

Lineamientos de política pública para la movilidad aérea urbana

Public Policy Guidelines for Urban Air Mobility

Oscar Díaz Olariaga*

Resumen: La movilidad aérea urbana es un concepto novedoso que se prevé revolucionará, en el mediano-largo plazo, el transporte urbano. Esta alternativa emergente de transporte se debe en gran medida al desarrollo de vehículos eléctricos de despegue y aterrizaje vertical, que utilizarán una infraestructura terrestre de soporte muy reducida y que ofrecerá servicios de transporte aéreo a nivel urbano e interurbano (caracterizados por una importante reducción del tiempo de viaje, y mínimas o cero emisiones). Debido a la novedad de esta tecnología emergente, desde hace unos pocos años tanto la industria como la academia vienen trabajando en la divulgación, técnica y científica, de todos sus componentes y conceptos. Luego de una exhaustiva revisión de la bibliografía científica, se encuentra una rica y variada producción de la temática en casi todos los conceptos, salvo en el de las políticas públicas, uno de los aspectos más complejos y que puede contribuir, como ningún otro, al exitoso inicio y evolución de la movilidad aérea urbana. Por esta razón, el objetivo de este trabajo es proponer líneas de acción política y recomendaciones de políticas a implementar, que generen un marco sólido para el desarrollo de este modo de transporte y que no sólo beneficie a la industria, sino también al desarrollo urbano de las ciudades y, por supuesto, a las comunidades.

Palabras clave: movilidad aérea urbana, política de transporte, política de tecnología emergente, política de servicio público, transporte.

Abstract: Urban Air Mobility is a novel concept that is expected to revolutionize urban transport in the medium to long term. This emerging transport alternative is largely due to the development of vertical takeoff and landing electric vehicles, which will use a very reduced

* **Oscar Díaz Olariaga** es doctor ingeniero aeronáutico por la Universidad Politécnica de Madrid; doctor en Ciencias Económicas y Empresariales por la UNED, España; profesor titular en la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás. Carrera 9, núm. 51-11, Bogotá, Colombia. Tel: +57-601-5878797. Correo-e: oscar Diaz Olariaga@usta.edu.co. ORCID: 0000-0002-4858-3677.

Artículo recibido el 16 de agosto de 2023 y aceptado para su publicación el 20 agosto de 2024.

ground support infrastructure and will offer air transport services at an urban and interurban level (characterized by a significant reduction in travel time, and minimal or zero emissions). Due to the novelty of this emerging technology, for a few years both the industry and the academy have been working on the technical and scientific dissemination of all its components and concepts. After an exhaustive review of the scientific literature, a rich and varied production of the subject is found in almost all concepts, except in that of public policies, one of the most complex aspects, and which can contribute, like no other, to the successful start and evolution of urban air mobility. For this reason, the objective of this research is to propose lines of political action and policy recommendations to be implemented, and that generate a solid framework for the development of this mode of transport, and that not only benefits the industry, but also the development of the cities, and of course, to the communities.

Keywords: urban air mobility, transport policy, emerging technology policy, public service policy, transport.

INTRODUCCIÓN

Según un informe del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, en 2050, dos de cada tres habitantes del mundo vivirán en ciudades o centros urbanos, esto significa aproximadamente 2 500 millones de personas (ONU, 2023). La rápida urbanización estará vinculada a una mayor congestión vehicular, empeorando especialmente en las grandes ciudades, lo que causaría la pérdida de productividad y efectos ambientales negativos. En estas grandes metrópolis, los taxis aéreos, que se espera se despliegan a partir de finales de la presente década, presionan tanto a los decisores de políticas, para el desarrollo urgente de marcos normativos y regulatorios claros, como a los planificadores urbanos para que consideren cambios significativos en la infraestructura urbana y de transporte de las ciudades (Pukhova *et al.*, 2021; Chaniotakis *et al.*, 2020; Litman y Steele, 2023).

Por ello, el emergente sistema de transporte urbano, denominado movilidad aérea urbana, o más conocido por sus siglas en inglés UAM (*urban air mobility*) (como se usará en ese texto), se presenta como parte de la solución a la movilidad urbana. Básicamente, el sistema UAM comprenderá una red de aeronaves de propulsión eléctrica, de despegue y aterrizaje vertical, y cuyo servicio funcionará, principalmente, bajo demanda. El lanzamiento inicial de este sistema probablemente contará con vehículos aéreos seguros, diseñados para una capacidad de dos a seis pasajeros, en rutas fijas urbanas e interurbanas, a lo largo del espacio aéreo urbano (de baja altitud) y regulado de manera segura. Este nuevo sistema de transporte, respaldado por una infraestructura terrestre de soporte segura y sostenible, denominada vertipuerto, que hará las veces de “estaciones de la red UAM”,

ayudará a los ciudadanos a mejorar su movilidad, así como también la habitabilidad y las oportunidades económicas sostenibles para las comunidades (Ahn y Hwang, 2022; Pons-Prats *et al.*, 2022; Cohen y Shaheen, 2021).

Según varios estudios, se prevé que la UAM aporte los siguientes beneficios (Gillis *et al.*, 2021; Wu y Zhang, 2021; Willey y Salmon, 2021): descongestión del tráfico rodado, mejora en el nivel de movilidad de los servicios, reducción del tiempo de viaje, disminución de la contaminación del aire (reducción de emisiones), reducción de la saturación de las redes de transporte público existentes, reducción de los accidentes de tráfico, mejora de la capacidad de gestión de ciudades inteligentes y mejora de la seguridad de la ciudad.

La primera actividad de este trabajo fue realizar una extensiva y minuciosa revisión de la bibliografía existente sobre esta novedosa propuesta de transporte urbano. Se encontró una verdadera explosión de publicaciones, sobre todo en los últimos seis o siete años, pero la mayoría de dichas investigaciones cubre los diversos aspectos tecnológicos del sistema UAM y del posible comportamiento de la demanda del servicio; pocos trabajos científicos (aunque muchos de la denominada literatura gris) cubren aspectos regulatorios (de enfoque técnico u operativo) del futuro sistema UAM (Long *et al.*, 2023; Brunelli *et al.*, 2023; Schweiger y Preis, 2022). Sin embargo, lo que falta en la literatura científica son estudios que aborden uno de los aspectos más complejos de la implementación del sistema UAM: el desarrollo de políticas. Como suele suceder con tecnologías emergentes, en el caso de la movilidad aérea urbana, la tecnología avanza más rápido que la política pública (Bason, 2014).

No construir un marco político sólido ni bases regulatorias para una nueva tecnología en ciernes puede anular rápidamente gran parte de su potencial y consecuente éxito (Dussauge Laguna *et al.*, 2021; Rotolo *et al.*, 2015). Los marcos normativos definen las funciones y responsabilidades del sector público y de la industria para garantizar la seguridad y la confianza del público, todos elementos vitales en cualquier esfuerzo por ayudar a que una nueva tecnología cumpla con su promesa comercial (Straubinger, 2019). Por ello, esta investigación tiene como objetivo proponer líneas de acción política y recomendaciones de políticas a implementar en el próximo sistema (y mercado) UAM, las cuales podrían beneficiar el desarrollo de esta tecnología emergente, a la industria y, por supuesto, a las comunidades. Cuando las innovaciones tecnológicas se llevan al mercado con políticas claras y sólidas aumenta la probabilidad de adopción al abordar problemas importantes antes de que ocurran (Al Haddad *et al.*, 2020; Birkland, 2019).

Como se podrá apreciar en el presente estudio, la implementación del sistema UAM requiere una estrecha colaboración entre todas las partes interesadas (organizaciones comunitarias, autoridades estatales y locales, agencias públicas, industria, proveedores del servicio, comunidad de inversores, etc.), así como la academia, para garantizar un marco de políticas creíble, sostenible y procesable (Stopher y Stanley, 2014).

Finalmente, hay que mencionar que, aunque la movilidad aérea urbana es un campo de estudio e investigación de alta complejidad técnica, en el presente artículo se realizó el esfuerzo por enfocarse, exclusivamente, en el área de las políticas públicas de esta tecnología emergente, limitando, en la medida de lo posible, el uso de terminología técnica compleja. Entonces, este artículo tiene la estructura de desarrollo que se describe a continuación. En primer lugar, se presenta una concisa revisión de la bibliografía, con el fin de conocer los aportes de la academia sobre las diferentes áreas componentes de la UAM, en especial en el campo de las políticas públicas (que como se verá, son prácticamente inexistentes). Paso seguido, se dedica una sección completa, con enfoque y formato de marco conceptual, a la descripción detallada de la movilidad aérea urbana (tanto de sus componentes como de las características del mercado a generar, y de los actores de la industria que surgirán para su desarrollo) para su mejor conocimiento conceptual del sistema y comprensión de su operación (la descripción no será de carácter técnico, ya que escaparía al enfoque de esta investigación, sino que se centrará, exclusivamente, en el desarrollo de políticas). Después, se desarrolla el núcleo principal de este trabajo, la descripción de los lineamientos de políticas públicas que se deberían diseñar y aplicar antes de la entrada en servicio de la UAM. Finalmente, el trabajo se cierra con las oportunas conclusiones, en donde se destacan los aportes realizados por la presente investigación.

REVISIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA

Para el trabajo de revisión se utilizó una metodología típica en este tipo de investigación denominada “mapeo sistemático”, que es el proceso de identificar, categorizar y analizar la literatura relevante para un determinado tema de investigación (Taipalus, 2023; Haakonsen *et al.*, 2023). Para el proceso de búsqueda, identificación y selección de la literatura relacionada se aplicaron los siguientes criterios de inclusión/exclusión: *a)* se incluyeron todas aquellas publicaciones científicas que tengan relación sólo con el campo de estudio (o de investigación); *b)* se incluyeron estudios editados en idioma inglés y español; *c)* se incluyeron todos los artículos científicos que proponen lineamientos en materia de política pública y

regulatoria de la UAM; *d*) se incluyeron casos de estudio (de base científica), siempre y cuando aportaran un marco conceptual relacionado, y con resultados concretos, medibles y comparables; *e*) se incluyeron informes y/o estudios técnicos especializados con base científica sólida; *f*) se incluyó ‘literatura gris’ siempre y cuando presentara un fundamento teórico sólido, riguroso y formal; *g*) se excluyeron artículos sin diseño de investigación y sin una pregunta de investigación bien definida; *h*) se excluyeron revisiones terciarias; *i*) se excluyeron notas de prensa y de opinión.

Entonces, un extenso y detallado estudio bibliométrico reciente (Long *et al.*, 2023) identificó que las publicaciones científicas relacionadas con la movilidad aérea urbana (alrededor de 200), en los últimos seis años (2017-2022), se centran, mayoritariamente, en los siguientes aspectos: *a*) cálculos/proyecciones de demanda, *b*) factores que podrán afectar la demanda del servicio UAM, *c*) aceptación/aprobación por parte de la sociedad al servicio UAM, *d*) localización de los vertipuertos y estructura o configuración de la red UAM, *e*) aspectos operacionales y gestión del espacio aéreo y *f*) análisis del ciclo de vida del servicio UAM. El estudio identifica muy pocas investigaciones académicas sobre aspectos regulatorios de la UAM (los cuales se centran únicamente en la construcción y operación de vertipuertos). Aunque sí se puede encontrar mucha literatura gris de este concepto, principalmente de la industria, de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, y de organizaciones internacionales de la aviación, prácticamente no existen trabajos sobre políticas públicas. Otros estudios bibliométricos (también exclusivamente de publicaciones científicas) presentan resultados similares (Brunelli *et al.*, 2023; Schweiger y Preis 2022; Garrow *et al.*, 2021). Por último, una búsqueda realizada para la presente investigación¹ identificó las mismas temáticas de investigación antes citadas (Straubinger *et al.*, 2020; Cohen *et al.*, 2021; Al Haddad *et al.*, 2020; Fu *et al.*, 2019; Lee *et al.*, 2023; Mavraj *et al.*, 2022; Tojal *et al.*, 2021; Cinar y Tuncal, 2023; Rajendran y Srinivas, 2020; Rautray *et al.*, 2022; Biehle, 2022; Kalakou *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2023; Gillis *et al.*, 2021). Por ello, esta investigación tiene el objetivo de cubrir ese vacío en la literatura científica, en el concepto de políticas públicas, en el próximo-emergente sistema-mercado de la movilidad aérea urbana.

