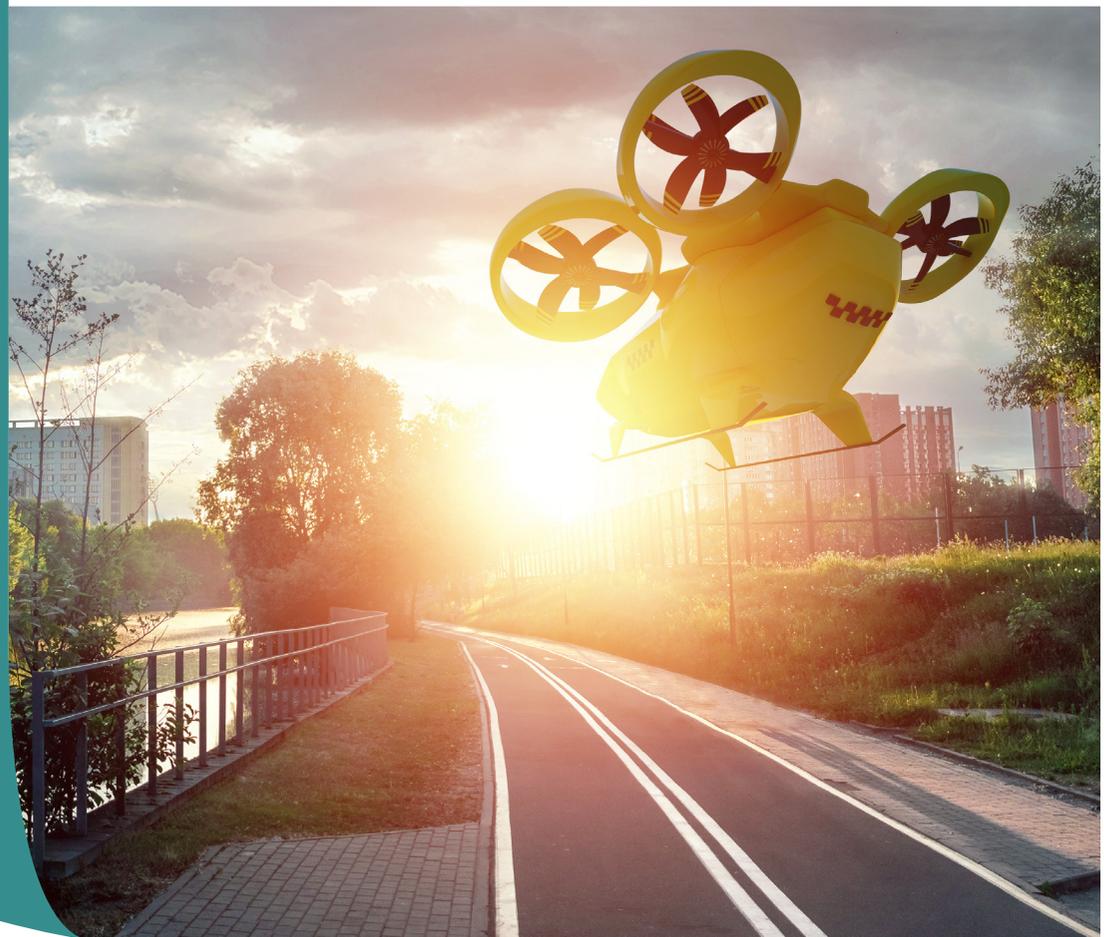




ACCEPTANCE SAFETY AND SUSTAINABILITY
RECOMMENDATIONS FOR EFFICIENT
DEPLOYMENT OF UAM

UAM FORESIGHT SCENARIOS

KNOWLEDGE GUIDANCE



ASSURED-UAM has received funding from the European Union's Horizon 2020 programme under Grant Agreement 101006696.



ASSURED-UAM is a project under the CIVITAS Initiative, one of the flagship programmes helping the European Commission achieve its ambitious mobility and transport goals.

Información sobre este folleto:

En este folleto se recogen los resultados más relevantes de H2020 ASSURED-UAM en materia de normativas y recomendaciones para la futura implantación de la UAM.

Cómo citarlo:

ASSURED-UAM (2023). UAM Foresight escenarios. Knowledge Guidance (Spanish version). DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7775103>. Disponible en www.assured-uam.eu/uam-foresight-scenarios-knowledge-guidance-brochure/.

Agradecimientos:

El proyecto ASSURED-UAM está financiado por el programa Horizonte 2020 de la Unión Europea en virtud del Convenio de Subvención n.º 101006696. El proyecto ASSURED-UAM forma parte de la iniciativa CIVITAS, uno de los principales programas que ayudan a la Comisión Europea a cumplir sus ambiciosos objetivos en materia de movilidad y transporte.

Descargo de responsabilidad:

La información que figura en este documento constituye la opinión de los miembros de ASSURED-UAM en la fecha de su publicación, y no debe considerarse una representación de la visión de la CINEA o de la Comisión Europea.

Derechos de autor:

Derechos de autor© de los Miembros del Consorcio de ASSURED-UAM 2023 Se reservan todos los derechos. ASSURED-UAM es un proyecto de Horizonte 2020 financiado por la Unión Europea en virtud del convenio de subvención n.º 101006696. Para más información sobre el proyecto, sus socios y sus colaboradores, visite la página web www.assured-uam.eu. Se permite la reproducción y difusión de copias exactas de este documento que incluyan este aviso sobre derechos de autor, pero no se permite su modificación. Las imágenes que figuran en este documento pertenecen a los organismos o personas citados. Se autoriza la reproducción y la ampliación del contenido de este documento. Se prevé que la versión final de este documento se rija por una licencia Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0 (Atribución-Uso Comercial-ShareAlike 4.0 Internacional). Se permite el uso de esta publicación bajo las siguientes condiciones:

- » Atribución: El documento debe citarse tal y como se especifica anteriormente. Asimismo, debe incluirse un enlace a la licencia e indicarse los cambios que se hayan realizado. Esto puede hacerse de cualquier forma que resulte razonable, siempre y cuando no se sugiera que el concedente le respalda a usted o al uso que usted pueda hacer del documento.
- » Uso comercial: Este material no se ha elaborado para fines comerciales.
- » Licencia ShareAlike: En caso de que el material se mezcle, modifique o amplíe, las aportaciones deberán distribuirse bajo la misma licencia que el original.
- » Restricciones adicionales: No se aplicarán términos legales o medios tecnológicos que restrinjan legalmente a terceros de ejercer sus derechos conforme a la licencia.

Para más información, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>. Puede consultar las condiciones legales de la licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>

Contacto:

Coordinador del proyecto: Bartosz Dziugiel. Correo electrónico: bartosz.dziugiel@ilot.lukasiewicz.gov.pl

Responsable de comunicación del proyecto: Raffaella Russo. Correo electrónico: russo@issnova.eu

Redactor del folleto: ISSNOVA email: institute@issnova.eu

Página web del proyecto: www.assured-uam.eu

Credito de imagen*:

Portada: Aliksandr Marko - stock.adobe.com

página 4: phonlamaiphoto - stock.adobe.com

página 5: designprojects - stock.adobe.com

página 6: Es sarawuth - shutterstock.com

página 8: By Spielvogel - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=68340967>

página 9: By Mztourist - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=84237925>

página 14: tiero - stock.adobe.com

página 15: Tatiana Shepeleva - stock.adobe.com

página 16: Tatiana Shepeleva - stock.adobe.com

página 17: Es sarawuth - shutterstock.com

página 19: By Raymar Laux - Volocopter GmbH, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=103623055>

página 20: By Nikolay Kazakov - Volocopter GmbH, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=105514209>

página 21: kinwun - stock.adobe.com

página 23: By SERU Film Produktion GmbH - Volocopter GmbH, CC BY 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=103623348>

Contraportada: Aliksandr Marko - stock.adobe.com

* Todas las imágenes licenciadas a ISSNOVA

Este documento constituye un resumen de los resultados del proyecto ASSURED-UAM, y se estructura así:		Page
1	PANORAMA GENERAL DE ASSURED-UAM	4
2	CONTEXTO DE LA UAM	5
2.1	Tendencias y previsiones	5
2.2	Tecnología habilitante	6
2.2.1	U-Space	6
2.2.2	Contexto tecnológico	7
2.3	Regulación aérea	8
3	EL SEGMENTO AÉREO COMO PARTE DE LA MOVILIDAD URBANA	10
3.1	Grupos de interés	10
3.2	Estrategias de integración sostenible en áreas urbanas	11
4	EL FUTURO DE LA UAM	12
4.1	Requisitos y expectativas de movilidad y UAM	12
4.2	Escenario de referencia: 2025	13
4.3	Escenario intermedio: 2030	13
4.4	Escenario final: 2035	13
5	CIUDADES PILOTO DE ASSURED-UAM	15
5.1	Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia (GZM, Polonia)	15
5.2	Ciudad Metropolitana de Bari (CMB, Italia)	15
5.3	Ciudad Metropolitana de Oporto (CMP, Portugal)	15
6	Casi d'uso ASSURED-UAM	16
6.1	CU2025 1 - Entrega directa de último kilómetro	17
6.2	CU2025 2 - Servicios públicos punto a punto	17
6.3	CU2030 3 - Entrega avanzada de último kilómetro	17
6.4	CU2030 4 - Público punto a punto	18
6.5	CU2035 5 - Transporte sanitario directo de personas	18
6.6	CU2035 6 - Transporte aéreo personal automático	18
6.7	Estimación del coste medioambiental y energético de los casos de uso de ASSURED-UAM	18
7	RETOS DE LA IMPLANTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE UAM EN EUROPA	20
7.1	Objetivos y expectativas de los grupos de interés	20
7.2	Análisis de los grupos de interés del CCVm de la UAM	21
7.3	La UAM como parte de un sistema de transporte multimodal y sus oportunidades futuras	21
7.4	Aceptación pública	22
7.5	Asequibilidad	23
7.6	Financiación	24
8	APRENDIZAJES PARA ASSURED-UAM EN LAS CIUDADES PILOTO	24
9	MATERIAL DE APOYO	25
10	SIGLAS	25

1 PANORAMA GENERAL DE ASSURED-UAM

Los servicios de movilidad aérea urbana (por sus siglas en inglés, UAM) pronto serán una realidad y se implantarán cada vez más en las próximas décadas. Por ello, el proyecto ASSURED-UAM pretende garantizar una base sólida y relevante en materia de seguridad, sostenibilidad y aceptabilidad para desarrollar la UAM. Con el objetivo de que la UAM sea la primera opción y la contribución más eficiente para conseguir la neutralidad climática del transporte urbano para 2050, el proyecto:

- » Ha identificado las tendencias en áreas importantes.
- » Ha garantizado una asistencia amplia y completa para la elaboración de normativas por parte de las

autoridades, responsables políticos y organismos del sector urbano.

