Para ello, empresas como Indra, Unifly o entidades como Enaire y la Universidad de Sevilla, se han involucrado en el proceso de automatización y digitalización con miras a definir mejoras en los servicios U-Space previos al vuelo y durante el vuelo.

Sobre esta base, se han utilizado 8 tipos de aeronaves (drones, aeronaves de ala fija y rotatoria, etc) en situaciones de vuelo simultáneo en el mismo espacio aéreo. Además, esta posición se ha llevado a ámbitos rurales y núcleos semiurbanos, estableciendo muchas operaciones distintas tales como la entrega

de material sanitario o la cartografía. Todo ello se ha desarrollado teniendo un solo operador pendiente del desarrollo de la actividad.

Las conclusiones obtenidas por el proyecto de demostración, para la mejora de los servicios U2 y U3 son las siguientes:

- Proponer trayectorias de replanificación en el momento de la definición del plan de vuelo. Con ello se conseguirá dar más autonomía al operador del dron y se le podrá quitar peso de trabajo al proveedor de servicios en el momento de la actividad.
- Uso del 4G para la comunicación en BVLOS.
- Utilización del sistema GNSS (GALILEO en el caso europeo) para determinar la altura del dron.
- Establecer los procedimientos SORA para ofrecer la seguridad adecuada.

[1] [41]

4.4.2. European Network of U-Space Demonstrators

En paralelo a los proyectos de los demostradores, desde el momento en el que la Comisión Europea lanzó el proyecto U-Space en 2017 se formó un grupo organizativo denominado “European Network Of U-Space Demonstrators”. La finalidad de este grupo fue apoyar los proyectos de U-Space y encontrar soluciones para ellos. Surgió ante la necesidad de acceder a la información relacionada con los centros de prueba de U-Space para conectar a los solicitantes de estos servicios con los proveedores de servicios.

Dicha organización fue impulsada por EUROCONTROL, que cuenta con la competencia regulatoria de EASA, su experiencia en gestión del tráfico aéreo y la experiencia de gestión de I+D de la SESAR JU para desarrollar nuevo material de apoyo al proyecto U-Space.

Además, la red de demostradores U-Space es una plataforma o foro en la que se pretende promover y compartir información sobre cómo desarrollar operaciones UAS de forma segura y responsable con el medio ambiente. Estas operaciones han de basarse en las soluciones que propone el sistema U-Space para conectar y visibilizar a todos los drones que vuelan en el espacio aéreo.

Así mismo, se fundamenta en proyectos cuyos cimientos son tecnologías maduras centradas en un caso de negocio específico y está abierta a todos los proyectos U-Space que favorezcan el desarrollo del mercado UAS.

¿Cómo se desarrollan los proyectos?

Los miembros de la European Network Of U-Space Demonstrators han creado un inventario de los centros de pruebas U-Space, en el que se incluyen:

- La idea que se propone desarrollar.
- Los servicios específicos que ofrecen.
- Las organizaciones que pueden acceder a sus servicios.

- Los datos de contacto de los centros de pruebas.

De esta forma, esta información se proporciona de una forma organizada para cada uno de los centros organizados por países en orden alfabético. En la *Figura 15* se pueden observar dos ejemplos de la exposición de la información y su distribución, una para el caso de prueba realizado por la Universidad Politécnica de Valencia y otro para el caso del “National Experimental Test Center for UAS” en Alemania. [42]





Name	Scope	Access
National Experimental Test Center for UAS Operated by: German Aerospace Center Location: Germany    	✓ Services ✓ Laboratory simulation ✓ System integration ✓ Pre-operational flight trial ✓ airport scenarios, urban scenarios, mission validation ✓ Value propositions	✓ National bodies ✓ EU institutions ✓ Private European organisations ✓ Private non-European organisations ✓ Private individuals
Technical University of Valencia Operated by: Israel Quintanilla Location: Spain	✓ Services ✓ Pre-operational flight trial ✓ Urban, night and inside control airspace operations ✓ Value propositions	✓ National bodies ✓ EU institutions ✓ Private European organisations ✓ Private non-European organisations ✓ Private individuals

Figura 15. Información sobre proyectos de la European Network of U-Space Demonstrators. Fuente: [Eurocontrol](#).

4.5. Proveedores de servicios

Los proveedores de servicio de tráfico aéreo y navegación (ANSP) son las organizaciones y entidades encargadas de proporcionar todos aquellos servicios de soporte a cualquier actividad aeronáutica de forma que se puedan desarrollar las operaciones de forma segura.

Por supuesto, dentro del sector hay diferentes servicios que se proporcionan y se reúnen según el ámbito del sector aéreo en el que trabajan. De entre estos tipos de proveedores

de servicios, se encuentran aquellos que proporcionan los servicios de tránsito aéreo, de comunicación y navegación o de gestión de tráfico aéreo, entre otros. Aun así, la cooperación de todos ellos es necesaria e imprescindible para lograr un sistema de aviación completo y fiable.

Básicamente, los proveedores de servicios dedicados al desarrollo del sistema de integración UTM/ATM se pueden diferenciar en dos grandes grupos:

- Proveedor de servicios de información común (CISP).
- Proveedores de servicios U-Space (USSP).

[4] [43]

4.5.1. CISP

Los servicios comunes de información (CISP-Common Information Service Provider) son una parte de los proveedores de servicios que intervienen en el desarrollo del sistema U-Space. Estos proporcionarán información con integridad y en tiempo real de forma dinámica y estática. También incluirán en el sistema toda esa información que a los proveedores únicos de servicios U-Space no le compete adquirir, pero que sin embargo necesitan conocer para desarrollar sus funciones y ofrecer un servicio completo con éxito.

La idea principal del sistema es que haya un proveedor CISP por U-Space para asegurar el correcto funcionamiento de ese espacio, de forma que no se proporcione información confusa debido a que pudiera venir de diferentes fuentes. Teniendo solo un CISP por espacio se consigue consolidar toda la información necesaria en esa región y ofrecer un servicio más seguro y claro.

Puesto que la obligación de imponer las limitaciones y los requisitos concretos de cada espacio aéreo U-Space recae sobre los Estados miembros, según el Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664, dichos Estados miembros deberán proporcionar información de cada espacio aéreo U-Space a estos servicios comunes, puesto que son ellos los que imponen los límites y características concretas en cada caso para ayudar y facilitar el trabajo de los CISP y recopilar una información más fiable. Además, serán los Estados miembros los que asignen un proveedor único de servicios de información común en su país.

Así, la información que recopilan los CISP será:

- Límites horizontales y verticales de los U-Space y restricciones estáticas y dinámicas de dichos espacios.
- Información sobre los USSP que ofrezcan servicios en dichos espacios aéreos. Se adquirirá información tal como los servicios que proporcionan o la identificación y datos de contacto de los proveedores de servicio.

Los CISP deberán poner en conocimiento de los USSP toda esta información para facilitar su trabajo y, lo que es más importante, complementarlo para ofrecer unos servicios más completos cuya información provenga de fuentes fiables. [44] [39]

4.5.2. USSP

Las siglas USSP recogen el concepto de U-Space Service Provider. La idea principal de este elemento del sistema U-Space es proporcionar únicamente servicios U-Space a todos los operarios de UAS de forma segura y continua.

La idea principal es que el USSP proporcione autorizaciones de vuelo e información relevante al operador UAS relacionada con el tráfico aéreo, sistemas de navegación (obtenida a partir de los ANSP), la meteorología, avisos de emergencia o incluso soluciones ante situaciones conflictivas. Además, todos estos servicios no tienen por qué ofrecerse únicamente en el momento del vuelo, sino que también se pueden ofrecer previamente a las operaciones UAS. Así, se decide si el vuelo que se va a realizar es viable, se evitan posibles conflictos y se buscan las mejores soluciones para definir las características de la ruta y evitar situaciones que repercutan al resto del espacio aéreo en el momento de la operación.

Para el desarrollo de todas estas actividades, el USSP se basará en la utilización de información recibida a través del CIS para proporcionar información relacionada con las operaciones de aeronaves tripuladas o de otro carácter que no tenga que ver directamente con el sistema U-Space y las UAS pero que sí sean relevantes para el desarrollo de sus operaciones. Por ejemplo, la situación del tráfico aéreo de aeronaves tripuladas o los servicios del ANSP. Además, para efectuar este intercambio de información entre proveedores de servicios es necesario una interfaz adecuada. Es muy importante que el USSP esté en contacto con el resto de las actividades que se desarrollan en el espacio aéreo para no tener situaciones inesperadas que desemboquen en un conflicto.

El Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664 contiene diferentes artículos que regulan y establecen los requisitos que estos proveedores tienen que cumplir. Las ideas principales en cada artículo regulador de los USSP son las siguientes:

- **Artículo 7 – Proveedores de servicios U-Space**

Este es el primer artículo en el que se habla detalladamente de las condiciones que el USSP debe cumplir. Principalmente habla de forma general de los requisitos operacionales que el USSP debe de cumplir, es decir no define cómo prestará el servicio sino de las características que debe tener un proveedor de servicios U-Space.

De entre todos los puntos que se recogen en este artículo destacan los siguientes:

- Responsabilidad del USSP a prestar todos los servicios U-Space existentes a cualquier operador de UAS que opere en el U-Space, durante cualquier fase de la operación.

- Necesidad de tener acuerdos con las organizaciones que forman los servicios de tránsito aéreo para tener una coordinación de las actividades y el intercambio de información.
- Utilizarán un protocolo de comunicación común, seguro e interpolable.

Los siguientes artículos recogidos en el Capítulo IV del reglamento especifican concretamente qué actividades realizarán los proveedores de servicios para ofrecer un servicio en concreto.

- **Artículo 8 – Servicios de identificación de red**

En el artículo 8 se define que los proveedores de servicios están autorizados a procesar de forma continua la identificación tanto del UAS como de su operador siempre que sea necesario a lo largo del desarrollo del vuelo. Además, se establece que los servicios de identificación deben actualizar con frecuencia la información proporcionada. Así mismo, se define qué información concreta están autorizados a conocer, por ejemplo:

- Posición geográfica del UAS o de su piloto.
- La trayectoria que va a seguir el UAS.
- Identificación del UAS y del piloto.

- **Artículo 9 – Servicios de geoconsciencia**

El proveedor del servicio de geoconsciencia debe enviar información tal como las condiciones operacionales y las limitaciones del espacio aéreo aplicados en el U-Space, así como las restricciones aplicables en dichos U-Space, entre otros. Dicha información debe ser enviada cuanto antes para que los operadores tengan tiempo de respuesta ante posibles emergencias o conflictos.