¹ La búsqueda se realizó en los siguientes catálogos digitales: ScienceDirect, IEEE Xplore, Taylor & Francis, Springer, Wiley, SAGE y JSTOR.

MARCO CONCEPTUAL

Definición

Movilidad aérea urbana se refiere a un emergente sistema de transporte aéreo que utilizará vehículos aéreos (tripulados y no tripulados) de despegue y aterrizaje vertical, seguros, eficientes y sostenibles, para el transporte de pasajeros o mercancías en trayectos urbanos e interurbanos (EASA, 2022a; FAA, 2023; NASA, 2018). La UAM se enfoca en el transporte de corta y media distancia, en el rango aproximado (previsto) de 3 a 35 kilómetros para vehículos con una capacidad máxima de dos pasajeros, y de hasta 300 kilómetros con una capacidad máxima de seis pasajeros, conectando destinos dentro de grandes áreas urbanas o entre destinos interurbanos (e incluso regionales) (Anand *et al.*, 2021). Los vehículos aéreos que prestarían servicios UAM volarían en espacios aéreos de baja altitud (100-1000 metros) (Polaczyk *et al.*, 2019). Seguridad (física y operacional), comodidad, protección del medio ambiente, practicidad logística y ahorro de tiempo (en desplazamiento) se prevé que serán las principales características de la UAM (Fu *et al.*, 2019).

Elementos tecnológicos y de infraestructura de la movilidad aérea urbana

La UAM, como nuevo modo de transporte, implica el uso de muchas tecnologías, algunas de las cuales ya se aplican en el sector de la aviación. Sin embargo, las tecnologías existentes necesitan modificaciones y adaptaciones para satisfacer la futura demanda de los servicios UAM. Casi todas las investigaciones relacionadas afirman que, además de la propia tecnología de los vehículos aéreos (sobre todo sus sistemas de propulsión), las comunicaciones (aeronáuticas), las TIC, la gestión del tráfico aéreo, la automatización y la seguridad operacional son los factores clave para la correcta implementación de la UAM (Pons-Prats *et al.*, 2022). A continuación, se describe y detalla cada una de las tecnologías (básicas) necesarias de la UAM.

Vehículo aéreo VTOL

Los vehículos aéreos de despegue y aterrizaje vertical (más conocidos por sus siglas en inglés, VTOL, *Vertical Take-Off and Landing*) serán los que presten los servicios UAM (Boeing, 2018; Airbus, 2018). Aunque los servicios UAM se prevén apenas a mediano plazo (6-8 años), la industria aeronáutica ya viene trabajando desde hace años en el desarrollo de vehículos aéreos para servicios UAM, tipo VTOL o eVTOL (eléctricos de despegue y aterrizaje vertical). Actualmente existen más de

50 prototipos (la mayoría de propulsión eléctrica) en fase de desarrollo o pruebas, con capacidades de entre uno y seis pasajeros, con tiempos de vuelo de entre 25 y 350 minutos, rangos de alcance de entre 25 y 300 kilómetros y, finalmente, con velocidades de crucero de entre 60 y 500 km/hora (el tiempo máximo de vuelo y, por lo tanto, su alcance o cobertura depende principalmente de la capacidad de la batería) (Polaczyk *et al.*, 2019). Como se aprecia en las cifras, algunos desarrollos son muy ambiciosos (en lo que alcance y velocidades se refiere) y puede que dichos vehículos inicien operaciones en fases avanzadas del servicio UAM, por lo que en las fases iniciales del servicio serán sólo los vehículos de alcance corto o medio (y bajas velocidades) los que inicien operaciones (Brelje y Martins, 2019, Pons-Prats *et al.*, 2022).

Sistema de propulsión de los vehículos aéreos

El sistema de propulsión de los vehículos aéreos que prestarán servicios UAM es una de las claves de este nuevo modo de transporte, no sólo por los requisitos de soporte operativo, de infraestructura y costos, sino —sobre todo— por su bajo o nulo impacto en el medio ambiente. Los diseños y desarrollos en curso más relevantes de arquitecturas de propulsión de vehículos aéreos para UAM incluyen: propulsión eléctrica (Kim *et al.*, 2018; Hendricks *et al.*, 2019); propulsión eléctrica distribuida (múltiples motores ubicados en la aeronave para proporcionar energía al rotor o ventilador) (Shamiyeh *et al.*, 2018), y propulsión híbrida (batería y motor de combustión interna para proporcionar energía) (Fredericks *et al.*, 2018).

Comunicaciones y navegación

La necesidad de coordinar y compartir datos de múltiples tipos, y a muy alta velocidad, combinada con un gran número de usuarios del espacio aéreo, requiere una enorme banda ancha. Los estudios afirman que la tecnología 5G (y su adaptación para uso aeronáutico) es una de las soluciones (Ma y Zhang, 2016; Li *et al.*, 2019a, 2019b). Otras investigaciones afirman que la comunicación de red tridimensional integrada en la (próxima) tecnología 6G (actualmente en desarrollo y prevista para entrar en operaciones hacia finales de la presente década) será la plataforma tecnológica de comunicaciones de los servicios UAM (Wang *et al.*, 2023). En definitiva, las comunicaciones (aeronáuticas) en la era UAM requerirán una alta precisión, alta confiabilidad y alto rendimiento antiinterferencia, lo que exigirá un desarrollo diverso del sistema de navegación para garantizar la seguridad operacional (Pons-Prats *et al.*, 2022).

Gestión del espacio aéreo

El previsible aumento progresivo del número de vehículos aéreos que prestarán servicios UAM demandará el diseño y la implementación de un modelo de gestión del espacio y tráfico aéreos (Thipphavong, 2018; MITRE, 2018). Las investigaciones sobre la gestión del espacio aéreo UAM incluyen la programación de despegues y llegadas de vehículos aéreos, la integración sin fisuras con las operaciones tradicionales, gestión de trayectoria continua, gestión de redes UAM, gestión del tráfico del espacio aéreo e integración con enfoques tradicionales, etc. (Bosson y Lauderdale, 2018; Cotton y Wing, 2018). Dos iniciativas en Estados Unidos y Europa financiadas por la NASA y la Comisión Europea lideran la investigación sobre la implementación de la UAM. La más avanzada es la de Estados Unidos, denominada misión *Advanced Air Mobility* (AAM) (NASA, 2021). Uno de los principales pilares de la AAM es la automatización, que afecta directamente a la gestión del tráfico aéreo. Por otro lado, en Europa, el proyecto Corus (EC, 2019) también es relevante a efectos de gestión del tráfico aéreo, ya que el proyecto se ocupa de la integración de dispositivos autónomos en el espacio aéreo de baja altitud. En definitiva, las herramientas y los sistemas de gestión del espacio aéreo, actualmente aplicados a la aviación civil, no serán aplicables al futuro tráfico aéreo UAM. Por lo tanto, todas las autoridades aeronáuticas nacionales deberán trabajar en el diseño y estandarización de nuevas herramientas, sistemas y lineamientos de gestión del espacio aéreo (Wang *et al.*, 2023, Pons-Prats *et al.*, 2022).

Infraestructura de soporte

El establecimiento de una infraestructura operativa es un requisito previo esencial para el éxito del desarrollo de los servicios UAM. Las principales infraestructuras físicas (terrestres) de soporte a las operaciones UAM serán los denominados vertipuertos y vertistops (vertipuertos de tamaño reducido y con menos prestaciones que estos), que ocuparán un espacio relativamente pequeño, ya que no serán necesarias pistas u otras grandes instalaciones habituales en los aeropuertos actuales, incluso también serán mucho menores que las grandes estaciones terminales de tren o autobuses de larga distancia (Birrell *et al.*, 2022; Lim y Hwang, 2019; Preis, 2021; Schweiger y Preis, 2022; Ahn y Hwang, 2022; Uber Elevate, 2016).

Aspectos regulatorios y normativos

Como cualquier otra tecnología disruptiva, la UAM plantea una nueva preocupación en términos de seguridad y privacidad. Esto exigirá cambios significativos

en el marco normativo existente, que abarca desde la aeronavegabilidad y la certificación de operadores hasta las normas de diseño, construcción y operación de la infraestructura de soporte (Straubinger *et al.*, 2020).

Las aeronaves VTOL y la infraestructura terrestre asociada comparten algunas similitudes con la tecnología aeronáutica y las soluciones terrestres actuales, en particular los helicópteros y los helipuertos, lo que implica que gran parte de los reglamentos y normas existentes pueden aplicarse a la infraestructura vertipuerto/vertistop. Aun así, las características distintivas de las aeronaves VTOL —desde los medios de propulsión y el grado de autonomía previsto— requieren el establecimiento urgente de directrices y certificaciones más estrictas. El objetivo de estas acciones es facilitar el desarrollo del marco normativo que permita la operación segura de aeronaves VTOL (por ejemplo, como taxi aéreo) (Pons-Prats *et al.*, 2022).

En lo que se refiere a las regulaciones en materia de diseño y construcción de infraestructuras de soporte a la UAM, la Agencia Europea de Seguridad Aérea publicó, por primera vez a nivel mundial (en marzo de 2022), las primeras especificaciones técnicas detalladas (en formato guía) para el diseño y la construcción de vertipuertos (EASA, 2022a). Estas especificaciones de prototipo describen en detalle las características físicas de un vertipuerto, el entorno de obstáculos requerido, ayudas visuales, luces y marcas, así como conceptos para vertipuertos alternativos en ruta para un vuelo y aterrizaje seguros y continuos. Considerando que muchos vertipuertos se construirán dentro de un entorno urbano, la guía de EASA ofrece soluciones nuevas e innovadoras específicamente para entornos urbanos congestionados. Y, por otro lado, la Administración Federal de Aviación (FAA) de Estados Unidos publicó, en septiembre de 2022, un memorando que proporciona una guía provisional para el diseño y la construcción de vertipuertos² (FAA, 2022).

Además de la certificación de aeronaves y de las infraestructuras terrestres de soporte (vertipuertos), existen otros aspectos que aún deben regularse de acuerdo con las reglamentaciones pertinentes. Estos conceptos son, por lo general, competencia de las autoridades nacionales, aunque no se están considerando de manera intensiva (Straubinger *et al.*, 2020; Straubinger, 2019; Takacs y Haidegger, 2022; Cohen *et al.*, 2021; Cokorilo, 2020), por ejemplo:

² Se resalta que es una guía provisional, ya que estará sujeta a actualizaciones a medida que se avance en el desarrollo de aeronaves y operaciones VTOL en el futuro.

