



DIAGNÓSTICO DEL CONCEPTO: MOVILIDAD AÉREA URBANA (UAM)



Diciembre 2024

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	4
2.	Objetivos	4
2.1.	Objetivo general	4
2.2.	Objetivos específicos	4
3.	Antecedentes y contexto.....	5
4.	Impacto y beneficios	5
5.	Identificación de componentes mínimos requeridos	6
6.	Identificación de partes interesadas	7
7.	Análisis de brechas de los componentes mínimos.....	7
7.1.	Normatividad	7
7.1.1.	Estado actual internacional.....	7
7.1.2.	Estado actual para Colombia.....	11
7.1.3.	Requerimientos / necesidades.....	12
7.2.	Gestión del espacio aéreo	13
7.2.1.	Estado actual internacional	13
7.2.2.	Estado actual para Colombia.....	15
7.2.3.	Requerimientos / necesidades.....	16
7.3.	Infraestructura aeronáutica, servicios y medio ambiente.....	18
7.3.1.	Estado actual internacional.....	18
7.3.2.	Estado actual para Colombia.....	20
7.3.3.	Requerimientos / necesidades.....	20
7.4.	Seguridad operacional	21
7.4.1.	Estado actual internacional	21
7.4.2.	Estado actual para Colombia.....	21
7.4.3.	Requerimientos / necesidades.....	22
7.5.	Cultura aeronáutica.....	23
7.5.1.	Estado actual para Colombia.....	23
7.5.2.	Requerimientos / necesidades.....	26
7.6.	Gestión del cambio.....	27
7.6.1.	Estado actual para Colombia.....	27
7.6.2.	Requerimientos / necesidades.....	27
8.	Proyecto UAM Medellín	28
9.	Definición del plan de trabajo futuro.....	30
10.	Conclusiones	31
11.	Referencias	33
Anexo 1.	Abreviaturas	34

Índice de figuras

Figura 1. Impacto y beneficios de la UAM	6
Figura 2. Componentes mínimos requeridos	6
Figura 3. Partes interesadas de la Aeronáutica Civil	7
Figura 4. Solicitudes de autorización de vuelo (30 noviembre 2024)	16

Índice de tablas

Tabla 1. Participación de Aerocivil en eventos nacionales	26
---	----



1. Introducción

Urban Air Mobility (UAM) o Movilidad Aérea Urbana, es un concepto global en permanente construcción, que se proyecta como un sistema de transporte aéreo con aeronaves no tripuladas (UAS/RPAS) en entornos urbanos. Algunos enfoques consideran que es un subconjunto de la Advanced Air Mobility (AAM) o Movilidad Aérea Avanzada, la cual promete revolucionar el transporte en el mundo, ofreciendo soluciones innovadoras a los problemas de congestión, eficiencia y accesibilidad al mismo.

La UAM se visualiza como una solución tecnológica avanzada que depende del desarrollo continuo de: tecnología, inteligencia artificial, energía disponible, baterías de alta capacidad, sistemas de navegación autónoma e infraestructura, entre otros. Desde un punto de vista económico, la UAM ofrece nuevas oportunidades de interacción comercial, que transforman significativamente el sector del transporte como lo conocemos hoy. En lo relacionado con el aspecto social, posee un impacto directo que mejora la calidad de vida de las personas y su acceso a soluciones de transporte masivo eficiente. La UAM también plantea desafíos en cuanto a aspectos normativos, de integración con los medios de transporte actualmente conocidos, infraestructura, seguridad física y operacional, entre otros.

A nivel mundial, diferentes autoridades de aviación civil como: Federal Aviation Administration (FAA), European Union Aviation Safety Agency (EASA), Transport Canada Civil Aviation (TCCA), Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), entre otras, avanzan en la definición e implementación de diferentes Conceptos de Operaciones (CONOPS) en cuanto a la UAM se refiere. En Colombia, aunque en etapas iniciales, se han mostrado indicios de interés en ciudades como Bogotá y Medellín, donde se exploran posibles soluciones que involucren la Movilidad Aérea Urbana.

El presente documento permite proyectar el diagnóstico de los componentes mínimos requeridos que integran el concepto de la Movilidad Aérea Urbana (UAM) a nivel nacional desde el ámbito de competencia de la Aeronáutica Civil, determinando el nivel de desarrollo de cada uno de los componentes, las necesidades evidenciadas, las partes interesadas y la hoja de ruta inicial que permita reducir las brechas identificadas, de manera que se establezcan las condiciones óptimas para desarrollar el concepto de Movilidad Aérea Urbana (UAM) enfocado a solucionar las necesidades de los diferentes centros urbanos del país.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Elaborar un diagnóstico de los componentes mínimos requeridos para el desarrollo de la Movilidad Aérea Urbana (UAM) en Colombia.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar los componentes mínimos requeridos para el desarrollo de la Movilidad Aérea Urbana (UAM) en Colombia.
- Identificar las partes interesadas desde el ámbito de competencia de la Aeronáutica Civil.

- Realizar un análisis de brechas (*GAP analysis*) de cada uno de los componentes mínimos requeridos identificados en coordinación con las partes interesadas competentes.
- Proyectar una hoja de ruta inicial enfocada en reducir las brechas identificadas.

3. Antecedentes y contexto

El transporte está en constante evolución, impulsado por avances tecnológicos que facilitan y crean nuevas oportunidades de desarrollo para la humanidad. Aunque los conceptos de entrega de paquetería con drones y taxis voladores han existido durante muchos años, las limitaciones tecnológicas, los altos costos y la falta de regulación han impedido que sean una realidad. Sin embargo, en el siglo XXI, los avances tecnológicos presionaron el surgimiento de aeronaves no tripuladas, comúnmente conocidas como drones, que hacen posible estas actividades de vanguardia. En este sentido, diferentes autoridades aeronáuticas a nivel mundial han desarrollado conceptos específicos de operación en constante evolución para integrar la Movilidad Aérea Urbana (UAM) en el espacio aéreo, buscando el camino para su implementación práctica.

Es así como la UAM se visualiza como una de varias soluciones eficientes ante los principales retos que enfrentan las grandes urbes a nivel global, entre los cuales es posible destacar:

- Exponencial crecimiento urbano.
- Congestión de tráfico.
- Contaminación ambiental, visual y auditiva.
- Cadena de suministro inadecuada.
- Medios de transporte colapsados.
- Altos índices de accidentalidad.

Teniendo en cuenta las necesidades mencionadas anteriormente, las tecnologías asociadas a la aviación no tripulada se constituyen en una alternativa viable y segura para minimizar el impacto de las actuales problemáticas evidenciadas en los centros urbanos. De esta manera, los actuales avances tecnológicos permiten proyectar una transformación del transporte aéreo de carga, pasajeros y operaciones conexas en áreas pobladas. En este sentido, es importante mencionar los avances en cuanto a aeronaves de Despegue y Aterrizaje Vertical (VTOL) y aeronaves Eléctricas de Despegue y Aterrizaje Vertical (eVTOL).

Las eVTOL, de manera general son aeronaves similares a los helicópteros, pero se diferencian por ser propulsadas con energía eléctrica, lo que les permite tener cero emisiones de dióxido de carbono (CO₂), niveles menores o mínimos de contaminación auditiva, altos niveles de automatización y costos de operación significativamente reducidos. Estas aeronaves están llamadas a ser el futuro del transporte aéreo en la Movilidad Aérea Urbana (UAM).

4. Impacto y beneficios

Los beneficios y desafíos de UAM son considerables, desde la reducción del tráfico y el ahorro de tiempo, hasta la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y la integración del transporte multimodal. Sin embargo, también es necesario abordar soluciones a posibles desafíos, como los requerimientos de infraestructura y las continuas consideraciones de seguridad y privacidad.

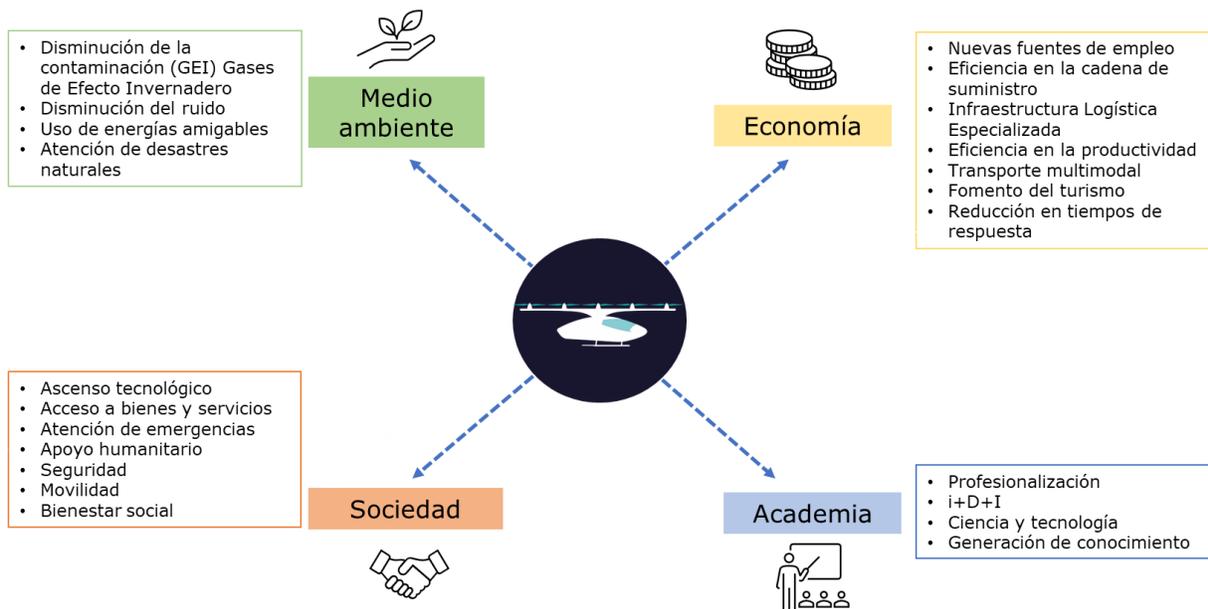


Figura 1. Impacto y beneficios de la UAM

5. Identificación de componentes mínimos requeridos

Posterior a la investigación de los diferentes conceptos de UAM disponibles a nivel internacional, se identificaron seis componentes mínimos requeridos para ser tenidos en cuenta en el desarrollo del diagnóstico del concepto Movilidad Aérea Urbana (UAM), los cuales se relacionan a continuación:

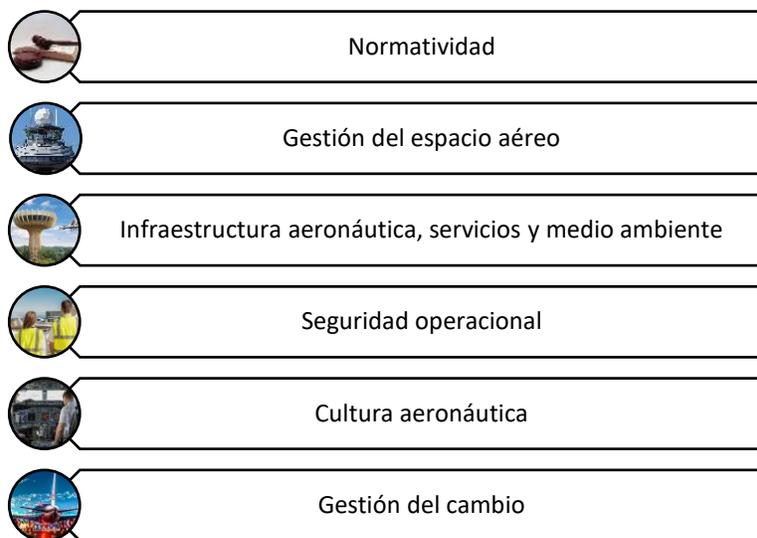


Figura 2. Componentes mínimos requeridos

6. Identificación de partes interesadas

Para desarrollar el análisis de brechas (GAP analysis) de cada uno de los componentes mínimos requeridos, se identificaron las partes interesadas competentes que se relacionan a continuación, las cuales están respectivamente involucradas en la construcción del documento diagnóstico de Movilidad Aérea Urbana (UAM), que sirve como base para el futuro desarrollo del concepto operacional de UAM.