- **Artículo 10 – Servicios de autorización en vuelo**

Los proveedores de servicios de autorización U-Space recibirán solicitudes de autorización de vuelo por parte de los operadores UAS y estos deberán comprobar el estado de la solicitud y revisar si es o no aceptada. Su aceptación dependerá de la afluencia en espacio y tiempo en el momento en el que se solicita el permiso de vuelo. Tanto si la solicitud es o no aceptada, los proveedores deberán hacérselo saber al operador, pero si la operación se autoriza, se le indicará al operador del UAS las limitaciones de la operación que va a desarrollar.

Además, en caso de que la autorización no vaya a ser aceptada, el proveedor de servicios puede proponerle al operador una opción alternativa de vuelo para ejecutar la operación satisfactoriamente. Siempre deben tener en cuenta el resto de las operaciones para establecer disposiciones adecuadas que resuelvan incompatibilidades en el espacio aéreo.

- **Artículo 11 – Servicios de información sobre el tráfico**

Se proporcionará información sobre el tráfico aéreo, ya sea sobre aeronaves tripuladas o no tripuladas de cualquier otro espacio que esté cerca de la ruta prevista para un UAS. Esta información puede recoger desde la velocidad de vuelo de otra aeronave hasta el rumbo o la posición de las mismas. De esta manera, cuando los operadores reciben información sobre el servicio de tráfico aéreo ya pueden tomar medidas para evitar cualquier peligro.

- **Artículo 12 – Servicios de información meteorológica**

Los proveedores de servicios de información meteorológica recopilan datos meteorológicos y proporcionan previsiones e información real antes o durante el vuelo. Esta información debe ser fiable y estar actualizada y se comunicará tanto al resto de proveedores para apoyar las decisiones operativas como a los operadores UAS.

- **Artículo 13 – Servicios de supervisión de la conformidad**

Se verificará si se cumplen los requisitos establecidos en los términos de las autorizaciones que se han dado para los operadores UAS y en caso de que se detecte alguna anomalía o desviación de la autorización inicial, el proveedor de servicios de supervisión informará y alertará al resto de operadores UAS afectados por vuelo cercano al UAS anómalo. También se informará al resto de proveedores de servicios para que se encuentre una solución al conflicto.

[39] [45]

4.5.3. Entidades proveedoras de servicios

Generalmente, en el sector aeronáutico, es común encontrar un proveedor “nacional” de servicios que se encarga de organizar y ofrecer todo tipo de asistencias existentes en el sector. Sabemos que en ATM existen numerosas entidades que actúan como proveedores de servicios tales como Eurocontrol, DFS, NATS, Indra, ESSP, ENAIRE, Aena, etc.

Aún así, a pesar de que muchas de ellas tomarán también el control para proveer de todos los servicios anteriormente mencionados al desarrollo del proyecto U-Space, no necesariamente tienen por qué ser las mismas entidades.

En España, será ENAIRE quien cogerá el mando para ser el proveedor de servicios de información común (CISP) para el sistema U-Space a nivel nacional. La entidad proporcionará un sistema automatizado de drones con una organización centralizada y unificada con los servicios comunes de información o de navegación aérea. Además, la misma organización también tendrá un rol fundamental en el sistema de USSP actuando como proveedor de servicios U-Space público.

De esta manera ENAIRE será el único que facilite información y datos operacionales, así como infraestructuras o interfaz con la intención de promover y ofrecer un servicio completo U-Space a los usuarios que desempeñen operaciones UAS en España.

Las plataformas de servicio U-Space que ha diseñado ENAIRE son de las primeras en recoger y proporcionar datos tanto nacionales como internacionales y en ellas los operadores de UAS y cualquier usuario del sistema U-Space en general podrá realizar pruebas de validación para las operaciones que se quieran desarrollar. [4]

5. GEOLOCALIZACIÓN

A continuación, se explicarán algunas de las plataformas más relevantes en la actualidad, cuya función es dar cobertura a muchos de los servicios que se han comentado a lo largo del trabajo, de forma que se pueda implementar el sistema U-Space tal y como se propone.

5.1. AIRMAP

AirMap es una compañía estadounidense, que opera internacionalmente para actuar como soporte técnico del sistema de gestión de tráfico aéreo de aeronaves no tripuladas. Dicha organización está formada por renombradas empresas de la industria aeroespacial, de transporte, defensa, automoción o comunicaciones.

Este sistema pretende equipar a gobiernos y sectores empresariales de UTM con las herramientas necesarias para gestionar las operaciones UAS. De esta manera, su objetivo principal es ofrecer una infraestructura digital que permita el desarrollo del vuelo de un dron de manera eficiente y segura, para lo cual utiliza las tecnologías más avanzadas de cada industria. [46]

Como ya se ha comentado, la compañía cuenta con numerosas empresas externas y cada una aporta al programa los recursos específicos que maneja. Así, las empresas se agrupan según 6 bloques principales de servicios prestados que, en consecuencia, son los que AirMap ofrece:

- Data & Analytics.
- Detectin & Tracking.
- Drones as a service.
- Mission planners.
- UAS manufacturers.
- UAS software operations.

5.1.1. Usuarios y servicios

En concordancia con sus objetivos, AirMap presenta una plataforma que incluye diferentes opciones de trabajo y aquellos involucrados en la operación de un UAS pueden intervenir debidamente. Siguiendo esta línea, las soluciones que se ofrecen en función del tipo de usuario del sistema son las siguientes:

- Para autoridades aéreas

A grandes rasgos, AirMap ofrece a los CAA y ANSP tecnologías que le permitan desarrollar la integración de los drones en el espacio aéreo controlado y no controlado. Inicialmente, 4 de los servicios que se pueden poner en práctica mediante AirMap relacionados con la mejora del trabajo de las autoridades aéreas son:

E-Registration

Desde la plataforma, cualquier usuario del sistema puede hacer su registro, desde las UAS y sus operadores y pilotos hasta proveedores de servicios o trabajadores de las autoridades. Todos ellos pueden establecer electrónicamente su registro mediante herramientas de gestión de acceso y seguridad digital, que en todo caso cumplen con los requisitos reglamentarios.

El algoritmo cuenta con una base de datos que almacena y organiza toda la información procesada para que las autoridades puedan acceder fácilmente a ella en cualquier momento. De esta manera, en caso de que sea necesario, también se le puede dar acceso a cierta información a aquellos usuarios que la necesiten, siempre que esta sea imprescindible. Por supuesto, se asegura en todo momento la privacidad de los usuarios que han registrado su información.

Geo-Awareness

“La plataforma AirMap UTM transforma los datos fragmentados del espacio aéreo en información procesable que permite a los operadores de UAS volar de forma segura.” ([AirMap](#), 2021)

Digital Authorisation

La plataforma les da la posibilidad a los operadores de registrar las solicitudes de aceptación del plan de vuelo, de manera que las autoridades pueden conceder las autorizaciones digitalmente. Seguidamente, se le notifica al operador que su ruta ha sido aceptada y, en el caso que sea necesario, los cambios que se sugieren a la autorización del plan de vuelo. Así, se consigue agilizar el proceso de acceso al espacio aéreo.

E-Identification

El hecho de que todos los operadores registren su vuelo y realicen sus solicitudes de autorización por medio de la plataforma permite que las autoridades tengan la opción de rastreo e identificación de UAS, así como de sus operadores.

[47]

- Para centros UTM

Monitorización y seguimiento de vuelos en tiempo real

Con la intención de visualizar un marco completo de la situación del espacio aéreo y, a su vez, resolver conflictos por intersección de rutas, se permitirá visualizar el tráfico tanto de aeronaves tripuladas como de aeronaves no tripuladas, por medio de la representación sobre un mapa dinámico.

Autorización de acceso a espacios aéreos

Ante la futura entrada del UAS en un espacio aéreo que requiere de autorización, el operador la podrá solicitar mediante la aplicación y, el controlador de dicho espacio aéreo, podrá concederla de la misma manera. Así, el proceso se podrá realizar automáticamente y será más rápido y ágil para ambas partes. La digitalización de este servicio supone principalmente un alivio de carga de trabajo para el centro UTM.

Información dinámica geoespacial

Los proveedores de servicios y autoridades pueden indicar en los mapas de la aplicación información dinámica de cada zona. Esto se desarrolla mediante señalizaciones geométricas sobre el mapa. En dichas zonas, se pueden realizar apuntes referentes a restricciones de la región, requisitos de vuelo en dicha zona o información aeronáutica relevante. De esta forma, los operadores UAS podrán visualizar fácilmente, de forma previa o durante el vuelo, el asesoramiento de cada espacio que atraviesan y, a su vez, el centro UTM solo tendrá que publicar esta información una vez.

[47]

- Para defensa

Siguiendo esta línea de información, AirMap también pone a la disposición de gobiernos y autoridades ciertos servicios concretos para la ejecución de operaciones militares con drones. Estos servicios no se desarrollarán en profundidad puesto que no son el objeto principal de este trabajo. [48]

- Para operadores

La plataforma digital, además de ofrecer soluciones operativas para las autoridades y proveedores de servicios, se usa para poner a disposición de los operadores UAS todos aquellos servicios que necesiten, de tal forma que sea posible acceder a ellos de manera fácil y directa. Así, AirMap puede cumplir su objetivo principal: facilitar el acceso de los UAS al espacio aéreo.

Mayoritariamente, lo que se ofrece desde la plataforma al operador es información relevante para el desarrollo del vuelo UAS, tanto antes como durante la ejecución de la operación. En general, dicha información se pone en conocimiento en función de la zona aérea que se seleccione o atraviese.

De esta manera, el uso de la plataforma se puede enfocar de dos formas que dependen de si su utilidad es previa al vuelo o en su desarrollo. Así:

Previamente al vuelo

El usuario puede registrar su plan de vuelo con la opción “Easy to use flight path drawing tools”. Con esta selección, el operador dibuja sobre el mapa la ruta que desea planear y, seguidamente, conoce las restricciones de los espacios aéreos que atraviesa.

De esta manera, el plan de vuelo se les notifica a las autoridades para que sea revisado y aceptado y la notificación de aceptación le llega al usuario por medio de la aplicación. En la *Figura 16* se puede observar la interfaz de la aplicación en la que se ve la notificación de aprobación de plan de vuelo donde, a su vez, se informa sobre las reglas que se deben revisar o seguir a lo largo de la ruta.