- » Ha adaptado y compartido con los sistemas administrativos y legislativos municipales las mejores prácticas, normas, recomendaciones y soluciones organizativas en materia de aviación.
- » Ha proporcionado recomendaciones para integrar los modos de superficie en el sistema de gestión del tráfico aéreo U-Space.

ASSURED-UAM analizó 6 escenarios de casos de uso que se desarrollaron en un plazo de 5, 10 y 15 años en tres regiones diferentes: las ciudades del área metropolitana de Górnośląsko-Zagłębiowska (Alta Silesia, Polonia) y las ciudades metropolitanas de Bari (Italia) y Oporto (Portugal).





2 CONTEXTO DE LA UAM

Todavía se está definiendo un concepto más directo de movilidad aérea urbana (UAM). Sin embargo, se podría definir como un servicio de transporte aéreo, automatizado y bajo demanda de pasajeros o mercancías puerta a puerta (D2D) o semi-D2D a través de aeronaves tripuladas o no tripuladas de diverso tipo dentro de áreas urbanas densamente pobladas o como acceso a ellas.

2.1 TENDENCIAS Y PREVISIONES

La necesidad de las grandes urbes de encontrar formas de transporte más rápidas para hacer frente a los problemas de movilidad en las áreas urbanas, periurbanas y periféricas potencia la UAM como solución. Por lo tanto, se prevé que el sector de la UAM tenga una tasa de crecimiento anual compuesto (por sus siglas en inglés, CAGR) positiva de más del 10 % hasta 2035. Actualmente el mercado, en fase de desarrollo, se compone de muchos países que ya trabajan para adoptar comercialmente la UAM. Además, las ideas asociadas a la UAM han tenido buena acogida y avanzan con rapidez en Europa

y Norteamérica. No obstante, la cuota de mercado más importante (39,27 %) corresponderá a la región de Asia-Pacífico, liderada por China en su objetivo de hacer frente a sus tasas de crecimiento demográfico y a sus problemas de tráfico.

Se espera que la movilidad aérea urbana se materialice en los próximos 15 años. Para 2025 se prevé la introducción de la entrega de mercancías y de un servicio inicial de movilidad privada; para 2035, se espera que el servicio de movilidad comercial de pasajeros se desarrolle aún más¹. No obstante, todavía falta por diseñar, definir y construir las infraestructuras (de embarque y desembarque, despegue y aterrizaje, mantenimiento, carga de baterías y aeropuertos de distintos nodos) y la gestión del tráfico aéreo.

Dentro de la modalidad D2D, el transporte vertical en entornos urbanos debe integrarse con las redes de transporte en superficie y los servicios públicos ya existentes en las ciudades para impulsar un transporte eficiente y eficaz de mercancías y pasajeros basado en normativas, seguridad, conectividad y funcionamiento inteligente.

¹ SESAR Joint Undertaking: <https://www.sesarju.eu>

COVID-19

Antes de la COVID-19, con la UAM aún en fase de gestación, el sector del despegue y aterrizaje vertical eléctrico (por sus siglas en inglés, eVTOL) experimentó un vertiginoso crecimiento con una inversión de más de 1.000 millones de dólares. Debido a la interrupción del trabajo y de la cadena de suministro y al cese de las operaciones, la pandemia de COVID-19 supuso unas pérdidas de más de 84.000 millones de dólares que se espera que se reflejen en los resultados de 2020. No obstante, la pandemia también ha resaltado la importancia de la UAM en situaciones críticas. De hecho, algunos organismos y jurisdicciones pretenden embarcarse en operaciones comerciales de pasajeros en los próximos tres a cinco años.

2.2 TECNOLOGÍA HABILITANTE

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son el principal medio de integración del transporte en la UAM a nivel de transporte metropolitano monomodal y multimodal. Las aplicaciones TIC sustentan la UAM a través de la implantación del Internet de las Cosas (IdC), herramientas de comunicación, procesamiento de Big Data y el concepto de «ciudades inteligentes». Con este último se pretende mitigar los problemas mediante la aplicación de avances tecnológicos relacionados con la optimización del espacio vital, la reducción de la contaminación y la gestión del consumo energético.

2.2.1 U-SPACE

U-Space ofrece servicios de gestión de drones mediante acuerdos, protocolos, comunicación, normas, legislación, información y servicios de tráfico para propiciar un crecimiento controlado del tráfico aéreo urbano. Los servicios de U-Space cuentan con un alto nivel de digitalización, funciones de automatización y procedimientos específicos para garantizar que el espacio aéreo sea seguro, eficiente y efectivo para un gran número de drones en un mercado abierto y competitivo.

En el primer U-Space se puso en marcha una serie de servicios específicos basados en la geoconciencia, la identificación y la autorización de vuelos relativa a la circulación de drones alrededor de los aeropuertos. Visto el aumento de la automatización y la conectividad de los drones, se espera que en los próximos años se disponga de más servicios y operaciones y que su desarrollo finalice en 2035 (Tabla 1).



Tabla 1: Plan de U-Space

Fases de U-Space	Objetivo	Servicios
U1	2019	Servicios básicos de registro e identificación electrónicos y geofencing
U2	2022-2025	Servicios preliminares de gestión de operaciones con drones que incluyen planificación y aprobación de vuelos, seguimiento e interfaz con control del tráfico aéreo convencional.
U3	2025-2030	Servicios avanzados de asistencia a operaciones más complejas en zonas densas, como asistencia en la detección de conflictos y funciones automatizadas de identificación y evasión.
U4	2030-2050	Servicios completos que ofrecen niveles muy altos de automatización, conectividad y digitalización para el dron y para el sistema U-Space.

2.2.2 CONTEXTO TECNOLÓGICO

Se prevé que los sistemas aeronáuticos, las fuentes de combustible, las opciones de propulsión y las infraestructuras de UAM se desarrollen progresivamente en un plazo de 5, 10 y 15 años. El diseño de sistemas aeronáuticos para drones de pasajeros se centra en el desarrollo de una experiencia increíble para el usuario y tiene en cuenta la carga útil, la energía, la contaminación acústica, la seguridad, los costes y las características técnicas. Dichos criterios orientan las principales nociones del diseño de propulsión: plazo previsto de comercialización, velocidad de crucero, aceptación de rutas y uso. Por otro lado, en el caso de los drones de carga, ya se dispone de un nivel muy alto de madurez tecnológica a falta de (i) incluir la entrega de mercancías dentro del tráfico aéreo civil (en lo que respecta a áreas de aterrizaje, despegue y carga de baterías) y (ii) regular los drones no tripulados para introducirlos de forma segura en la gestión del tráfico aéreo (por sus siglas en inglés, ATM).

Se necesitan infraestructuras diseñadas para el embarque, desembarque, despegue, aterrizaje, mantenimiento y carga

de baterías para posibilitar la movilidad aérea urbana, periurbana y periféricas. Los vertipuertos (una especie de aeropuertos pequeños) integrarían puntos de referencia de ciudades, aeropuertos, estaciones y autopistas para proporcionar diferentes nodos y ofrecer un servicio D2D eficaz.

Además, deberían desarrollarse e integrarse sistemas flexibles de transmisión para aeronaves y una gestión avanzada con una plataforma de propulsión innovadora capaz de satisfacer los requisitos de la nueva generación de despegue y aterrizaje vertical (por sus siglas en inglés, VTOL). El desarrollo de nuevas tecnologías avanzadas para baterías que se implementen en sistemas híbridos de energía termoeléctrica y de propulsión por hidrógeno permitirá cambiar a una fuente de energía más limpia y sostenible. No obstante, en el caso del transporte comercial, la fuente de energía eléctrica debe ser más segura, duradera, pequeña, ligera y rápida en cuanto a carga para permitir vuelos más largos.

En la Tabla 2 se muestra un calendario de introducción de los elementos mencionados:

Tabla 2: Previsiones en un plazo de 5, 10 y 15 años

Elementos	2021	2025	2030	2035
Marco general	-	<ul style="list-style-type: none"> » Sin avances en las tecnologías de propulsión » Los fabricantes deben buscar una mayor eficiencia de vuelo en el diseño de las aeronaves 	<ul style="list-style-type: none"> » Fuente de energía fiable: mayores tasas de densidad energética, descarga y carga » Explotación de vuelos largos - Disponibilidad de tecnologías eficientes, seguras y accesibles 	<ul style="list-style-type: none"> » Limitaciones en el uso de aeronaves eléctricas híbridas en áreas urbanas debido a la contaminación » Tecnologías de baterías más eficientes y fiables, baterías con mayor densidad energética
Tecnología para la entrega de mercancías	Pruebas de vuelo en curso	Bajo demanda y en áreas rurales	Fase de pruebas en área urbana	Tecnología totalmente disponible
Infraestructuras	Inicio de la construcción de vertipuertos para vuelos de prueba	Aumento de la construcción de vertipuertos. Usados inicialmente por drones de carga y algunos taxis aéreos privados	Vertipuertos analizados y listos para funcionar	Vertipuertos en funcionamiento
TIC	-	<ul style="list-style-type: none"> » Fase de pruebas de entregas automatizadas con dron » UAM con pasajeros en aeronaves no tripuladas no disponible en Europa 	<ul style="list-style-type: none"> » Gestión de mercancías con dron integrada en la gestión de la cadena de suministro » - UAM con pasajeros en aeronaves no tripuladas no disponible en Europa 	<ul style="list-style-type: none"> » Cadena de suministro de mercancías totalmente autónoma y digitalizada en la ruta con más carga » Transporte aéreo de pasajeros autónomo no totalmente integrado, pero en fase de pruebas en Europa » - Transporte público de pasajeros local totalmente integrado

Hasta 2025 se realizará un gran número de pruebas y experimentos para analizar los múltiples aspectos técnicos y empresariales, así como nuevas ideas para fundamentar los objetivos y aspiraciones de la movilidad individual frente a las nociones de movilidad actuales. Una vez se empiecen a introducir nuevos conceptos en el sector, la atención se centrará en conseguir un desarrollo tecnológico más rápido y un mayor número de novedades dentro de un ecosistema dinámico caracterizado por un grupo de participantes cada vez más amplio y una creciente variedad de ideas. En consecuencia, en la década de 2025 a 2035 aumentará la competencia en materia de movilidad vertical.

