



LOS LIBERTADORES
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Análisis de las rutas aéreas KOPTER de la ciudad de Bogotá – Colombia, para su uso en la implementación del Drone Delivery de insumos médicos.

Sebastian Felipe Cano Bernal

Davison Alexander Campos Montealegre

Dirigido Por: **Ivan Felipe Rodriguez Baron**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Especialista en Sistemas de Aeronaves No Tripuladas.

Fundación Universitaria Los Libertadores.

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas.

Bogotá, Colombia.

2023

Tabla de contenido

Resumen.....	3
Abstract.....	4
Introducción.....	5
Metodología.....	6
Análisis de la actualidad operacional.....	7
Consideraciones para la utilización de las rutas KOPTER para el Drone Delivery.....	9
Análisis de las rutas KOPTER que pudieran ser implementadas para este tipo de Drone Delivery.....	10
Conclusiones del análisis.....	11
Bibliografía.....	¡Error! Marcador no definido.

Tabla de Ilustraciones

<i>Ilustración 1 Diagrama Desarrollo del Análisis.</i>	6
<i>Ilustración 2 Ruta KOPTER 1</i>	10
<i>Ilustración 3 Ruta KOPTER 2</i>	11

RESUMEN.

La tecnología en Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (SANT), ha permitido tener una mayor perspectiva en lo que respecta a la utilidad del espacio aéreo para las industrias o el comercio en general. La visión actual de los SANT enfoca principalmente sus esfuerzos al transporte urbano y regional de pasajeros; sin embargo, su utilidad como medio de transporte logístico llevado al transporte de mercancías es una utilidad que se encuentra aún en etapas de investigación y desarrollo en países del primer mundo con la inversión de grandes empresas como Amazon o UPS.

Hoy en día, en el 2023, por medio de algunos SANT, se realizan pruebas para transportar mercadería en general, teniendo como únicas limitantes, la capacidad de carga de la aeronave o la autonomía de vuelo que el sistema pueda llegar a tener. Dentro de las cosas que pueden ser transportadas en un SANT, están los implementos médicos o tejidos humanos para trasplantes, los cuales, en países subdesarrollados que carecen de infraestructura hospitalaria y vial, deben recorrer largas distancias hasta sus destinos. En Colombia, debido a la poca infraestructura, adaptada a las necesidades del 2023, será importante la utilización de los espacios aéreos, para el transporte de mercancías de manejo especial, como los tejidos humanos, ya que estos requieren de cuidados especiales y de tiempos de entrega muy cuidadosos, debido a que de esto podría depender la vida de un ser humano.

Este artículo tratará sobre la utilización de unas aerovías previamente diseñadas para el uso de helicópteros. Las cuales, estableciendo ciertos límites en su operación, como la altitud de vuelo y sus zonas de seguridad hacia sus espacios circundantes y adicionalmente con el apoyo de una reglamentación aeronáutica y local, que permita implementar el método Drone Delivery para su uso en aplicaciones médicas, reduciendo tiempos de entrega vitales en los sistemas de salud pero también, beneficiando al medio ambiente con la utilización de energías renovables como la energía eléctrica, impulsando su movimiento.

Palabras clave: SANT, Drone Delivery, Tejidos humanos, Espacio Aéreo, Transporte Urbano, Medio Ambiente.

ABSTRACT.

Technology in Unmanned Aircraft Systems (UAS) has allowed us to have a greater perspective regarding the usefulness of airspace for industries or commerce in general. The current vision of the UAS mainly focuses its efforts on urban and regional passenger transportation; However, its usefulness as a means of logistical transportation for the transportation of goods is a utility that is still in the research and development stages in first world countries with the investment of large companies such as Amazon or UPS.

Nowadays, in 2023, through some UAS, tests are being carried out to transport merchandise in general, with the only limitations being the load capacity of the aircraft or the flight autonomy that the system may have. Among the things that can be transported in a UAS are medical supplies or human tissues for transplants, which, in underdeveloped countries that lack hospital and road infrastructure, must travel long distances to their destinations. In Colombia, due to the little infrastructure, adapted to the needs of 2023, the use of airspace will be important for the transport of special handling goods, such as human tissues since these require special care and processing times. very careful delivery because the life of a human being could depend on this.