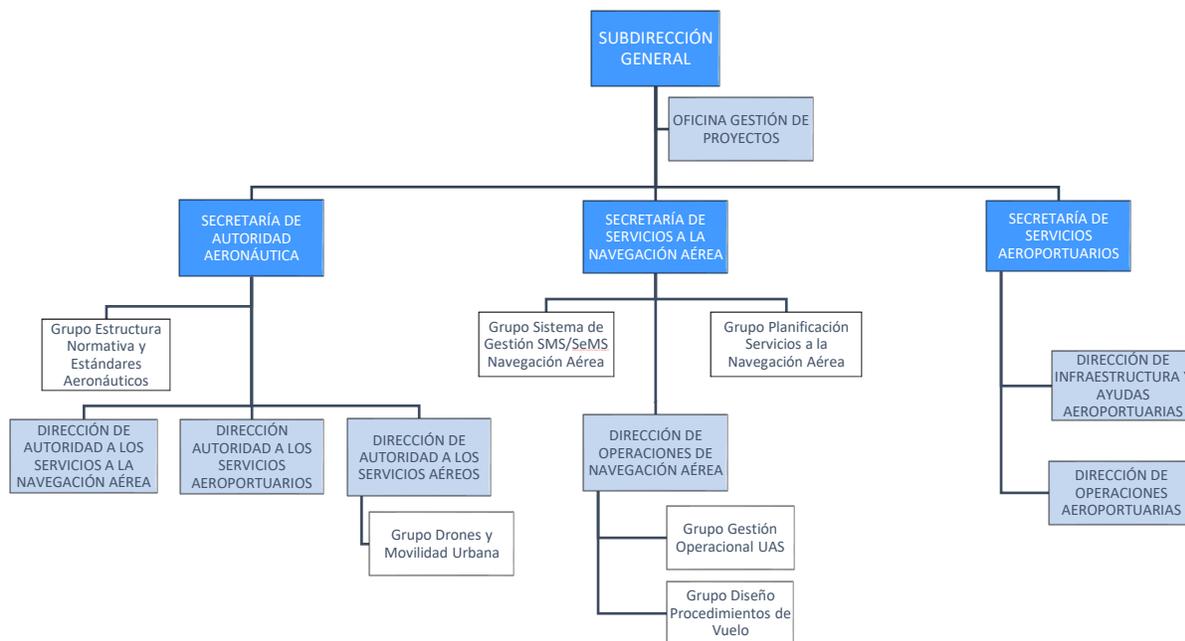


Figura 3. Partes interesadas de la Aeronáutica Civil

7. Análisis de brechas de los componentes mínimos

Una vez identificados los componentes mínimos requeridos y las partes interesadas en la Aeronáutica Civil, se realiza el análisis de las brechas existentes en los componentes mínimos requeridos identificados para el UAM.

7.1. Normatividad

7.1.1. Estado actual internacional

A nivel global, autoridades aeronáuticas, organizaciones y actores de la industria han desarrollado diversas normativas y documentos guía para establecer estrategias y requerimientos en la implementación de la Movilidad Aérea Urbana (UAM) en distintas

regiones. A continuación, se exponen ejemplos relevantes de regulación y documentos de referencia internacional que proporcionan lineamientos y mejores prácticas para el despliegue seguro y eficiente de la UAM.

Organización de Aviación Civil Internacional – OACI

La OACI, con relación en la aviación no tripulada, es la entidad responsable de coordinar y desarrollar los "Standards and Recommended Practices (SARPs)" (Normas y métodos recomendados), así como los procedimientos y materiales de orientación global relacionados en esta materia. Su principal objetivo es facilitar la integración segura y eficiente de las aeronaves no tripuladas en el sistema de aviación global. En este contexto, la OACI proporciona a los Estados miembros, modelos de regulaciones y circulares de asesoramiento que sirven como base para implementar o complementar sus propias normativas sobre aeronaves no tripuladas. Estos documentos tienen como objetivo mantenerse actualizados y evolucionar a medida que la industria madura, proporcionando a los Estados y a los reguladores, material armonizado a nivel internacional basado en los últimos avances. A continuación, se presentan algunos de estos documentos clave:

- Circular 328/AN/190 Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) / Diciembre 2011
- Reglamento Modelo UAS de la OACI - Parte 101 and 102 / Junio 2020
- Reglamento Modelo UAS de la OACI - Parte 149 / Junio 2020
- Circular de Asesoramiento (AC) 101-1 / Junio 2020
- Circular de Asesoramiento (AC) 102-1 / Junio 2020
- Circular de Asesoramiento (AC) 102-37 / Junio 2020

De igual forma, en julio de 2024, la OACI presentó la primera edición del Anexo 6 – Operaciones de aeronaves, Parte IV, titulado "Operaciones Internacionales - Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS)" el cual fue adoptado el 18 de marzo de 2024 por el Consejo de la OACI y será aplicable a partir de noviembre de 2026. Este documento define requisitos de certificación, gestión de seguridad operacional, especificaciones de equipos y procedimientos para asegurar la seguridad y regularidad de estas aeronaves en el espacio aéreo controlado. Organizado en capítulos, detalla desde las responsabilidades del explotador, operaciones de vuelo, limitaciones de performance, hasta el mantenimiento de la aeronavegabilidad y las calificaciones del personal. La normativa busca armonizar las prácticas en la aviación no tripulada, mitigando riesgos mediante un marco regulador que responde al avance de la tecnología RPAS y sus aplicaciones comerciales y de aviación general.

Federal Aviation Administration – FAA – Estados Unidos de América

La Administración Federal de Aviación (FAA) de Estados Unidos ha avanzado en diversas líneas de acción para implementar la Movilidad Aérea Urbana (UAM) en el país. En 2017 lanzó el "UAS Integration Pilot Program – Programa Piloto de Integración de UAS" que reúne a los gobiernos estatales y locales con entidades del sector privado, como operadores o fabricantes de UAS, para probar y evaluar la integración de operaciones de drones civiles y públicos en el sistema de espacio aéreo nacional.

En abril de 2023, la FAA publicó la segunda versión del "Concept of Operations – Urban Air Mobility (UAM)", que actualiza su visión sobre la integración de las operaciones de UAM en el sistema de espacio aéreo nacional. Este concepto se enfoca en el uso de aeronaves innovadoras, como los vehículos Eléctricos de Despegue y Aterrizaje Vertical (eVTOL) para el transporte de pasajeros y carga en áreas urbanas. El documento aborda aspectos clave

como la gestión del tráfico aéreo, la seguridad, la infraestructura requerida y la colaboración entre agencias gubernamentales e industria, con el objetivo de facilitar una implementación segura y eficiente de la UAM en entornos urbanos.

Paralelamente, la FAA viene adoptando un proceso de certificación para Sistemas de Aeronaves Remotamente Tripuladas (RPAS) llamado "Durability and Reliability" (D&R). Este proceso combina normas prescriptivas aplicables de la Parte 14 del Código Federal de Regulación (CFR), específicamente de las partes FAR 23 y FAR 27. Los aspectos no cubiertos por estas normas se abordan mediante estándares de consenso con los solicitantes. Para las aeronaves de Movilidad Aérea Urbana (UAM) con tripulación y pasajeros, la FAA emplea un enfoque similar al de los helicópteros, siguiendo la norma FAR 27 o cualquier otra parte aplicable según lo dispuesto en FAR 21.17(b). Actualmente, se emiten certificados especiales de tipo y de aeronavegabilidad para respaldar la operación de estas aeronaves mientras se desarrolla una regulación específica para la UAM, considerando sus características combinadas de RPAS y transporte de pasajeros.

Finalmente, en junio de 2023, la FAA publicó la primera versión del documento "Advanced Air Mobility (AAM) Implementation Plan – Plan de implementación de Movilidad Aérea Avanzada (AAM)", un plan que detalla los pasos necesarios para integrar de forma segura las operaciones de AAM en el espacio aéreo nacional. Este plan, conocido como "Innovate28", establece una secuencia de acciones para que, hacia 2028, las operaciones de AAM estén en pleno funcionamiento en una o más ubicaciones. Este documento, abarca temas como la certificación de operadores, el desarrollo de infraestructura, la gestión del tráfico aéreo y la colaboración con partes interesadas, con el objetivo de facilitar la adopción segura y eficiente de tecnologías emergentes en la aviación.

European Union Aviation Safety Agency – EASA

El reglamento de la UE 2019/947, publicado el 24 de mayo de 2019, establece las normas y procedimientos para la utilización de aeronaves no tripuladas (drones) en toda la Unión Europea. Este es el reglamento clave que establece las normas para la operación de UAS en el espacio aéreo europeo. El reglamento se enfoca en tres categorías de operaciones (abierta, específica y certificada).

Así mismo, la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) ha venido desarrollando diversas estrategias para hacer de la Movilidad Aérea Urbana (UAM) una realidad en Europa en los próximos 3 a 5 años. En su planificación, la EASA proyecta que las primeras operaciones comerciales de UAM estarán enfocadas en la entrega de mercancías mediante drones, mientras que el transporte de pasajeros comenzará en fases iniciales con pilotos a bordo. Actualmente, varios proyectos piloto están en marcha y algunos fabricantes europeos ya han iniciado los procesos de certificación para aeronaves eVTOL destinados al transporte de pasajeros.

Entre noviembre de 2020 y abril de 2021 la EASA llevó a cabo un estudio exhaustivo sobre la aceptación social de las operaciones de UAM. Este estudio incluyó investigación de literatura, análisis del mercado local, encuestas y entrevistas para comprender las expectativas y preocupaciones de los ciudadanos, teniendo en cuenta que su aceptación y confianza se consideran fundamentales para el éxito de la UAM en la Unión Europea.

Con base en los resultados de este estudio, la EASA comenzó a establecer un marco regulatorio específico para la UAM. En el ámbito de aeronavegabilidad, ha emitido condiciones especiales para autorizar operaciones con aeronaves VTOL pequeñas, UAS ligeros en situaciones de riesgo medio y directrices para la verificación del diseño en UAS de categoría certificada. En cuanto a las operaciones y licencias de pilotos, ha iniciado

actividades preparatorias para establecer normas para pilotos remotos de estas aeronaves, así como operadores e infraestructura, incluyendo vertipuertos. En lo referente a la integración del espacio aéreo, la EASA ha lanzado el primer marco normativo global para el U-Space/UTM. Además, participa activamente en proyectos de investigación y desarrollo (I+D) y ha firmado el manifiesto de iniciativas de UAM de diversas ciudades europeas.