2.3 REGULACIÓN AÉREA

La regulación del transporte de personas dentro de la UAM tiene como objetivo garantizar la seguridad de los pasajeros y del resto de usuarios del espacio aéreo; la regulación del transporte de mercancías peligrosas pretende garantizar la seguridad de las personas no implicadas, propiedades en superficie y resto de usuarios del espacio aéreo.

Ambos tipos de transporte, calificados como de alto riesgo, están regulados por una gran variedad de reglamentos y normas. Los protocolos y procedimientos incluyen aspectos como las aeronaves, las estaciones en superficie, los vertipuertos y las operaciones, entre otros, y definen un nivel mínimo de seguridad. Por



otro lado, las operaciones de riesgo medio se regulan mediante un procedimiento basado en evaluaciones del riesgo predefinidas o realizadas por el solicitante y analizadas por la autoridad competente. Al tratarse de una evaluación subjetiva, no se garantiza el nivel mínimo de seguridad.

El reglamento del sector de la aeronáutica urbana exige que las tecnologías, que crecen al mismo ritmo rápido e imprevisible que el mercado de la UAM, se certifiquen constantemente. Por lo tanto, las empresas y los equipos de desarrollo deben ahondar en los peligros y los impactos del transporte dentro de la UAM para garantizar el continuo desarrollo de vehículos certificados. El reglamento para vehículos VTOL (incluidas versiones eléctricas y a propulsión) se encuentra en fase de redacción, ya que aún se están conceptualizando las infraestructuras correspondientes y la tecnología necesaria.

En el nuevo reglamento de U-Space, publicado en 2021, se definieron las funciones y responsabilidades y se delimitaron los requisitos aplicables a los operadores y a los proveedores de servicios de sistemas de aeronaves no tripuladas (por sus siglas en inglés, UAS), operadores y proveedores de servicios de U-Space (incluidos los

procedimientos para servicios de registro y asistencia, accidentes e informes de accidentes), la autoridad competente para cada Estado miembro de la UE, y los fabricantes; así como la responsabilidad de los distribuidores.

Asimismo, dentro de la gestión del espacio aéreo urbano y con vistas a los avances técnicos y operativos de la UAM y a una mayor integración de los conceptos de movilidad urbana, es obligatoria la incorporación y el reconocimiento de las ciudades y regiones como autoridades competentes, así como la identificación de sus funciones y responsabilidades.

En la integración de los UAS en el espacio urbano se debería contar con representantes de los organismos, sectores, agencias y otras partes importantes para elaborar normas y abarcar así un abanico más amplio de cuestiones. Se prevé que entre 2025 y 2035 se presenten los primeros organismos de desarrollo regulados.

Por último, en cuanto a ATM, se deberían cambiar las normativas, políticas y procedimientos existentes para cubrir la previsión operativa y dar la bienvenida así a nuevas soluciones, ideas y modelos de tráfico para la UAM.



3 EL SEGMENTO AÉREO COMO PARTE DE LA MOVILIDAD URBANA

3.1 GRUPOS DE INTERÉS

La Iniciativa Europea «Ciudades Inteligentes» (EIP-SCC) reúne ciudades, sectores, pequeñas y medianas empresas (pymes), inversores, investigadores y otros agentes de las ciudades inteligentes. Esta atrae al público, el sector y otros grupos de interés para desarrollar soluciones innovadoras en materia de gestión urbana.

No obstante, en los documentos de planificación estratégica a largo plazo sigue faltando un conocimiento crítico de la opinión de la población con respecto a la movilidad, tal y como demuestra la falta

de regulación y de infraestructuras específicas.

La interacción de los agentes de planificación urbana y transporte con los de aviación y ATM en los ámbitos de infraestructura energética, financiación y suministro se ha aprovechado para redactar recomendaciones normativas y de planificación compatibles con la implantación de servicios de UAM para el futuro desarrollo sostenible de las ciudades europeas y sus servicios de transporte. En la Tabla 3 se recogen los agentes y grupos de interés que se han identificado.

Tabla 3: Agentes y grupos de interés y sus ámbitos

Ámbito	Agentes y grupos de interés
Transporte urbano y urbanismo	<ul style="list-style-type: none"> » Transporte (logística incluida) y operadores de infraestructuras » Servicios urbanos inteligentes basados en la UAM » Policía e inversores privados » Ecosistema local de creación de empresas e innovación » Autoridades públicas de protección medioambiental » Autoridades públicas de asuntos sociales (cohesión social, inclusión social, seguridad laboral) » Instituciones educativas » Ciudadanía/sociedad civil
Aviación y ATM	<ul style="list-style-type: none"> » Operadores aeroportuarios » Operadores de vertipuertos » Operadores de aviación general (recreativa y profesional) » Operadores de aviación comercial » U-space/gestión de tráfico urbano (por sus siglas en inglés, UTM) » Operadores de UAS y UAM » Pilotos de UAS » Fabricantes de UAS » Controladores de tráfico aéreo (por sus siglas en inglés, ATC) » Proveedores de servicios de navegación aérea (PSNA) » Autoridades nacionales de aviación (por sus siglas en inglés, ANA) » Gobiernos nacionales/regionales/locales » Autoridades y operadores militares
Infraestructuras energéticas	<ul style="list-style-type: none"> » Gestores de redes ordinarias/redes inteligentes » Productores de energías renovables » Productores de energía fósil » Distribuidores de energía » Inversores » Start-ups » Ciudadanía
Financiación y gestión	<ul style="list-style-type: none"> » Gobiernos nacionales/regionales/locales » Proveedores de infraestructuras de servicios » Pública y privada » Inversores » Ciudadanía

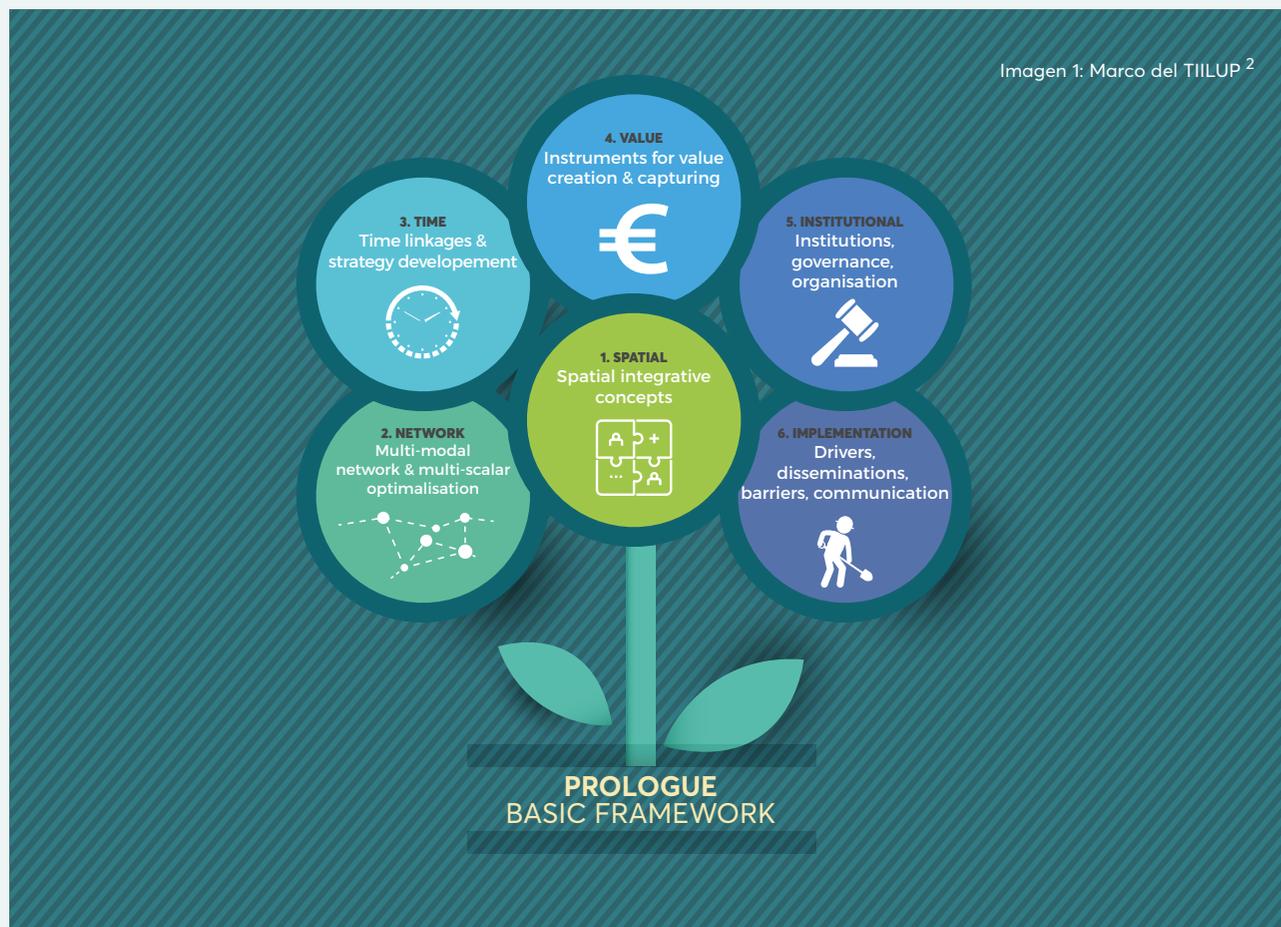
LIMITACIONES OPERATIVAS

Aunque las tecnologías de vuelo cuentan con un alto nivel de madurez (muchas se encuentran ya en fase de certificación), las ciudades deben invertir en la adaptación de las infraestructuras existentes y en la creación de otras nuevas para acoger esta nueva forma de transporte. Además, hay aspectos relacionados con la regulación, la certificación, la integración de la ATM y la UTM, el medio ambiente y los servicios de U-Space que deben abordarse adecuadamente para permitir que la UAM se implante de forma efectiva en las ciudades europeas: gestión de infraestructuras y uso de la superficie, suministro eléctrico, servicios de U-Space, integración en la ATM, regulación y gestión de riesgos, aspectos medioambientales y limitaciones de la integración del transporte multimodal.