This article will discuss the use of airways previously designed for the use of helicopters. Which, establishing certain limits in their operation, such as the flight altitude and their safety zones towards their surrounding spaces and additionally with the support of aeronautical and local regulations, which allow the implementation of the Drone Delivery method for use in medical applications, reducing vital delivery times in health systems but also benefiting the environment with the use of renewable energies such as electrical energy, promoting its movement.

Keywords: UAS, Drone Delivery, Human Tissues, Airspace, Urban Transport, Environment.

INTRODUCCIÓN.

Los sistemas de aeronaves no tripuladas han avanzado en el desarrollo de sistemas que permiten volar grandes distancias con una carga optima, como lo pueden ser implementos médicos o el transporte de órganos humanos. En Colombia y especialmente en la ciudad de Bogotá, la modalidad de Drone Delivery aún no ha sido implementada debido a múltiples restricciones de índole operacional y de seguridad que la normatividad al primer semestre de 2023 aun no permite.

A corto plazo, muchos países alrededor del mundo estarán implementando sistemas de Drone Delivery enfocados principalmente en alimentos o entregas de correo de grandes retailers como Amazon o EBay (Capitán et al. 2021). Colombia, al no contar con un avance en el tema y teniendo la necesidad del transporte de implementos e insumos médicos entre las diferentes instituciones de salud, que en ciudades como Bogotá es complejo, debido a la inmensa cantidad de tráfico de vehículos, prácticamente a cualquier hora del día y al poco avance en la infraestructura vial. Lo cual nos obliga a pensar en la necesidad de utilizar el espacio aéreo como una forma alterna de movilidad y transporte urbano a corto plazo.

Actualmente, en la ciudad de Bogotá existen ciertos corredores aéreos previamente estudiados y diseñados para el movimiento de helicópteros dentro de la ciudad. estas aerovías son especialmente utilizadas por aviación de estado y son denominados como KOPTER y se encuentran ubicados a lo largo de la ciudad, cruzando sobre o cercano a varias de las instituciones médicas más importantes de la ciudad de Bogotá. (UAEAC 2021)

Durante el 2023, el país se encuentra en el desarrollo de una nueva normatividad que permitirá la ampliación de los límites de operación a los sistemas de aeronaves no tripuladas en general. Sin embargo, dentro de esta normatividad, la modalidad de Drone Delivery aún se contempla como un tipo de operación experimental. Adicionalmente, al ser los corredores KOPTER de uso netamente de la aviación de estado, se encontrará la resistencia a su uso por parte de las fuerzas de seguridad, adicional a que se tendría que limitar el uso de estas aerovías a usuarios específicos, ya que, al tener la posibilidad de volar a través de la ciudad, pueden ser usadas para atentar contra la seguridad de instalaciones gubernamentales, militares o de alta importancia para la población civil.

METODOLOGÍA.

Para llevar a cabo el desarrollo de este artículo, inicialmente se analizará la actualidad operacional en la ciudad de Bogotá para proponer el uso de rutas KOPTER como corredores para aeronaves no tripuladas en modalidad de Delivery, enfocados en el transporte de insumos médicos, tejidos humanos u órganos para trasplantes, teniendo en cuenta temas como los mencionados en la Ilustración 1.