Por último, el proceso de certificación de la EASA es similar al de la FAA, con un enfoque en demostraciones de cumplimiento y en la aplicación de sus estándares prescriptivos, que son en gran medida equivalentes a las normas FAR estadounidenses, salvo por algunas diferencias definidas en los "Standard Significant Differences (SSD)". En el caso de la EASA, las normas equivalentes son CS-23 y CS-27.

Agencia Nacional de Aviación Civil – ANAC – Brasil

La autoridad aeronáutica de Brasil es un referente mundial en la regulación de la aviación no tripulada, especialmente en Suramérica. El país está avanzando en el desarrollo de la Movilidad Aérea Urbana (UAM) mediante una serie de iniciativas y normativas emergentes que buscan regular y promover esta tecnología.

Un pilar fundamental en la regulación de UAS en Brasil es el Reglamento Brasileño de Aeronavegabilidad Civil para Aeronaves No Tripuladas (RBAC-E 94). Aunque inicialmente enfocado en drones, este reglamento establece una base regulatoria sólida para futuras normativas en UAM, abordando aspectos clave como certificación y operación de UAS, requisitos de seguridad, así como procedimientos de operación y mantenimiento.

La Agencia Nacional de Aviación Civil (ANAC) ha impulsado el diálogo con la industria y otros actores relevantes para profundizar en los desafíos y oportunidades de la UAM y la Movilidad Aérea Avanzada (AAM). En 2020, la ANAC conformó un grupo de trabajo con el objetivo de discutir y proponer regulaciones para drones y otras aeronaves no tripuladas, demostrando un esfuerzo continuo en la creación de un entorno regulatorio adecuado para el sector.

Además, Brasil ha visto la creación de una alianza estratégica entre Avolon, Corporación América Airports, GOL, Grupo Comporte y Vertical Aerospace, enfocada en establecer la infraestructura necesaria para los vehículos eVTOL. La experiencia de Brasil en servicios de helicópteros, ampliamente desarrollados en el país, podría posicionarlo como uno de los mercados pioneros para la implementación de la UAM en el mundo.

Corea del Sur

En 2020, el gobierno de Corea del Sur lanzó el "K-UAM Roadmap", una estrategia nacional para desarrollar un ecosistema de Movilidad Aérea Urbana (UAM) en el país, con el objetivo de iniciar operaciones comerciales en 2025. Este plan establece tres fases principales:

- Fase de desarrollo tecnológico y pruebas (2020-2025): Durante este periodo, Corea del Sur planea realizar pruebas y construir la infraestructura necesaria, como vertipuertos (helipuertos específicos para eVTOL), tecnologías de control de tráfico aéreo y sistemas de comunicación para vehículos aéreos.
- Comercialización inicial (2025): Para esta fecha, se espera que los primeros servicios comerciales de UAM estén operativos en Corea del Sur.
- Expansión comercial (2030): A medida que las tecnologías y regulaciones evolucionen, se prevé una expansión significativa de las operaciones de UAM en las principales ciudades del país.

Además, Corea del Sur ha implementado regulaciones para garantizar la seguridad operativa de las aeronaves UAM, que incluyen:

- Certificación de aeronaves UAM.
- Normas de operación para pilotos y controladores de tráfico aéreo UAM.
- Requisitos de mantenimiento y monitoreo en tiempo real de los vehículos.

General Civil Aviation Authority of UAE (GCAA) - Emiratos Árabes Unidos (UAE)

Los Emiratos Árabes Unidos (EAU) han demostrado un compromiso significativo con el desarrollo de la Movilidad Aérea Urbana (UAM), trabajando estrechamente con la Autoridad General de Aviación Civil (GCAA) para establecer un marco regulatorio y operativo sólido.

En Dubái, se ha avanzado en la construcción de helipuertos de última generación, conocidos como "heliparques", que facilitan el transporte entre centros de negocios y destinos turísticos. Estos heliparques están equipados con instalaciones de mantenimiento y reparación (MRO) para aeronaves UAM, lo que indica un enfoque integral hacia la certificación y la aeronavegabilidad continuada de estos vehículos.

Además, el gobierno de los EAU ha establecido asociaciones con empresas internacionales para impulsar la infraestructura necesaria para la UAM. Por ejemplo, en abril de 2023, se anunció una colaboración con una empresa china para fabricar aviones y drones eléctricos sostenibles, establecer un centro de mando y control para gestionar la UAM de forma autónoma y construir infraestructura, vertipuertos e instalaciones para operar estas aeronaves.

Estas iniciativas reflejan el compromiso de los EAU con la innovación en el transporte aéreo urbano y su disposición a compartir su experiencia en certificación de infraestructura y capacitación de personal con otras autoridades que lo requieran.

7.1.2. Estado actual para Colombia

La Aeronáutica Civil ha desarrollado el Reglamento Aeronáutico Colombiano para la Operación de Sistemas de Aeronaves No Tripuladas UAS - RAC 100, el cual establece las reglas de operación para todo sistema de aeronave no tripulada (UAS) que sea utilizada en el territorio colombiano, estableciendo requisitos para:

- El registro de Sistemas de Aeronaves No Tripuladas UAS y equipos tecnológicos asociados.
- La obtención del certificado como explotador UAS.
- La obtención del certificado de idoneidad como piloto UAS.
- La obtención de la autorización de vuelo UAS por parte de un explotador UAS.

Igualmente, la norma RAC 100, menciona los tipos de operación de UAS y sus condiciones operacionales, estableciendo tres tipos de categorías: abierta, específica y certificada; sin embargo, para la categoría certificada no se establecen las condiciones de operación.

Adicional a la norma RAC 100, se identifican dos directivas vinculantes que amplían los requisitos de la norma actual en cuanto a infraestructura aeroportuaria y enlace C2; estas directivas vinculantes son:

- 100-MAUT-5.0-22-014 DI Directiva 03-23. Condiciones técnicas para dronpuertos en las operaciones UAS, la cual tiene como propósito proporcionar una guía de

implementación y las respectivas especificaciones técnicas a cumplir para el uso de dronpuertos en las operaciones UAS.

- 100-MAUT-5.0-22-016 DI Directiva 01-23. Criterios de Aceptación del Enlace C2 para explotadores UAS, cuyo propósito es servir como método mandatorio para cumplir los requerimientos técnicos y operacionales del enlace C2 en una operación de aviación no tripulada para garantizar una comunicación segura y fluida entre la estación de control en tierra y la aeronave no tripulada.

Estas dos directivas vinculantes podrán actualizarse según lo establecido por la OACI sobre el concepto UAM, ajustándolo a lo requerido en el ámbito operacional a nivel nacional y permitiendo una integración segura con la aviación civil.

7.1.3. Requerimientos / necesidades

Talento humano

- Un (1) Diseñador de procedimientos de vuelo, para el Grupo Diseño Procedimientos de Vuelo con el objetivo de realizar las respectivas evaluaciones y validaciones de los Servicios de Diseño de Procedimientos de Vuelo, diseñar rutas, áreas y procedimientos para UAS que se puedan armonizar con los procedimientos de vuelo convencionales ya existentes.
- Dos (2) Ingenieros Aeronáuticos para el Grupo de Drones y Movilidad Urbana Aérea (GDMUA) para desarrollar la normatividad asociada a la UAM.

Capacitaciones

OACI

- Unmanned Aviation Fundamentals (UAF)
- Unmanned Aircraft Systems Regulations (UASR)
- Competency and Licensing of UAS and VTOL Pilots
- Cumplimiento normativo OACI en la gestión operacional de los RPAS
- Second Advanced Air Mobility Symposium (AAM 2025 or 2026)

NASA

- Urban Air Mobility (UAM) - SimLabs
- Impact of Autonomous Ground Vehicles on Urban Air Mobility Operations
- Urban Air Mobility (UAM) Grand Challenge Industry Day
- eVTOL Passenger Experience
- High-Density Automated Vertiport Concept of Operations
- Vertiport Automation Software Architecture and Requirements
- UAM Vision Concept of Operations (ConOps) UAM Maturity Level (UML) 4

JARUS

- Gestión de Múltiples Operaciones Simultáneas de Vuelo UA MSO
- Uso de redes móviles para apoyar las operaciones de UAS
- Concepto de rendimiento C2 requerido (RLP)
- Consideraciones para la Automatización del Entorno del Espacio Aéreo
- ARUS CS-HAPS, Recomendaciones de aeronavegabilidad para HAPS

Tecnologías requeridas

- Una (1) licencia de un programa de diseño de procedimientos de vuelo (FPDAM) que sirva en la elaboración de cartas aeronáuticas, así como programas de apoyo como ARCGIS y Microstation.

Actualización de norma

- Actualizar el RAC 100 con conceptos, procedimientos y estándares UAM.
- Actualizar la Circular Informativa – Solicitud y expedición certificado validación técnica y operacional UAS.
- Generar la norma de mercancías peligrosas.
- Generar la norma de vigilancia (remote ID, Digital Flight Rules, Detect and Avoid).
- Genera la normatividad conexas derivada.
- Actualizar los RAC que tienen asociación directa con la temática de aviación no tripulada, tales como: RAC 4, 5, 14, 100, 119, 175 y 210, entre otros.
- En cuanto a las directivas de Condiciones Técnicas para Dronpuertos y Criterios de Aceptación del Enlace C2 para Explotadores UAS, se requiere realizar las respectivas actualizaciones, una vez sea incorporado el concepto UAM a la norma RAC 100 o en su defecto a las disposiciones que consideren para el caso.
- El concepto de UAM al no encontrarse incorporado en ninguna disposición actual, requiere de un estudio y análisis que permita establecer estándares para la integración segura, eficiente, ambientalmente sostenible de las operaciones, basado en referentes internacionales.
- Desarrollar estándares de seguridad para las operaciones de UAM que permitan garantizar el uso seguro del espacio aéreo por parte de los UAS/ RPAS y los eVTOL, incluyendo entre otros conceptos, que estén equipados con sensores confiables, sistemas para evitar colisiones y tecnologías de comunicación.
- Proyectar procedimientos y procesos de certificación para las aeronaves utilizadas en la UAM similares a los que se aplican a las aeronaves de aviación tripulada.
- Desarrollar estándares y procedimientos para la operación autónoma que integren soluciones para casos de aeronaves con fallas, mal tiempo o interferencias tecnológicas, entre otros aspectos.

7.2. Gestión del espacio aéreo

7.2.1. Estado actual internacional

Referentes internacionales: FAA, EASA y ANAC, entre otros (Normatividad, tecnología y gestión del espacio aéreo UAS/ RPAS)

La especificación ASTM WK85415, titulada como Nueva Especificación para la Interoperabilidad de los "Provider of Services for UAM" (PSU) en Movilidad Aérea Urbana (UAM)", tiene como objetivo definir los protocolos de interoperabilidad, la "Application Programming Interface" (API) y los requisitos funcionales para los sistemas de gestión de tráfico digital en el ámbito de la Movilidad Aérea Avanzada (AAM). Esta norma se enfoca principalmente en los Proveedores de Servicios para UAM (PSU) y en las funciones e interfaces necesarias para su operación eficiente. Además, busca aprovechar la infraestructura digital de gestión de tráfico establecida en el borrador de la norma de Gestión de Tráfico No Tripulado (UTM), adaptándola a las características únicas del dominio AAM, como puntos de referencia restringidos, volúmenes de espacio aéreo, y la integración con

vertipuertos y Sistemas de Gestión de Tráfico Aéreo (ATM) tradicionales. La norma también cubre aspectos clave como la planificación, coordinación y ejecución de vuelos según el Concepto de Operaciones (CONOPS) vigente en AAM, incluyendo la gestión de eventos contingentes específicos de UAM. Los requisitos de rendimiento se centran en garantizar una red de interoperabilidad segura y eficiente, abarcando la creación, modificación y eliminación de operaciones, el equilibrio entre demanda y capacidad, la definición y compartición de recursos, y el monitoreo de conformidad de las operaciones.