1. Licencias, formación y certificación de la tripulación de vuelo.
2. Regulación del mantenimiento de la operación UAM y el personal relacionado.
3. Regulación y certificación de las organizaciones explotadoras (muy probablemente sobre la base de los reglamentos para los operadores de transporte aéreo comercial de hoy).
4. Regulación del espacio aéreo y del tráfico aéreo, sobre todo el de baja altitud (donde se prevé que actúen los servicios UAM).
5. Regulación sobre “servidumbres aeronáuticas”; es decir, sobre la gestión de obstáculos (físicos o naturales) existentes y futuros, en las zonas de actuación UAM previstas, para garantizar la operación segura de los vehículos aéreos que presten servicio UAM.
6. Regulación de la seguridad para los pasajeros y el personal.

Finalmente, hay que mencionar que varios países están avanzando en la legislación de la UAM, destacando los esfuerzos realizados para abordar los desafíos legales y regulatorios asociados con esta innovadora forma de transporte (Calde, 2024). En esta línea, cabe mencionar que la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) es la primera autoridad regulatoria a nivel mundial en publicar un reglamento para la operación de taxis aéreos en el entorno urbano (EASA, 2022b). Algunos países ya están desarrollando políticas regulatorias (a partir de las regulaciones existentes, incluidas las regulaciones para helicópteros y aeronaves de ala fija) que, inicialmente, se están centrado en conceptos clave de la UAM como: vehículos aéreos y aeronavegabilidad, gestión del espacio aéreo, requisitos operativos, licencias de pilotos y técnicos, y diseño, construcción y operación de la infraestructura de soporte UAM (Deloitte, 2021; Morgan Stanley Research, 2021).

Regulación del mercado UAM

La UAM es un concepto de movilidad que operará, principalmente, bajo demanda. Se espera que los vehículos de despegue y aterrizaje vertical de próxima generación funcionen de forma autónoma y necesiten una infraestructura dedicada para el despegue y el aterrizaje. Por lo tanto, se asume como escenario base para la introducción de la UAM una plataforma en la que se pueda reservar un viaje aéreo, desde y hacia vertipuertos específicos. Diferentes externalidades, que van desde el ruido y la contaminación visual hasta la congestión del espacio aéreo urbano, acompañan al nuevo sistema de transporte. Incluso, la principal ventaja —el aumento en la velocidad de viaje (y con ello la considerable reducción del tiempo del desplazamiento)— puede cambiar sustancialmente la elección de

ubicación de las empresas y los hogares, lo que podría conducir a la expansión urbana que provoque nuevos desafíos para las ciudades (Obregón-Biosca y Bueno-Ortiz, 2016). Por lo tanto, cuando se discute la introducción de la UAM en las ciudades, es esencial tener en cuenta que una o varias autoridades reguladoras deben involucrarse (Uber Elevate, 2016; Antcliff *et al.*, 2016; Vascik y Hansman, 2017; Eißfeldt, 2020).

El servicio UAM generará diversos costes externos, muy similares a los que provoca el tráfico rodado, aunque se operen eléctricamente. Además de eso, el impacto de su visibilidad en el cielo será probablemente más perturbador que el tráfico vial existente. Además de las diferentes externalidades, la necesidad de una infraestructura dedicada conduce a un uso masivo de suelo. Dependiendo del modelo de negocio, la inversión en infraestructura requerida podría presuponer un monopolio natural (Straubinger *et al.*, 2021).

Lo anterior indica que es muy probable que la UAM enfrente fuertes intervenciones regulatorias.

Servicios UAM previstos

A diferencia de los servicios de transporte terrestres, la movilidad aérea urbana actuará bajo el concepto de demanda. Este tipo de servicio es de especial importancia para los desplazamientos de corta y media distancia, debido a la reducción del tiempo de viaje dentro de las regiones urbanas y entre ellas. Por ejemplo, los futuros taxis aéreos pueden evitar la congestión de las autopistas y avenidas, lo que lleva a tiempos de viaje más cortos, compitiendo con los modos terrestres para viajes más largos. Por otro lado, se estima que el taxi aéreo podrá dar soporte al servicio denominado “primera y última milla”, conectado, por ejemplo, el aeropuerto local con algún punto de la ciudad o viceversa, lo mismo que con otros grandes intercambiadores modales de transporte (por ejemplo, estaciones de trenes de larga distancia). De acuerdo con ciertos estudios, este servicio innovador tiene potencial para superar los problemas de movilidad urbana, sobre todo los relacionados con la congestión, los elevados costos de las infraestructuras y la menor flexibilidad de los modos terrestres (Uber Elevate, 2016). Además, se trata de opciones más seguras, fiables y respetuosas con el medio ambiente que los modos de transporte terrestre actuales (Airbus, 2017).

Según las estimaciones, la UAM no podrá existir por sí sola sin algún tipo de integración con otros modos de transporte, por lo que se prevé que su integración con el transporte público (terrestre) será crucial (Straubinger *et al.*, 2020; Garrow *et al.*, 2021).

El concepto de “movilidad como servicio” es una de las direcciones más prometedoras de la futura transformación de la movilidad hacia el desarrollo de servicios orientados al usuario (KPMG, 2019). Este es un enfoque de movilidad emergente que combina diferentes opciones de transporte a través de una única plataforma digital. La anidación de los servicios UAM dentro del concepto de movilidad como servicio puede servir para desplazamientos interurbanos e intraurbanos fluidos y eficientes (Arias y García, 2020; Rajendran y Srinivas, 2020).

Principales actores del mercado UAM

El mercado UAM constará de diferentes actores o participantes. A continuación, se mencionan los más probables y se brinda información sobre el posible poder de mercado de cada actor y la posible colaboración e integración vertical entre los diferentes niveles del mercado (Nneji *et al.*, 2017; Straubinger *et al.*, 2020; Cohen *et al.*, 2021; Smirnov *et al.*, 2023; Pons-Prats *et al.*, 2022; Bulanowski *et al.*, 2022; MITRE, 2018).

Proveedor de la plataforma: el proveedor de la plataforma interactúa directamente con el cliente final (el pasajero) y ofrece (vende) el servicio UAM al cliente. El proveedor de la plataforma puede ser una empresa que organiza servicios de diferentes proveedores de servicios y luego los vende, o puede ser una empresa que sólo ofrece una plataforma digital para ofertas de servicios de uno o varios proveedores de servicios. Debido a los efectos de la red, un número menor de proveedores de plataformas parece ser más eficiente, pero podría dar lugar a un fuerte poder de mercado de uno o unos pocos jugadores, lo que nuevamente podría generar ineficiencias.

Prestador del servicio: el prestador del servicio es la empresa que presta el servicio de transporte de la UAM. Esto se hace mediante la programación de viajes, la gestión de la flota de vehículos aéreos (incluida la carga/repostaje, la programación del mantenimiento, la reparación y la revisión —MRO, por sus siglas en inglés—, y la limpieza). Dependiendo del modelo de negocio, esta empresa puede interactuar directamente con el cliente final u ofrecer su servicio de transporte a través de una plataforma externa. En los casos de contacto directo con el cliente, el proveedor de servicios también puede operar la plataforma, ya sea abarcando las ofertas de otros proveedores de servicios o sólo sus propios servicios de transporte.

Propietario del vehículo aéreo: la empresa propietaria de los vehículos aéreos puede ser la empresa que también proporciona el servicio UAM o una empresa de arrendamiento independiente cuyo único negocio es arrendar vehículos aéreos a

operadores de servicios. Esto podría suceder a través de un contrato de arrendamiento a largo plazo o mediante contratos a corto plazo y flexibles.

Fabricante de vehículos aéreos: actualmente, el número de empresas que desarrollan vehículos aéreos para servicio UAM es bastante grande en comparación con, por ejemplo, el número de fabricantes de automóviles, de trenes o de aviones. Se espera que esto disminuya con el tiempo para converger hacia un oligopolio.

Empresa de mantenimiento, reparación y revisión (MRO): la prestación del servicio MRO puede ser ofrecida por empresas independientes, por el fabricante del vehículo aéreo, por el propietario del vehículo o por el proveedor del servicio. Dado que el transporte aéreo requiere altos estándares de seguridad y protección, la empresa MRO enfrentará altos criterios de certificación y debe garantizar altos niveles de calidad.

Compañía de seguros: otro sector relevante en el ámbito de la UAM es el de los seguros. Según el nivel de autonomía, la responsabilidad por la avería de la aeronave recaerá sobre el proveedor del servicio, el propietario del vehículo o el fabricante del vehículo. Sin embargo, los seguros no sólo son necesarios en caso de falla de la aeronave, sino también pueden ser necesarios para cubrir las pérdidas de los vehículos que quedan en tierra debido al clima o las pérdidas que surgen del comportamiento inadecuado de los pasajeros.

Proveedor de infraestructura terrestre de soporte: la provisión y operación de infraestructura terrestre (vertipuertos/vertistops) es esencial para la introducción exitosa de la UAM. La infraestructura terrestre puede ser suministrada por empresas públicas, asociaciones público-privadas o empresas privadas. Debido a los altos costos de inversión, podría surgir un monopolio natural. Para otros modos de transporte, este problema a menudo se resuelve poniendo la infraestructura bajo la responsabilidad de un organismo público o regulando estrictamente al proveedor de la infraestructura.

Proveedor de infraestructura de comunicaciones: la infraestructura de comunicaciones es un requisito previo necesario para la UAM, en especial cuando se esperan altos niveles de autonomía. Se estima que el mercado esté dominado por uno o unos pocos proveedores debido a los altos costos fijos. Es probable que los jugadores sean los proveedores de telecomunicaciones actuales.

Proveedor de la gestión del tráfico aéreo de la UAM: la discusión sobre la provisión de este servicio está todavía en sus comienzos; se espera que un organismo, público o privado (pero bajo concesión y control público), supervise y gestione el uso del espacio y tráfico aéreo urbano relacionado con la UAM.

Reguladores públicos/desarrolladores de políticas: la UAM es un emergente sistema de transporte urbano que requiere un enfoque de gestión (público) holístico, ya que el mismo debe integrarse no sólo al sistema de transporte urbano existente, sino también a la infraestructura urbana y la habitabilidad general de la ciudad. La decisión de introducir servicios UAM en un área urbana o regional conlleva toma de decisiones estratégicas que implican o afectan a varios estamentos del sector público, tanto a nivel local y municipal como nacional, por lo que los servicios de la UAM deberán estar impulsados y soportados por regulaciones y políticas sólidas y marcos de implementación rigurosos para garantizar el éxito de su implementación y desarrollo.

Las comunidades (donde se incluye a los usuarios potenciales de la UAM): varios estudios afirman la importancia de la participación ciudadana en el desarrollo y gestión de políticas públicas (Díaz Aldret, 2017) y en particular en las políticas de transportes (Muñoz y Anguita, 2019); por lo tanto, ante este emergente modo de transporte, las instituciones públicas locales deberán poner a los ciudadanos en el centro del desarrollo de la movilidad, así como asignar recursos y definir un plan para involucrar a los ciudadanos en cada etapa de implementación y desarrollo de la UAM. Según varios estudios, la aceptación ciudadana es el aspecto más importante que hay que tener en cuenta para la exitosa implementación de la UAM (EASA, 2021). Con este fin, los servicios de la UAM para el bien público pueden fomentar la aceptación y la resiliencia de la sociedad. Será beneficioso en una ciudad que sus instituciones, la academia y actores empresariales organicen talleres específicos y sesiones interactivas con la comunidad.

LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA PARA LA MOVILIDAD AÉREA URBANA

Conceptualización y enfoque

El objetivo de esta investigación es proporcionar recomendaciones sobre lineamientos de política pública para la movilidad aérea urbana, con el fin de que dicho mercado o servicio nazca y evolucione de forma exitosa. Estas recomendaciones de política también deberían servir como línea de base para permitir e incentivar un esfuerzo colaborativo orientado a dar respuesta a cuestiones fundamentales sobre la UAM (Tolley y Turton, 2013). El sistema UAM será de un espectro muy amplio, en el sentido de que incluirá organizaciones comunitarias, autoridades estatales y locales, agencias públicas especializadas, sector industrial, decisores públicos, la academia, consultores, inversionistas, etc. Los lineamientos de políticas públicas aquí presentados y analizados tienen un carácter o enfoque global/general, no distinguen países o regiones; seguramente, entre los diferentes

países del mundo, habrá distintas velocidades en el desarrollo y puesta en ejecución de políticas relacionadas, todo ello en función de la dinámica de implementación y evolución de la UAM en sus ciudades y regiones.

Aunque la UAM aún está en el horizonte (se prevé que el servicio entre en operación en algunas grandes ciudades a principios de la siguiente década [EASA, 2021; Uber Elevate, 2016; MITRE, 2018]), se deben realizar muchas acciones, previsiblemente en fases o etapas, para que las ciudades y regiones estén preparadas para cuando inicie el servicio. Algunas investigaciones concluyen que una falta de enfoque suficiente tanto en las políticas para apoyar su crecimiento futuro como en los esfuerzos de planificación integral para determinar cómo y dónde la UAM puede encajar en la planificación de la movilidad futura de la ciudad y la región puede conducir a la paralización del inicio del servicio (Minea, 2023; Perperidou y Kirgiafinis, 2022). Por lo tanto, es fundamental la formulación de políticas públicas, para que sirvan como guía para preparar el escenario para este nuevo modo de transporte urbano (Pearman *et al.*, 2003; Howlett, 2019).

Las investigaciones sobre movilidad aérea urbana identifican, al menos, cinco áreas conceptuales en las que será necesario el desarrollo de una batería de políticas públicas que garanticen no sólo su viabilidad, sino también su correcta integración tanto con la planificación y el desarrollo urbanos como con los otros modos de transporte de la ciudad y, por supuesto, contemplando el impacto ambiental generado (Garrow *et al.*, 2021; Pons-Prats *et al.*, 2022; Al Haddad *et al.*, 2020; Cohen *et al.*, 2021; Thippavong, 2018; Straubinger *et al.*, 2020). Estas áreas conceptuales serían: 1) desarrollo y puesta en operación de los vehículos aéreos que prestarán el servicio UAM, 2) desarrollo escalable de la infraestructura soporte de la UAM, 3) gestión del tráfico aéreo de las operaciones UAM, 4) implementación de la seguridad (física y operacional) del servicio UAM y 5) integración urbana/regional de la UAM. En las siguientes subsecciones, se presentan los lineamientos de política pública para cada una de estas áreas conceptuales de la UAM, antes de presentar el contexto (legal, social, económico y tecnológico) para la implementación de dichas políticas.

Contexto en la implementación de políticas para la UAM

Desde el punto de vista jurídico-legal-regulatorio, los lineamientos de política para la UAM, que en su fundamento es un modo aéreo de transporte, pueden basarse en dos grandes pilares de referencia: en primer lugar, sobre el de transporte aéreo internacional, cuyo contexto legal y regulatorio presenta una madurez

importante, con un largo desarrollo que presenta un histórico de ocho décadas, prácticamente desde la Convención de Chicago de 1944 (OACI, 1980; Kearns, 2021; Scott y Trimarchi, 2020); y, en segundo lugar, en muchos países ya hay un desarrollo bastante avanzado en aspectos legales y regulatorios sobre las actividades civiles y comerciales de drones³ (Zoldi, 2021; Ravich, 2019; Tsiamis *et al.*, 2019; EASA, 2024), lo cual constituye una base referencial importante para la formulación de políticas para los futuros servicios UAM, que también incluyen los drones, además las aeronaves tripuladas (para servicios de taxi aéreo, ambulancia aérea, etc.) (Ravich, 2020; Ravich *et al.*, 2023).

En cuanto al contexto social, las referencias para la aplicación de políticas para la UAM (tecnología de transporte aún emergente) hay que buscarlas en las políticas ya existentes para otros modos de transporte, en especial, el aéreo. Las políticas para la UAM deberán contemplar —y gestionar— la aceptación social, cuyas preocupaciones, según estudios de opinión y encuestas, radican, principalmente, en la contaminación acústica (debido al ruido que generarían los vehículos aéreos VTOL y drones), la accesibilidad y asequibilidad (económica) de los servicios UAM, y finalmente la privacidad (EASA, 2021; Lee *et al.*, 2023). Asimismo, los estudios encuentran que las comunidades reconocen el potencial de la UAM en lo que se refiere al ahorro de tiempo en los desplazamientos, la mitigación de la congestión del tráfico terrestre, y la baja o nula emisión de los vehículos aéreos que prestarán servicios UAM (Kalakou *et al.*, 2023; Kim *et al.*, 2022).

En el contexto económico, las políticas a desarrollar para la UAM tienen como marco referencial las políticas de transportes ya existentes. Los nuevos modelos de negocio UAM previstos tendrán mucha similitud con modelos de negocio de transporte público actualmente operativos en todo el mundo. Las futuras políticas para la UAM sólo necesitarán una adaptación de las políticas de transporte público a las particularidades de este nuevo modo de transporte urbano, previo al desarrollo de un marco jurídico *ad hoc* (Cohen *et al.*, 2021; Kreimeier *et al.*, 2018; Straubinger *et al.*, 2021). En otro orden, hay que mencionar que tanto la academia como la industria vienen aportando desde algunos años estudios de pronósticos para estimar el comportamiento futuro de la demanda de los servicios UAM (Anand *et al.*, 2021; Long *et al.*, 2023). Se espera con ello orientar, por un lado, a los operadores/prestadores de servicios UAM en el desarrollo de modelos de negocio y la elaboración de estrategias comerciales y, por otro, a los agentes

³ Pequeños vehículos aéreos pilotados de forma remota.

públicos en el desarrollo de políticas públicas relacionadas (Straubinger *et al.*, 2020; Straubinger y Fu, 2019).

Finalmente, en el contexto tecnológico, hay que mencionar que la industria muestra avances relevantes en el diseño y la construcción de aeronaves eVTOL que prestarán servicios UAM; muchos de estos prototipos ya se encuentran en fase de certificación (sólo en aquellos países que cuentan con normas ya definidas para ello) o incluso ya certificados (Ugwueze *et al.*, 2023; Doo *et al.*, 2024). Ahora bien, para la entrada en operación de estas aeronaves será necesario contar con indispensables y estrictas normas regulatorias. En esta línea, los países cuentan con una base referencial importante, la regulación de la aviación civil, donde uno de los aspectos más importantes en el desarrollo de la UAM será la “seguridad operacional”. La seguridad de la aviación civil, a nivel mundial, está respaldada por un entorno normativo riguroso, sólido y estricto que rige todo lo relacionado con las aeronaves y la aeronavegabilidad, operaciones (incluidos los requisitos de la tripulación) y acceso al espacio aéreo (ICAO, 2023). Las autoridades nacionales de aviación civil cuentan con una serie de herramientas, como certificación, aprobaciones operativas, acceso al espacio aéreo y otras, para promover la seguridad (operacional) (EASA, 2023). Algunas áreas clave incluyen la emisión y aplicación de regulaciones, notificaciones, orientación, medios de cumplimiento y estándares mínimos para: *a)* regir la fabricación, operación y mantenimiento de aeronaves; *b)* certificar pilotos, tripulaciones aéreas, mantenimiento y otro personal; *c)* certificar instalaciones de aviación, y *d)* operar una red de instalaciones de navegación aérea, espacio aéreo y gestión del tránsito aéreo, incluido el desarrollo de reglas de tránsito aéreo y la asignación del uso del espacio aéreo.

Este amplio alcance regulatorio proporciona una importante base o referencia que las autoridades/gestores públicos pueden utilizar para el diseño e implementación de políticas públicas a fin de promover la seguridad de todas las partes interesadas para el sistema UAM. Por último, es probable que se deban generar y gestionar exenciones, cambios de políticas y/o regulaciones adicionales para la certificación y el uso autorizado de muchas de las operaciones y tecnologías UAM. Debido a la naturaleza multidisciplinaria de la UAM, otras agencias reguladoras deberán tener funciones formales, informales y cuasi regulatorias, como las agencias de telecomunicaciones (o similar), que regulan el espectro radioeléctrico; las agencias de protección ambiental, que regulan las emisiones a la atmósfera; las agencias de seguridad y salud ocupacional (o similar), que regulan la seguridad laboral, y otras agencias estatales, como las que gestionan el transporte y los servicios públicos (NASA, 2018).

Desarrollo y puesta en operación de los vehículos aéreos del servicio UAM

En los países más industrializados, funcionarios de agencias públicas especializadas y expertos de la industria están trabajando para abordar la certificación, los estándares de energía, las comunicaciones, la navegación, la respuesta a emergencias y la automatización para los vehículos aéreos que prestarán servicios UAM. Sin embargo, queda mucho trabajo por hacer, sobre todo respecto a las pruebas en entornos representativos, la certificación y los requisitos operativos (ASSURE, 2022). Hoy en día, el esfuerzo por desarrollar vehículos UAM seguros, fiables y sostenibles está impulsado principalmente por la industria. Sin embargo, es vital que las partes interesadas del sistema, como las autoridades de aviación, los encargados de formular políticas y las organizaciones de desarrollo de estándares, también trabajen para apoyar ese esfuerzo.

La tecnología y la política están estrechamente interrelacionadas, y esto es particularmente cierto cuando se trata del desarrollo de vehículos aéreos para el servicio UAM. De hecho, muchos de los mayores desafíos en este campo no pueden resolverse sólo con soluciones técnicas o regulatorias; deben abordarse a través de esfuerzos más amplios de desarrollo de políticas. Los fabricantes deben continuar con los esfuerzos para desarrollar procesos de certificación de tipo y criterios de rendimiento para los nuevos diseños de vehículos UAM (Graydon *et al.*, 2020). A medida que se aceleren los esfuerzos para hacer realidad la UAM, los fabricantes necesitarán exenciones para probar sistemas de vehículos altamente automatizados en entornos de prueba representativos y estándares comunes para los sistemas de carga, energía, comunicaciones, navegación y vigilancia de vehículos (Takacs y Haidegger, 2022). La política será un facilitador clave del avance tecnológico en estas áreas, por lo que es vital que las partes interesadas de la UAM trabajen para abordar estos desafíos a través del desarrollo de políticas proactivas cuando sea apropiado. A continuación, se describen las líneas de acción y las políticas recomendadas.

Línea de acción política: establecer un marco de políticas integral para permitir pruebas seguras de vehículos UAM. Los vehículos UAM deberán someterse a pruebas exhaustivas antes de que comiencen las operaciones de prueba. Esto requerirá que los formuladores de políticas, las partes interesadas de la industria, las agencias de investigación y las instituciones académicas colaboren en el establecimiento de un marco de política general para esas pruebas, que cubra todo, desde los criterios de evaluación hasta el proceso de solicitud de exención. Recomendaciones de políticas:

- Establecer un marco común para evaluar y probar sistemas de vehículos altamente automatizados.
- Generar un marco que permita evaluar la confiabilidad, la capacidad de respuesta, la resiliencia y la inteligibilidad de la toma de decisiones de la máquina para comprender mejor la lógica detrás de esto.
- Crear una ruta regulatoria para las exenciones utilizando métricas basadas en el desempeño.