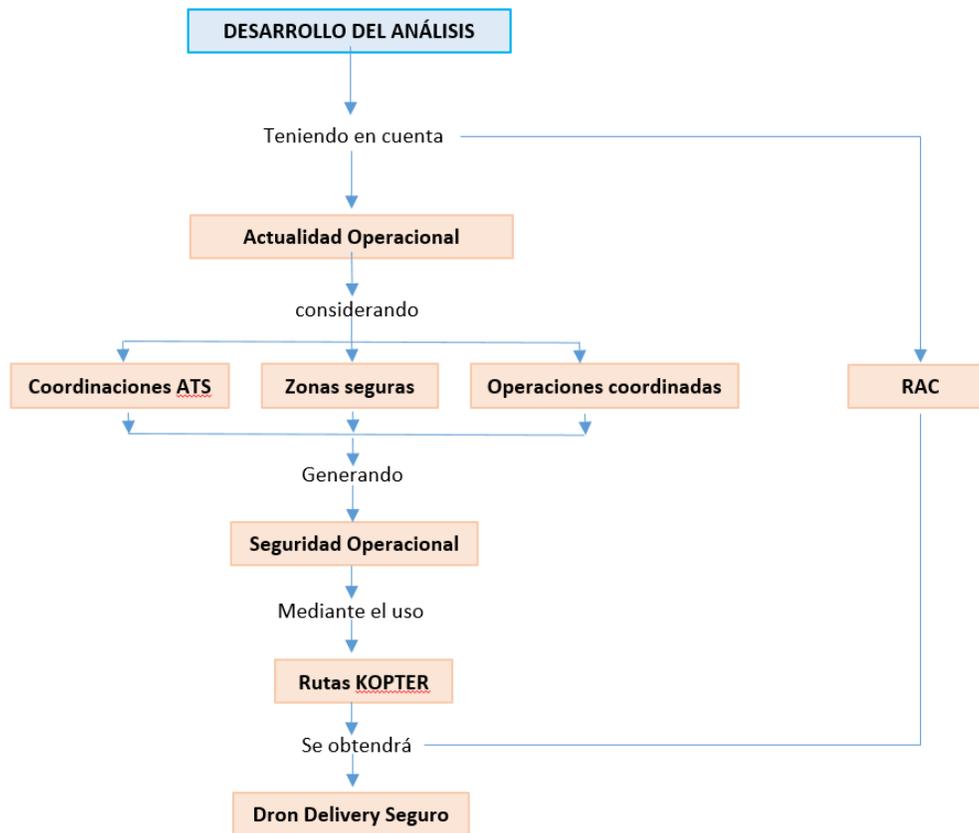


Ilustración 1 Diagrama Desarrollo del Análisis.

Por otra parte, mediante el uso de Dron Delivery se busca evitar que transportes convencionales como camiones, motos, ambulancia o hasta vehículos particulares sean los encargados de transportar estos elementos de carácter especial, ahorrando costos de operación, contribuyendo a la descongestión vial y evitando el uso de calles y autopistas para tal fin; aportando la disminución del impacto ambiental, ya que estos sistemas de aeronaves no tripuladas funcionan en su mayoría con energía eléctrica como método de propulsión.

Finalmente, se estima encontrar las necesidades en lo que respecta a posibles obstáculos en ruta, seguridad de peatones y vehículos en tierra, pero también, determinar algunas de las limitaciones que se pueden aplicar a una normatividad

aeronáutica y civil, que permita la utilización de este medio de transporte de una manera segura y eficiente, velando por la seguridad y el cuidado del medio ambiente.

Análisis de la actualidad operacional.

La congestión vial en Bogotá D.C. ha crecido de manera alarmante en los últimos años, debido a factores como la inseguridad en el transporte público y/o el aumento en el poder adquisitivo en la población en general, lo cual ha ocasionado que el número de vehículos que circulan por las calles aumente. (Palau 2013); Esto ligado a la poca inversión en desarrollo vial, de la mano con la hasta ahora joven implementación de los planes de ordenamiento territorial, nos hace pensar que la solución en temas de movilidad al momento es un sueño lejano.