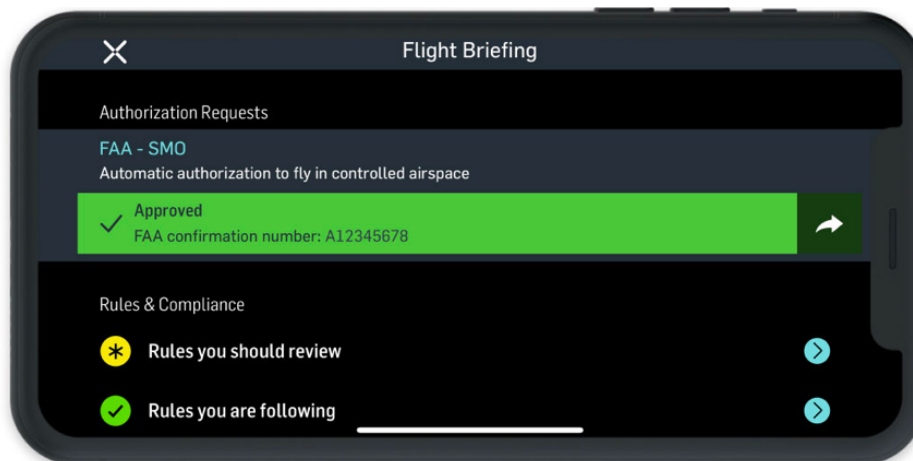


Figura 16. Interfaz de aplicación de usuario de AirMap. Fuente: [AirMap](#).

Con ello, se podrá definir la geometría, la hora de salida, la altitud o la duración del vuelo entre otras características. Con todas estas opciones, numerosos servicios previos al vuelo, tales como el registro, el procesamiento del plan de operaciones, la preparación del plan de operaciones o la resolución estratégica de conflictos entre otros, están cubiertos mediante la aplicación AirMap.

En la ejecución del vuelo

Asimismo, durante el vuelo, la aplicación va informando al operador de las restricciones de los espacios aéreos que atraviesa. Esto se realiza mediante notificaciones tanto visuales como de audio. Esta información puede ser acerca del tráfico aéreo relevante de la zona o de los cambios en los espacios aéreos que afecten al desarrollo del vuelo. Por lo tanto, al igual que en el caso anterior, muchos de los servicios U-Space están tramitados mediante la aplicación. Algunos de ellos son: información del tráfico aéreo, información de cobertura de navegación y comunicaciones, información meteorológica, entre otros. Toda esta información se pone a disposición del usuario en tiempo real.

Es destacable mencionar que para acceder al uso de la aplicación es imprescindible tener una cuenta de AirMap, para lo cual se requiere disponer del título de operador de UAS y registrar los datos del dron con el que se va a realizar la operación. De esta manera, se crea un perfil con información concreta tanto del operador como de la aeronave y así la plataforma pone esos datos a disposición de la autoridad que lo requiera.

Una vez dentro de la interfaz, se puede registrar un nuevo vuelo, ver la información de aquellos que ya se han realizado, incluir o revisar la información sobre la aeronave o el perfil, entre otras opciones. En el menú principal aparece un mapa de la zona en la que se sitúa el usuario de la aplicación, con opciones para comenzar una nueva operación. En la *Figura 17* se puede observar una imagen del menú de inicio de actividades de la aplicación. [49] [50]

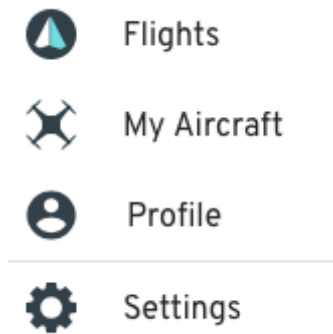


Figura 17. Menú de inicio de la interfaz de AirMap. Fuente: [AirMap](#).

5.2. UNIFLY

Siguiendo la línea de la plataforma mencionada con anterioridad, Unifly es una compañía que comparte intereses y objetivos con AirMap. Es por ello por lo que en el desarrollo de este apartado se podrán apreciar numerosas similitudes entre plataformas. Aunque, si bien es cierto, en todo momento se aprecia cómo Unifly tiene un carácter más enfocado a la integración de los UAS con el resto de aeronaves tripuladas y AirMap, sin embargo, se desvía hacia el desarrollo de operaciones UAS perfectamente controladas.

Unifly se define como una organización que busca crear un puente entre la aviación tripulada y no tripulada. De esta manera podrán cumplir su objetivo principal: permitir la integración del tráfico de drones de forma segura y eficiente.

La empresa actual ha derivado del Instituto Flamenco de investigación y Tecnología (VITO - Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek). Una gran cantidad de expertos de la industria aeroespacial (pilotos, controladores e ingenieros) compartían la opinión de aumentar el número de drones en el espacio aéreo y crear la herramienta que las pudiera visualizar y gestionar.

De esta manera, Unifly busca responder a la siguiente pregunta: ¿Cómo es posible asegurar la supervisión de las operaciones con drones que tengan tanto un carácter recreativo como comercial? Para responder a esta cuestión plantean el modelo que se desarrollará a continuación. [51]

5.2.1. Usuarios y servicios

Se puede decir que Unifly, en su plataforma “Unifly BLIP” presenta soluciones para tres grandes grupos de los usuarios que componen el sistema operativo de aeronaves no tripuladas:

- ANSPs y Autoridades de aviación

Son el punto de cohesión más importante para conseguir establecer un sistema en el que se integre la aviación no tripulada con la tripulada. A ojos de Unifly, ellos son los

principales encargados de gestionar el espacio aéreo y la aprobación de planes de vuelo. También deben comunicarse con los pilotos para tener un buen seguimiento del tráfico de los drones.

Con todo ello, se proporciona de manera uniforme, información muy precisa con una conexión en tiempo real de la situación del espacio aéreo en cada momento.

Unifly BLIP permite conceder autorizaciones de vuelo, así como estar bajo el control de las operaciones para ofrecer facilidades a lo largo del desarrollo del vuelo UAS. De esta manera, algunos de los servicios U-Space que el centro UTM ofrece son aquellos que permiten monitorizar, aprobar y gestionar las operaciones UAS:

Gestión de geofences

Los proveedores de servicios facilitan información acerca de las restricciones de cada espacio aéreo para los drones, de manera que el piloto del dron siempre tiene esa información en tiempo real.

Validación de operaciones UAS

La interfaz es capaz de procesar los planes de vuelo presentados y, en función de la dificultad que estos planteen, aceptarlos de forma automática basándose en la regulación establecida a nivel nacional. Con este sistema, se le puede quitar carga de trabajo a los proveedores de servicios y, además, acelerar el proceso. Aún así, en caso de que el plan de vuelo resulte muy complejo y no se pueda validar de forma automática, el operador podrá requerir la supervisión de un ATC para que revise su aceptación.

Automatización del espacio aéreo en tiempo real

Puesto que las autoridades tienen información acerca de todos los vuelos que se desarrollan en el mismo espacio aéreo, pueden enviar notificaciones al piloto en caso de que necesite ajustar su vuelo a una condición puntual que no se ha previsto en el establecimiento del plan de vuelo.

Comunicación con el ATC en vuelo

La aplicación es una manera fácil y directa de comunicación. Así, se aseguran de que el operador o piloto del UAS esté en todo momento informado de las actualizaciones del espacio aéreo o información relevante para su vuelo. Además, es obligatorio que el operador informe al supervisor del inicio y fin de la operación para que este sepa en qué momento ha de estar atento al desarrollo de dicho vuelo.

Preparación de plan de operaciones

Esta operación se puede realizar prácticamente de forma automática. Esto es gracias a que hay un registro de información en la base de datos de la plataforma que es capaz de ofrecer los datos concretos a cada operador para que este pueda establecer su plan de vuelo, con guías que recomienden la mejor opción. Aún así, el supervisor puede en todo caso aportar manualmente la opinión que considere. A su vez, este puede estar enterado en todo momento del plan de vuelo que se va a presentar para solventar posibles conflictos en otros sectores.

Publicación de NOTAM

La aplicación procesa todos los NOTAM (Notice To Airmen) publicados por la OACI y los traspassa a la base de datos de la plataforma para que se les notifique tanto a los operadores como a los proveedores de servicios y autoridades.

[52] [53]

- Aeropuertos e infraestructuras críticas

El objetivo principal de ofrecer servicios en estas zonas es conseguir la inclusión de los UAS en espacios aéreos complejos, los cuales presentan una gran cantidad de requisitos y situaciones concretas para lo cual sin el control de todas las aeronaves no sería posible desarrollar operaciones en él.

La propuesta que ofrece Unifly es combinar la monitorización y detección de los drones, de forma que sea posible diferenciar el tráfico tripulado y no tripulado en cada zona. Así, se le podrá dar la atención que requiere a cada una de las aeronaves y los supervisores mitigarán los riesgos antes de que aparezcan problemas más relevantes. Desde la Interfaz se ofrece la información de la posición tanto del UAS como de su operador.

En concordancia con lo mencionado, para permitir el tráfico de drones en aeropuertos u otro tipo de espacios similares, la organización establece dos acciones necesarias a desarrollar: por un lado, un proceso de aprobación de plan de vuelo eficiente y por otro la posibilidad de visualizar cuándo, dónde, quién y por qué se realiza un vuelo en dicho espacio aéreo. Con esta información, los supervisores son capaces de administrar de forma eficiente el tráfico sin necesidad de recurrir al cese de las operaciones.

La plataforma facilita la comunicación con los pilotos por lo que, junto a la opción de visualización del tráfico, componen un sistema que permite mantener el control haciendo un seguimiento de cada vuelo e intervenir en caso de que sea necesario.

Los servicios U-Space cubiertos en este caso son:

Monitorización

Los sistemas de seguridad estarán al tanto de cualquier situación compleja, no importa cuando ocurra, y por lo tanto podrán actuar a tiempo en caso de que sea necesario solventarlos desde el área de control.

Seguimiento

Mediante el uso del radar basado en tierra, es posible detectar el tráfico tanto de drones como de cualquier otro objeto de tamaño similar en el área que se requiera. Asimismo, si se utilizan sistemas de aumentación, es posible incluso distinguir aquellos drones que necesitan ser interceptados de los que pueden pasar desapercibidos, pues no supondrán ningún problema.

[54] [55]

- Operadores de UAS

Al igual que en el caso de AirMap, Unifly permite planear y validar la operación del UAS mediante el uso de un mapa en 4D. Por supuesto, a su vez, proporciona el seguimiento del proceso (dirección, velocidad, altitud...) a lo largo del recorrido del vuelo.

La administración de Unifly se conecta con cualquier sistema UTM para implementar todas las soluciones posibles en cada tipo de operación que se vaya a desarrollar. Así, se van obteniendo actualizaciones de la información e, incluso, de las aprobaciones de acceso a los espacios aéreos en caso de que sea necesario. Gracias al conocimiento del estatus de vuelo en todo momento, es posible habilitar tanto vuelos automatizados como BVLOS. Con este sistema, pleno de herramientas y automatización, se proporciona la eficiencia operativa de la red aérea.

Asimismo, la interfaz presenta la posibilidad de ser adaptada en función de si se quiere utilizar de forma recreativa como un usuario común o enfocada a un uso más profesional y usuario de empresa.

Por lo tanto, se podría decir que los tres objetivos principales que se pueden desempeñar como usuario de Unifly han de ser la planificación, la verificación y la aprobación del vuelo desde un mismo sistema o plataforma.