3.2 ESTRATEGIAS DE INTEGRACIÓN SOSTENIBLE EN ÁREAS URBANAS

En una dimensión disciplinar más amplia (Figura 1), la integración de los conceptos espaciales con sus respectivas infraestructuras y redes complementarias garantiza integración total de la movilidad con los medios de transporte. Por lo tanto, se necesitan las siguientes soluciones para fomentar las interfaces físicas integradas:

- » Analizar conceptos integrales de aglomeración espacial y transporte (desarrollo orientado al transporte o corredor multimodal).
- » Garantizar una optimización de la red multimodal a varias escalas espaciales.
- » Cambiar los paradigmas asociados a la evolución de los estilos de vida y los vínculos con la movilidad y la accesibilidad.
- » Combinar la creación de valor económico y captar valor en infraestructuras combinadas y desarrollo espacial.
- » Considerar los aspectos institucionales de la administración que permiten impulsar la aplicación de un plan integrado que haga frente a los obstáculos.



² Plan de integración de infraestructuras de transporte y urbanismo (por sus siglas en inglés, TIILUP): https://www.nuvit.eu/wp-content/uploads/2018/08/tiilup-scoping-study_dec2013.pdf

4 EL FUTURO DE LA UAM

Existe una gran incertidumbre en la definición de cómo podría producirse la integración a corto y medio plazo. Con el aumento de la densidad demográfica, las áreas urbanas siguen necesitando soluciones de movilidad para los desplazamientos. Por lo tanto, la movilidad aérea urbana deberá integrarse en la red de las ciudades como un sistema amplio que garantice la seguridad y la protección, la aceptación pública, los sistemas reglamentarios y de movilidad correspondientes; integre el tráfico de la UAM en un entorno de transporte urbano multimodal; facilite la adaptación e integración de las infraestructuras; y que contemple la sostenibilidad de la huella medioambiental en general.

Se espera que la UAM participe en los nichos específicos de las entregas postales y urgentes o de los viajes de negocios, y solo se consideraría una opción de movilidad integrada cuando los avances tecnológicos permitieran que la población accediera a ella a un precio asequible. Además, con el crecimiento del trabajo en remoto, los desplazamientos tienden a disminuir considerablemente, y la UAM facilitará la prestación de servicios.

4.1 REQUISITOS Y EXPECTATIVAS DE MOVILIDAD Y UAM

Los principales requisitos de la UAM para mejorar su aceptación social corresponden a la localización de lugares adecuados y edificios para erigir los vertipuertos, la equiparación a las aeronaves comerciales en seguridad y la baja emisión de ruido.

Actualmente, el desarrollo de vertipuertos recae en la colaboración entre agentes con experiencia en infraestructuras y fabricantes de aeronaves destinadas a la UAM (aunque los fabricantes también han desarrollado conceptos propios). Los vertipuertos serán zonas de fácil acceso para los usuarios y se caracterizarán por sus diferencias en número y tamaño, en función del volumen de tráfico previsto y de la ciudad en que se encuentren. La conexión a la red eléctrica es obligatoria en los procesos de carga de batería de las aeronaves de la UAM.

Los altos niveles de seguridad constituyen un aspecto condicionante crucial en las operaciones dentro de la UAM. Por ello, asegurar la equiparación de las normas a las de la aviación general garantiza la aceptación social del nuevo concepto de transporte. Por último, el ruido que generan los vehículos pone en juego la aceptación de la implantación de la UAM. Por ello, el ruido debe mantener unos niveles bajos aceptables y adecuados durante todo

el proceso de operación.

Las buenas previsiones surgieron de la aceptación social del uso del sistema de transporte de UAM, ya que supone una mejora del tiempo de respuesta ante emergencias, la reducción de los atascos y las emisiones, el desarrollo de zonas aisladas, la creación de puestos de trabajo y el liderazgo en el mercado de Europa, Asia y Estados Unidos.

Se elaboró un Concepto de Operaciones (ConOps) completo para drones de carga en el que se describe la plataforma de aterrizaje, el dron de carga, el corredor de drones, las operaciones con dron, los servicios específicos de la UTM y las operaciones con drones de carga. Asimismo, se elaboró un ConOps completo sobre la aplicación de las operaciones de UAM en el transporte de pasajeros (prevuelo, despegue, ruta, aproximación, aterrizaje y posvuelo).

Ambos documentos constituyen las guías para fomentar las operaciones y tienen en común dos afirmaciones: el objetivo principal de los cambios en el entorno normativo es siempre garantizar la seguridad del espacio aéreo, y los servicios de la UAM deben ser flexibles y redimensionables. En los siguientes cuadros a color se incluyen los antecedentes y asunciones para cada tipo de dron.

ASUNCIONES PARA DRONES DE CARGA

- » Operarán en un entorno normativo con la UE y las autoridades reguladoras nacionales como principales agentes reguladores.
- » Las autoridades competentes regulan y establecen los parámetros operativos y el control de mantenimiento.
- » Inicialmente, la entrega de mercancías solo afectará a zonas compatibles (con plataformas de aterrizaje autorizadas). Alternativamente, habrá centros de clasificación de entregas.
- » Las autoridades reguladoras podrán acceder a la información operativa sobre entregas de mercancías con dron.
- » Las autoridades reguladoras se reservan el derecho de aumentar los requisitos de rendimiento operativo de las aeronaves individuales para optimizar la utilización de la capacidad de la estructura del espacio aéreo.
- » Los proveedores de servicios de entrega de mercancías con drones recibirán/intercambiarán información durante la entrega.
- » Los operadores de drones obedecen al objetivo común y son conscientes del fin de otras operaciones próximas.

ASUNCIONES PARA DRONES DE PASAJEROS

- » Los vehículos de UAM operarán en un entorno normativo con la FAA, en Estados Unidos, y la AESA, en la UE, como principales organismos reguladores.
- » La FAA y la AESA ostentan la autoridad reguladora y son responsables de definir los parámetros operativos y los controles de mantenimiento.
- » Los operadores no pueden optimizar sus operaciones en detrimento de la optimización del entorno de la UAM en su conjunto.
- » La gestión conjunta del tráfico cumple con una normativa comunitaria (NC) elaborada por la comunidad y aprobada por las autoridades reguladoras.
- » Las autoridades reguladoras se reservan el derecho de aumentar los requisitos de rendimiento operativo de las aeronaves individuales para optimizar la utilización de la capacidad de la estructura del espacio aéreo.
- » Los operadores recibirán/intercambiarán información sobre los proveedores de servicios de UAM (PSU) durante las operaciones de UAM.
- » Los PSU podrán obtener información del vuelo en UTM a través de la red del proveedor de servicios del UAS (USS), y la red del USS podrá acceder a la información del vuelo en UAM a través de la red de los PSU.
- » Los operadores de UAM obedecen al objetivo común y son conscientes, a través de los PSU, del fin de otras operaciones próximas.
- » La intervención de las autoridades reguladoras en el equilibrio demanda-capacidad (DCB) puede resultar necesaria para asistir las operaciones a medida que aumenten las operaciones de UAM.

4.2 ESCENARIO DE REFERENCIA: 2025

Las aerolíneas y las empresas de gestión aeroportuaria que se vieron gravemente afectadas por la pandemia de COVID-19 figuran entre las grandes interesadas. El desarrollo de aeronaves de despegue vertical se encuentra en fases avanzadas; sin embargo, las infraestructuras (como vertipuertos) y la tecnología y normativa de gestión todavía están en desarrollo³. Por lo tanto, el escenario de referencia de UAM para 2025 se centra en las operaciones de transporte público en

³ En la primera fase, antes de pasar a una automatización completa del vuelo, las operaciones serán conducidas por un piloto a bordo.

áreas urbanas con un piloto real a bordo, tal y como se indica a continuación:

- » Entrega de mercancías: se espera que empiecen a probarse las entregas automatizadas con dron. Por lo tanto, se prevé una capacidad mínima para aprovechar las soluciones TIC disponibles al máximo.
- » Transporte de pasajeros: no se espera que estén disponibles en Europa las aeronaves de pasajeros no tripuladas de UAM.
- » Las operaciones con aeronaves de pasajeros tripuladas serán accesibles en áreas con densidad demográfica que no cubran las soluciones TIC disponibles por su alcance relativamente marginal.