Desarrollo escalable de la infraestructura soporte de la UAM

En esta área conceptual se mencionan las políticas que deberían desarrollarse durante los próximos años para permitir el diseño de una infraestructura UAM accesible y eficiente para la ciudad. La UAM formará parte de una red de transporte multimodal más amplia que incluye aire, tierra y agua, por lo que sus necesidades de infraestructura no pueden considerarse de forma aislada. Las partes interesadas deben examinar la infraestructura de transporte existente, así como los planes de desarrollo futuros, y buscar oportunidades para incorporar la UAM (Feldhoff y Soares, 2021).

La infraestructura terrestre de soporte de la UAM debe compartirse entre varios proveedores de movilidad, debe incorporar principios de sostenibilidad y debe mejorar los sistemas de transporte existentes (Brunelli *et al.*, 2023). Por otro lado, se deben desarrollar mecanismos de política para integrar la UAM en la infraestructura urbana existente. La infraestructura tendrá un papel importante en la operación y gobernanza de la UAM, por lo que la política debe guiar su implementación (Straubinger y Rothfeld, 2018).

Las necesidades de infraestructura de la UAM abarcarán tres categorías principales: física, digital y energética. Al abordar el diseño de la infraestructura, las partes interesadas deben pasar los próximos años tratando de determinar los requisitos básicos y las mejores prácticas en estas áreas (Otte *et al.*, 2018). Además, los actores del sistema deben considerar el impacto potencial de cualquier infraestructura UAM en las comunidades locales, trabajando para garantizar que sea funcional y beneficiosa para esas comunidades.

Una vez que se hayan establecido los objetivos de alto nivel para la infraestructura de la UAM y se hayan establecido los requisitos adecuados y las soluciones de políticas, las partes interesadas deben proceder a la tarea de coordinar la implementación práctica. La infraestructura de la UAM inevitablemente traerá consigo numerosos obstáculos prácticos y logísticos; las partes interesadas pueden comenzar a trabajar desde ya para establecer procesos útiles y abordar problemas clave.

Las principales prioridades en la implementación de la UAM van desde los procesos de evaluación de propuestas y las soluciones de energía renovable hasta el cumplimiento de la seguridad operativa y la privacidad de los datos (Preis, 2021).

La política también puede ayudar a definir cómo se financia y opera la infraestructura, así como garantizar que cumpla con los objetivos predeterminados de sostenibilidad y habitabilidad (Díaz Olariaga, 2023). A continuación, se describen los lineamientos de política y las políticas recomendadas.

Línea de acción política: definir la relación entre las autoridades municipales o regionales y los desarrolladores y operadores de infraestructura. Las ciudades y regiones deberían poder formar acuerdos de cooperación para guiar la financiación, el desarrollo y la operación de infraestructura crítica. Recomendaciones de políticas:

- Establecer quién financiará el desarrollo de la infraestructura de soporte UAM. Es probable que el desarrollo en etapa inicial del servicio UAM sea financiado por inversionistas privados, aunque las ciudades podrían otorgar subvenciones o ciertos beneficios fiscales. Por otro lado, las ciudades podrían desarrollar políticas y marcos de inversión atractivos para facilitar los acuerdos con terceros y fomentar la inversión privada.
- Generar políticas que fomenten la colaboración público-privada.

Línea de acción política: usar la política para garantizar que la infraestructura UAM ayude a lograr los objetivos de habitabilidad y sostenibilidad de la ciudad o región. Recomendaciones de políticas:

- Generar un marco que permita incorporar la infraestructura UAM en la planificación de infraestructura de movilidad de la ciudad.
- Garantizar que la nueva infraestructura mejore y priorice la vida de los ciudadanos mientras utiliza responsablemente los recursos disponibles.

Gestión del tráfico aéreo de las operaciones UAM

Esta área conceptual aborda la importancia de desarrollar y definir de forma cooperativa la gestión del espacio y tráfico aéreo del servicio UAM y su gobernanza (Kopardekar *et al.*, 2016). Las autoridades locales y regionales deberán desempeñar un papel relevante en el ámbito de la gobernanza del espacio aéreo para ciertas jurisdicciones donde la situación puede ser ambigua. Antes de iniciar el servicio de la UAM, el sector público debe delinear roles y responsabilidades específicas para cada agencia y cualquier otra entidad relacionada para establecer un

sistema que opere con los más altos niveles de seguridad y que permita anticipar las implicaciones financieras relevantes (Thipphavong, 2018). A continuación, se describen las líneas de acción política y las políticas recomendadas para establecer requisitos de rendimiento y permitir una colaboración fluida y operaciones seguras para todos los actores en el sistema de gestión del espacio y tráfico aéreo (Mueller *et al.*, 2017).

Línea de acción política: describir las funciones y responsabilidades de las partes interesadas locales, regionales y nacionales en la formalización y prestación de servicios de gestión del espacio aéreo. La estructura de gobernanza y de autoridad deben establecerse en una etapa temprana para cada parte interesada en la cadena de gestión del tráfico aéreo y en todas las clasificaciones del espacio aéreo. Esto garantizará que las partes interesadas estén bien posicionadas para desarrollar sistemas y servicios que alcanzarán la madurez de manera segura. Recomendaciones de políticas:

- Establecer los roles clave en el sistema de gestión del tráfico aéreo y fijar las interacciones entre las diversas partes interesadas (por ejemplo, proveedores de servicios, operadores de los vehículos aéreos, reguladores locales o nacionales).
- Establecer, y regular, quién autorizará nuevos proveedores de servicios UAM, para, por un lado, evitar monopolios o abusos de poder del proveedor (en caso de que sólo exista uno); y, por otro lado, tener en consideración que a medida que el servicio UAM se vaya expandiendo y consolidando el espacio aéreo empezará a saturarse.

Línea de acción política: explorar casos comerciales de gestión del tráfico y modelos de financiación. El diseño e implementación de modelos de financiación autosuficientes será esencial para el desarrollo de las operaciones del sistema de gestión de tráfico aéreo, así como para su mantenimiento a largo plazo. Recomendaciones de políticas:

- Desarrollar modelos de financiación (nacional, regional, local, privado, híbrido) y su aplicabilidad a la UAM.
- Adaptar, si procede, modelos de financiamiento gubernamental ya disponibles para contribuir al desarrollo de capacidades de gestión del espacio aéreo, incluido el uso del espacio aéreo como fuente potencial de ingresos públicos para ciudades y regiones.

- Desarrollar modelos de financiamiento basados en usuarios para que puedan cubrir los costos de UAM, ya sea en su totalidad o en parte.
- Establecer los marcos de supervisión necesarios para los modelos de financiación desarrollados.

Implementación de la seguridad del servicio UAM

En esta área conceptual, la de seguridad del servicio UAM, las políticas deben delinear los posibles problemas de seguridad y privacidad en los subdominios del sistema UAM, como son: vehículos aéreos, vertipuertos, centro de operaciones, gestión del tráfico aéreo, y gestión o procesamiento de los pasajeros (Graydon *et al.*, 2020). Se deberán adaptar y desarrollar nuevas políticas de seguridad para proteger las operaciones UAM contra actividades no autorizadas y no lícitas (Torens, 2021).

La seguridad tendrá un papel fundamental en la configuración del sistema UAM, con repercusiones en todo, desde la experiencia del pasajero hasta los costos operativos del sistema en su conjunto. Estos efectos deben considerarse desde el inicio del proceso de desarrollo de políticas y equilibrarse con el peso de los posibles riesgos de seguridad para garantizar que las preocupaciones de seguridad no obstaculicen la adopción de la UAM (Zeiser, 2019).

Una vez que se hayan evaluado los factores de riesgo y se hayan considerado los impactos de las políticas, las partes interesadas deberán implementar las políticas de seguridad dedicadas. Estas políticas deben incluir requisitos y estándares para la reducción general del riesgo en el servicio UAM. Una vez que se hayan promulgado las políticas, también será importante establecer un medio de cumplimiento de los estándares de seguridad de la UAM (Zeiser, 2019). Por lo tanto, a continuación, se describen las líneas de acción política y las políticas recomendadas.

Línea de acción política: desarrollar requisitos y estándares para la reducción de riesgos de UAM. Mantener estándares exigibles para la seguridad de la UAM ayudará a promover la coherencia y la adopción generalizada de prácticas de seguridad esenciales. Sin embargo, estos estándares deben revisarse periódicamente para abordar las circunstancias operativas cambiantes, como la aparición de nuevas amenazas. Recomendaciones de políticas:

- Reevaluar periódicamente las políticas de seguridad a lo largo de varios ejes para realizar un seguimiento de la evolución continua del entorno de amenazas.
- Realizar evaluaciones periódicas para garantizar que las políticas actuales sean los medios más eficientes y económicamente sostenibles para lograr los objetivos de seguridad deseados.

- Generar un marco de seguimiento de cómo las amenazas existentes y la capacidad para abordarlas cambian con el tiempo.
- Establecer medios (verificables) de cumplimiento de las normas de seguridad aplicadas al sistema UAM.

Integración urbana/regional de la UAM

Los decisores políticos, las agencias públicas (locales/regionales/nacionales), los ciudadanos y las empresas participantes del mercado o sistema UAM deberán comunicar y cooperar entre sí para que se tomen las decisiones correctas sobre cómo la UAM puede satisfacer las distintas necesidades y objetivos de sus comunidades.

Aunque las autoridades de aviación civil, a nivel nacional, son las que, por lo general, gestionan y controlan, con total autoridad y competencia, el espacio aéreo, la integración de la UAM requerirá que las partes interesadas de la ciudad y la región asuman un papel activo en la configuración de algunos aspectos del desarrollo de políticas de este nuevo modo de transporte aéreo (Díaz Olariaga, 2021). Estas partes interesadas del sistema deben trabajar juntas para integrar las operaciones de la UAM de manera estratégica y eficiente dentro del contexto de la planificación de la ciudad. También deben prestar mucha atención a los deseos y necesidades de las comunidades en las que se implementará el servicio UAM, prestando atención, por ejemplo, al ruido y la contaminación visual, al mismo tiempo que deben identificar oportunidades para que la UAM ayude a la comunidad a lograr sus objetivos (Uber Elevate, 2016).

Las necesidades de movilidad urbana y regional nunca son estáticas. Los patrones de tráfico cambian, las poblaciones se mueven, y las empresas se expanden o cambian de ubicación (Díaz Orueta *et al.*, 2021). Para implementar el sistema UAM es crucial que las agencias del gobierno, los decisores políticos, los planificadores urbanos y otras partes interesadas del sistema dediquen los próximos años cultivando una comprensión detallada y actualizada de las necesidades de movilidad local y la tecnología emergente UAM. Estos conocimientos les proporcionarán el contexto que necesitan para determinar si la implementación del sistema UAM será una solución adecuada para los desafíos de movilidad en las ciudades y regiones que gestionan/gobiernan. En algunos casos, puede ser simplemente inviable incorporar el sistema UAM en los sistemas de transporte existentes. Con procesos implementados para evaluar los desafíos de movilidad, monitorear el progreso en el desarrollo de tecnología UAM y evaluar su idoneidad como una solución de movilidad, las partes interesadas pueden comenzar temprano a integrar el sistema UAM en los esfuerzos de planificación urbana (Schweiger *et al.*, 2022).