Los servicios que se ponen a disposición para los usuarios son:

- Gestión de documentación.
- Logbook.
- Administración de incidentes.
- Aviso de requerimiento de permisos de vuelo.
- Resolución táctica y estratégica de conflictos.
- Herramientas de monitorización.
- Preparación y procesamiento del plan de vuelo.
- Información de vuelo (meteorológica, comunicaciones, navegación, geoespacial...).

[\[56\]](#) [\[57\]](#)

5.2.2. Plataforma

Broadcast Location and Identification Platform (BLIP)

Es la plataforma que pone a disposición de los usuarios todos los servicios mencionados anteriormente. Mediante ella se consigue una independencia operativa, la cual le da autonomía a los usuarios para ejecutar sus operaciones de forma automática. Con este avance, las autoridades podrán estar observando el desarrollo del tráfico aéreo e intervenir cuando sea necesario o requerido. Con esta interfaz se consigue realizar el intercambio de información usuario-proveedor de servicios.

El sistema cuenta con sensores repartidos por el terreno, los cuales pueden detectar a los UAS que sobrevuelan la zona y obtener información de ellos, tal como la altitud, la posición o la identificación del UAS. De este modo, su vuelo queda registrado. El acceso tanto de autoridades como de usuarios ha de quedar registrado mediante la creación de un perfil. [58]

5.3. Altitude Angel

La compañía Altitude Angel es una entidad que busca soluciones que desbloqueen el potencial del sector de los UAS para que puedan desarrollar vuelos rutinariamente. A su vez, propone medidas a nivel mundial para lograr la integración autónoma de los drones con el resto de ocupantes del espacio aéreo. Richard Parker fue el fundador de la empresa, la cual se lanzó en diciembre de 2014.

Como concepto innovador, si comparamos esta plataforma con las dos desarrolladas anteriormente, Altitude Angel ofrecerá soporte técnico tanto para la implementación de U-Space como de UTM (sistema de gestión de tráfico no tripulado en Estados Unidos). Con esto, lograrán liderar el mercado de servicios tanto para operadores, fabricantes y creadores de software a nivel global.

A su vez, también es destacable el hecho de haber creado un sistema en el que todos los trabajadores del sector (fabricantes UAS, desarrolladores de software, ingenieros de telecomunicaciones, pilotos, ATC) están incluidos en el proceso de intercambio de información. Con esto, se crea una red que permite tanto al ATM como al UTM acceder a la base de datos que le interese. De esta manera se puede customizar a la perfección un escenario concreto para cada operación.

Si bien es cierto, otro punto que los diferencia del resto de entidades proveedoras de servicios de geolocalización es que Altitude Angel enfoca sus actividades en su gran mayoría a las partes del sector que permiten que se desarrollen las operaciones UAS. En otras palabras, no centra directamente su atención en lograr una plataforma para que el usuario reciba una información ideal, sino en que las autoridades y proveedores reciban dicha información para que el usuario tenga unos datos fiables y seguros. A su vez, quieren conseguir una red de integración UTM/ATM en la que todas las entidades estén representadas según su importancia en la actividad. [59]

5.3.1. Usuarios y servicios

- ANSPs y autoridades de aviación

Gracias a la red de empresas y operarios del sector UAS involucrados en Altitude Angel, se procesa toda la información que aportan y se pone en disposición de los ANSPs y autoridades de aviación, de forma que trabajan con ella para ofrecer los servicios de navegación y gestión de espacio aéreo con un nivel de integridad muy preciso.

Concretamente, la organización establece a NATS como ANSP de su sistema y con ello buscan ser los primeros en crear un sistema de proveedores de servicios de navegación

con una vista en la creación del espacio aéreo del futuro, con lo que puedan albergar y respaldar nuevos sectores de la industria tales como lo son, en la actualidad, los drones. [60]

¿Qué es NATS?

NATS es el principal proveedor de servicios de control de tráfico aéreo de Reino Unido. Gestionan el espacio aéreo superior y la mayoría de aeropuertos en Reino Unido y, a su vez, brindan servicios prácticamente a lo largo de todo el mundo.

La intención es que NATS sea el sistema central de UTM y con él lanzar el portal que el usuario del espacio aéreo necesita para operar. Así, dicho portal ofrecerá la inclusión de la tecnología ATM, ya desarrollada e implementada por NATS, incorporando nuevos softwares desarrollados por diferentes sectores de la industria UAS, para conseguir una integración completa del sistema UTM.

Es decir, coloquialmente hablando, con NATS buscan crear un puente que ofrezca sistema de herramientas UTM que serán la base de la creación de un espacio aéreo del cual los drones formarán parte.

Todo ello se realizará por medio de un sistema operativo denominado GuardianUTM, que se basará en la gestión del espacio aéreo para operaciones UAS a nivel nacional en Inglaterra. Al mismo tiempo, NATS seguirá operando con los sistemas ATM, y al ser la base de datos de la misma proveniencia, se podrán utilizar algunos sistemas operativos como base de GuardianUTM. Es decir, que en todo momento habría un intercambio de datos entre ATM y UTM.

Paralelamente, se cuenta con un programa de demostraciones de integración UTM/ATM en vivo denominado **“Operation Zenith”**. Este programa ya ha realizado demostraciones en el espacio aéreo controlado, desarrolladas en el aeropuerto de Manchester. En esa prueba, los drones fueron supervisados por los controladores de NATS a través del sistema operativo de GuardianUTM y todas ellas pudieron desarrollarse sin necesidad de interrumpir otra actividad aeroportuaria. Con ello, se ha demostrado la capacidad de cooperación entre NATS y Altitude Angel por medio de GuardianUTM.

Para Altitude Angel, la colaboración y asociación con los ANSPs es crucial para el éxito de cualquier sistema UTM, con el principal objetivo de que puedan implementar su tecnología para que sea adaptada al sistema de gestión de espacio aéreo que se pretende crear.

Al mismo tiempo, **“Drone Assist”** es la plataforma que proporciona a los operadores de los drones registrados acceso a los datos más precisos del espacio aéreo. Asimismo, ofrece soporte tanto para operar mediante U-Space y UTM (estadounidense).

Dentro de este marco, también se habilita el sitio web denominado **“Air Space User Portal”**. Esta web pública se conecta directamente a la red UTM de NATS para que los pilotos se comuniquen fácilmente con los ATC y notifiquen la información necesaria. En

consecuencia, le permite al ATC ver las solicitudes y planificar el espacio aéreo según la necesidad.

En resumen, se podría decir que Altitude Angel ha creado diferentes plataformas enfocadas a cada parte del sector, para ofrecer soporte y conexión al sistema ATM, con el objetivo de integrar a los UAS completamente y con un carácter automatizado. [61]
[62]

Servicios

Los servicios que ofrece por medio de todas las plataformas y soluciones anteriormente mencionadas son:

Servicios de seguridad y control → Registro, Identificación, Seguimiento.

- El ANSP es capaz de proporcionar una solución precisa y personalizable, que le da la opción a los usuarios y operarios UAS de registrar sus cualificaciones, credenciales o registros de forma digital. La solución que proponen permite al operador rastrear, identificar y comunicarse con otros operadores o con otras aeronaves, logrando un proceso automatizado de acceso al espacio aéreo.

Servicios de seguridad → Accesibilidad al usuario, Información aeronáutica relevante y precisa, Awareness.

- Para que el operador del UAS pueda desempeñar una operación de manera segura, es imprescindible que la información que obtiene sea fiable. De esta manera, la plataforma de Altitude Angel ofrece una base de datos única y coherente del espacio aéreo, así como de la aeronave y otros aspectos, que permitirá al operador tomar decisiones seguras basadas en una información adecuada.

Innovación → Gestión del espacio aéreo, Integración, Automatización.

- La intención es que toda tecnología que sea necesaria implementar para el desarrollo del nuevo sistema de gestión de tráfico aéreo no tripulado tenga el soporte para aplicarlo a aquellas infraestructuras con las que el sistema actual ya cuenta y para que su integración sea lo más sencilla y barata posible. Además, con ello se formará un marco de tecnología que incluirá los avances novedosos actuales con las plataformas fiables y funcionales del ayer.

[63]

- Fabricantes UAS

Uno de los objetivos que más caracteriza a Altitude Angel es su intención de crear una red de información muy completa, alimentada por todos los integrantes del sistema de aeronaves no tripuladas. Para ello, por supuesto es necesario tener en cuenta a los fabricantes de UAS. De esta forma, la organización se ha comprometido con los fabricantes más reconocidos a nivel mundial para garantizar que todas las aeronaves no tripuladas operen con todas las características adecuadas para ser incluidas en el nuevo espacio aéreo creado. Un sistema cambiante que requiere de infraestructura y herramientas que permitan ejercer el nuevo marco de operaciones. Con esto, se

permitirá a las aeronaves realizar misiones automatizadas u operaciones más allá de la línea de visión.

Por ejemplo, **DJI** es uno de los mayores fabricantes de drones a nivel mundial. Estos se comprometen con Altitude Angel para incluir sistemas en sus drones que compartan y reconozcan automáticamente la información con la que Altitude Angel trabaja, por ejemplo, datos sobre el espacio aéreo, geofences, información meteorológica, etc. [64] [65]

Servicios

Soluciones de geofencing → Información precisa y actualizada.

- Como ya se ha comentado anteriormente, es imprescindible que el sistema UAS pueda manejar las fuentes de datos más actualizadas. Con ello el operario será capaz de construir y personalizar la solución de vuelo que más se adapte a las características de la ruta. Por supuesto, debe ser susceptible a cambios, por lo que el fabricante ha de incluir en el sistema una configuración de servicio geofencing compatible con GuardianUTM, para que pueda gestionar soluciones del sistema U-Space y UTM. Altitude Angel y DJU proponen establecer una plataforma basada en la nube, que permitirá el acceso a fuentes de datos precisas para garantizar que el cliente tiene el control y es capaz de desempeñar un vuelo de manera segura y responsable.

Habilitar capacidades BVLOS

- Ofrecer herramientas de planificación de vuelo, eliminación de conflictos o seguimiento por telemetría, permitirá ensalzar el potencial del vuelo de los drones para que desempeñen funciones cada vez más complejas e innovadoras, siempre con el nivel de seguridad adecuado.

Integración internacional

- Se pretende en todo momento que las soluciones que se implementen tengan un carácter internacional, de forma que se facilite el uso del comprador y usuario del dron. Esto permitirá el acceso a una base de datos global con autorizaciones internacionales que aliviarán el trabajo a las autoridades y proveedores de servicios y a los operadores puesto que se unificarán muchos de los procesos necesarios para desempeñar un vuelo.