4.3 ESCENARIO INTERMEDIO: 2030

- » Entrega de mercancías: Operaciones con drones de carga integradas en la gestión de la cadena de suministro: todas las funciones disponibles (como seguimiento de envíos con indicaciones sobre la posición real del dron), mayor optimización de la sostenibilidad en el rendimiento de los operadores de mercancías (reducción de la huella de carbono).
- » Transporte de pasajeros: no se espera que estén disponibles en Europa las aeronaves de pasajeros no tripuladas de UAM; las operaciones públicas con aeronaves de pasajeros tripuladas en áreas con gran densidad demográfica se integrarán parcialmente y de forma limitada en áreas reducidas.

4.4 ESCENARIO FINAL: 2035

- » Entrega de mercancías: Cadena de suministro de mercancías autónoma e informatizada en la mayoría de rutas con carga, almacenamiento automatizado y carga/descarga de mercancías. Grado considerable de integración y digitalización del transporte. Las áreas metropolitanas pobladas requieren que los drones de carga operen solo entre infraestructuras terrestres seguras y específicas (nodos).
- » Transporte de pasajeros: Se espera que el transporte autónomo de pasajeros en Europa entre en fase de pruebas, pero que no esté plenamente integrado. El transporte no tripulado de pasajeros (mediante tecnologías de UAM) se desarrollará en 2050. El transporte público tripulado de pasajeros en áreas con gran densidad demográfica se integrará plenamente a nivel local con limitaciones según área.

2050

El transporte no tripulado de pasajeros se desarrollará en 2050, vistos los aspectos relacionados con la integración, que destacan la viabilidad de los casos de uso factibles como parte del sistema integrado de transporte. Así, se favorece la sostenibilidad y la aceptación social de la movilidad aérea urbana.

Gracias a la experiencia que se ha adquirido en el diseño y desarrollo de los sistemas de ATM, las soluciones para sistemas de UTM serán plenamente operativas en rutas intermodales y contarán con los avances y el nivel de

automatización suficientes para gestionar el creciente uso de aeronaves no tripuladas de forma eficiente y segura. La integración física, tarifaria (métodos de pago), informativa, institucional y de redes será el punto clave de este período.

El papel de la tecnología en las ciudades del futuro será decisivo. La automatización, la electrificación, la conectividad y los servicios telemáticos simplificarán la relación entre medios, usuarios y entorno, lo que supondrá un innovador replanteamiento de las infraestructuras.



5 CIUDADES PILOTO DE ASSURED-UAM

Las ciudades proporcionan soluciones organizativas, políticas y de innovación de forma eficaz para hacer frente a los obstáculos que impiden implantar con éxito la UAM en sistemas heredados e infraestructuras antiguas. Por ello, tres ciudades europeas apoyaron la creación y el análisis de escenarios de casos de uso (CU) de implementación de la UAM:

5.1 GÓRNOŚLĄSKO-ZAGŁĘBIOWSKA METROPOLIA (GZM, POLONIA)

La GZM lleva desde 2018 trabajando minuciosamente para incorporar la UAM. Actualmente, el espacio aéreo urbano es principalmente un área de pruebas. Debido a la falta de alternativas para el transporte urbano, la UAM es una opción de apoyo a las estrategias urbanas, la gestión de emergencias sanitarias y de riesgos y la protección del medio ambiente. Sin embargo, el enfoque actual de las administraciones locales ante la perspectiva de un espacio aéreo urbano mayormente comercial y regulado en exceso repercute negativamente en la aceptación pública.

El área metropolitana de la GZM reconoce que la UAM es la tercera dimensión de la movilidad urbana y que las responsabilidades relativas a la normativa aérea estarán a la orden del día.

La GZM se enfrenta a la prestación de servicios de transporte en un área posindustrial con un desarrollo rígido de las infraestructuras y una alta densidad demográfica en el corazón de la GZM, el acceso a dichos servicios en zonas rurales alejadas del centro de aglomeración y la creación de una movilidad aérea urbana sostenible para usos médicos, incluidos el transporte y el seguimiento médico.

5.2 CIUDAD METROPOLITANA DE BARI (CMB, ITALIA)

El plan de movilidad sostenible de la CMB se centra en la accesibilidad e interconectividad de las ciudades, la reducción de la contaminación atmosférica y la disminución del consumo energético mediante la construcción de una terminal de intercambio modal junto a la Estación Central de Bari, que también debería integrar la UAM. Próximamente, la CMB fomentará el uso de drones para

asistir a los bomberos y las actividades de protección civil y controlar los edificios, y se espera que los servicios de entrega de mercancías resuelvan los problemas de logística urbana del centro y de las zonas de acceso restringido para 2025/2030. Puede también que la CMB ofrezca servicios para envíos hospitalarios urgentes mediante UAM para 2030. La incorporación de la UAM para transportar pasajeros bajo solicitud y mercancías mediante dron en segmentos multirrecorrido podría ser una realidad para 2035.

5.3 CIUDAD METROPOLITANA DE OPORTO (CMP, PORTUGAL)

El contexto económico general de la CMP exige una perspectiva mucho más amplia en el análisis de los planes de acción ecológica en materia de movilidad.

Oporto ya ha puesto en marcha políticas de fomento del uso del transporte público terrestre, pero estos no resolverán totalmente los problemas de movilidad que sufren los municipios de la CMP. Por lo tanto, al estudiar el potencial de la UAM, la CMP espera lo siguiente:

- » Integración de los operadores logísticos aeroportuarios y portuarios para esquivar las carreteras, cada vez con más tráfico;
- » Prestación de servicios a municipios menos poblados con medicamentos que solo se encuentran disponibles en el hospital principal del norte de Portugal (en Oporto) para evitar el flujo de pacientes a dicha zona hospitalaria;
- » Servicios de vigilancia en viviendas sociales y acciones de protección civil mediante drones para sustituir la mano de obra humana; y
- » Mejora de la conexión entre los municipios de la metrópolis.



6 CASOS DE USO DE ASSURED-UAM

Los escenarios de casos de uso más relevantes se definieron basándose en los servicios principales de movilidad de carga y pasajeros de la UAM. La definición de operaciones conceptuales afecta a todos los agentes, normativas y procedimientos implicados (Tabla 2). El concepto de movilidad aérea avanzada (por sus siglas en inglés, AAM) surgió al incorporar casos de uso no específicos de las operaciones en entornos urbanos, como el uso comercial (inter e intraurbano), la entrega de mercancías, los servicios públicos y los vehículos privados/de ocio. Por lo tanto, la AAM analiza la gama de oportunidades más amplia en el transporte de pasajeros y de mercancías en las áreas urbanas y periurbanas, y describe la eficiencia VTOL y eVTOL, la seguridad y el transporte ecológico de personas y mercancías en el

campo de la logística en un nuevo tamaño de la red de transporte urbano.

Se espera que los casos de uso (CU) más habituales, teniendo en cuenta el nivel de madurez tecnológica (por sus siglas en inglés, TRL) y la normativa prevista, sean tipos factibles en el tiempo. Los CU difieren en cuanto al tipo de carga útil, la distancia máxima de vuelo disponible (incluida la vuelta), el tipo de objetivo, el nivel previsto de U-Space, el modo de vuelo, la escala de la operación, el marco normativo, la gestión de la operación, la configuración y los elementos de los UAS y las infraestructuras relativas a la superficie, las soluciones TIC y la integración en los medios de transporte en superficie. En la Tabla 4 se muestran los objetivos de implantación de los CU para cada franja temporal:

Tabla 4: Resumen de CU

Objetivo de implantación	2025	2030	2035
Definición del objetivo	Pequeña escala, mercancías, hasta 30 km, con control humano, plan manual, vuelo automático	Mercancías regulares, hasta 50 km, control con IA, plan y vuelo automáticos	Transporte personal especial y regular de pasajeros a pequeña escala, hasta 400 km, control con IA+, plan y vuelo automáticos
Especificación del UAS	VTOL	VTOL	VTOL, ultraligera de ala fija
Infraestructuras	Pública	Pública/privada	Lugares públicos no habilitados



6.1 CU2025|1 - ENTREGA DIRECTA DE ÚLTIMO KILÓMETRO

Es uno de los primeros tipos de transporte con drones que se suele implantar en áreas urbanas. Dado a que sus misiones son relativamente poco complejas, permite experimentar para poder avanzar a operaciones más sofisticadas y orientadas a las necesidades reales del mercado (entregas avanzadas de último kilómetro). Inicialmente, durante las pruebas, se espera que un operador humano supervise las operaciones automatizadas. Se trata de una operación comercial sencilla de entrega local de paquetes pequeños y ligeros desde un punto de distribución determinado hasta los destinos finales con la que se pretende sustituir los automóviles y furgonetas infrutilizados que se dedican a las entregas de mensajería.

El área que se abarca es el centro urbano (función residencial y comercial), las zonas residenciales con alta densidad demográfica cercanas al centro y las áreas suburbanas de compra y comercio (se espera que el área principal de actividad se ubique en entornos menos exigentes en cuanto a obstáculos aéreos, condiciones de vuelo y limitaciones).

Los servicios logísticos privados caracterizan la UAM para las pequeñas empresas (grandes centros comerciales en la periferia y pequeñas áreas empresariales en el centro). Las operaciones abarcarán el centro logístico intermodal de último kilómetro del centro de la ciudad, y se instalarán taquillas para paquetes en las azoteas de edificios públicos o privados o en zonas públicas específicas. La zona de terminación del vuelo no se ubica en espacios con alta densidad demográfica.

6.2 CU2025|2 - SERVICIOS PÚBLICOS PUNTO A PUNTO

Desempeña tareas de prioridad alta relativas al servicio público, en el marco de la colaboración público-privada y dirigidas por una entidad pública, lo que permite el desarrollo de operaciones de mayor riesgo empresarial justificadas por un interés público elevado (por ejemplo, transporte sanitario de sangre, medicamentos, muestras u otras mercancías ligeras). Las operaciones conectan directamente puntos con gestión pública como hospitales, laboratorios u otras entidades que prestan servicios públicos.