La Circular Asesora (AC) 90-105A proporciona orientación para que los operadores realicen operaciones de Navegación Basada en el Rendimiento (RNP) en el Sistema Nacional del Espacio Aéreo de EE.UU., así como en el espacio aéreo oceánico y remoto, y en países que adopten los estándares de la OACI. Cubre procedimientos de Aproximación RNP (RNP APCH), navegación vertical barométrica (baro-VNAV), y operaciones RNP en varias categorías, como RNP 1 (terminal), RNP 0.3 (para aeronaves de rotor), RNP 2 (operaciones domésticas y oceánicas), RNP 4 y RNP 10. Además, aborda el Rendimiento Avanzado RNP (A-RNP) y otras capacidades. Esta AC excluye los procedimientos que requieren autorización específica (RNP AR) y las aproximaciones instrumentales con o sin guía vertical, que se tratan en otras circulares.

La Administración Federal de Aviación (FAA), a través de su Oficina NextGen, lanzó la versión 1.0 del Concepto de Operaciones (ConOps) para la Movilidad Aérea Urbana (UAM) en junio de 2020, con el fin de describir un nuevo entorno operativo futuro. UAM es una parte de la Movilidad Aérea Avanzada (AAM), una iniciativa conjunta de la FAA, la NASA y la industria, que tiene como objetivo desarrollar un sistema de transporte aéreo para mover personas y carga entre ubicaciones urbanas, regionales y rurales utilizando aeronaves innovadoras y nuevas tecnologías. El enfoque de UAM está en las operaciones aéreas en áreas urbanas, con un entorno cooperativo de gestión del tráfico conocido como Gestión Extensible del Tráfico (xTM), que complementa los Servicios de Tráfico Aéreo (ATS). Aunque este concepto no es una política ni una descripción prescriptiva de la integración futura, plantea una visión evolutiva desde un entorno de baja densidad operativa hacia operaciones de alta densidad en áreas urbanas. El ConOps v2.0 continúa desarrollando esta visión e incorpora comentarios y resultados de investigaciones desde la versión inicial, aclarando elementos clave y ampliando las prácticas cooperativas operativas (COPs). Sin embargo, no prescribe soluciones específicas ni procedimientos operacionales detallados, sino que apoya la exploración y validación de conceptos para la evolución de las operaciones UAM a largo plazo.

La versión 2.0 del Concepto de Operaciones (ConOps) para la Movilidad Aérea Urbana no Tripulada (UAM) de Boeing describe cómo las operaciones de UAM sin tripulación pueden integrarse de manera segura en el Sistema Nacional del Espacio Aéreo (NAS) para finales de la década, y traza una ruta para el crecimiento escalable de la industria mediante el avance de conceptos que sentarán las bases para las Operaciones de Vuelo Automatizado (AFO). Este ConOps se centra en cuatro elementos clave: 1) el sistema UAM, que incluye las aeronaves y los elementos de control operativo en tierra; 2) el entorno operativo, abarcando el espacio aéreo, el sistema de gestión de tráfico, los vertipuertos, las reglas de vuelo y los procedimientos operacionales; 3) las operaciones normales, que describen el funcionamiento estándar de UAM; y 4) las operaciones de contingencia y emergencia, identificando los procedimientos específicos para situaciones no previstas en las operaciones UAM.

La cuarta edición del Concepto de Operaciones (ConOps) de U-Space fue motivada por la necesidad de armonizar el impacto de las regulaciones de la Unión Europea (UE). Desde la publicación del ConOps de la Edición 3 en 2019, se ha lanzado el marco regulatorio de U-Space, incluyendo los Reglamentos de Implementación de la UE 2021/664, 2021/665 y



2021/666, junto con los Medios Aceptables de Cumplimiento y Material de Orientación (AMC-GM). Este marco regula el espacio aéreo U-Space, abordando aspectos clave como la autoridad competente, los proveedores de servicios de información común y los operadores de UAS, así como otros aviadores, como se detalla en el reglamento 2021/666. Sin embargo, este marco no regula otros espacios aéreos, como el espacio aéreo controlado o zonas geográficas UAS fuera del U-Space. Los espacios aéreos Y y Z son volúmenes donde se utilizan servicios U-Space, que incluyen, pero no se limitan, a los regulados por las normas. El marco regulatorio de U-Space establece un conjunto mínimo de funciones para habilitar vuelos más allá de la línea de visión (BVLOS) en escenarios de baja densidad. Esta versión íntegra y alinea los términos y el alcance de las regulaciones mencionadas.

7.2.2. Estado actual para Colombia

Normatividad y tecnología relacionadas con la gestión del espacio aéreo UAS/RPAS

Actualmente, se cuenta con el RAC 100, que especifica los tipos de operación, las zonas de vuelo y no vuelo, el geofencing estático, y las condiciones del enlace C2 (comando y control). Adicionalmente, existe el RAC 211, que regula todo lo relacionado con la distribución, clasificación, atención y vigilancia del espacio aéreo colombiano. Sin embargo, ninguno de estos reglamentos aborda de manera detallada los requisitos relacionados con los sistemas de Comunicación, Navegación y Vigilancia (CNS) ni los aspectos clave de la gestión del tráfico aéreo en sus fases estratégica, pre-táctica y táctica.

Para garantizar un control integral y seguro de las operaciones aéreas, es fundamental complementar los marcos normativos actuales con directrices específicas sobre CNS, que aseguren la interoperabilidad y continuidad de las comunicaciones. Además, es necesario desarrollar una estructura clara para la gestión del tráfico aéreo que contemple no solo la planificación estratégica a largo plazo, sino también la capacidad de respuesta en fases pre-tácticas y tácticas, lo que permitiría una adecuada coordinación de los actores involucrados y una mejora en la eficiencia operativa del espacio aéreo.

Estos aspectos son críticos para enfrentar los desafíos que presenta el crecimiento del tráfico aéreo, incluyendo nuevas tecnologías y las aeronaves no tripuladas (UAS/RPAS), que requieren un enfoque más dinámico y flexible en la gestión del espacio aéreo.

Actualmente la entidad se encuentra desarrollando el Concepto de Operaciones (CONOPS) del Sistema de Gestión de Tráfico Aéreo de Aeronaves no Tripuladas (Unmanned Aircraft System Traffic Management, UTM) para la administración eficiente del espacio aéreo nacional basado en herramientas tecnológicas.

De igual manera, en cumplimiento con la normatividad vigente la Dirección de Operaciones de Navegación Aérea (DONA) ha realizado el análisis de las solicitudes de autorización de vuelo que han sido presentadas por los usuarios del sector de la aviación no tripulada, autorizando o negando los requerimientos según el cumplimiento de los parámetros establecidos en los Reglamentos Aeronáuticos Colombianos y la Guía para la Solicitud de Autorización de Vuelo UAS.

Para la vigencia 2024, según los datos suministrados por la DONA, a corte 30 de noviembre de 2024, se han analizado 1593 solicitudes de autorización de vuelo para los distintos tipos de operación enmarcados en el RAC 100.

A continuación, se relaciona la figura que permite evidenciar las solicitudes de autorización de vuelo entre el 2017 y el 2024:

Solicitudes de autorización de vuelo recibidas

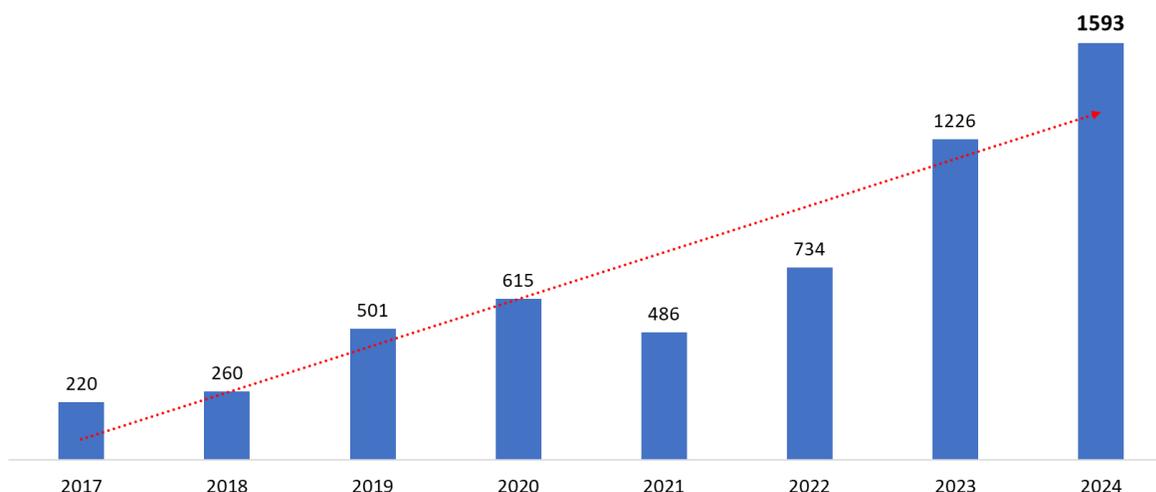


Figura 4. Solicitudes de autorización de vuelo (30 noviembre 2024)

7.2.3. Requerimientos / necesidades

Talento Humano

- Dos (2) Ingenieros Aeronáuticos especializados en sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) con experiencia en gestión del espacio aéreo.
- Un (1) analista de datos, Ingeniero Aeronáutico con experiencia en análisis de tráfico aéreo y performance.

Capacitaciones

- Entrenar a los operadores y gestores en el uso de sistemas UTM para la gestión automatizada del tráfico aéreo, con especial enfoque en la coordinación con sistemas ATM para la gestión conjunta de aeronaves tripuladas y no tripuladas.
- Capacitar a los operadores en la gestión eficiente de los corredores UAM, asegurando la correcta aplicación de los procedimientos SID, STAR, MAP y RNP AR para evitar conflictos y mantener la seguridad operacional.
- Entrenar en el uso de sistemas automatizados de gestión del tráfico, supervisión en tiempo real, y detección de fallos técnicos o meteorológicos.
- Realizar simulaciones y entrenamientos sobre la gestión de emergencias, incluidas situaciones de aproximaciones frustradas, fallos en ruta, o cambios imprevistos en las rutas de vuelo.
- Capacitar al personal en el uso de sistemas CNS y su integración con ATM y UTM, para asegurar la operatividad sin interrupciones en los corredores UAM.
- Formar a los gestores de vertipuertos (VM) en la administración de superficies controladas, la coordinación de recursos en vertipuertos y la interacción con ATC para garantizar la seguridad operativa.
- Entrenar a los TSP en la planificación dinámica de rutas, gestión de la demanda y capacidad en los vertipuertos, y la coordinación en tiempo real con los sistemas UTM y ATM.
- Preparar a los equipos de emergencia en la respuesta rápida ante incidentes en los vertipuertos o durante el vuelo, incluyendo el manejo de aproximaciones frustradas y desvíos a vertipuertos alternativos.