[66]

- Aeropuertos

La plataforma GuardianUTM proporciona soluciones escalables para implementar operaciones UAS que satisfagan las necesidades de un espacio aéreo complejo como es la intermediación de un aeropuerto. Dichas soluciones se adaptan desde algunas pequeñas pistas hasta grandes aeropuertos internacionales. El mecanismo intuitivo de la plataforma permite automatizar las aprobaciones de acceso al espacio aéreo, que se realizan digitalmente.

Como servicio principal, en este caso destaca la integración del sistema UTM con el ATM por medio del uso de los sistemas ya desarrollados para ATM. También, la plataforma presenta una facilidad de uso y configuración que ayuda a cualquier usuario a formar parte de la red de trabajo. Asimismo, como ya se ha comentado, al haber desarrollado el sistema en la nube no se requiere de hardware adicional, por lo que su implementación con el sistema ATM ya existente es muy sencilla y rápida. A su vez, al digitalizar todas las operaciones por medio de una única interfaz, es posible “aumentar el cielo de trabajo”, visualizando y controlando las actividades que ocurren en tiempo real. [67]

- Grandes empresas

Muchas empresas del mundo de la construcción o infraestructuras están adoptando el uso y la capacidad de los drones para desempeñar tareas que requieren mucho tiempo y pueden ser peligrosas.

Altitude Angel colaborará con **COMIT²DRONES** que crearán una plataforma con todas las herramientas necesarias para la industria de la construcción. Con ella será posible la inclusión de los drones en sus operaciones, pues la organización aportará toda la información en tiempo real que la plataforma necesite.

Con esta idea innovadora, será posible acceder a lugares que el ser humano no es capaz de alcanzar por sus propios medios. Por supuesto para ello es necesario que en todo momento se asegure al usuario que está cumpliendo con el reglamento establecido. Por su parte, para que la empresa sepa en todo momento el estatus de sus “trabajadores” también contarán con la representación sobre el terreno de los drones y asistencia en caso de que sea necesaria. [68]

- Desarrolladores de software

Todas las aplicaciones que utilizan están basadas en estándares conectados a los sistemas de aviación mundial. Esta solución permite que la red de información esté actualizada en todo momento y será la más completa que se contempla en el mundo hasta ahora. A su vez, el software está diseñado de manera que siempre este sujeto a cambios e innovaciones, en caso de la inclusión de nuevos servicios o soluciones, según el mercado lo requiera. [69]

5.3.2. Plataformas

Con la intención de contextualizar el trabajo ejecutado por Altitude Angel para conseguir una perfecta integración de los UAS en el espacio aéreo, se explican las interfaces que ha desarrollado para el desempeño de las diferentes actividades.

- GuardianUTM

Como ya se ha comentado, es una plataforma personalizada de gestión del espacio aéreo. Esta está pensada para los ANSP que supervisen las operaciones UAS. Con ella se desempeñan numerosas funciones tales como: definir las reglas

del espacio aéreo, proponer soluciones de vuelo a los operadores UAS, tener un registro nacional al sistema de gestión de tráfico UAS, tener una interfaz de comunicación con los ATC. [70]

- AirspaceMap

Es un mapa detallado de la configuración del espacio aéreo inferior. Está pensada para pilotos y operadores UAS que operan generalmente en vuelo visual. Con esta aplicación web, los usuarios interactúan con las autoridades en caso de que sea necesario. También cuentan con un mapa informativo con una base de datos en tiempo real a nivel mundial (cobertura en 152 países). [71]

- Pop-Up UTM

Es una interfaz que ofrece soluciones de gestión de espacio aéreo ante situaciones de emergencia. Es decir, ofrece un servicio de atención e intervención rápida. Actúa en tiempo real para lograr el monitoreo del espacio aéreo en caso de que se presente una situación adversa. A su vez, se conecta con GuardianUTM para actuar dinámicamente con vuelos total o parcialmente monitorizados y mitigar riesgos o evitar colisiones. [72]

- API

Es la principal interfaz diseñada para que los fabricantes de drones y desarrolladores de software tengan en su mano una base de datos que les permita ofrecer un producto excepcional al comprador y usuario del dron. Esta aplicación se integra en el sistema de la aeronave de manera que el usuario recibe en todo momento información aeronáutica actualizada. Asimismo, les permite comunicarse con los proveedores de servicios a nivel nacional. Con ella también se notifican alertas de emergencia y formas de resolución, al estar conectada con la red de GuardianUTM y Pop-Up UTM. [73]

5.4. Otras plataformas

Una vez desarrolladas las plataformas más destacables del panorama actual, en cuanto a lo que la geolocalización de UAS en el sistema de Unmanned Traffic Management se refiere, es importante destacar la existencia de otras entidades y empresas reconocidas de cara al futuro. Estas también buscan una solución adecuada mediante una plataforma accesible para todos que permita la inclusión fácil de los UAS en el espacio aéreo. De entre las más conocidas, se encuentran las empresas Indra, Everis o Google. También es destacable, a nivel nacional, Enaire.

En cuanto a **Everis**, esta empresa cuenta con la necesidad de ampliar las capacidades del espacio aéreo. Esto es debido a que opinan que “el mercado de los drones está en una fase de crecimiento enorme y con un gran potencial” (Everis, 2020). Ante esta situación, y teniendo en cuenta los años de experiencia y los profesionales con los que cuentan, es de esperar que se hayan subido a la iniciativa de crear una vía de soluciones para integrar de forma segura a los drones en el espacio aéreo, así como con la aviación tripulada. Esta empresa no solo interviene en el proceso de fabricación de drones, lo cual, como ya hemos visto, es imprescindible para implantar los nuevos sistemas que los UAS

puedan requerir, sino que también propone soluciones para ejecutar servicios aeroportuarios entre otros. En referencia a su posición ante U-Space, es conocedor de todos los servicios que se quieren ofertar para crear una red de tráfico aéreo no tripulado. Everis pone en marcha el proyecto **AIRUS**, el cual combinará numerosos servicios tales como la simulación de tráfico, la comprobación de requisitos y legislación, el seguimiento y monitorización o la resolución de conflictos en vuelo, con la intención ayudar al sistema U-Space a ser implementado. Además, todo ello esperan hacerlo a través de la plataforma **DAIM** (Drone Aeronautical Information Management System), la cual actuará como medio de comunicación e información. Esta aplicación utilizará la simulación de espacios para ofrecer toda la información que cualquier usuario pueda necesitar acerca de los espacios aéreos, el terreno o el tráfico. [75]

Por otro lado, Indra pone en marcha la plataforma **Indra Avitech SWIM**. Este sistema pretende combinar dos conceptos:

- Las tecnologías más avanzadas de software: estas permitirán una rápida comunicación, una digitalización de la información, el seguimiento y rastreo en tiempo real, etc.
- El conocimiento de aeronavegabilidad: si combinamos la tecnología anterior, con los conocimientos para implementar los requisitos necesarios y ofrecer soluciones ante posibles conflictos, se formará un sistema de provisión de servicios de lo más completo para los usuarios UAS. [74]

5.5. Comparación de plataformas

Para ver las similitudes y diferencias que presentan cada una de las plataformas explicadas recientemente se ha realizado una tabla comparativa, recogida en la *Figura 18*. En dicha tabla se incluyen todos los servicios propuestos por U-Space, y se marca cuál de cada una de las plataformas lo ofrece. Asimismo, se indica con una cruz roja aquellos servicios a los cuales algunas plataformas prestan más atención. Con esta división se pretende visualizar fácilmente qué ámbito abarca con más énfasis cada una de las plataformas. Comentando los resultados encontrados concretamente, se observa que realmente la plataforma más completa es Altitude Angel, puesto que es la que más servicios ofrece. Sin embargo, queda a la vista que AirMap centra su interés en ofrecer una calidad de servicios enfocados al usuario y operador UAS. Esto se aprecia en el hecho de que la mayoría de los servicios de información al UAS, así como de planificación o guía para los operarios, se recogen en la columna de AirMap.

En cuanto a Unifly, queda muy claro que centra sus intenciones en mantener informados a los proveedores de servicios de la posición de los UAS, además de conseguir una buena gestión y comunicación con los ATC para lograr la integración de los sistemas UTM y ATM. Esto se observa principalmente en que la columna de Unifly recoge la gran mayoría de servicios dedicados al seguimiento de UAS, así como la comunicación y coordinación con los ATC (U3-servicios señalados en azul).

A su vez, se puede contemplar a la perfección que aquellos servicios que se han clasificado en la *Figura 12* como “en desarrollo” o “última fase”, efectivamente a penas están incluidos en las plataformas y que Unifly es la única plataforma que contempla la

colaboración con la interfaz de ATC (servicio que se sitúa en la última fase del desarrollo). Con esto, se afirma una vez más que esta plataforma es la que más enfoca sus servicios a la integración de los sistemas de gestión de tráfico, mientras que las otras dos intentan lograr la mejora de la red de aviación no tripulada para formalizarla y ofrecer a la perfección todos los servicios que operadores y proveedores UAS puedan necesitar. Aún así, por supuesto, se podría contemplar la combinación de las tres plataformas. Por lo tanto, no deja de ser una buena idea que cada una centre sus esfuerzos en un ámbito en concreto, pues la cooperación entre las tres puede dar paso a la creación de un sistema UTM/ATM perfectamente desarrollado.

	Air Map	Altitude Angel	Unifly
Registro	X	X	X
Asistencia de registro	X	X	X
Identificación	X	X	X
Gestión de información	X	X	X
Geoawareness	X	X	X
Seguimiento	X	X	X
Intercambio de datos de vigilancia	X	X	X
Información dinámica de geofencing	X	X	X
Preparación de plan de operaciones	X	X	
Procesamiento de plan de operaciones	X	X	X
Asistencia de análisis de riesgos		X	
Resolución estratégica de conflictos	X	X	X
Informes de accidentes	X	X	
Informes ciudadanos	X	X	X
Monitorización	X	X	
Información de tráfico	X	X	X
Logbook		X	X
Grabación legal			
Información geoespacial	X	X	X
Información meteorológica	X	X	
Información de cobertura de navegación	X		
Procedimiento de interfaz con ATC		X	X
Gestión de emergencias		X	
Monitorización de infraestructuras de navegación			
Monitorización de infraestructuras de comunicación			
Información de interferencias electromagnéticas			
Información de cobertura de comunicación			
Mapa de densidad de población			
Colaboración de interfaz con ATC			X
Gestión de capacidad dinámica	X	X	X
Resolución táctica de conflictos	X	X	X

X La plataforma ofrece el servicio

X La plataforma centra su atención en ofrecer este servicio

○ Servicios U1

○ Servicios U2

○ Servicios U3

Figura 18. Tabla resumen de oferta de servicios U-Space en función de cada plataforma de implementación.

6. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo era analizar las nuevas propuestas establecidas para la integración de un sistema UTM en el actual sistema de gestión de tráfico aéreo, buscando el hacer posible incluir a los drones en el espacio aéreo. Asimismo, la intención era estudiar más concretamente la solución que se planteaba a nivel europeo. Revisando los objetivos propuestos al inicio de este proyecto, se podría afirmar que prácticamente se han cumplido todos en su totalidad.