La UAM tiene el potencial de brindar una variedad de ventajas a las comunidades que la adopten. En las circunstancias adecuadas, la UAM podría conducir a mejoras en la calidad de vida de los ciudadanos, facilitar la reducción de los impactos ambientales generales del sector del transporte e incluso podría servir como un potente generador de riqueza en las regiones. Sin embargo, para darse cuenta de estas ventajas, las partes interesadas y actores del sistema deben realizar esfuerzos activos durante los próximos años para demostrar los beneficios de la UAM a los ciudadanos, cuyo apoyo y confianza serán cruciales para que la implementación de la UAM se convierta en una realidad (Cohen *et al.*, 2020). Al mismo tiempo, esas partes interesadas también deben implementar mecanismos para recibir comentarios de los ciudadanos e incorporarlos en el proceso de planificación de la UAM, asegurando que los sistemas de la UAM del futuro reflejen plenamente los deseos y necesidades de las comunidades a las que sirven. Estos son sólo algunos de los primeros pasos en el esfuerzo por ganar la confianza del público y demostrar los beneficios que la UAM puede brindar a los ciudadanos y su comunidad (Cohen *et al.*, 2021).

Por lo anterior, se propone un conjunto de lineamientos de acción política, a los cuales, a su vez, se les asocian recomendaciones de políticas públicas con el objetivo de orientar a las autoridades regionales y locales a evaluar si la UAM es adecuada para sus comunidades y, de ser así, cómo podría convertirse en un elemento vital para mejorar la habitabilidad local y las economías regionales.

Línea de acción política: definir un modelo de gobernanza. La implementación de la UAM requiere la cooperación entre los reguladores y agencias públicas en todos los niveles, desde el nacional hasta el local, para definir y solucionar los roles y responsabilidades. Aunque las autoridades de aviación civil están acostumbradas a tratar todos los problemas del espacio aéreo, es vital para la integración de la UAM que las partes interesadas de la ciudad/región desempeñen un papel activo en la configuración de algunos aspectos del desarrollo de políticas de la UAM. Recomendaciones de políticas:

- Las autoridades nacionales de aviación civil deberían desarrollar políticas para el acceso y la utilización del espacio aéreo y los procedimientos de jurisdicción preventiva. Los responsables de la formulación de políticas de la ciudad o región y las autoridades nacionales de aviación deberían trabajar en conjunto para definir el momento, la forma y el lugar de las operaciones del servicio UAM.
- En colaboración, las autoridades locales/regionales y las de aviación civil

deberían generar un marco que les permita definir permisos para: las operaciones (despegue y aterrizaje) desde y hacia las infraestructuras de soporte UAM (los vertipuertos/vertistops), y para proveedores de gestión del tráfico aéreo UAM. Este marco debe establecer dónde, cuándo y cómo puede operar la UAM en áreas residenciales, y cubrir temas como la optimización de la estructura de la ruta, la reducción del impacto del ruido, la respuesta a emergencias y la ubicación de la infraestructura de soporte.

Línea de acción política: integrar las operaciones UAM como un componente en la planificación urbana de la ciudad. Los planificadores deben definir políticas en múltiples disciplinas para lograr una integración UAM exitosa. Recomendaciones de políticas:

- Desarrollar modelos de política de uso de suelo y zonificación para facilitar la implementación de la infraestructura de soporte y los corredores de vuelo de la UAM.
- Implementar un desarrollo urbano inteligente a través de la planificación del transporte multimodal basada en datos y una amplia agregación de datos de movilidad.
- Incluir y tener en consideración el servicio UAM (y su desarrollo futuro), en los planes de infraestructura de la ciudad/región.

Línea de acción política: abordar los problemas de contaminación acústica y visual a través de políticas. La contaminación acústica y la contaminación visual no son conceptos nuevos, aunque para la segunda (para el caso de transporte emergente UAM) aún no se ha abordado formalmente con ningún estándar. Recomendaciones de políticas:

- Desarrollo de un sistema integral de clasificación del ruido urbano.
- Usar la política de manera proactiva para reducir los niveles de ruido y la contaminación visual en colaboración con la industria y los grupos comunitarios.
- Establecer estándares de análisis e informes a incluir en los planes urbanísticos locales para el futuro desarrollo de la infraestructura UAM.
- Integrar la infraestructura UAM con la infraestructura de transporte existente, y buscar oportunidades para colocar componentes de infraestructura ruidosos donde se mezclen con el ruido de fondo preexistente.

Línea de acción política: identificar vías de política UAM viables en los marcos gubernamentales nacionales y locales existentes. Todas las partes interesadas deben asumir roles organizativos y de liderazgo activos en la evaluación de las necesidades económicas y de habitabilidad de la comunidad, y las formas en que la UAM puede apoyar los esfuerzos de la comunidad para alcanzar esos objetivos. Recomendaciones de políticas:

- Incorporar el servicio UAM al plan maestro de transporte de la ciudad o región.
- Generar una estructura organizativa clara que identifique qué partes interesadas están autorizadas a distribuir las responsabilidades del servicio UAM y qué partes interesadas asumirán las responsabilidades en diversas circunstancias (por ejemplo, quién hace y financia qué, y quién es responsable de qué).
- Estimar las limitaciones potenciales de los recursos financieros y humanos de la ciudad al establecer estructuras organizativas relacionadas con el servicio UAM.

CONCLUSIONES

Aunque se espera que la UAM inicie operaciones en un horizonte de seis a ocho años y a diferentes velocidades a nivel mundial, los decisores políticos, reguladores y planificadores, sobre todo de aquellos países que serán los primeros en utilizar este emergente servicio de transporte urbano, deben empezar desde ya a prepararse para su aparición. La presente investigación indica, a la fecha, una falta de planteamientos tanto en las políticas para apoyar su crecimiento futuro como en los esfuerzos de planificación para determinar cómo y dónde la UAM puede encajar en la movilidad de las grandes ciudades. Por ello, este trabajo sugiere lineamientos y recomendaciones de políticas públicas que se deberían considerar para preparar el escenario de inicio de este nuevo modo de transporte urbano.

Las recomendaciones de políticas aquí presentadas deberían generar un marco de desarrollo que ayude a conseguir, al menos, los siguientes objetivos: *a)* la UAM debe contribuir a que las ciudades y regiones alcancen sus objetivos tanto de movilidad como de sostenibilidad; *b)* contribuir a una óptima y eficiente integración de la infraestructura UAM en la planificación urbana de la ciudad; *c)* conseguir una eficiente y segura gestión del espacio aéreo en el que operarán las aeronaves de la UAM; *d)* proveer a la industria los más adecuados estándares para la seguridad de los vehículos aéreos que prestarán servicios UAM, y *e)* aportar a los proveedores del servicio UAM criterios, protocolos y procedimientos claros para garantizar la seguridad (operacional) del servicio UAM.

Para conseguir estos objetivos básicos, será necesario, como ya se ha descrito aquí, la participación de todos los actores del sistema UAM, además del sector público y de las comunidades.

Este nuevo servicio de transporte, que se prevé generará una verdadera industria relacionada o de soporte, tendrá el potencial de impactar en las comunidades en términos de accesibilidad, sostenibilidad y desarrollo económico. Desde hace unos pocos años, la academia, la industria y el sector gubernamental vienen trabajando con el objetivo de sentar las bases necesarias en todos los niveles (divulgación, análisis sectorial, desarrollo tecnológico, regulación, certificación, etc.) para demostrar el valor potencial del servicio/mercado/industria UAM para la sociedad. Es de esperar que, con un enfoque reflexivo y las consideraciones políticas correctas, se podrá garantizar la incorporación del servicio UAM como una adición viable, si no vital, a la infraestructura de transporte urbano existente. ☒

REFERENCIAS

- Ahn, B. y H.-Y. Hwang (2022), “Design Criteria and Accommodating Capacity Analysis of Vertiports for Urban air Mobility and its Application at Gimpo Airport in Korea”, *Applied Sciences*, 12(12), DOI: 10.3390/app12126077.
- Airbus (2017), *Rethinking Urban Air Mobility*, Toulouse, Airbus, en: <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2017-06-rethinking-urban-air-mobility> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Airbus (2018), *Blueprint for the Sky*, Toulouse, Airbus.
- Al Haddad, C., E. Chaniotakis, A. Straubinger, K. Plötner y C. Antoniou (2020), “Factors Affecting the Adoption and Use of Urban Air Mobility”, *Transportation Research Part A*, 132, pp. 696-712, DOI: 10.1016/j.tra.2019.12.020.
- Anand, A., H. Kaur, C. Justin, T. Zaidi y D. Mavris (2021), “A Scenario-based Evaluation of Global Urban Air Mobility Demand”, AIAA Scitech Forum, DOI: 10.2514/6.2021-1516.
- Antcliff, K., M. Moore y K. Goodrich (2016), “Silicon Valley as an Early Adopter for On-demand Civil VTOL Operations”, 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, 13-17 de junio, Washington, D.C., DOI: 10.2514/6.2016-3466.
- Arias, D. y J. García (2020), “The Ws of MaaS: Understanding Mobility as a Service from a Literature Review”, *IATSS Research*, 44(3), pp. 253-263, DOI: 10.1016/j.iatssr.2020.02.001.
- ASSURE (2022), “Urban Air Mobility Study: Safety Standards, Aircraft Certification, and Impact on Market Feasibility and Growth Potentials”, *Technical Report*, Alliance for System Safety of UAS through Research Excellence, en: <https://acortar.link/eLqGus> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Bason, C. (2014), *Design for Policy*, Londres, Routledge.

- Biehle, T. (2022), “Social Sustainable Urban Air Mobility in Europe”, *Sustainability*, 14(15), doi: [org/10.3390/su14159312](https://doi.org/10.3390/su14159312).
- Birkland, T. (2019), *An Introduction to the Policy Process*, Nueva York, Routledge.
- Birrell, S., W. Payre, K. Zdanowicz y P. Herriotts (2022), “Urban Air Mobility Infrastructure Design: Using Virtual Reality to Capture User Experience within the World’s First Urban Airport”, *Applied Ergonomics*, 103843, doi: [10.1016/j.apergo.2022.103843](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103843).
- Boeing (2018), *Flight Path for the Future of Mobility*, Boeing, en: <https://acortar.link/zcfCpF> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Bosson, C. y T. Lauderdale (2018), “Simulation Evaluations of an Autonomous Urban Air Mobility Network Management and Separation Service”, Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, 25-29 de junio, Atlanta, doi: [10.2514/6.2018-3365](https://doi.org/10.2514/6.2018-3365).
- Brelje, B. y J. Martins (2019), “Electric, Hybrid, and Turboelectric Fixed-wing Aircraft: A Review of Concepts, Models, and Design Approaches”, *Progress in Aerospace Sciences*, 104, pp. 1-19, doi: [10.1016/j.paerosci.2018.06.004](https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2018.06.004).
- Brunelli, M., C. Ditta y M. Postorino (2023), “New Infrastructures for Urban Air Mobility Systems: A Systematic Review on Vertiport Location and Capacity”, *Journal of Air Transport Management*, 112, doi: [10.1016/j.jairtraman.2023.102460](https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102460).
- Bulanowski, K., D. Gillis, E. Fakhraian, S. Lima y I. Semanski (2022), “AURORA—Creating Space for Urban Air Mobility in Our Cities”, VI Conferencia sobre Movilidad Urbana Sustentable, 31 de agosto-2 de septiembre, Skiathos Island.
- Calde, E. (2024), “Los avances en legislación a nivel mundial sobre Urban Air Mobility o Advanced Air Mobility”, *Nota de Opinión*, en: <https://acortar.link/xw2GE2> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Chaniotakis, E., D. Efthymiou y C. Antoniou (2020), “Data Aspects of the Evaluation of Demand for Emerging Transportation Systems”, *Demand for Emerging Transportation Systems*, pp. 77-99, doi: [10.1016/B978-0-12-815018-4.00005-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815018-4.00005-X).
- Cinar, E. y A. Tuncal (2023), “A Comprehensive Analysis of Society’s Perspective on Urban Air Mobility”, *Journal of Aviation*, 7(3), pp. 353-364, doi: [10.30518/jav.1324997](https://doi.org/10.30518/jav.1324997).
- Cohen, A. y S. Shaheen (2021), “Urban Air Mobility: Opportunities and Obstacles”, *International Encyclopedia of Transportation*, pp. 702-709, Berkeley, University of California Press, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-102671-7.10764-X>.
- Cohen, A., J. Guan, M. Beamer, R. Dittoe y S. Mokhtarimousavi (2020), “Reimagining the Future of Transportation with Personal Flight: Preparing and Planning for Urban Air Mobility”, 99th Annual Meeting Transportation Research Board, doi: [10.7922/G2TT4P6H](https://doi.org/10.7922/G2TT4P6H).
- Cohen, A., S. Shaheen y F. Farrar (2021), “Urban Air Mobility: History, Ecosystem, Mar-