- Capacitar y asegurar que el personal esté preparado para gestionar los riesgos en tiempo real utilizando sistemas automatizados de monitoreo y control del tráfico aéreo en UAM.
- Capacitar en gestión del espacio aéreo en escenarios mixtos (aeronaves tripuladas y no tripuladas).

Tecnologías requeridas

- Incorporar sistemas avanzados de CNS para soportar la navegación precisa en rutas tridimensionales, permitiendo la correcta implementación de procedimientos SID, STAR, MAP y RNP AR.
- Implementar soluciones de Ciberseguridad para garantizar operaciones seguras y evitar riesgos asociados a accesos no autorizados, fallas críticas o amenazas externas.
- Equipar los vertipuertos con tecnología de navegación avanzada que guíe en tiempo real a las aeronaves eVTOL durante despegues y aterrizajes, asegurando una transición segura hacia y desde los corredores UAM.
- Implementar sistemas de separación avanzada como V2V (Vehicle-to-Vehicle).
- Implementar tecnologías que permitan a las aeronaves compartir datos en tiempo real y ajustar trayectorias sin intervención humana.
- Desarrollar sistemas C2 (Command and Control) robustos con baja latencia que garanticen el monitoreo continuo del tráfico aéreo y el intercambio de información entre aeronaves y centros de control.
- Adquirir equipos de cómputo con capacidad para simulación de tráfico aéreo y diseño de rutas tridimensionales. Estos equipos son esenciales para desarrollar y probar en entornos simulados los corredores aéreos y procedimientos UAM antes de su implementación real. Permiten realizar simulaciones detalladas de tráfico y capacidad aérea.
- Adquirir software especializado en simulación de tráfico aéreo, diseño de procedimientos (SID, STAR, MAP, RNP AR), y análisis de capacidad. El software permitirá a los ingenieros realizar simulaciones avanzadas de tráfico aéreo y gestionar rutas complejas que optimicen el uso del espacio aéreo, integrando sistemas automatizados como UTM y ATM.

Actualización de norma

- Definir procedimientos de vuelo visual (VFR) y vuelo instrumental (IFR) adaptados a las condiciones urbanas para garantizar la seguridad operativa en aeronaves eVTOL.
- Implementar procedimientos SID (Salidas Estándar por Instrumentos) y STAR (Llegadas Estándar por Instrumentos), asegurando que las aeronaves sigan rutas predefinidas de despegue y aproximación hacia y desde los vertipuertos, optimizando la separación y el uso del espacio aéreo.
- Desarrollar procedimientos MAP (Aproximaciones Frustradas) para garantizar que, en caso de fallos durante el aterrizaje, las aeronaves puedan ejecutar maniobras seguras y aterrizar en vertipuertos alternativos.
- Rutas RNP y Autorización RNP AR: Implementar rutas de navegación basada en el rendimiento (RNP) y exigir autorizaciones específicas (RNP AR) en áreas críticas, como zonas urbanas y aeropuertos, donde la precisión en la navegación es esencial para gestionar el tráfico aéreo denso.
- Automatizar la gestión del tráfico aéreo (ATC) mediante la integración con UTM (Unmanned Traffic Management), reduciendo la intervención directa en áreas con alta densidad operativa.
- Establecer regulaciones que permitan a las aeronaves operar en todos los tipos de espacios aéreos controlados y no controlados (G, E, D, C y B).



- Asegurar la correcta integración entre los sistemas CNS (Comunicación, Navegación y Vigilancia) y ATM (Gestión del Tráfico Aéreo) para una gestión segura y fluida en espacios aéreos compartidos.

UTM (Unmanned Traffic Management)

- Implementar un sistema UTM que gestione de forma automatizada y eficiente las operaciones UAM, minimizando la intervención del ATC y mejorando el flujo del tráfico aéreo en áreas densamente pobladas.
- Integrar el UTM con el ATM para garantizar la seguridad de las operaciones en espacios aéreos mixtos (controlados y no controlados), con una interoperabilidad fluida entre aeronaves tripuladas y no tripuladas para supervisar y coordinar la separación estratégica y táctica en los corredores UAM, evitando interferencias y colisiones.
- Establecer modos de operación que permitan una transición gradual a una gestión totalmente autónoma del tráfico aéreo, aumentando la capacidad y eficiencia de los corredores UAM.

Corredores y procedimientos

- Implementar rutas tridimensionales que combinen trayectorias horizontales y verticales, optimizando el uso del espacio aéreo y permitiendo una separación eficiente entre aeronaves eVTOL.
- Diseñar vertipuertos con áreas FATO (Final Approach and Take-Off Area) que permitan maniobras verticales seguras y que cumplan con las regulaciones de diseño y operación.
- Desarrollar procedimientos SID, STAR, MAP y RNP AR para garantizar el flujo seguro y eficiente de aeronaves dentro y fuera de los corredores UAM, asegurando la correcta aproximación, despegue y gestión de emergencias.
- Garantizar la interoperabilidad de las aeronaves UAM con aeronaves tripuladas en puntos de entrada y salida (CEP), gestionando la transición entre espacios aéreos controlados y no controlados.

7.3. Infraestructura aeronáutica, servicios y medio ambiente

7.3.1. Estado actual internacional

La FAA¹, en septiembre de 2022, publicó los estándares de diseño de vertipuertos para respaldar la integración segura de la Movilidad Aérea Avanzada (AAM), en los cuales, indican que los departamentos estatales de transporte, comisiones aeronáuticas o autoridades similares requieren aprobación previa y en algunos casos, una licencia o permiso para establecer y operar instalaciones de aterrizaje. Adicionalmente, se menciona que varias comunidades locales han promulgado ordenanzas de zonificación, códigos de construcción e incendios y requisitos de permisos de uso condicional que pueden afectar el establecimiento y la operación de las instalaciones de aterrizaje. Algunas comunidades han desarrollado códigos u ordenanzas que regulan problemas ambientales como el ruido y la contaminación del aire. Por lo tanto, los interesados en establecer un vertipuerto de uso público o privado deben coordinar con: funcionarios locales o agencias que representan a la junta local de zonificación, el departamento de bomberos, policía o alguacil; y las partes interesadas que representan la zona donde se ubicará el vertipuerto.

¹ FAA. (2022). Engineering Brief No. 105, Vertiport Design. [Engineering Brief No. 105, Vertiport Design, 21 September 2022 \(faa.gov\)](https://www.faa.gov/eng/engbrief/engbrief105/)

Por otro lado, de acuerdo con el artículo de revisión sistemática de publicaciones científicas y regulaciones para el diseño y operación de vertipuertos², los impactos ambientales y el ruido se identifican como desafíos clave y serán aspectos importantes para tener en cuenta al desarrollar las futuras directrices de diseño de vertipuertos.

De igual forma, en concordancia con el artículo del Foro de Aviación de la AIAA (Instituto Americano de Aeronáutica y Astronáutica)³, en materia ambiental en los Estados Unidos, la Ley Nacional de Política Pública Ambiental (NEPA) exige que las agencias federales evalúen los efectos ambientales de sus propuestas de construcción de infraestructura como vertipuertos, teniendo en cuenta niveles de ruido y emisiones. Para esto, es fundamental realizar estudios de impacto ambiental para determinar la ubicación y operación de este tipo de infraestructura, teniendo en cuenta la normatividad local de los diferentes estados.

Igualmente, la EASA⁴, en marzo de 2022, publicó las especificaciones técnicas de diseño de prototipos para vertipuertos, donde ofrecen una orientación a planificadores urbanos y tomadores de decisiones locales, para permitir el diseño seguro de vertipuertos que sirvan a los nuevos tipos de aeronaves como los "eVTOL", de los cuales, varios fabricantes de esta tecnología se encuentran en etapas de desarrollo avanzadas.

En el Reino Unido, la Autoridad de Aviación Civil del Reino Unido, publicó el CAP 2538⁵ sobre las consideraciones para aeródromos y vertipuertos que planean operar aeronaves tipo "VTOL", en el cual se presentan requerimientos clave para los operadores VTOL y los OEM (Original Equipment Manufacturer) sobre consideraciones ambientales donde solicitan compartir datos de ruido y emisiones para así comprender los impactos del ruido, la luz y la vibración en un área local.

Con relación a los vertipuertos, consideran necesario involucrar a especialistas en salud ambiental para comprender los impactos del ruido, la luz y la vibración en un área local. Esto debe basarse en las estimaciones del recuento de vuelos de VTOL. Así mismo, consideran la posibilidad de exigir una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) a los operadores de VTOL con la participación de la autoridad de planificación local y extender el alcance de la evaluación. Esto puede incluir la evaluación del impacto del desarrollo de la biodiversidad, la calidad del agua, el riesgo alimentario y la vida silvestre, incluidas las especies protegidas, entre otras.

Respecto a los desarrolladores de aeródromos y vertipuertos, este documento requiere que los procesos de planificación espacial de los desarrolladores de vertipuertos y aeródromos deben familiarizarse para identificar cómo pueden involucrarse. El éxito de muchas propuestas de desarrollo depende de una colaboración exhaustiva y positiva entre los desarrolladores y las autoridades locales de planificación. Las partes interesadas clave de la industria de AAM (Advanced Air Mobility) deben comprometerse con las autoridades de planificación locales desde el principio para identificar las limitaciones de los sitios.

En referencia a las comunidades, este documento menciona la necesidad de trabajar con las partes interesadas de la industria, el gobierno local y las autoridades de planificación para minimizar la contaminación acústica y visual, principalmente en los vuelos de baja altura.

² Schweiger, K., & Preis, L. (2022). Urban Air Mobility: Systematic Review of scientific publications and Regulations for Vertiport design and Operations. Drones, 6(7), 179. <https://doi.org/10.3390/drones6070179>

³ Mendonca, N., Murphy, J. R., Patterson, M. D., Alexander, R., Juárez, G., & Harper, C. (2022). Advanced Air Mobility Vertiport Considerations: A List and Overview. NASA Technical Reports Server (NTRS). <https://ntrs.nasa.gov/citations/20220007100>

⁴ EASA, (2022). Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category (PTS-VPT-DSN). [Prototype Technical Design Specifications for Vertiports | EASA \(europa.eu\)](https://www.easa.europa.eu/en/vertiports)

⁵ CAA. (2023). Considerations for Aerodromes and Vertiports planning to operate Vertical Take-off and Landing Aircraft (VTOL). [CAP 2538 Aerodromes and Vertiports considerations \(caa.co.uk\)](https://www.caa.co.uk/cap2538)

Los niveles de ruido, la calidad del aire y las emisiones se consideran en el proceso de cambio del espacio aéreo, pero es necesario tener en cuenta también la privacidad de la comunidad. Esto incluye el diseño de rutas de aproximación y salida alejadas de las zonas residenciales y la consideración del impacto de las operaciones nocturnas, por ejemplo.

Finalmente, en mayo de 2024, el Ente Nacional para la Aviación Civil de Italia (ENAC), emitió el reglamento con los requisitos para operaciones e infraestructura para aeronaves con Capacidad de Despegue y Aterrizaje Vertical (VCA)⁶, en el cual indica que el operador del vertipuerto debe elaborar un estudio sobre la interacción entre dicha infraestructura y el territorio. El estudio tiene como objetivo analizar los impactos sobre el entorno de la infraestructura y sus operaciones e incluirá, al menos, las siguientes evaluaciones:

- Impacto en las características morfológicas y geotopográficas.
- Impacto ambiental.
- Efectos socioeconómicos.
- Integración multimodal.