Para ello, en primer lugar, se ha realizado un análisis sobre la normativa vigente para revisar los posibles errores que pudiera presentar, los factores de los que carecía y los motivos por los que era necesario un cambio en el panorama actual. Pues bien, tras el exhaustivo análisis de la normativa actual que rige las operaciones de los UAS a nivel europeo, se ha comprobado que es imprescindible un cambio en el reglamento. A esta conclusión se ha llegado al examinar la legislación actual, la cual no atiende a las necesidades del sector de los UAS en este momento. Es decir, la industria de los drones ha sufrido un importante desarrollo que ha presentado nuevas necesidades de gestión y servicio, hecho que no se ha visto contemplado en las normas que regulan sus actividades. Se citan a continuación algunos claros ejemplos de este hecho:

- Como punto principal, la normativa que regula la actividad de los UAS no atiende a la cooperación de sistemas de gestión de tráfico aéreo, de modo que es imposible establecer la integración de los drones con el resto de aeronaves tripuladas. Este hecho es el principal problema, pues el sector está cada día más en auge y, de no proponer una solución, la seguridad de aeronaves no tripuladas y tripuladas se pondrá en completo riesgo. Este problema se ha observado puesto que a lo largo de los artículos que forman el reglamento no se habla de comunicación con los ATC, identificación de vuelos UAS o referenciación de vuelos no tripulados. Asimismo, no se menciona con la suficiente importancia la posibilidad de proveer de servicios a los operadores UAS.
- Se menciona el concepto de la identificación y seguimiento de drones, pero no se establece con la consideración que esta idea requiere, pues para la integración de los UAS en el espacio aéreo y el aumento de la capacidad de sus operaciones, es imprescindible tener un seguimiento de todas las actividades que se desarrollan sobre él, hecho que hasta el momento no se contempla en el reglamento. Este problema es debido a que las autoridades entienden que es muy importante mantener la privacidad de los operadores y pilotos UAS, sin embargo, atendiendo a las tecnologías y los sistemas tan avanzados con los que se cuenta en la actualidad, es perfectamente compatible presentar un sistema que sea seguro a nivel aeronáutico que respete la privacidad de todos sus usuarios.

Si bien es cierto, la necesidad de un cambio ha sido contemplada por las autoridades y ha dado lugar a que se hayan puesto en marcha numerosos proyectos muy interesantes y viables para crear un marco regulador que contemple todas las posibilidades de actividad aérea no tripulada, en todo tipo de espacios aéreos y ante cualquier situación por adversa que parezca.

Por lo tanto, siguiendo el cumplimiento de los objetivos de este trabajo, se ha analizado la propuesta europea para la mejora de la inclusión de los drones en el espacio aéreo. Ante ello, U-Space ofrece un marco perfectamente definido que intenta no dejar indiferente a ningún usuario del sistema de aviación no tripulada.

La propuesta que hace U-Space para la creación de un sistema de tráfico aéreo no tripulado está recogida en el Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664 de la Comisión de 22 de abril de 2021. En dicho reglamento sí que se fijan las ideas mencionadas anteriormente, que no se contemplan en la normativa actual, así como otros muchos conceptos que crean un sistema perfectamente definido para establecer un marco seguro y viable.

Algunos de los conceptos más interesantes y destacables de esta Nueva Normativa son los siguientes:

- Se define la obligatoriedad de registrar los vuelos y de definir un plan de vuelo, de manera que cualquier usuario pueda acceder a las actividades del espacio aéreo en caso de que sea necesario. De esta forma, al mismo tiempo, el vuelo podrá ser controlado y asistido si se requiere.
- Se manifiesta la instauración de un sistema de proveedores de servicios que pondrán a disposición de los operadores UAS todo tipo de servicios y ayudas antes de la realización del vuelo y durante su desarrollo. Con este sistema de gestión de tráfico aéreo no tripulado (UTM) será posible también tener un contacto más controlado con el ATM mediante un intercambio de información directo.
- Se disponen detalladamente todos los servicios que se pondrán en marcha, principalmente de información al operador UAS y de comunicación entre el piloto y las autoridades o los proveedores.
- Se indican las obligaciones de los operadores (registro de vuelo, solicitud de autorizaciones, formación adecuada, planificación de vuelo, etc) y los requisitos para los proveedores de servicios y autoridades referentes a las necesidades que tienen que atender y todas las funciones que han de desempeñar.

Con este panorama, la integración segura y fiable de los UAS en el espacio aéreo controlado y no controlado aparenta ser mucho más factible sin dejar ningún concepto en el aire.

En cuanto a la implementación de esta Nueva Normativa, para que el proceso se pueda realizar, la red de demostradores creada por SESAR está en constante trabajo para lograr definir a la perfección cómo se han de ejecutar las funciones en cada caso y operar, así, con seguridad. Por lo tanto, se podría decir que el sistema UTM está en proceso de definición. Si bien es cierto, como se ha analizado, una gran cantidad de servicios ya han sido demostrados, sin embargo, algunos otros imprescindibles para el establecimiento del sistema todavía están por implementarse. De entre esta cantidad de servicios por definir y demostrar su viabilidad, dos de ellos se refieren a la integración UTM con el ATM, por lo que, por el momento, a pesar de que la idea está consolidada y plasmada

sobre la normativa, en la práctica todavía no es del todo certera la posibilidad de desempeñar actividades en espacios aéreos controlados.

Así, U-Space tiene el año 2023 como meta para conseguir sus objetivos e implantar este nuevo sistema en Europa. Sin embargo, la situación tan compleja por la pandemia actual entorpezca, posiblemente, el desarrollo y se vean obligados a retrasar la formalización del proceso.

En cuanto a las plataformas que se están desarrollando para hacer viable y aligerar la puesta en marcha del sistema UTM, cabe destacar que a pesar de que todas comparten objetivos comunes (facilitar el proceso de desarrollo de operaciones UAS en el nuevo sistema tanto para operadores como para autoridades y proveedores) cada una en su singularidad ofrece soluciones más detalladas para ciertos sectores concretos de la industria UAS. De esta forma, AirMap centra su atención en facilitar el desarrollo de vuelos a los operadores, con el objetivo de que obtengan una información consolidada y fiable. Así, buscan que la comunicación con los proveedores de servicios sea fácil y rápida.

Por otro lado, Altitude Angel centra el desarrollo de sus plataformas en soluciones que faciliten la actividad de los proveedores de servicios y la gestión que han de desempeñar las autoridades. Asimismo, esta plataforma busca tener un resultado que se implemente a nivel internacional, es decir, para sistemas de gestión de tráfico aéreo que no incluyan únicamente al europeo. En cuanto a Unifly, se interesa por encontrar soportes que impulsen la integración de los drones en espacios aéreos controlados, haciendo posible que aeronaves tripuladas y no tripuladas puedan compartir espacio aéreo de forma simultánea, por ejemplo, en zonas aeroportuarias.

Tanto AirMap, como Unifly y Altitude Angel presentan una aplicación accesible para todos los usuarios, de manera que sea posible para los proveedores facilitar la información a todos los operadores UAS, así como permitir la comunicación entre los integrantes del sistema. Todo ello permitirá desarrollar vuelos con comodidad, asegurando en todo momento que se desempeñan de forma segura y que, en caso de necesidad, se podrá pedir asistencia sin crear una situación de descontrol en todo el sistema.

Para finalizar, el desarrollo de la industria de los UAS es, cada día más, un hecho que no podemos dejar pasar. Su integración en el espacio aéreo para con el resto de los integrantes es imprescindible para permitir la ejecución de actividades seguras y fiables. U-Space propone soluciones que poco a poco están siendo desarrolladas y demostradas, por lo que es necesario que se siga trabajando y buscando alternativas para definir una red de tráfico aéreo que posibilite cualquier tipo de actividad. Con esto, en un futuro próximo será posible la ejecución de operaciones complejas que no sólo darán paso al desarrollo del sector aeroespacial, sino que ampliará las posibilidades para el impulso de nuevas industrias y mejoras en nuestro día a día.

7. PRESUPUESTO

En este apartado se detallan los costes que conllevan el desarrollo y la ejecución de este proyecto. Dicho presupuesto incluirá los costes personales asociados al proyecto, así como de equipos y material utilizado. Por supuesto se tendrán en cuenta las tarifas legales y los precios de mercado actual para realizar una estimación lo más realista posible.

7.1. Coste de personal

En los costes personales se han de tener en cuenta a las personas involucradas en el desarrollo de este proyecto, considerando la formación profesional con la que cuenta cada uno de ellos y lo que esto supone a nivel salarial. Asimismo, el factor que más influye en este aspecto es el número de horas invertidas por cada trabajador. Concretamente el proyecto ha sido ejecutado por la alumna Alejandra Morer Murcia y los tutores Áurea Cecilia Gallego Salguero e Israel Quintanilla García.

En primer lugar, se estima que el sueldo de la alumna Alejandra Morer se establece en referencia al salario que obtiene un ingeniero aeronáutico recién licenciado. Dicho sueldo anual es de aproximadamente 22400€/año [77]. Asumiendo que se le contrata con una jornada de trabajo a tiempo completo (40 horas semanales), la hora se cobrará a 11,66 €/hora. Hay que tener en cuenta que el alumno ha invertido un total de 9 horas al día durante aproximadamente 40 días.

La retribución que adquiere un tutor, en concepto de jornada completa (40 horas semanales) es de 19€/hora aproximadamente. Se estima que ambos, tutor y cotutor, han invertido un total de 30 horas en el desarrollo de este proyecto.

Se reúne en la *Tabla 1* un resumen del coste estimado de los salarios para cada integrante del proyecto, contando con las horas invertidas por cada miembro y su salario en función de la formación.

MIEMBRO	COSTE UNITARIO (€/HORA)	TIEMPO INVERTIDO (HORAS)	COSTE TOTAL (€)
ALEJANDRA MORER MURCIA	11,66 €/hora	360 horas	4.089 €
ÁUREA CECILIA GALLEGO SALGUERO	19 €/hora	30 horas	570 €
ISRAEL QUINTANILLA GARCÍA	19 €/hora	30 horas	570 €

5.229 €

Tabla 1. Coste de personal

Asimismo, hay que añadir a este valor total, las cuotas adicionales debidas a la seguridad social. En dichas cuotas se incluyen las cuantías debidas a las contingencias, el desempleo, la formación profesional, FOGASA y AT y EP. Teniendo todos estos conceptos en cuenta, el valor total ha de contar con un valor añadido del 28% aproximadamente [78]. Así, el coste final debido al personal se puede visualizar en la *Tabla 2*.

CONCEPTO	COSTE TOTAL
COSTE SIN CUOTAS	5.229 €
COSTE CON CUOTAS	6693,12 €

Tabla 2. Coste total de personal.