El CU presta asistencia sanitaria a grandes hospitales, campus sanitarios y servicios médicos locales (farmacia, clínica médica) y se sustenta en un centro logístico intermodal hospitalario y un helipuerto en un centro de servicios médicos local situado en una zona de baja densidad demográfica para la terminación de vuelos.

6.3 CU2030|3 - ENTREGA AVANZADA DE ÚLTIMO KILÓMETRO

Entregas de último kilómetro más complejas y con dispositivos de transporte más pesados capaces de entregar más de un paquete en una única misión. Las operaciones serán totalmente automáticas; aunque seguirán contando con la supervisión de un operador humano, esta será mucho menor, lo que permitirá un mayor número de operaciones.

Los vuelos se realizarán al centro de la ciudad (función residencial y empresariales), zonas residenciales con alta densidad demográfica cercanas al centro y zonas



comerciales y de compra suburbanas conectadas a grandes centros comerciales en las faldas suburbanas y a pequeñas zonas empresariales en el centro de la ciudad mediante servicios logísticos privados basados en centros logísticos intermodales de último kilómetro en el centro, taquillas para paquetes repartidas en azoteas de edificios públicos o privados o en zonas públicas específicas. La zona de terminación del vuelo no se ubica en espacios con alta densidad demográfica.

6.4 CU2030|4 - PÚBLICO PUNTO A PUNTO

El gran interés público en labores relacionadas con los servicios públicos de alta prioridad, complejidad, exigencia y riesgo (como el transporte sanitario de equipos de emergencia, sangre, medicamentos, muestras u otras mercancías ligeras que puedan trasladarse directamente hacia o desde el lugar del accidente) permite operaciones más arriesgadas con las que se conectan directamente puntos bajo administración pública, como hospitales, laboratorios u otras entidades. Abarca grandes campus hospitalarios y cualquier área dentro de las zonas de influencia en la que se ofrezca asistencia sanitaria, seguridad pública y gestión de emergencias a partir de un centro logístico hospitalario multimodal y cualquier espacio disponible en superficie o en edificios elevados (si cumple con los requisitos mínimos de seguridad para el despegue y el aterrizaje) en zonas de baja densidad demográfica (para la terminación del vuelo).

6.5 CU2035|5 - TRANSPORTE SANITARIO DIRECTO DE PERSONAS

Un operador humano supervisa inicialmente las pruebas dentro de un área metropolitana única, lo que permite el transporte médico no tripulado entre hospitales de pasajeros/pacientes autorizados que no requerirán asistencia médica durante el vuelo y la prestación de servicios sanitarios entre grandes campus hospitalarios utilizando helipuertos hospitalarios para el despegue y terminación del vuelo.

Se prevé que el UC permita reunir la experiencia necesaria para que los servicios tradicionales de índole sanitaria de urgencia con helicóptero se sustituyan por operaciones más complejas y comerciales de transporte no tripulado de pasajeros.

6.6 CU2035|6 - TRANSPORTE AÉREO PERSONAL AUTOMÁTICO

Teniendo en cuenta los conceptos de aeronaves certificadas en el mercado para 2035, los vehículos aéreos llegarán a áreas con alta densidad demográfica y compartirán el espacio aéreo con el tráfico de aeronaves no tripuladas. Opcionalmente, las aeronaves tripuladas solo podrán acceder a U-Space con vuelo automático (piloto automático activado), lo que supondría la introducción de las operaciones de pasajeros totalmente autónomas del futuro. No obstante, aún no es posible desarrollar operaciones totalmente sin piloto.

Las operaciones, que inicialmente asistirá un piloto humano desde la aeronave, podrán despegar y aterrizar en los aeropuertos/vertipuertos de tráfico mixto de forma automática a partir de un centro de transporte multimodal que incluye helipuertos cercanos a la estación de ferrocarril, puertos y aeropuertos y que están conectados con el transporte urbano por carretera, ferrocarril y agua para llevar a los pasajeros turísticos y de eventos al helipuerto de destino.

6.7 ESTIMACIÓN DEL COSTE MEDIOAMBIENTAL Y ENERGÉTICO DE LOS CASOS DE USO DE ASSURED-UAM

El coste del ciclo de vida y la eficiencia energética de los CU se calcularon teniendo en cuenta una huella medioambiental monetizada mediante la identificación de fuentes y la asunción de valores para los gastos en inversión, energía, operación, retrasos, viajes en vacío, medio ambiente y de fin de vida útil. Los resultados que se obtuvieron en el cálculo del coste de vida medioambiental (CCMe) para los casos de uso arrojaron información fundamental sobre las áreas que deberían tener en cuenta los responsables de la toma de decisiones, así como los proveedores y operadores de la UAM en términos de costes e indicadores clave de rendimiento (por sus siglas en inglés, KPI) según criterios de neutralidad climática, sostenibilidad, eficiencia y aspectos sociales.

La creciente concienciación sobre los costes externos generados por el transporte, impulsada por el Pacto Verde de la Comisión Europea, puede constituir una de las principales justificaciones dentro de este enfoque. De hecho, permitiría realizar una comparación y ofrecer unos valores precisos y orientados al medio ambiente de los costes del transporte urbano y periurbano, y sentaría las bases para un futuro sistema de alto nivel, totalmente

integrado, prioritario, sostenible y neutro en términos climáticos en el que la UAM jugaría un papel decisivo.

Si tomamos como referencia una situación económica favorable, otros costes (impulsados por la accesibilidad del espacio aéreo, el nivel insatisfactorio de integración de la gestión del tráfico aéreo, el engorroso proceso de certificación, la lentitud (o inexistencia) del progreso de opciones de trenes de potencia, las brechas en materia de ciberseguridad, el bajo (o nulo) grado de automatización) podrían disminuir la asequibilidad. Además, aunque los contribuyentes finalmente crean que la UAM es segura y asequible, ciertos grupos suelen impedir la mejora (o el desarrollo de la actividad) en su entorno local. Los llamados SPAN («Sí, pero aquí no») podrían provocar el incremento rápido de los costes de desarrollo (o mejora) de las infraestructuras de la UAM y sus operaciones por encima de los niveles razonables.

Independientemente del tipo de operación (pasajeros o mercancías), la regla general de que «a mayor demanda, menos coste unitario» también se aplica a los servicios de UAM.

Sin duda, la contribución financiera más importante a la UAM debe realizarse durante la fase inicial, cuando hay que adquirir las infraestructuras y las aeronaves. Este gasto oscila entre los 3,5 millones de euros en el caso del transporte de pequeñas mercancías y los 12 millones de caso en el de transporte de pasajeros.

En la fase operativa de la UAM, en la que se dan gastos energéticos, medioambientales y de retrasos, viajes en vacío y fin de vida útil, los gastos de explotación representan casi el 99 % del total. En cifras, estos costes oscilan entre los 471.000 euros/año para el transporte de mercancías pequeñas y entre unos 2,5 millones de euros/año para el transporte de pasajeros. Las subcategorías dominantes en los vuelos de mercancías pequeñas/medianas son los costes de vuelo, los gastos administrativos generales y los costes de depreciación.

En cambio, en el caso de los vuelos de pasajeros y de mercancías grandes, el mayor impacto se asocia a los costes de vuelo y de servicios a los pasajeros (en los vuelos de mercancías, a la carga y descarga de paquetes).

Los costes energéticos oscilan entre los 300 y los 26 000 euros/año. Conviene recordar que la mayor parte de este coste está relacionado con el consumo energético de la aeronave durante el vuelo y que el resto corresponde a las infraestructuras en superficie. Además, el gasto energético está estrechamente relacionado con la distancia que se recorre y con el tamaño de la aeronave: a mayor distancia del vuelo y mayor tamaño de la aeronave, mayor coste energético.

Otra fuente de gastos para los proveedores y operadores de UAM son los retrasos. Esto puede suponer hasta 45.000 euros/año en devoluciones para los destinatarios de paquetes y hasta 900 euros al año para los pasajeros de UAM. Dependiendo del tamaño de la aeronave y de la distancia recorrida por operación, el coste medioambiental total puede variar unos 1.000 euros/año en el caso del transporte de pequeñas mercancías y unos 8.000 euros/año en el caso del transporte de pasajeros. Las tasas por emisiones de carbono son las que más contribuyen a estos costes. No obstante, el coste al final de la vida útil (reciclaje) con respecto a otros gastos es relativamente bajo. El coste anual oscila entre 128 y 564 euros/año con respecto al número de aeronaves disponibles y su vida útil.

A la hora de considerar la rentabilidad de las operaciones de UAM, el ratio de viajes en vacío cuenta con un gran valor para los proveedores de UAM en torno al transporte de pasajeros. Debido al reposicionamiento de aeronaves necesario cuando no estén disponibles en un vertipuerto determinado, puede que no se monetice el 20 % previsto para todas las operaciones, por lo que se reduce el beneficio neto de los proveedores de UAM.



7 RETOS DE LA IMPLANTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE UAM EN EUROPA

La UAM requiere la capacidad de controlar y sincronizar las actividades de logística mediante el despliegue de vehículos voladores y el desarrollo de todo un ecosistema a su alrededor: pasajeros, aeronaves y sistemas de asistencia en un entorno de transporte multimodal de gran complejidad.

El crecimiento de la movilidad compartida, los servicios bajo demanda y los modelos de tarificación especial en los últimos años han cuestionado la tecnología tradicional concebida. Además, la abundancia de nuevos datos sobre preferencias de movilidad y precios permitirá a los proveedores de servicios de movilidad anticiparse a la demanda de UAM, priorizar los corredores más atractivos, gestionar la eficiencia de la red e integrar diferentes modos de transporte.

Al mismo tiempo, la infraestructura es una limitación muy importante para la UAM. Es un punto fundamental en la transformación de la logística de último kilómetro y de la movilidad individual que mejora la sostenibilidad medioambiental, el tráfico y la eficiencia general de la actividad urbana.