Adicionalmente, en relación con la reducción del peligro por fauna, el reglamento menciona que, si el vertipuerto se encuentra dentro de un recinto aeroportuario, con el fin de reducir el riesgo de impacto del VCA con la fauna, el operador del vertipuerto adoptará las medidas ya existentes para el aeropuerto en coordinación con el operador aeroportuario. En caso de que el vertipuerto se encuentre por fuera de un recinto aeroportuario, el gestor del vertipuerto elaborará e incluirá en su manual, procedimientos adecuados para minimizar el riesgo de impacto del VCA sobre la fauna silvestre.

7.3.2. Estado actual para Colombia

Como prestador de los servicios aeroportuarios se busca proveer, verificar, controlar y brindar los servicios requeridos para una correcta operación, enmarcados en los Reglamentos Aeronáuticos RAC 100, RAC 14, RAC 160, RAC 219 con la finalidad de mejorar la conectividad y movilidad con los mínimos estándares en la seguridad operacional aplicados a la aviación no tripulada. Así mismo, es necesario considerar la Resolución 627 de 2006, por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.

7.3.3. Requerimientos / necesidades

Talento humano

- Dos (2) personas designadas por la Dirección de Operaciones Aeroportuarias que posean formación en servicios aeroportuarios, logística aeronáutica y conocimientos en aviación no tripulada.
- Se requieren grupos interdisciplinarios que realicen los estudios de impacto ambiental, los cuales se pueden contratar por medio de una consultoría externa, cuya cantidad de personal dependerá de la magnitud del proyecto.
- Dos (2) profesionales ambientales especializados en ruido ambiental.

Capacitaciones

⁶ ENAC. (2024). Regolamento "Requisiti nazionali per le operazioni, lo spazio aereo e le infrastrutture per gli aeromobili con capacità di decollo e atterraggio verticale (VCA)". [Regolamento Criteri nazionali per VCA Ed.1 rev.0 \(1\).pdf \(enac.gov.it\)](#)

- Capacitación en operaciones de UAS, gestión ambiental y control fauna, UAM, control del ruido aeronáutico y vertipuertos, entre otros.
- Asistencia y participación en capacitaciones internacionales, eventos nacionales e internacionales, conferencias, congresos y asistencia a eventos especializados.

Tecnologías requeridas

- Es necesario tener en cuenta el suministro de energía, el cual deberá cumplir con estándares de tecnologías limpias con principios de sostenibilidad y que garanticen adicionalmente, la prestación del servicio.

Actualización de norma

- Se requieren términos de referencia, que emite la autoridad ambiental competente para la elaboración y ejecución de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) los cuales van a permitir identificar los impactos asociados a la actividad de vertipuertos. Para lo cual, se deberá realizar la solicitud a la autoridad ambiental competente.
- Elevar la consulta al Ministerio de Ambiente, para saber si las aeronaves empleadas para los servicios de Movilidad Aérea Urbana (UAM) así como los vertipuertos, quedarán dentro del alcance de la resolución 627 de 2006, en materia de ruido ambiental.
- La Secretaria de Autoridad Aeronáutica - Dirección de Autoridad a la Seguridad de Aviación Civil, debe revisar e iniciar la modificación e inclusión de información de UAS con respecto a vertipuertos en el RAC 160 y anexos, generando modificación en la normatividad colombiana, ya que en la actualidad no se presenta información del tema en los reglamentos aeronáuticos.

7.4. Seguridad operacional

7.4.1. Estado actual internacional

El Anexo 19 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), está dedicado a establecer las Normas y Métodos Recomendados (SARPs) para la Gestión de la Seguridad Operacional (Safety Management Systems, SMS), el cual tiene como objetivo consolidar y estandarizar los requisitos relacionados con la gestión de la seguridad operacional, facilitando una implementación uniforme entre los Estados miembros, promoviendo así un entorno más seguro y eficiente para la aviación internacional.

7.4.2. Estado actual para Colombia

Dentro del alcance de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, se debe contemplar lo correspondiente al RAC 160 Seguridad de la Aviación Civil y RAC-219 Gestión de Seguridad Operacional, en su Enmienda 2, de abril 2024, que incluye a los explotadores de Sistemas de Aeronaves no Tripuladas – UAS como proveedores de servicios a la aviación civil, con la obligatoriedad de implementar y mantener un Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (SMS) que evidencie:

- La identificación de los peligros de seguridad operacional.
- El aseguramiento de la seguridad operacional con acciones de medidas correctivas necesarias para mantener un nivel aceptable de seguridad operacional.

- La proyección de actividades de supervisión y evaluación periódica del nivel de seguridad operacional logrado.
- Planes de mejoramiento continuo en seguridad operacional.

Por parte de la Secretaria de Autoridad Aeronáutica de la Aerocivil, se cuenta desde el año 2022, con el estado aceptado del Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS) para el proveedor de Servicios de Navegación Aérea (SNA). Este logro ha permitido disponer de información clave para asesorar a la alta dirección mediante la presentación de reportes que integran los SNA con las operaciones de aviación no tripulada. En el Sistema de Notificación de Seguridad Operacional (SNSO) del Grupo SMS/SeMS, se han registrado, hasta septiembre de 2024, los siguientes reportes desde la implementación del sistema:

Año 2022: 02 reportes.

Año 2023: 12 reportes.

Año 2024: 06 reportes.

Así mismo, en mayo de 2024, fue aprobada la versión 01 de la Directiva 02-24 Reporte De Eventos De Seguridad Operacional, la cual establece la definición y el listado de los reportes obligatorios de eventos de seguridad operacional y el procedimiento para su notificación ante la Aerocivil, de conformidad con lo dispuesto en el Anexo 19 de la OACI, la cual incluye los reportes obligatorios de eventos referidos a Aeronaves No Tripuladas (UAS/RPAS).

Por otra parte, para adelantar la evaluación de los riesgos operacionales se utiliza la metodología "Specific Operations Risk Assessment" (SORA), propuesta por "Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems" (JARUS) como herramienta clave para la evaluación de riesgos específicos de las operaciones de aeronaves no tripuladas, permitiendo a los operadores y autoridades evaluar el nivel de riesgo de una operación de UAS y determinando las medidas de mitigación necesarias.

Finalmente, Colombia es uno de los 3 países que ha logrado la aceptación e implementación del sistema de seguridad operacional SMS del proveedor de servicios a la navegación aérea, donde también se encuentra en curso el proyecto de acuerdo de cooperación técnica entre la Organización Civil de Proveedores de Servicios de Navegación Aérea (CANSO) y la Aeronáutica Civil para alcanzar un nivel de madurez operativo para los años 2025-2026.

7.4.3. Requerimientos / necesidades

Talento humano

- Un (1) oficial de seguridad operacional SMS con experiencia en los servicios a la navegación aérea y conocimientos de aviación no tripulada.

Capacitaciones

- Factores humanos aplicados a aviación no tripulada.
- Ciberseguridad aplicada a aviación no tripulada.
- Programa de promoción de la cultura de seguridad operacional en aviación no tripulada, enfocado en los usuarios internos y externos.

Tecnologías requeridas

- Sistemas de alerta y posicionamiento de potenciales amenazas de aeronaves no tripuladas en aeródromos.

Actualización de norma

- Generación de procedimientos ante la incursión de aeronaves no tripuladas en aeródromos.

7.5. Cultura aeronáutica

7.5.1. Estado actual para Colombia

Con el propósito de fomentar la cultura aeronáutica en torno a la aviación no tripulada, la Aeronáutica Civil ha desarrollado una estrategia enfocada a la profesionalización del sector, divulgación de la información e integración de los diferentes actores como parte de la articulación requerida entre el Estado, la industria, la academia y la sociedad.

Por lo anterior, es importante destacar las siguientes actividades realizadas:

Capacitación:

En coordinación con la Oficina Asesora de Comunicaciones y Relacionamento Institucional (OACRI), se gestionaron para el equipo de trabajo de aviación no tripulada de la Aerocivil, las siguientes capacitaciones:

- Course on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) - ICAO para Aerocivil, dictado por la European Union Aviation Safety Agency (EASA), el 29 y 30 de marzo del 2023 y culminado por 11 participantes.
- Course on UAS-SPEC - ICAO para Aerocivil, dictado por la EASA del 20 al 24 de noviembre del 2023 y culminado por 23 participantes.

En complemento a lo anterior, se coordinaron reuniones en temáticas especializadas por parte de la Federal Aviation Agency (FAA) con el propósito de actualizar al personal involucrado en la gestión administrativa y operativa de la aviación no tripulada. Es de resaltar que Brasil y Colombia son los únicos países de Suramérica que participan en la "FAA UAS & AAM International Integration Research Roundtable", que se desarrolla cada dos meses y en la cual la Aeronáutica Civil participa desde septiembre del 2023. Las temáticas abordadas han sido:

Año 2023:

- Julio: AAM, regulación y operaciones BVLOS.
- Septiembre: perspectiva estratégica y camino a seguir para la investigación transversal que permita operaciones emergentes de UAS y AAM.
- Octubre: operación de UAS en aeropuertos y zonas de seguridad aeroportuaria.
- Diciembre: operaciones BVLOS.

Año 2024:

- Febrero: UTM (UAS Traffic Management).
- Abril: Detect and Avoid (DAA): retos y oportunidades.
- Junio: Certificación escalable de UAS y AAM.
- Agosto: Digital Flight Rules (DFRs).

- Octubre: Perspectiva estratégica y camino a seguir para la investigación transversal que permita operaciones emergentes de UAS y AAM.
- Diciembre: Definición de automatización vs autonomía para UAS y AAM.

Reuniones de orientación:

Teniendo en cuenta la entrada en vigor del RAC 100, la entidad ha realizado una serie de reuniones enfocadas al sector de aviación no tripulada con el propósito de guiar a los usuarios y diferentes partes interesadas sobre los procesos que deben tener en cuenta para dar cumplimiento a la regulación vigente. Es importante resaltar la orientación brindada a entidades públicas y privadas como:

- | | |
|--|---|
| • Presidencia de la República | • Tecnidrones |
| • AAAES | • AUTEL Robotics |
| • Policía Nacional | • Cruz Verde |
| • Fiscalía General de la Nación | • Drone Nerds |
| • INDUMIL | • WIN Sports |
| • DIMAR | • Revista Semana |
| • INPEC | • Delta Force |
| • ECOPETROL | • ITEC |
| • Servicio Geológico Colombiano | • Pirotécnicos El Vaquero |
| • EPM | • UAV Masters |
| • CENIT | • PYKA |
| • ODL | • VARON |
| • HOCOL | • World UAV Federation |
| • SierraCol | • Gealegal |
| • Embajada Británica | • SECURITAS |
| • Superintendencia de Vigilancia y Seguridad Privada | • SEVIN |
| • Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios | • Clústeres Aeronáuticos |
| • Metro de Bogotá | • ORKID |
| • Consejo Colombiano de Seguridad | • OPAIN |
| • CIAC | • Red de Salud Ladera E.S.E. |
| • Glencore | • Archer Aviation Inc. |
| • Federación Colombiana de Fútbol | • Tecnidrones |
| • Establecimiento Público Aeropuerto Olaya Herrera | • Uniminuto |
| • ACRE | • Revista semana |
| • Xenital | • Caracol Televisión |
| • E-Hang | • BANSAT |
| • DJI | • Secretaria de medio ambiente (Bogotá) |
| | • GUARDIAN RF |
| | • ACOPAER |

Eventos internacionales:

Con la finalidad de actualizar al personal de la entidad encargado de la toma de decisiones relacionadas con la gestión normativa, administrativa, operativa y de seguridad de la aviación no tripulada, funcionarios de la Aerocivil, pertenecientes a diferentes dependencias como la Subdirección General, la Secretaría de Autoridad Aeronáutica, la Secretaría de Servicios a la Navegación Aérea, y la Oficina de Analítica

han participado eventos aeronáuticos especializados internacionales, destacándose los siguientes:

- Taller Regional eVTOL (Lima, Perú) - 2023.
- Korean Drone UAM Expo (Incheon, Corea) - 2023.
- Elevate UAV Summit, (Miami, EE.UU.) - 2023.
- FAA Drone Symposium – Advanced Air Mobility Summit (Baltimore, EE.UU.) - 2023.
- I Jornada Internacional de Seguridad Operacional de Aviación No Tripulada (Quito, Ecuador) - 2023.
- Commercial UAV EXPO (Las Vegas, EE.UU.) - 2023.
- Vigésima Reunión del Panel de Expertos en Aeronavegabilidad de Aeronaves (Lima, Perú) - 2023.
- Foro Drone Delivery (Quito, Ecuador) - 2023.
- Expo Internacional Drone Tech (Lima, Perú) - 2023.
- European Rotors (Madrid, España) - 2023.
- Drone Enable (Montreal, Canadá) - 2023.
- Airspace World (Ginebra, Suiza) - 2024.
- Drone Show Robotics y II Foro Expo eVTOL (Sao Paulo, Brasil) - 2024.
- FAA Drone & AAM Symposium (Baltimore, EE.UU.) - 2024.
- IACO's First AAM Symposium (Montreal, Canadá) - 2024.
- Webinar Instituto Nacional De Aeronáutica Civil Venezuela (Virtual) - 2024.
- Webinar Asociación de Pilotos de Aeronaves No Tripuladas de Chile (APANT) - TECNODRONES (Virtual) - 2024.

Eventos nacionales:

A nivel nacional, la entidad ha participado en diferentes escenarios con la finalidad de promover la cultura aeronáutica de aviación no tripulada, dar a conocer los avances normativos e informar sobre las diferentes gestiones de la Aerocivil. Cabe destacar la participación en los siguientes eventos:

Evento	Ubicación	Año
Women Drone Nerds	Bogotá	2023
Workshop "Los servicios UTM como solución tecnológica para la administración de la Aviación No Tripulada"	Virtual	2023
F-AIR / F-Drone	Rionegro	2023
Seminario de Factores Humanos Aerocivil	Bogotá	2023
Drone Summit	Medellín	2023
Seminario de Seguridad Operacional Aerocivil	Bogotá	2023
Workshop AUTEL Robotics	Medellín	2024
Seminario Consejo Colombiano de Seguridad	Bogotá	2024
Séptimo Congreso Integrado de Logística, Zonas Francas y Puertos	Cartagena	2024
Webinar AAAES Seguridad Aeroportuaria	Virtual	2024
Conversatorio RAC 100	Bogotá	2024
Feria de la Industria Aeroespacial Colombiana – FIAC	Madrid	2024
Webinar PONAL Sistemas Antidron	Virtual	2024

Seminario de Investigación de Accidentes	Rionegro	2024
Seminario de Factores Humanos	Bogotá	2024
Congreso de Ingeniería Agrícola UNAL	Bogotá	2024
Seminario de Seguridad Operacional AIRPLAN	Medellín	2024
Simposio SMS UAS	Bogotá	2024
Evento de Divulgación Tecnológica SENA Ibagué	Virtual	2024
E-IDEA / F-Drone en el marco de la FIB	Bogotá	2024
Conferencia Aviación No Tripulada y Sistemas Antidron - Escuela de Policía en Seguridad y Protección - ESPRO	Bogotá	2024
Seminario de Factores Humanos Aerocivil	Bogotá	2024
Congreso nacional de innovación industria aeronáutica - Tercer encuentro del sector aeroespacial COCSA	Armenia	2024
CADA Aviation Summit	Cali	2024
Primer Aerofest de Boyacá	Paipa	2024

Tabla 1. Participación de Aerocivil en eventos nacionales

Estadísticas:

La Aeronáutica Civil publica de manera mensual, en la página web de la entidad, la recopilación de la información estadística que permite a la comunidad en general acceder a los datos relacionados con los procesos de registro y gestión de los CIAC a cargo del Grupo de Drones y Movilidad Urbana Aérea (GDMUA) y el proceso operativo a cargo de la Dirección de Operaciones de Navegación Aérea (DONA)⁷.

Lo anterior, con la finalidad de incentivar a la industria, la academia y los usuarios en general a dar cumplimiento a la normatividad vigente, presentando el crecimiento del sector y la proyección que tiene para el país.

7.5.2. Requerimientos / necesidades

Talento humano

- Fortalecer el proceso de comunicaciones de la entidad mediante la designación de personal dedicado exclusivamente a la creación e implementación de la estrategia de comunicaciones de aviación no tripulada en coordinación con las Secretarías Aeronáuticas y demás dependencias involucradas en el proceso.

Otros requerimientos

- Incrementar la interacción con las diferentes partes interesadas del sector a través de la participación de la entidad en diferentes escenarios nacionales e internacionales que permitan la promoción de la cultura aeronáutica de aviación no tripulada.
- A nivel de entidad incrementar la difusión de la información relacionada con la aviación no tripulada, principalmente a nivel de las Regionales Aeronáuticas y a través del monitoreo de la industria.

⁷ Estadísticas aviación no tripulada, noviembre 2024, Aeronáutica Civil de Colombia. https://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/biblioteca-tecnica/estadisticaUAS/Estad%3%adsticas_UA_Noviembre_2024.pdf

- Promover la capacitación del personal involucrado en los procesos administrativos y operativos de la aviación no tripulada a nivel de la entidad.
- Socializar la información relacionada con aviación no tripulada a las diferentes entidades públicas y privadas, y al público en general con el propósito de promover la integración del sector.

7.6. Gestión del cambio

7.6.1. Estado actual para Colombia

Actualmente, la Oficina de Gestión de Proyectos (OGP) se encuentra estructurando una consultoría cuyo objetivo es el diagnóstico y la formulación de un plan estratégico aeroportuario para la aviación general en Colombia. Esta consultoría incluirá, como parte de su alcance, un análisis sobre la implementación de la Movilidad Aérea Urbana (UAM) en el país, tomando como punto de partida el diagnóstico de los aeropuertos administrados por la Aeronáutica Civil. La consultoría está proyectada para desarrollarse durante 12 meses en el año 2025, para tener resultados aproximadamente a inicios de 2026.

Para el desarrollo de este proyecto se han establecido inicialmente los siguientes alcances:

- Identificar aeropuertos potenciales dedicados a la aviación general.
- Evaluar capacidades de infraestructura, operación, seguridad y vocación aeronáutica.
- Optimizar la conectividad y eficiencia operativa.
- Articular con planes maestros aeroportuarios y esquemas de planificación aeroportuaria.
- Integrar la aviación general con la red intermodal de transporte.
- Integrar tecnologías emergentes como UAS, RPAS, UTM, UAM, AAM, entre otras, dentro del ecosistema de la aviación general.
- El proyecto contempla la elaboración del plan estratégico completo para la aviación general en Colombia, enfocado en identificar las características de los aeropuertos y mejorar la conectividad, eficiencia y seguridad.

Adicionalmente, la consultoría incluye el análisis de los 69 aeropuertos que conforman la red aeroportuaria de propiedad de la Aerocivil, así como de los aeropuertos pertenecientes a municipios, departamentos y otras entidades territoriales, que en conjunto conforman la Red de Aeropuertos para los Servicios Esenciales (ASAES). Este análisis buscará identificar nuevas alternativas y oportunidades dentro de la red aeroportuaria nacional.

7.6.2. Requerimientos / necesidades

Para el desarrollo de la Movilidad Aérea Urbana (UAM) se requiere incluir en la reglamentación y en la planificación aeroportuaria y territorial los alcances necesarios para el desarrollo y operación de las nuevas tecnologías de aviación no tripulada. Esto implica adelantar las gestiones pertinentes para garantizar la destinación presupuestal

desde las fases iniciales de planeación, lo cual puede incluir la estructuración y desarrollo de consultorías especializadas.

Adicionalmente, es fundamental realizar procesos de socialización y sensibilización con las comunidades, así como garantizar la capacitación del talento humano necesario para operar estas nuevas tecnologías. De igual manera, se debe asegurar que la implementación del proyecto sea sostenible en términos sociales, ambientales, económicos y técnicos, considerando su impacto integral en el entorno y su viabilidad a largo plazo.

8. Proyecto UAM Medellín

En concordancia con los objetivos estratégicos de la Aeronáutica Civil, el Plan de Trabajo de Aviación no Tripulada para Colombia y el Convenio Interadministrativo No. 23000739 H3 de 2023 celebrado entre la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil y el Establecimiento Público Aeropuerto Olaya Herrera, se pretende aunar esfuerzos que permitan la realización del análisis, los estudios y la propuesta de estrategias y actividades para el desarrollo en el corto, mediano y largo plazo de la Movilidad Aérea Urbana (UAM).

De acuerdo con lo anterior, se ha realizado un trabajo colaborativo entre las dos entidades para proponer la hoja de ruta inicial que permita cumplir con el alcance del convenio en pro del desarrollo de la Movilidad Aérea Urbana en la ciudad de Medellín.

Para establecer los pasos a seguir y plantear la hoja de ruta inicial, es necesario tener en cuenta que el estado final deseado del proceso para la ciudad de Medellín se enfoca en la futura operación de aeronaves no tripuladas sobre la ciudad. Este concepto abarca todo lo relacionado con el uso del espacio aéreo sobre la zona urbana y las diferentes operaciones aéreas que en ella se desarrollan; así como el futuro transporte de pasajeros con aeronaves no tripuladas, conocida como la Advanced Air Mobility (AAM), incluyendo la articulación con el transporte multimodal.

En 2024, se llevaron a cabo diversas mesas de trabajo entre la Aeronáutica Civil y el Aeropuerto Olaya Herrera, orientadas a establecer las bases y el diagnóstico inicial para el desarrollo del concepto de UAM en Medellín. Esto posiciona a la ciudad como pionera en el panorama nacional para el desarrollo de estudios y proyectos sobre UAM, un paso clave para su eventual implementación y expansión en el resto del país.

Es importante destacar que el desarrollo de la Movilidad Aérea Urbana en Colombia y específicamente en Medellín, seguirá un proceso gradual, compuesto por varias fases y dependiente del compromiso tanto de entidades locales como nacionales. La meta es construir un sistema de UAM seguro, robusto, escalable, sostenible y con un impacto significativo para la sociedad, que pueda convertirse en un referente para América Latina y replicarse en otras ciudades principales del país.

Aspectos claves para el desarrollo de la UAM en Medellín:

El desarrollo e implementación de la Movilidad Aérea Urbana (UAM) en Medellín requiere identificar y trabajar en aspectos claves que garanticen su éxito. Entre estos destacan:

1. Normatividad

La base de todas las operaciones y del desarrollo de la aviación no tripulada radica en una normativa sólida. Por ello, es necesario actualizar y desarrollar puntos específicos del RAC 100, adaptándolos a los requerimientos actuales de la UAM. Además, con miras al futuro transporte de pasajeros mediante estas tecnologías, se requiere comenzar a proyectar una normativa robusta que facilite estas operaciones en el momento adecuado y según los avances tecnológicos.