7.2. Coste de equipos

El equipo utilizado para el desarrollo de este proyecto ha sido principalmente un ordenador portátil MacBook el cual tiene un precio de compra de 1800 €. Teniendo en cuenta que el fabricante estima un tiempo de amortización de 4 años el coste por hora de este producto resulta ser de 450 €/año. Por lo tanto, se estima que aproximadamente el precio de amortización por hora acaba siendo de 0,05136 €/hora. Teniendo en cuenta que el equipo se ha utilizado durante las 360 horas de desarrollo del proyecto, invertidas por la alumna Alejandra Morer, el coste de equipos se puede revisar en la *Tabla 3*.

CONCEPTO	COSTE UNITARIO (€/HORA)	TIEMPO INVERTIDO (HORAS)	COSTE TOTAL (€)
MACBOOK	0,05136 €/hora	360 horas	18,5 €

Tabla 3. Coste de equipos.

7.3. Costes computacionales

Para el desarrollo del proyecto se ha utilizado el paquete de Microsoft office, así como el software de Illustrator para el diseño de los esquemas e ilustraciones explicativas del sistema. Ambos sistemas requieren de licencia de uso, la cual conlleva un coste. Estos valores conforman los costes computacionales del proyecto.

En cuanto a la licencia de Microsoft office, esta tiene un coste de 69 €/año, lo cual conlleva una cuantía de 0,007 €/hora. Se aproxima que, de las 360 horas de trabajo totales, se han invertido unas 300 horas en la utilización del paquete.

Con respecto a Illustrator, este software toma los costes establecidos por el paquete de Adobe, los cuales para el caso de una aplicación única suponen un valor de 9 €/mes. La aplicación se ha descargado expresamente para la ejecución del trabajo, por lo que se incluirá el coste al completo de este software.

En la *Tabla 4* se recogen los costes totales computacionales detallando sus precios y horas de uso.

CONCEPTO	COSTE UNITARIO	TIEMPO INVERTIDO (HORAS)	COSTE TOTAL (€)
PAQUETE OFFICE	0,007 €/hora	300 horas	2,1 €
ILUSTRATOR	9 €/mes	[-]	9 €
			11,9 €

Tabla 4. Costes computacionales

7.4. Otros costes

Los costes eléctricos y de materiales utilizados para la ejecución del proyecto también hay que añadirlos en el coste del mismo.

En cuanto a la electricidad, el coste establecido actualmente toma un valor en función de la franja horaria de consumo, sin embargo, se realizará una estimación media, teniendo en cuenta que las franjas horarias en las que se ha desempeñado este trabajo han sido aproximadamente de 8:00-13:30/15:30-21:00. Por ello se establece un precio medio de 0,2 €/kWh. En la *Tabla 5* se recoge el coste total de este factor.

CONCEPTO	COSTE UNITARIO (€/KWH)	TIEMPO INVERTIDO (HORAS)	COSTE TOTAL (€)
ELECTRICIDAD	0,2 €/kWh	360	72 €

Tabla 5. Costes eléctricos

7.5. Gastos generales y beneficio

Hay que incluir el margen neto de beneficio del proyecto. Este concepto en el sector aeronáutico se encuentra entre el 5 y 10% del coste total del proyecto, por lo que se le sumará este porcentaje al coste final. A su vez, hay que incluir el coste de sociedades, el cual equivale al 25% del margen neto. Una vez se hayan recopilado todos los costes y calculado el valor total de este proyecto, se incluirán ambas cuantías. También será necesario añadir el impuesto de valor añadido, el cual actualmente en España asciende al 21% del total del producto.

7.6. Costes totales

CONCEPTO	COSTE TOTAL
COSTE DE PERSONAL	6693,12 €
COSTE DE EQUIPOS	18,5 €
COSTE COMPUTACIONAL	11,9 €
OTROS COSTES	72 €
BENEFICIO NETO	475,68 €
IVA	1427,05 €
	8698,26 €

Tabla 6. Coste total

8. PLIEGO DE CONDICIONES

En caso de que el proyecto se llevara a cabo realmente, es imprescindible tener en cuenta las condiciones de trabajo. Por ello, en este apartado se detallará el pliego de condiciones laborales, concretamente las humanas y las técnicas. Dichas condiciones están reguladas por la ley, por lo seguirán la normativa vigente. Es la Ley 31/1995, de 8 de noviembre [79], la que recoge la “prevención de riesgos para proteger la seguridad y salud en el trabajo” así como los “derechos y obligaciones” del trabajador ([Jefatura del estado](#), 1995). Asimismo, se establecen en el Real Decreto 488/1997, de 14 de abril las “disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización” ([Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales](#), 1997) [80].

Para detallar el pliego de condiciones, es necesario establecer los equipos que se han utilizado para el desarrollo del trabajo, las condiciones en las que el trabajador ha desempeñado su oficio y, de forma adicional, debido a la pandemia que nos asola, las medidas utilizadas para prevenir el contagio de la COVID-19.

8.1. Equipos de trabajo

Como se ha mencionado en el detalle del presupuesto, los equipos utilizados para la ejecución de este trabajo han sido, por un lado, un ordenador portátil MacBook, así como dos paquetes de software para desarrollar el mismo.

- **Ordenador portátil MacBook**
 - Modelo: MacBook Air (13-inch, 2017).
 - Procesador: Intel core i5 de 1,8 GHz.
 - Memoria: 8 GB 1600 MHz DDR3.
 - Sistema operativo: IOS 10.14
 - Disco de arranque: Macintosh HD.
 - Gráficos: Intel HD Graphics 6000 1536 MB.

- **Paquete Office**
 - Microsoft Word
 - Microsoft PowerPoint

- **Paquete Adobe**
 - Illustrator (versión 24.3,2020)

8.2. Condiciones laborales

Debido a las características que tiene el desempeño de un proyecto como el que se va a ejecutar, las características más importantes a tener en cuenta en las condiciones laborales de trabajo son: la interacción del trabajador con el equipo de trabajo que maneja (en este caso un ordenador), así como el entorno en el que desempeña sus funciones (en este caso un entorno de oficina, puesto que el proyecto es una investigación).

Así, se han de seguir todas las medidas adecuadas para ofrecer la seguridad física y psicológica del trabajador, por un lado, sean las condiciones visuales referentes a la pantalla con la que trabaja (distancia adecuada, iluminación, elevación de la pantalla...). Por otro lado, se ha de tener en cuenta el entorno en el que desempeña su oficio, la mesa y la silla de trabajo son imprescindibles en este caso para lograr unos buenos resultados (su localización en un entorno limpio, ventilado, iluminado, adaptado a las condiciones físicas del trabajador...), pues el proyecto se desempeña prácticamente en el mismo de lugar de trabajo.

8.3. COVID-19

Adicionalmente, teniendo en cuenta que atravesamos una crisis sanitaria, se han de extremar las precauciones incluyendo en el entorno laboral las medidas de seguridad adecuadas para prevenir el contagio de la COVID-19.

De entre las diferentes medidas, la empresa ha de asegurar que el trabajador mantiene la distancia de seguridad (1,5 m entre puestos de trabajo), en caso de que opere junto a otros individuos. A su vez, el uso de mascarilla será obligatorio en todo tipo de espacios y es muy importante mantener la zona de trabajo perfectamente ventilada. Asimismo, la empresa ha de informar a los trabajadores ante la situación de que haya habido un caso positivo en el entorno de trabajo, así como ofrecer a los operarios soluciones laborales en caso de que haya que mantener un periodo de cuarentena por contagio o aislamiento provisional ante la espera de los resultados de una prueba.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Sesar JU - USpace. (2020). *SUPPORTING SAFE AND SECURE DRONE OPERATIONS IN EUROPE*. Sesar JU.

[2] *U-Space: El proyecto europeo para la creación del UTM*. DRONES MÁLAGA. (2021). Retrieved 5 June 2021, from <https://www.dronesmalaga.net/innovacion/u-space-utm-europeo/>.

[3] Gasull Baldó, S. (2020). *Análisis del Proyecto U-space Estado actual y perspectivas futuras* (Graduado). Universitat Autònoma de Barcelona. Retrieved from https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2020/tfg_288029/TFG_VERSION_FINAL_ANALISIS_PROYECTO_U-SPACE.pdf

[4] ENAIRE. (2021). *ENAIRE licita el desarrollo de su plataforma U-Space por dos millones de euros*. Retrieved 6 June 2021 from, https://www.enaire.es/es/ES/2021_03_31/ndp_enaire_uspace_licitacion.

[5] *Vehículo aéreo no tripulado*. Es.wikipedia.org. (2021). Retrieved 6 June 2021, from https://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_a%C3%A9reo_no_tripulado.

[6] Delgado, V. (2016). *Historia de los drones* [Blog]. Retrieved 5 June 2021, from <http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>.

[7] *Historia y evolución del dron*. areadron.com. (2021). Retrieved 7 June 2021, from <https://www.aredron.com/historia-y-evolucion-dron/>.

[8] Sanz, J. (2015). *Los drones de la segunda guerra mundial* [Blog]. Retrieved 7 June 2021, from <https://historiasdelahistoria.com/2015/05/12/los-drones-de-la-segunda-guerra-mundial>.

[9] Zoroa, A. (2019). *Historia de la regulación dron española* | Exodronics. Exodronics. Retrieved 8 June 2021, from <https://exodronics.com/es/historia-regulacion-dron-espanola/>.

[10] Iturmendi, J. (2019). *Drones: una mirada a sus implicaciones y legislación* [Blog]. Retrieved 8 June 2021, from <https://blogs.deusto.es/master-informatica/drones-una-mirada-a-sus-implicaciones-y-legislacion/>.

[11] *OACI-Home*. Icao.int. (2021). Retrieved 8 June 2021, from <https://www.icao.int/Pages/default.aspx>.

[12] *Organización de Aviación Civil Internacional*. Es.wikipedia.org. (2021). Retrieved 8 June 2021, from https://es.wikipedia.org/wiki/Organización_de_Aviación_Civil_Internacional.

[13] *JARUS 2021*. Jarus-rpas.org. (2021). Retrieved 8 June 2021, from <http://jarus-rpas.org>.