7.1 OBJETIVOS Y EXPECTATIVAS DE LOS GRUPOS DE INTERÉS

La colaboración entre los distintos grupos de interés (por ejemplo, operadores tradicionales, start-ups, organismos públicos u organizaciones de investigación) es vital para captar los beneficios sociales de la UAM para el público general y su viabilidad desde el punto de vista empresarial. Los proveedores y operadores de infraestructuras, las inmobiliarias, los operadores de centros de logística y los minoristas juegan un papel muy importante en la construcción de las bases del futuro paisaje de la UAM. Estos agentes tendrán un papel fundamental en el futuro de la movilidad urbana, desde la participación en la reurbanización y reutilización de edificios existentes hasta la construcción de infraestructuras de UAM desde cero. Incluir «agentes activos» interesados ayuda a situar y compartir necesidades y requisitos que legitiman los caminos que se toman y las decisiones y que hacen aflorar cuestiones que se deben explorar. Por ello,



se consultó a la Junta Consultiva Ampliada (JCA) de ASSURED UAM, formada por expertos, mediante encuestas, entrevistas y talleres. Con las encuestas se pretendía recopilar impresiones y opiniones iniciales sobre la previsión de UAM que no estuvieran sesgadas por la presentación de casos de uso de ASSURED-UAM. En las entrevistas se abordaron la financiación y la financiación pública, las limitaciones operativas y la validación de los elementos del sistema LCC para obtener una justificación de los resultados arrojados por la encuesta web. Por último, durante el taller se debatieron las ventajas, desventajas, lagunas y sugerencias de los casos de uso.

La JCA se dividió en los tres grupos anteriores, con una variedad y extensión considerables y en los que se abarcaban todos los tipos de organismos que podrían verse implicados en la implantación de la UAM.

- » Sector de la fabricación y el mantenimiento
- » Sector de las infraestructuras
- » Sector de la UAM/operadores aéreos
- » Organizaciones de investigación
- » Organismos públicos, redes y asociaciones ciudadanas implicadas en la estrategia, políticas y elaboración de normas.

Los 83 miembros de la JCA (41 en el grupo temático «Estrategia, financiación y aceptación pública», 26 en el de «Limitaciones operativas» y 16 en el de «Componentes del sistema LCC») representan a los 15 Estados miembros de la UE, a Estados Unidos (Universidad de Ohio), a Israel (ciudad de Yerouam) y a 5 organismos y redes europeos (supranacionales).

7.2 ANÁLISIS DE LOS GRUPOS DE INTERÉS DEL CCVM DE LA UAM

Desde el punto de vista del urbanismo, la implantación de la UAM requiere espacios que se diseñen y utilicen físicamente y que proporcionen servicios digitales y electricidad para la demanda energética. Por lo tanto, el diálogo y la colaboración entre las entidades jurisdiccionales, de transporte y de urbanismo, los organismos comunitarios, las ONG y los agentes del sector privado son fundamentales para desarrollar una política coherente en torno a la UAM.

Los organismos reguladores deben definir un marco con el que no se frene la innovación y con el que se atiendan simultáneamente las preocupaciones importantes de seguridad y privacidad de los pasajeros. La regulación del ecosistema de UAM debe diseñarse para que los «coches voladores» sean una realidad. Además de un marco sólido que regule los requisitos de seguridad asociados al aumento del tráfico aéreo, en los próximos años deberán

armonizarse las normativas en materia de diseño de vehículos de UAM, sostenibilidad, interoperabilidad, seguridad y privacidad de información. La regulación secundaria en materia de reducción de la contaminación acústica y las medidas operativas de prevención son también importantes para la escala a la que se implanta la UAM en las ciudades.

Otros factores fundamentales son la aceptación social de la UAM por parte de los pasajeros y la disposición económica a pagar por dichos servicios. La aceptación y la confianza en la tecnología autónoma y sus correspondientes sistemas de seguridad favorecerán la implantación generalizada de las soluciones de UAM. A nivel comunitario, las ideas preconcebidas de que la tecnología autónoma dejará obsoletos los puestos de trabajo podrían suponer un obstáculo. Las cuestiones medioambientales, principalmente la preocupación por la contaminación acústica y visual de la ciudad, también podrían generar resistencia a la aceptación del eVTOL. Desde una perspectiva económica, el precio por viaje que ofrezcan las empresas operadoras y los costes de oportunidad asociados a dicho precio serán un factor crucial en la escala a la que se adopten los servicios de UAM.



7.3 LA UAM COMO PARTE DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE MULTIMODAL Y SUS OPORTUNIDADES FUTURAS

La integración del transporte es un proceso organizativo mediante el cual los elementos de planificación y prestación del sistema de transporte se integran en modos, sectores, operadores e instituciones para aumentar los beneficios netos medioambientales y sociales. Las principales exigencias para el desarrollo de un sistema de transporte integrado son la interfaz física entre modos, la integración operativa entre modos y la integración de servicios (tarifa común, sistema de billetes, etc.).

Aunque la integración de infraestructuras físicas contribuye a una movilidad continua, no garantiza su implantación por sí sola. Este objetivo solo puede alcanzarse con una integración operativa entre modos. La integración del segmento del transporte vertical con los sistemas de movilidad tradicionales en entornos urbanos y periurbanos no se ha implantado de forma generalizada en el concepto de movilidad, lo que dificulta la extrapolación de hipótesis o conclusiones sobre los pocos ejemplos que existen en todo el mundo. La integración del servicio es aún más difícil. Por ejemplo, cuando se utiliza la UAM para conectar áreas periféricas a las que no se puede acceder fácilmente por otros medios (por ejemplo, Noruega), la explotación del servicio debe financiarse, ya que este debe ser equivalente al transporte público.

La integración de la movilidad aérea urbana en el ámbito de la movilidad terrestre, aunque es una tendencia emergente, sigue dependiendo totalmente de factores como la edad de la población, los cambios en las estrategias nacionales que promueven la implantación entre los viajeros, el bienestar de la población y cuestiones de seguridad.

7.4 ACEPTACIÓN PÚBLICA

La aceptación pública está estrechamente relacionada con los beneficios que se perciben y las repercusiones en la calidad de vida, la salud y el bienestar social y económico, y se abordó en un proceso de creación conjunta en el que se dio la palabra a varios grupos de interés.

Para lograr una aceptación social amplia de los vehículos de UAM, hay que superar muchos obstáculos. Hay que tener en cuenta las molestias que se generan a nivel público, la contaminación ambiental, las restricciones de

uso, la privacidad, la seguridad, la capacidad y los factores económicos y normativos. La preocupación por la privacidad reside en el uso de drones equipados con cámaras de vídeo para espiar y recopilar información personal. Los problemas de seguridad tienen su origen en la posibilidad de que se produzcan fallos de funcionamiento que provoquen accidentes, daños o perjuicios a personas, edificios u otras aeronaves.

El ámbito de la seguridad también aborda la entrega segura de paquetes en situaciones asociadas comúnmente a actividades delictivas como el pirateo y el secuestro de drones o su uso para fines delictivos. Los enlaces de comunicación y las plataformas de datos seguras son vitales para garantizar que solo las personas autorizadas puedan acceder a la información sensible. Por otro lado, el geofencing garantiza que los drones vuelen solo dentro del espacio aéreo autorizado. Las nuevas soluciones deben abordar estos retos para aumentar la fiabilidad y la disponibilidad de las funciones y la seguridad operativa reducir los costes y el consumo energético. La industria trata de crear la estrategia de despliegue más probable, limitada o reducida, por lo que comprobará la aceptación pública de las ciudades y la ciudadanía. Desde el punto de vista de las ciudades, el reto de integrar la UAM con los objetivos medioambientales determinados por la UE es considerable. Además, las ciudades deben incorporar una nueva capa operativa escasa que se debe valorar adecuadamente: los espacios públicos.

Todas estas actividades se verán condicionadas por la percepción pública del nuevo medio de transporte y de las infraestructuras y sistemas correspondientes. Sin embargo, en este punto es difícil integrar las opiniones y los intereses de los grupos de interés (con respecto a la importante incertidumbre en este tema).

La implantación de la UAM puede evolucionar en nichos específicos para los que la aceptación pública podría ser positiva, como el uso de drones o aeronaves en servicios de emergencia. No obstante, se espera que otros usos más frecuentes que suponen una menor percepción del beneficio público, como los servicios de entrega por aplicación y el uso de drones o aeronaves, reciban una mayor oposición. Además, cuanto más grande y pesado sea el dispositivo, menos probabilidades tendrá de ser aceptado debido a las expectativas con respecto al ruido, la intrusión visual y, sobre todo, la percepción de la seguridad.

Por ahora, ni el sector industrial ni las ciudades prevén una estrategia para internalizar los costes de dichas objetividades impuestas a la sociedad. Por último, también con un importante nivel de incertidumbre, se encuentra la asequibilidad del servicio. En el caso de mercancías de menor valor, no queda claro si se trasladarían por vía aérea o cuánto estarían dispuestos a pagar los usuarios por este sistema. En el caso del «aerotaxi» para transporte de pasajeros, se espera que la aceptación pública sea más difícil de conseguir.

7.5 ASEQUIBILIDAD

La asequibilidad de la UAM sigue inmersa en una gran incertidumbre. Por lo tanto, la asequibilidad puede abordarse desde diferentes perspectivas, dependiendo del modelo de negocio que se adopte en la implantación de la UAM y de la política municipal de movimientos aéreos.

A corto plazo, se espera un bajo nivel de implantación de las entregas de paquetes dentro de las áreas urbanas. El sector puede apoyar la inversión inicial en la UAM con una estrategia de entrada en el mercado y no necesariamente como una actividad lucrativa con un amplio margen de beneficio.

A medio y largo plazo, cuando se espera que aumente el nivel de operaciones y se hagan más complejos los procesos correspondientes, es obligatorio vincular el modelo de negocio elegido con la aceptación pública y los planes de desarrollo de las ciudades.