2. Planificación y administración

La planificación estratégica del proyecto depende del involucramiento de actores vitales para el mismo, los cuales se requieren identificar y coordinar como partes interesadas, incluyendo el Gobierno Nacional, Ministerios, la Gobernación de Antioquia, la Aeronáutica Civil, la Alcaldía de Medellín, el Establecimiento Público Olaya Herrera y la Agencia Nacional del Espectro (ANE), entre otros. Este esfuerzo interinstitucional permitirá avanzar de manera sostenible, mitigando los riesgos asociados a cambios administrativos y garantizando la continuidad del proyecto.

3. Sostenibilidad y viabilidad

La sostenibilidad del proyecto es esencial para su éxito a largo plazo. Esto implica asegurar que cumpla con criterios económicos, sociales, técnicos y ambientales, lo que garantizará su aceptación y viabilidad.

4. Seguridad operacional y cultura aeronáutica

La seguridad operacional es un componente central del desarrollo de la UAM. Para ello, es necesario:

- Realizar procesos de sensibilización y socialización con las comunidades locales y las diferentes partes interesadas promoviendo el proyecto para la ciudad de Medellín.
- Diseñar e implementar estrategias que fomenten la cultura de la seguridad operacional entre los actores involucrados.
- Establecer estrategias para mitigar los riesgos y amenazas asociados a la gestión administrativa y operativa, según el avance de las fases propuestas para la implementación de la UAM.

5. Aeropuerto Olaya Herrera

Dado su valor como patrimonio cultural, cualquier adecuación de su infraestructura, relacionada con el proyecto UAM deberá cumplir estrictamente con los lineamientos establecidos en las normativas nacionales y locales. Para ello, es crucial articular esfuerzos con la Secretaría de Planeación de Medellín para ajustar el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) según sea necesario, destacando los beneficios del proyecto para la movilidad de la ciudad.

Así mismo, el Establecimiento Público Aeropuerto Olaya Herrera, elaboró el documento diagnóstico similar al presente, desde la órbita de su competencia.

En conclusión, el desarrollo de la Movilidad Aérea Urbana (UAM) en Medellín representa tanto un desafío como una oportunidad para transformar el sistema de transporte aéreo de la ciudad. A través de una colaboración interinstitucional y una planificación rigurosa, este proyecto busca posicionar a Medellín como un referente en innovación tecnológica y sostenibilidad, marcando un hito en el avance de la aviación no tripulada en Colombia.

9. Definición del plan de trabajo futuro

De acuerdo con el diagnóstico realizado, este capítulo presenta la propuesta de la hoja de ruta inicial, que permita en términos generales guiar la estrategia para proyectar el desarrollo integral de la Movilidad Aérea Urbana (UAM) en el país. La hoja de ruta se encuentra proyectada en cuatro fases, alineadas con los periodos de gobierno, el Plan Estratégico Aeronáutico (PEA 2030) y el Plan Nacional de Desarrollo.

Desarrollo propuesto por fases

- Fase 1 (2024 – 2026): Preparatoria
 - Desarrollo del diagnóstico del concepto: Movilidad Aérea Urbana (2024).
 - Actualización de la normativa (2025 y 2026).
 - Análisis y proyección de normatividad para UAM-AAM (2025 y 2026).
 - Estudio inicial sobre la UAM para Colombia (2025).
 - Pruebas “Drone Delivery” en zonas rurales (2025).
 - Elaboración de cartas de acuerdo (2025 y 2026).
 - Identificación de partes interesadas y proyectos de UAM (2026).
 - Pruebas “Drone Delivery” en zonas urbanas (2026).

- Fase 2 (2027 – 2030): Inicial
 - Actualización de la normativa (2027, 2028, 2029 y 2030).
 - Desarrollo de la normatividad para UAM-AAM (2027 y 2028).
 - Pruebas aeronaves “eVTOL” en Colombia (2027 y 2028).
 - Primeros desarrollos de infraestructura en Colombia (2029).
 - Primeras rutas comerciales “pasajeros” en Colombia (2030).

- Fase 3 (2031 – 2034): Crecimiento
 - Actualización de la normativa (2031, 2032, 2033, 2034).
 - Integración inicial con otros medios de transporte (2031).
 - Expansión de rutas (2032).

- Ampliación de Hubs de transporte en la ciudad, integración regional (2033).
- Comercialización a gran escala urbana (2034).
- Fase 4 (2035 -2038): Madura
 - Actualización de la normativa (2035, 2036, 2037, 2038).
 - Generalización del transporte UAM a nivel nacional (2035).
 - Creación de rutas entre ciudades principales (2036).
 - Primeras operaciones autónomas (2037 y 2038).

Las fases descritas anteriormente representan una proyección inicial del desarrollo de la UAM para Colombia. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la ejecución y el avance de estas, dependerá de los lineamientos del Gobierno Nacional, la evolución regulatoria, los avances tecnológicos, la aceptación social y el desarrollo de capacidades a nivel nacional; así como del cumplimiento de las actividades propuestas en la fase previa. Así mismo, las fases son susceptibles de ser ajustadas conforme el avance del proyecto.

10. Conclusiones

- El diagnóstico permitió identificar los componentes mínimos requeridos, las partes interesadas y el análisis de brechas existentes para proyectar el desarrollo del estudio inicial sobre la Movilidad Aérea Urbana (UAM) para Colombia, desde el ámbito de competencia de la Aerocivil.
- El componente de normatividad es la base principal del proyecto, por eso, la actualización constante y creación de nueva normativa, son fundamentales para garantizar que las operaciones con aeronaves no tripuladas se realicen de manera segura y eficiente.
- La gestión del espacio aéreo eficiente es fundamental para el desarrollo de la UAM, por eso la necesidad de implementar un sistema UTM que permita apalancar de forma segura las operaciones aéreas con aeronaves no tripuladas.
- La asignación de personal competente, la capacitación, el entrenamiento y el fortalecimiento de las habilidades técnicas, administrativas y operativas del personal son fundamentales para el desarrollo del proyecto en todos sus componentes.
- La seguridad operacional y la cultura aeronáutica son los ejes centrales para el desarrollo las fases propuestas. Los procesos deben diseñarse con un enfoque centrado en el ser humano para minimizar errores y maximizar la seguridad, eficiencia y aceptación social.
- Para la materialización de la hoja de ruta es necesario proyectar un análisis de los posibles riesgos que puedan afectar las diferentes actividades por realizar.

- Es necesario realizar una investigación y análisis a profundidad de las tendencias mundiales y del sector de la aviación no tripulada en torno a la UAM, con el propósito de obtener información que soporte la hoja de ruta y proyección para Colombia.
- El desarrollo de la UAM requiere de un esfuerzo continuo en el corto, mediano y largo plazo; así como de la integración de la sociedad, el estado, la industria y la academia.

11. Referencias

CAA. (2023). Considerations for Aerodromes and Vertiports planning to operate Vertical Take-off and Landing Aircraft (VTOL). <https://www.caa.co.uk/publication/download/20387>

EASA (2021). Urban Air Mobility (UAM) - Study on the societal acceptance of UAM operations <https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/drones-air-mobility-landscape/urban-air-mobility-uam>

EASA, (2022). Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category (PTS-VPT-DSN). <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/prototype-technical-design-specifications-vertiports>

EASA (2024). Easy Access Rules for U-space (Regulation (EU) 2021/664) <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-u-space-regulation-eu-2021664>

ENAC. (2024). Regolamento "Requisiti nazionali per le operazioni, lo spazio aereo e le infrastrutture per gli aeromobili con capacità di decollo e atterraggio verticale (VCA). https://www.enac.gov.it/sites/default/files/allegati/2024-Giu/Regolamento%20Criteri%20nazionali%20per%20VCA%20Ed.1_rev.0%20%281%29.pdf

FAA. (2022). Engineering Brief No. 105, Vertiport Design. <https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/eb-105-vertiports.pdf>

FAA (2023). Advanced Air Mobility (AAM) Implementation Plan Near-term (Innovate28) Focus with an Eye on the Future of AAM Version 1.0 <https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/AAM-I28-Implementation-Plan.pdf>

FAA (2023). Concept of Operations, v2.0, Foundational principles, roles and responsibilities, Scenarios and Operational Threads. https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/Urban%20Air%20Mobility%20%28UAM%29%20Concept%20of%20Operations%202.0_1.pdf

Mendonca, N., Murphy, J. R., Patterson, M. D., Alexander, R., Juárez, G., & Harper, C. (2022). Advanced Air Mobility Vertiport Considerations: A List and Overview. NASA Technical Reports Server (NTRS). <https://ntrs.nasa.gov/citations/20220007100>

Schweiger, K., & Preis, L. (2022). Urban Air Mobility: Systematic Review of scientific publications and Regulations for Vertiport design and Operations. Drones, 6(7), 179. <https://doi.org/10.3390/drones6070179>.

SESAR Concept of Operations for U-space <https://www.sesarju.eu/node/3411>

Aeronáutica Civil (2024). - RAC 100 - Operación de Sistemas de Aeronaves No Tripuladas UAS <https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%20100%20-Operaci%C3%B3n%20De%20Sistemas%20De%20Aeronaves%20No%20Tripuladas%20UAS.pdf>

Anexo 1. Abreviaturas

AAM	Advanced Air Mobility	Movilidad Aérea Avanzada
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil	Agencia Nacional de Aviación Civil
API	Application Programming Interface	Interfaz de Programación de Aplicaciones
ASAES		Aeropuertos para los Servicios Esenciales
ATM	Air Traffic Management	Gestión del Tránsito Aéreo
CANSO		Organización Civil de Proveedores de Servicios de Navegación Aérea
CONOPS	Concept of Operations	Concepto de Operaciones
DONA		Dirección de Operaciones de Navegación Aérea
EASA	European Union Aviation Safety Agency	Agencia Europea de Seguridad Aérea
EVTOL	Electric Vertical Take-Off and Landing	Aeronaves Eléctricas de Despegue y Aterrizaje Vertical
EOH		Establecimiento Público Aeropuerto Olaya Herrera
FAA	Federal Aviation Administration	Administración Federal de Aviación
GDMUA		Grupo Drones y Movilidad Urbana Aérea
IAM	Innovative Air Mobility	Movilidad Aérea Innovadora
IFPDS	Instrument Flight Procedure Design Service	Servicio de Diseño de Procedimientos de Vuelo
ICAO	International Civil Aviation Organization	Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)
OACRI		Oficina Asesora de Comunicaciones y Relacionamiento Institucional
OEM	Original Equipment Manufacturer	Fabricante de Equipos Originales
OGP		Oficina de Gestión de Proyectos (Aerocivil)
PSU	Provider of Services for UAM	Proveedores de Servicios para UAM
RAC		Reglamentos Aeronáuticos de Colombia
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System	Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia
SARPS	Standards and Recommended Practices	Normas y métodos recomendados
SNSO		Sistema de Notificación de Seguridad Operacional
TCCA	Transport Canada Civil Aviation	Transporte Canadá – Aviación Civil
VTOL	Vertical Take-Off and Landing	Despegue y Aterrizaje Vertical
UAM	Urban Air Mobility	Movilidad Aérea Urbana
UAS	Unmanned Aircraft Systems	Sistemas de Aeronaves No Tripuladas
UTM	Unmanned Aircraft System Traffic Management	Sistema de Gestión de Tráfico Aéreo de Aeronaves no Tripuladas