[14] JARUS. (2021). *JARUS TERMS OF REFERENCE*. Retrieved from http://jarus-rpas.org/sites/jarus-rpas.org/files/imce/attachments/jarus_tor_ver_8.0_0.pdf

- [15] EASA | *Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana*. Mitma.gob.es. (2021). Retrieved 8 June 2021, from <https://www.mitma.gob.es/areas-de-actividad/aviacion-civil/organismos-internacionales/easa>.
- [16] EASA Pro. EASA. (2021). Retrieved 9 June 2021, from <https://www.easa.europa.eu/home>.
- [17] *About FAA*. FAA. (2021). Retrieved 9 June 2021, from <https://www.faa.gov/about/>.
- [18] *¿Qué es AESA? | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento*. Seguridadaerea.gob.es. (2021). Retrieved 9 June 2021, from <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/quienes-somos/que-es-aesa>.
- [19] Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. (2020). *NOTA INFORMATIVA SOBRE LA NUEVA NORMATIVA EUROPEA DE UAS*. Madrid: AESA. Retrieved from https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/nota_informativa_normativa_europea_uas.pdf.
- [20] *Normativa europea de UAS/drones*. Seguridadaerea.gob.es. (2020). Retrieved 10 June 2021, from <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/drones/normativa-europea-de-uas-drones>.
- [21] *NUEVO REGLAMENTO EUROPEO DE DRONES 2021*. OneAir. (2020). Retrieved 10 June 2021, from <https://www.oneair.es/nuevo-reglamento-europeo-drones/>.
- [22] Ministerio de Fomento. (2020). *Normativa comunitaria sobre operaciones UAS*. Dirección de Seguridad de Aeronaves - AESA.
- [23] Comisión Europea. *COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) 2019/945 of 12 March 2019 on unmanned aircraft systems and on third-country operators of unmanned aircraft systems* (2019). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02019R0945-20200809&from=EN>
- [24] Comisión Europea. *REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) 2019/947 DE LA COMISIÓN de 24 de mayo de 2019 relativo a las normas y los procedimientos aplicables a la utilización de aeronaves no tripuladas* (2019). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02019R0947-20200606&from=EN>
- [25] ATM. ENAIRE. (2021). Retrieved 10 June 2021, from https://www.enaire.es/servicios/gestion_de_transito_aereo.
- [26] ATM - *Air Traffic Management*. Icao.int. (2021). Retrieved 10 June 2021, from https://www.icao.int/nacc/pages/es/edocs-atm_es.aspx.
- [27] AIRBUS. (2020). *The roadmap for the safe integration of autonomous aircraft*.
- [28] *Unmanned aircraft system traffic management*. En.wikipedia.org. (2021). Retrieved 10 June 2021, from https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_Aircraft_System_Traffic_Management.

- [29] FAA. (2020). *Concept of Operations*. Washington. Retrieved from https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/media/UTM_ConOps_v2.pdf.
- [30] *What is unmanned traffic management?* Airbus. (2019). Retrieved 10 June 2021, from <https://www.airbus.com/newsroom/stories/what-is-unmanned-traffic-management-utm.html>.
- [31] OACI. (2020). *MARCO OACI PARA UTM - Principios básicos para la armonización mundial*. Retrieved from <https://www.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2020/UAS/UASWeb-P04ES.pdf>.
- [32] EUROCONTROL. (2019). *U-space ConOps and Research Dissemination Conference*. David Martín Marrero. Retrieved from https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2019-10/09-safety_0.pdf
- [33] Ministerio de Fomento. (2018). *ESTUDIO DE SEGURIDAD PARA OPERACIONES DECLARATIVAS*. AESA. Retrieved from https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/apendice-f_0.pdf.
- [34] EASA. (2021). *U-space: a quick overview*. EASA. Retrieved from https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/what_is_u-space.pdf
- [35] Sánchez Hernandez, M. (2019). *ESTUDIO DE INTEGRACIÓN DE DRONES CON LA AVIACIÓN COMERCIAL EN EL ÁMBITO DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN*(Master). Universidad Oberta de Catalunya. Retrieved from <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/97206/2/msahernandezTFM06209-Presentacion.pdf>
- [36] *Smart ATM U-Space*. SESAR. (2021). Retrieved 10 June 2021, from <https://www.sesarju.eu/U-space>.
- [37] Comisión Europea. (2019). *What is the EU doing to deliver the U-Space?*. Madrid: Joachim Lücking.
- [38] *Single European Sky*. ENAIRE. (2019). Retrieved 11 June 2021, from https://www.enaire.es/about_enaire/international_presence/single_european_sky.
- [39] Comisión Europea. REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) 2021/664 DE LA COMISIÓN de 22 de abril de 2021 sobre un marco regulador para el U-Space (2021). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R0664&from=ES>.
- [40] Duran García, P. (2020). *Arquitectura para el transporte de mercancías mediante UAS* (Graduado). Universidad politècnica de Catalunya. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/327939/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [41] ENAIRE. (2018). ENAIRE y Everis realizan pruebas de integración de sistemas de gestión de drones y de control de tráfico aéreo convencional. Retrieved 21 June 2021, from https://www.enaire.es/es_ES/2018_06_06/ndp_enaire_everis_realizan_pruebas_integracion_sistemas_drones.

[42] *European Network of U-space Demonstrators*. EUROCONTROL. (2021). Retrieved 12 June 2021, from <https://www.eurocontrol.int/product/european-network-u-space-demonstrators>.

[43] *Servicios y funciones | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento*. Seguridadaerea.gob.es. (2021). Retrieved 12 June 2021, from <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/navegacion-aerea/proveedores-de-servicios-y-funciones-de-navegacion-aerea/servicios-y-funciones>.

[44] ENAIRE. (2021). Las operaciones con drones en el espacio aéreo español aumentan más de un 200% en el último año. Retrieved 24 June 2021, from https://www.enaire.es/es_ES/2021_03_25/ndp_operaciones_drones_aumentaron_2020.

[45] Rallo Salaet, F. (2020). *U-SPACE MINIMUM SEPARATION DISTANCE ANALYSIS IN HIGH DENSITY SCENARIOS* (Graduada). Univesitat Autònoma de Barcelona. Retrieved from https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2020/tfg_292323/TFG_FRANCESCA_RALLO_SALAE.pdf

[46] *AirMap for drones*. (2021). Retrieved 27 June 2021, from <https://www.airmap.com/manage/operators/airmap-app-for-drones>.

[47] *AirMap UTM center for ANSP*. (2021). Retrieved 27 June 2021, from <https://www.airmap.com/manage/ansp/utm-center-ansp>.

[48] *AirMap Military*. (2021). Retrieved 29 June 2021, from <https://www.airmap.com/protect/military>.

[49] *AirMap for Operators*. (2021). Retrieved 29 June 2021, from <https://www.airmap.com/manage/operators>.

[50] *AirMap Web App*. App.airmap.com. (2021). Retrieved 30 June 2021, from <https://app.airmap.com/geo?40.195086,-4.345051,5.022126z?40.195086,-4.345051,5.022126z&selectedRulesets=%7B%22pick1%22:%7B%7D,%22optional%22:%7B%7D%7D>.

[51] *About us*. Unifyfly. (2021). Retrieved 31 June 2021, from <https://www.unifyfly.aero/company/about-us>.

[52] *ANSPs & Aviation authorities*. Unifyfly. (2021). Retrieved 30 June 2021, from <https://www.unifyfly.aero/customers/ansps-and-aviation-authorities>.

[53] *Unmanned Traffic Management*. Unifyfly. (2021). Retrieved 30 June 2021, from <https://www.unifyfly.aero/solutions/unmanned-traffic-management>.

[54] *Airports & Critical infrastructure*. Unifyfly. (2021). Retrieved 31 June 2021, from <https://www.unifyfly.aero/customers/airports-and-critical-infrastructure>.

[55] *Airspace Security Management*. Unifyfly. (2021). Retrieved 31 June 2021, from <https://www.unifyfly.aero/solutions/airspace-security-management>.

- [56] *Enterprise Drone Operators*. Unify. (2021). Retrieved 31 June 2021, from <https://www.unify.aero/customers/enterprise>.
- [57] *Unmanned Operations Management*. Unify. (2021). Retrieved 31 June 2021, from <https://www.unify.aero/solutions/unmanned-operations-management>.
- [58] *BLIP*. Unify. (2021). Retrieved 30 June 2021, from <https://unify.aero/products/blip>.
- [59] *About Us*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 1 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/about-us/>.
- [60] *ANSPs & Aviation Authorities*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 1 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/customers/ansps-aviation-authorities/>.
- [61] *NATS - A global leader in air traffic management and airport performance*. NATS. (2021). Retrieved 1 July 2021, from <https://www.nats.aero>.
- [62] *NATS*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 1 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/news/posts/2019/march/case-study-nats/>.
- [63] *ANSPs & Aviation Authorities*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 1 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/customers/ansps-aviation-authorities/>.
- [64] *DJI - Official Website*. DJI Official. (2021). Retrieved 1 July 2021, from <https://www.dji.com/es>.
- [65] *Altitude Angel Manufacturers Partners*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 1 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/news/posts/2019/february/altitude-angel-partners-with-dji-to-provide-enhanced-airspace-data-to-32-european-countries/>.
- [66] *Drone Manufacturers*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 1 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/customers/drone-manufacturers/>.
- [67] *Airports*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 1 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/customers/airports/>.
- [68] *Enterprise*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 1 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/customers/enterprise/>.
- [69] *Software Developers*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 1 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/customers/software-developers/>.
- [70] *GuardianUTM O/S*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 2 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/solutions/guardianutm-os/>.
- [71] *Airspace Map*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 2 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/solutions/airspace-map/>.
- [72] *Pop-Up UTM*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 2 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/solutions/pop-up-utm/>.

- [73] *API & Services*. Altitude Angel. (2021). Retrieved 2 July 2021, from <https://www.altitudeangel.com/solutions/api-services/>.
- [74] *Indra Air Drones*. Indracompany.com. (2021). Retrieved 6 July 2021, from <https://www.indracompany.com/es/indra-air-drones>.
- [75] Everis. (2020). *Introducción a UAVs*. Lima. Retrieved from https://www.icao.int/SAM/Documents/2020-RLA06901-AISAIM/11_everis ADS Drones-AIM-OACI Lima-20200513-v1.pdf
- [76] Wikipedia. (2006). *Teledyne Ryan Firebee UAV* [Image]. Retrieved 6 June 2021, from https://es.wikipedia.org/wiki/Ryan_Firebee#/media/Archivo:Teledyne-Ryan-Firebee-hatzerim-1.jpg.
- [77] *¿Cuánto Cobra un Ingeniero Aeroespacial? (Sueldo 2021) | Jobted.es*. Jobted.es. (2021). Retrieved 12 July 2021, from <https://www.jobted.es/salario/ingeniero-aeroespacial>.
- [78] *Seguridad Social: Cotización / Recaudación de Trabajadores*. Seg-social.es. (2021). Retrieved 12 July 2021, from <https://www.seg-social.es/wps/portal/wss/internet/Trabajadores/CotizacionRecaudacionTrabajadores/3653Z>.
- [79] Jefatura del Estado. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. (1995). Retrieved from <https://www.boe.es/buscar/pdf/1995/BOE-A-1995-24292-consolidado.pdf>
- [80] Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. (1997). Retrieved from <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8671-consolidado.pdf>