- ket Potential, and Challenges”, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(9), pp. 6074-6087, DOI: 10.1109/TITS.2021.3082767.
- Cokorilo, O. (2020), “Urban Air Mobility: Safety Challenges”, *Transportation Research Procedia*, 45, pp. 21-29.
- Cotton, W. y D. Wing (2018), “Airborne Trajectory Management for Urban Air Mobility”, *Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, 25-29 de junio, Atlanta, DOI: 10.2514/6.2018-3674.
- Deloitte (2021), *Advanced Air Mobility*, Nueva York, Deloitte Research Center for Energy & Industrials.
- Díaz Aldret, A. (2017), “Participación ciudadana en la gestión y en las políticas públicas”, *Gestión y Política Pública*, XXVI(2), pp. 341-79, DOI: 10.29265/gypp.v26i2.337.
- Díaz Olariaga, O. (2021), “Impact of Public Policies on the Development of the Air Transport Industry: The Case of Colombia”, *Brazilian Journal of Public Administration*, 55(2), pp. 502-511, DOI: 10.1590/0034-761220190413.
- Díaz Olariaga, O. (2023), “El papel de las políticas públicas en la sostenibilidad de la aviación”, *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, 13(2), pp. 221-243, DOI: 10.5102/rbpp.v13i2.9188.
- Díaz Orueta, F., M. Seoane y I. Martínez Lorea (2021), “Los espacios públicos de gestión ciudadana: Nuevas formas de gestión público-comunitaria en Zaragoza (España)”, *Gestión y Política Pública*, XXX(2), pp. 67-100, DOI: 10.29265/gypp.v30i2.879.
- Doo, J., B. McQueen y Y. Zhang (2024), “Advanced Air Mobility and eVTOL”, *SAE Technical Paper*, en: <https://acortar.link/cj6ZuS> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Dussauge Laguna, M., M. Lodge, S. Gilad, S. Parrado, A. Mennicken y B. Queiroz Cunha (2021), “La regulación en su encrucijada: Una conversación”, *Gestión y Política Pública*, XXX(2), pp. 171-186, DOI: 10.29265/gypp.v30i2.912.
- EASA (European Union Aviation Safety Agency) (2021), *Study on the Societal Acceptance of Urban Air Mobility in Europe*, Colonia, EASA.
- EASA (European Union Aviation Safety Agency) (2022a), *Vertiports*, Colonia, EASA.
- EASA (European Union Aviation Safety Agency) (2022b), *Introduction of a Regulatory Framework for the Operation of Drones*, Colonia, EASA.
- EASA (European Union Aviation Safety Agency) (2023), *European Plan for Aviation Safety (EPAS), 2023-2025*, Colonia, EASA.
- EASA (European Union Aviation Safety Agency) (2024), *Drone Regulatory System*, Colonia, EASA, en: <https://acortar.link/YijSj2> [fecha de consulta: 15 de agosto de 2024].
- Eißfeldt, H. (2020), “Sustainable Urban Air Mobility Supported with Participatory Noise Sensing”, *Sustainability*, 12(8), pp. 1-11, DOI: 10.3390/su12083320.
- European Commission (2019), *Corus (Concept of Operation for European UTM Systems) Project*,

- en: <https://cordis.europa.eu/project/id/763551> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- FAA (2022), *Memorandum: Vertiport Design*, Washington, D.C., Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation.
- FAA (2023), *Urban Air Mobility (UAM), Concept of Operations*, Washington, D.C., Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation.
- Feldhoff, E. y G. Soares (2021), “Determining Infrastructure Requirements for an Air Taxi Service at Cologne Bonn Airport”, *CEAS Aeronautical Journal*, 12(4), pp. 821-833, DOI: 10.1007/s13272-021-00544-4.
- Fischer, F., G. Miller y M. Sidney (2019), *Handbook of Public Policy Analysis: Theory, Politics, and Methods*, Nueva York, Routledge.
- Fredericks, W., S. Sripad, G. Bower y V. Viswanathan (2018), “Performance Metrics Required of Next-generation Batteries to Electrify Vertical Takeoff and Landing (VTOL) Aircraft”, *ACS Energy Letters*, 3(12), pp. 2989-2994, DOI: 10.1021/acseenergylett.8b02195.
- Fu, M., R. Rothfeld y C. Antoniou (2019), “Exploring Preferences for Transportation Modes in an-Urban Air Mobility Environment: Munich Case Study”, *Transportation Research Record*, DOI: 10.1177/0361198119843858.
- Garrow, L., B. German y C. Leonard (2021), “Urban Air Mobility: A Comprehensive Review and Comparative Analysis with Autonomous and Electric Ground Transportation for Informing Future Research”, *Transportation Research Part C*, 132, 103377, DOI: 10.1016/j.trc.2021.103377.
- Gillis, D., M. Petri, A. Pratelli, I. Semanjski y S. Semanjski (2021), “Urban Air Mobility: A State of Art Analysis”, *Computational Science and Its Applications – 21st International Conference*, 13-16 de septiembre, Cagliari.
- Graydon, M., N. Neogi y K. Wasson (2020), “Guidance for Designing Safety into Urban Air Mobility: Hazard Analysis Techniques”, AIAA Scitech 2020 Forum, 6-10 de enero, Orlando, DOI: 10.2514/6.2020-2099.
- Haakonsen, S., A. Ronnquist y N. Labonnote (2023), “Fifty Years of Shape Grammars: A Systematic Mapping of its Application in Engineering and Architecture”, *International Journal of Architectural Computing*, 21(1), pp. 5-22, DOI: 10.1177/14780771221089882.
- Hendricks, E., D. Aretskin-Hariton, J. Chapman, J. Gray y R. Falck (2019), “Propulsion System Optimization for a Turboelectric Tiltwing Urban Air Mobility Aircraft”, International Society for Air Breathing Engines Conference, ISABE-2019-24365. <https://ntrs.nasa.gov/citations/20190032149>.
- Howlett, M. (2019), *Designing Public Policies*, Londres, Routledge.
- ICAO (2023), *ICAO SARPs*, Montreal, International Civil Aviation Organization (ICAO), en: <https://acortar.link/cxBDfK> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Kalakou, S., C. Marques, D. Prazeres y V. Agouridas (2023), “Citizens’ Attitudes towards

- Technological Innovations: The Case of Urban Air Mobility”, *Technological Forecasting and Social Change*, 187, 122200, DOI: 10.1016/j.techfore.2022.122200.
- Kearns, S. (2021), *Fundamentals of International Aviation*, Londres, Routledge.
- Kim, H., A. Perry y P. Ansell (2018), “A Review of Distributed Electric Propulsion Concepts for Air Vehicle Technology”, 2018 AIAA/IEEE Electric Aircraft Technologies Symposium, 9-11 de julio, Cincinnati, DOI: 10.2514/6.2018-4998.
- Kim, Y., C. Lim y Y. Ji (2022), “Exploring the User Acceptance of Urban Air Mobility: Extending the Technology Acceptance Model with Trust and Service Quality Factors”, *International Journal of Human-Computer Interaction*, 39(14), pp. 2893-2904, DOI: 10.1080/10447318.2022.2087662.
- Kopardekar, P., J. Rios T. Prevot, M. Johnson, J. Jung y J. Robinson (2016), “UAS Traffic Management (UTM) Concept of Operations to Safely Enable Low Altitude Flight Operations”, 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, 13-17 de junio, Washington, D.C., DOI: 10.2514/6.2016-3292.
- KPMG (2019), *Mobility 2030: Transforming the Mobility Landscape*, KPMG, en: <https://acortar.link/ZdKngn> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Kreimeier, M., P. Strathoff, D. Gottschalk y E. Stumpf (2018), “Economic Assessment of Air Mobility On-Demand Concepts”, *Journal of Air Transportation*, 26(1), DOI: 10.2514/1.D0058.
- Lee, C., B. Bae, Y. Lee y T. Pak (2023), “Societal Acceptance of Urban Air Mobility Based on the Technology Adoption Framework”, *Technological Forecasting and Social Change*, 196, 122807, DOI: 10.1016/j.techfore.2023.122807.
- Li, B., Z. Fei y Y. Zhang (2019a), “UAV Communications for 5G and Beyond: Recent Advances and Future Trends”, *IEEE Internet of Things Journal*, 6(2), pp. 2241-2263, DOI: 10.1109/JIOT.2018.2887086.
- Li, B., Z. Fei, Y. Zhang y M. Guizani (2019b), “Secure UAV Communication Networks over 5G”, *IEEE Wireless Communications*, 26(5), pp. 114-120, DOI: 10.1109/MWC.2019.1800458.
- Lightfoot, T. (2018), “Bring on the Drones: Legal and Regulatory Issues in Using Unmanned Aircraft Systems”, *Natural Resources & Environment*, 32(4), pp. 41-45, en: <https://www.jstor.org/stable/26418852> [fecha de consulta: 5 de Agosto de 2023].
- Lim, E. y H. Hwang (2019), “The Selection of Vertiport Location for On-demand Mobility and its Application to Seoul Metro Area”, *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, DOI: 10.1007/s42405-018-0117-0.
- Litman, T. y R. Steele (2023), *Land Use Impacts on Transport*, Victoria, Victoria Transport Policy Institute.
- Long, Q., J. Ma, F. Jiang y C. Webster (2023), “Demand Analysis in Urban Air Mobility:

- A Literature Review”, *Journal of Air Transport Management*, 112, DOI: 10.1016/j.jairtraman.2023.102436.
- Ma, L. y C. Zhang (2016), “5G Waveforms Design for Aeronautical Communications”, IEEE/AIAA Digital Avionics Systems Conference, DOI: 10.1109/DASC.2016.7777945.
- Mavraj, G., J. Eltgen, T. Fraske, M. Swaid, J. Berling, O. Röntgen, Y. Fu y D. Schulz (2022), “A Systematic Review of Ground-Based Infrastructure for the Innovative Urban Air Mobility”, *Transactions on Aerospace Research*, 269(4), pp. 1-17, DOI: 10.2478/tar-2022-0019.
- Mineta (2023), *Land Use Analysis on Vertiports Based on a Case Study of the San Francisco Bay Area*, San José, Mineta Transportation Institute.
- MITRE (2018), *Urban air Mobility Landscape Report*, Bedford, MITRE.
- Morgan Stanley Research (2021), *eVTOL/Urban Air Mobility TAM Update: A Slow Take-off, But Sky's the Limit*, Nueva York, Morgan Stanley.
- Mueller, E., P. Kopardekar y K. Goodrich (2017), “Enabling Airspace Integration for High-Density Mobility Operations”, 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, 5-9 de junio, Denver, DOI: 10.2514/6.2017-3086.
- Muñoz, J. y F. Anguita (2019), “La tarificación vial en el marco de las políticas de transporte urbano: Un estudio empírico sobre su aceptabilidad social y eficacia en la Ciudad de Madrid”, *Gestión y Política Pública*, XXVIII(1), pp. 175-206, DOI: 10.29265/gypp.v28i1.545.
- NASA (National Aeronautics and Space Administration) (2018), “Urban Air Mobility Market Study”, Washington, D.C., NASA, en: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20190000519> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- NASA (National Aeronautics and Space Administration) (2021), *Advanced Air Mobility Project*, Washington, D.C., NASA.
- Nneji, V., A. Stimpson, M. Cummings y K. Goodrich (2017), “Exploring Concepts of Operations for On-demand Passenger Air Transportation”, 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, 5-9 de junio, Denver, DOI: 10.2514/6.2017-3085.
- OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) (1980), *Convenio sobre aviación civil internacional*, Montreal, OACI.
- Obregón-Biosca, S. y C. Bueno-Ortiz (2016), “Dispersión urbana e integración funcional al núcleo central. Caso de estudio: zona metropolitana de Querétaro, México”, *Gestión y Política Pública*, XXIV(2), DOI: 10.29265/gypp.v24i2.111.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas) (2023), Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, en: <https://acortar.link/Rn8IHJ> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Otte, T., N. Metzner, J. Lipp, M. Schwienhorst, A. Solvay y T. Meisen (2018), “User-

- centered Integration of Automated Air Mobility into Urban Transportation Networks”, IEEE/AIAA Digital Avionics Systems Conference, DOI: 10.1109/DASC.2018.8569820.
- Pearman, A., P. Mackie y J. Nellthorp (2003), *Transport Projects, Programmes and Policies: Evaluation Needs and Capabilities*, Nueva York, Routledge.
- Perperidou, D. y D. Kirgiasfinis (2022), “Urban Air Mobility (uAM) Integration to Urban Planning”, 6th Conference on Sustainable Urban Mobility, 31 de agosto-2 de septiembre, Skiathos Island.
- Polaczyk, N., E. Trombino, P. Wei y M. Mitici (2019), “A Review of Current Technology and Research in Urban On-demand Air Mobility Applications”, 8th Biennial Autonomous VTOL Technical Meeting and 6th Annual Electric VTOL Symposium, 28 de enero-1 de febrero, Mesa.
- Pons-Prats, J., T. Zivojinovic y J. Kuljanin (2022), “On the Understanding of the Current Status of Urban Air Mobility Development and Its Future Prospects: Commuting in a Flying Vehicle as a New Paradigm”, *Transportation Research Part E*, 166, DOI: 10.1016/j.tre.2022.102868.
- Preis, L. (2021), “Quick Sizing, Throughput Estimating and Layout Planning for VTOL Aerodromes – A Methodology for Vertiport Design”, AIAA Aviation Forum, 2-6 de agosto, DOI: 10.2514/6.2021-2372.
- Pukhova, A., C. Llorca, A. Moreno, C. Staves, Q. Zhang y R. Moeckel (2021), “Flying Taxis Revived: Can Urban Air Mobility Reduce Road Congestion?” *Journal of Urban Mobility*, 1, DOI: 10.1016/j.urbmob.2021.100002.
- Rajendran, S. y S. Srinivas (2020), “Air Taxi Service for Urban Mobility: A Critical Review of Recent Developments, Future Challenges, and Opportunities”, *Transportation Research Part E*, 143, DOI: 10.1016/j.tre.2020.102090.
- Rautray, P., D. Mathew, B. Eisenbart y J. Kuys (2022), *Understanding Working Scenarios of Urban Air Mobility*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Ravich, T. (2019), “Emerging Technologies and Enforcement Problems: The Federal Aviation Administration and Drones as a Case Study”, *Journal of Regulatory Compliance*, en: <https://ssrn.com/abstract=3358451> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Ravich, T. (2020), “On-Demand Aviation: Governance Challenges of Urban Air Mobility”, *Penn State Law Review*, 124(3), pp. 657-689, en: <https://elibrary.law.psu.edu/pslr/vol124/iss3/2> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Ravich, T., S. Bush y L. Campbell (2023), “Advanced Air Mobility”, *White Paper*, en: <https://acortar.link/4rdUZO> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Rotolo, D., D. Hicks y B. Martin (2015), “What is an Emerging Technology?” *Research Policy*, 44(10), pp. 1827-1843, DOI: 10.1016/j.respol.2015.06.006.
- Schweiger, K. y L. Preis (2022), “Urban Air Mobility: Systematic Review of Scientific Pu-

- blications and Regulations for Vertiport Design and Operations”, *Drones*, 6(7), DOI: 10.3390/drones6070179.
- Schweiger, K., F. Knabe y B. Korn (2022), “An Exemplary Definition of a Vertidrome’s Airside Concept of Operations”, *Aerospace Science and Technology*, 125, DOI: 10.1016/j.ast.2021.107144.
- Scott, B. y A. Trimarchi (2020), *Fundamentals of International Aviation Law and Policy*, Londres, Routledge.
- Shamiyeh, M., R. Rothfeld y M. Hornung (2018), “A Performance Benchmark of Recent Personal Air Vehicle Concepts for Urban Air Mobility”, 31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, 9-14 de septiembre, Belo Horizonte.
- Smirnov, A., E. Smolokurov, R. Bolshakov y V. Parshin (2023), “Problems and Prospects for the Development of Urban Air Mobility on the Basis of Unmanned Transport Systems”, *Transportation Research Procedia*, 68, pp. 151-159.
- Stopher, P. y J. Stanley (2014), *Introduction to Transport Policy: A Public Policy View*, Cheltenham, Elgar Publishing.
- Straubinger, A. (2019), “Policies Addressing Possible Urban Air Mobility Market Distortions – A First Discussion”, *Transportation Research Procedia*, 41, pp. 64-66. DOI: 10.1016/j.trpro.2019.09.013.
- Straubinger, A. y M. Fu (2019). “Identification of Strategies How Urban Air Mobility Can Improve Existing Public Transport Networks”, *Working Paper*, Technical University of Munich, en: <https://acortar.link/sIGfGY> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Straubinger, A. y R. Rothfeld (2018), “Identification of Relevant Aspects for Personal Air Transport System Integration in Urban Mobility Modelling”, 7th Transport Research Arena (TRA), 212, pp. 1-10, DOI: 10.5281/zenodo.1446077.
- Straubinger, A., J. Michelmann y T. Biehle (2021), “Business Model Options for Passenger Urban Air Mobility”, *CEAS Aeronautical Journal*, 12, pp. 361-380, DOI: 10.1007/s13272-021-00514-w.
- Straubinger, A., R. Rothfeld, M. Shamiyeh, K. Büchter, J. Kaiser y K. Plötner (2020), “An Overview of Current Research and Developments in Urban Air Mobility—setting the Scene for UAM Introduction”, *Journal of Air Transport Management*, 87, 101852, DOI: 10.1016/j.jairtraman.2020.101852.
- Taipalus, T. (2023), “Systematic Mapping Study in Information Systems Research”, *Journal of the Midwest Association for Information Systems*, DOI: 10.17705/3jmw.000079.
- Takacs, A. y T. Haidegger (2022), “Infrastructural Requirements and Regulatory Challenges of a Sustainable Urban Air Mobility Ecosystem”, *Buildings*, 12(6), 747, DOI: 10.3390/buildings12060747.
- Thipphavong, D. (2018), “Urban Air Mobility Airspace Integration Concepts and Consi-

- derations”, *Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, 25-29 de junio, Atlanta.
- Tojal, M., H. Hesselink, A. Fransoy, E. Ventas, V. Gordo y Y. Xu (2021), “Analysis of the Definition of Urban Air Mobility – How Its Attributes Impact on the Development of the Concept”, *Transportation Research Procedia*, 59, pp. 3-13, DOI: 10.1016/j.trpro.2021.11.091.
- Tolley, R. y J. Turton (2013), *Transport Systems, Policy and Planning*, Londres, Routledge.
- Torens, C. (2021), “HorizonUAM: Safety and Security Considerations for Urban Air Mobility”, *AIAA Aviation Forum*, 2-6 de agosto, DOI: 10.2514/6.2021-3199.
- Tsiamis, N., L. Efthymiou y K. Tsagarakis (2019), “A Comparative Analysis of the Legislation Evolution for Drone Use in OECD Countries”, *Drones*, 3(4), 75, DOI: 10.3390/drones3040075.
- Uber Elevate (2016), *Fast-forwarding to a Future of On-demand Urban Air Transportation*, en: https://evtol.news/___media/PDFs/UberElevateWhitePaperOct2016.pdf [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].
- Ugwueze, O., T. Statheros, M. Bromfield y N. Horri (2023), “Trends in eVTOL Aircraft Development: The Concepts, Enablers and Challenges”, *AIAA SciTech 2023 Forum*, DOI: 10.2514/6.2023-2096.
- Vascik, P. y R. Hansman (2017), “Evaluation of Key Operational Constraints Affecting On-demand Mobility for Aviation in the Los Angeles Basin: Ground Infrastructure, Air Traffic Control and Noise”, *17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, 5-9 de junio, Denver, DOI: 10.2514/6.2017-3084.
- Wang, L., X. Deng, J. Gui, P. Jiang, F. Zeng y S. Wan (2023), “A Review of Urban Air Mobility-enabled Intelligent Transportation Systems: Mechanisms, Applications and Challenges”, *Journal of Systems Architecture*, 141, DOI: 10.1016/j.sysarc.2023.102902.
- Wiley, L. y J. Salmon (2021), “A Method for Urban Air Mobility Network Design Using Hub Location and Subgraph Isomorphism”, *Transportation Research Part C*, 125, DOI: 10.1016/j.trc.2021.102997.
- Wu, Z. y Y. Zhang (2021), “Integrated Network Design and Demand Forecast for On-demand Urban Air Mobility”, *Engineering*, 7, pp. 473-487, DOI: 10.1016/j.eng.2020.11.007.
- Zeiser, H. (2019), “Security Aspects of Urban Air Mobility: Are We Prepared?”, *Civitas Forum 2019*, 2-4 de octubre, Graz.
- Zoldi, D. (2021), “Drone Law and Policy”, *Scitech Lawyer*, 17(3), pp. 12-17, en: <https://acortar.link/COuTjU> [fecha de consulta: 5 de agosto de 2023].

Oscar Díaz Olariaga es ingeniero aeronáutico por la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina); doctor ingeniero aeronáutico por la Universidad Politécnica de Madrid (España); doctor en Ciencias Económicas y Empresariales por la UNED (España). Es profesor titular en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás (Bogotá, Colombia). Sus líneas de investigación incluyen, por un lado, varias vertientes del transporte aéreo (economía, geografía, política pública, regulación, conectividad, planificación, gestión/administración, desarrollo de tráfico, redes, pronósticos, operaciones, medio ambiente, infraestructura, etc.) y, por otro, la tecnología emergente movilidad aérea urbana/movilidad aérea avanzada (en varias de sus vertientes o dimensiones).