Si las ciudades ven la UAM como una opción de transporte más limpia, las subvenciones públicas podrían ayudar al modelo de negocio. Sin embargo, las previsiones extraídas de las recientes limitaciones

medioambientales a los vehículos de transporte terrestre y los fuertes movimientos ciudadanos rechazan toda solución que genere molestias acústicas y visuales. Por lo tanto, la posibilidad de subvencionar la UAM parece compleja y poco probable, salvo en nichos específicos como el transporte sanitario y las conexiones con zonas montañosas aisladas y similares. Se prevé que la aparición de vehículos autónomos en el transporte por carretera, sobre todo en los viajes compartidos, haga más compleja la asequibilidad de la UAM. Los vehículos autónomos contribuirán a reducir los costes operativos de las alternativas de movilidad terrestre. Esto será una realidad a corto plazo, y la UAM deberá asumir el reto de competir contra dicha opción para que resulte atractiva.

La incertidumbre que rodea a los modelos de negocio tiene consecuencias sobre la relevancia de la asequibilidad. Inicialmente, la asequibilidad puede jugar un papel relevante en la toma de decisiones de los usuarios en nichos específicos, como el transporte lanzadera a los aeropuertos. Por otro lado, la asequibilidad puede no ser vital para que los usuarios opten por esta opción en los desplazamientos de lujo



en taxi aéreo o interurbanos. Así pues, es probable que la opción de la UAM sea una opción existente que esté disponible para quienes puedan permitírsela. Las acciones y características de la demanda de operaciones influirán en la aceptación pública de estas soluciones.

7.6 FINANCIACIÓN

Dado el elevado coste de los estudios piloto y de demostración, solo pudo asignarse un presupuesto limitado a la aplicación experimental de cambios o servicios de prueba, lo que restringió la explotación del potencial de dichas acciones. Las ciudades metropolitanas de Bari y Oporto, que se mostraron abiertas a la movilidad aérea urbana y que se han adherido recientemente a la comunidad de ciudades de la iniciativa UAM (UIC2) de la EIP-SCC, comparten esta percepción. No obstante, las ciudades tuvieron que hacer frente a restricciones de financiación para desarrollar los proyectos piloto y talleres de concienciación en busca de una mayor aceptación social.

Las ciudades siguen de cerca los programas europeos de financiación para saber cómo introducir el nuevo concepto de movilidad aérea. Hasta el otoño de 2021, la movilidad aérea urbana (UAM) se mencionó expresamente en el tema HORIZON-CL5-2022-D5-01-13 de las acciones de investigación e innovación (por sus siglas en inglés, RIA): las tecnologías digitales de aviación para nuevos modelos de negocio, servicios, amenazas globales emergentes y competitividad industrial (HORIZON-CL5-2022-D5-01-13) podrían contribuir a cambiar las tecnologías digitales de aviación que permitirán nuevos modelos de negocio y productos europeos con un mínimo impacto ambiental y competitividad y transformar la aviación digital, las tecnologías espaciales y los UAS.

En los programas Horizon Europe, faltan oportunidades para constituir formas de movilidad novedosas como la UAM; es decir, en la convocatoria para soluciones limpias y competitivas aplicables a medios de transporte (HORIZON-CL5-2022-D5-01), la movilidad aérea compite con otras formas de movilidad/transporte.

Además, se espera que los nuevos proyectos ofrezcan un nivel de madurez tecnológica del 7-8, lo que significa que la tecnología debe haberse probado, y estar «calificada para el vuelo» y lista para su implantación en una tecnología o sistema tecnológico existente. Esto implica que la propuesta de investigación debe erigirse a partir de una plataforma aún en desarrollo para la UAM.

8 APRENDIZAJES PARA ASSURED-UAM EN LAS CIUDADES PILOTO

Durante las pruebas en las ciudades piloto, se pudo entender las repercusiones locales de la implantación de

la UAM. Como resultado, las ciudades se concienciaron de su papel en la habilitación de servicios de UAM atendiendo a las necesidades y preferencias de la ciudadanía.

Los grupos urbanos de interés son conscientes de su papel como creadores conjuntos de servicios, pero también tienen influencia en el alcance y la localización de las operaciones de UAM/U-Space. Esta influencia debe aplicarse también a las decisiones sobre infraestructura e instrumentos necesarios para mitigar los riesgos y las acciones adversas.

La implicación, el compromiso y la participación de los ciudadanos fueron los aspectos destacados para la implantación de la UAM. Los problemas están relacionados con la elección de desarrollar la iniciativa en distritos con gran densidad demográfica, que provocó dificultades de gestión que se resolvieron con la creación de una Zona Controlada en Superficie para garantizar la seguridad de los vuelos en la CMB. La participación y la aceptación públicas se citaron como cuestiones críticas en los proyectos relacionados con la UAM en CMP, que los planes de UAM socialmente beneficiosos podrían fracasar sin la participación y aceptación públicas suficientes. En efecto, las funciones y servicios innovadores de las soluciones de UAM, al probarse en el mundo real ante un público amplio, permitieron captar el interés de los participantes y de la ciudadanía en general. La participación de la ciudadanía y los grupos de interés en las fases de planificación y aplicación de la movilidad urbana también es destacable en la GZM, cuyo caso piloto se centró en el transporte sanitario.

Por lo tanto, a partir de los proyectos piloto, se llegó a las siguientes conclusiones:

- » Implicar a las autoridades locales, expertos en ciudades, usuarios finales y usuarios en el desarrollo de servicios públicos importantes conforme a sus necesidades;
- » Colaborar con los grupos de interés locales, centrales e internacionales de todo el ecosistema de la UAM, incluidos los sectores público y privado, en los marcos jurídico y tecnológico;
- » Participar en proyectos piloto y ensayos;
- » Informar de forma sencilla y transparente para aumentar el nivel de aceptación y comodidad de los residentes;
- » Iniciar y coordinar un debate público en el que se discutan los posibles beneficios y desafíos de la UAM de forma imparcial y transparente;
- » Crear en conjunto la simulación poniendo el foco en casos de uso que sirvan al bien público con diferentes grupos de interés y en diversas formas;
- » Ofrecer al público experiencias con drones, taxis aéreos y sus funciones (estudios piloto de servicios de UAM en laboratorios vivos);
- » Mantener una cooperación permanente entre las distintas autoridades para enmarcar la integración de la UAM con la movilidad y el urbanismo;
- » Aprovechar los conocimientos aportados por las ciudades en proyectos en los que los municipios desempeñen un papel activo.

9 MATERIAL DE APOYO

Este documento se ha elaborado a partir de los resultados publicados por el proyecto ASSURED-UAM Recomendaciones de aceptación, seguridad y sostenibilidad para la implantación eficiente de la UAM (H2020 Aviación General N.º 101006696) Para más información, visite la página web <https://assured-uam.eu/public-deliverables/>. Consulte la información técnica específica en sus informes correspondientes :

- D1.1 Informe de evaluación de madurez tecnológica
- D1.2 Informe sobre el marco reglamentario
- D1.3 Informe sobre estrategias de integración de la movilidad urbana
- D1.5 Definición final de ConOps
- D2.1 Informe sobre la estrategia de implantación de la UAM
- D2.2 Informe sobre limitaciones operativas
- D2.3 Informe de estimación del CCVm+E de la UAM
- D2.4 Financiación y aceptación pública
- D2.5 Escenarios iniciales de la UAM en el futuro sistema integrado de movilidad urbana
- D2.6 Escenarios finales de la UAM en el futuro sistema integrado de movilidad urbana
- D3.1 Plan de implicación de los grupos de interés
- D3.2 Informe sobre las consultas a los grupos de interés
- D4.1 Normas y recomendaciones para los elementos de la UAM
- D4.2 Normas y recomendaciones de planificación urbanística y normativa
- D5.1 Caso de la UAM en la metrópolis de GZM
- D5.2 Caso de la UAM en la metrópolis de Bari
- D5.3 Caso de la UAM en el área metropolitana de Oporto
- D5.4 Conclusiones y observaciones sobre el proceso de implantación

10 SIGLAS

AAM	Advanced Air Mobility
ANSP	Air navigation service provider
ATC	Air Traffic Controller
ATM	Air Traffic Management
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CBRs	Community-Based Rules
D2D	Door-to-Door
DCB	Regulatory authorities Demand Capacity Balancing
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EIP-SCC	European Initiative on Smart Cities and Communities
eLCC	Environmental Life Cycle Cost
eVTOL	electric Vertical Take-Off and Landing
FAA	Federal Aviation Administration USA
GZM	Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia – Poland
ICT	Information and Communication Technologies
IoT	Internet of Things
KPI	Key Performances Indicators
MCB	Metropolitan City of Bari – Italy
MCP	Metropolitan City of Porto – Portugal
NAA	National Aviation authorities
PSUs	Providers of Services
SMEs	Small and medium-sized enterprises
TRL	Technology Readiness Level
UAM	Urban Air Mobility
UAS	Unmanned Aerial System
UC	Use Cases
UIC2	UAM Initiative Cities Community
USS	UAS Service Supplier
USSP	U-space Service Providers
UTM	Urban Traffic Management

⁴ Los resultados finales confidenciales no figuran en la lista.

CONSORCIO ASSURED-UAM



Łukasiewicz Research Network – Institute of Aviation, Ł-ILOT, Poland,
www.ilot.lukasiewicz.gov.pl



Centro Italiano Ricerche Aerospaziali, CIRA, Italy,
www.cira.it



Centre of Engineering and Product Development, CEiiA, Portugal,
www.ceiia.com



Institute for Sustainable Society and Innovation, ISSNOVA, Italy,
www.issnova.eu



Distretto Tecnologico Areospaziale, DTA, Italy,
www.dtascarl.org



Górnoląsko-Zagłębiowska Metropolia, GZM, Poland,
www.metropoliagzm.pl



Royal NLR – Netherlands Aerospace Centre, NLR, The Netherlands,
www.nlr.nl



ACCEPTANCE SAFETY AND SUSTAINABILITY
RECOMMENDATIONS FOR EFFICIENT
DEPLOYMENT OF UAM

www.assured-uam.eu