Dentro de la movilidad urbana se encuentra el transporte logístico de mercancías y encomiendas dentro del mismo perímetro urbano, algo que se acrecentó debido a la pandemia del COVID 19 y al auge de las compras por internet, que implícitamente llevan a que los agentes de ventas tengan que realizar las entregas en los plazos pactados para el cliente, ya que en muchos casos este, ha pagado un valor para su entrega a domicilio y en algunos casos este valor aumenta en función de la prioridad de entrega que el cliente requiera de sus productos. Dentro del transporte logístico urbano, encontramos la entrega de insumos médicos, los cuales en muchos de los casos están directamente relacionados con la prevención y la promoción de la salud humana, pero también, en algunos casos, se requiere transportar equipos, medicamentos, insumos y en casos más extremos, se necesita del transporte de tejidos humanos planificados para la realización de trasplantes (OPS 2006).

Estos últimos por su importancia y por las condiciones especiales requeridas para mantener en cierta manera “vivo” estos tejidos, los tiempos de movimiento son literalmente de vital importancia para los centros médicos y en especial, para las personas que con mucha paciencia esperan un tejido compatible. Viendo esto y basado en los conocimientos de navegación aérea y de los sistemas de aeronaves no tripuladas adquiridos por nuestro equipo de trabajo, se centra el debate en como poder contribuir desde estos campos, al beneficio del transporte de insumos médicos y tejidos humanos. Existente la necesidad y analizando los recursos presentes en la actualidad, encontramos en el documento AIP AD SKBO, documento de autoría de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia, específicamente referenciando al Aeropuerto Internacional El Dorado (SKBO-BOG) y su espacio aéreo, un aparte que habla sobre la operación de helicópteros en el Aeropuerto El Dorado y el espacio aéreo de la ciudad de Bogotá D.C.

Dentro del aparte del documento encontramos la descripción sobre la utilización de unos corredores visuales previamente delimitados dentro de la ciudad de Bogotá, los cuales se denominan KOPTER. Estos corredores se encuentran diseñados de tal manera que

permitirían la operación de aeronaves de ala rotatoria dentro de la ciudad, sin afectar el área de maniobras del Aeropuerto El Dorado, pero también, con un estudio previo realizado, vuela sobre zonas en las cuales no existen obstáculos considerables, tanto naturales como artificiales que impidan el vuelo seguro de las aeronaves.(UAEAC 2021)

Dentro de las condiciones tenidas en cuenta por la autoridad de aviación civil para la utilización de estas rutas se considera:

- Generar un flujo seguro y ordenado de entrada y salida de helicópteros.
- Prevenir el vuelo sobre instalaciones y/o servidumbres prohibidas, restringidas o peligrosas dentro del Aeropuerto o el espacio aéreo de la ciudad de Bogotá.
- Permitir la operación coordinada de helicópteros y aeronaves de ala fija, dentro del Aeropuerto y/o el espacio aéreo adyacente en el cual se desarrollan procedimientos de aproximación, de salida y sobrevuelo de corredores visuales.

Teniendo en cuenta estas condiciones, se determina que estos corredores contarían con la debida garantía de una adecuada convivencia entre la aviación tripulada y la no tripulada para nuestro caso de estudio, evitando así, posibles afectaciones a la navegación aérea y minimizar la probabilidad de incidentes o accidentes.

También dentro de las generalidades para el uso del procedimiento se establecen las siguientes:

- Las aeronaves que sobrevuelen estas aerovías deberán mantener su altímetro ajustado al QNH reportado en el ATIS vigente o en el reportado por la torre de control del Aeropuerto El Dorado.
- Mínimos operacionales: 1500 mts de visibilidad horizontal y techo de nubes de 300 pies, estos valores son referenciados para el adecuado procedimiento de despegue y aterrizaje de la aeronave en condiciones visuales.
- El movimiento de aeronaves civiles solo será permitido entre la salida y puesta del sol (horario diurno).
- El documento establece los límites del espacio aéreo de la ciudad de Bogotá, el cual contempla gran parte del área urbana y una porción del área perteneciente a los municipios cercanos a la ciudad.
- También establece que el límite vertical de operación será hasta los 11500 pies sobre el nivel medio del mar, o en función de la altura del terreno se deberá establecer un límite vertical que no supere la altitud designada.
- Antes de iniciar el vuelo el piloto deberá cerciorarse que cuenta con un plan de vuelo debidamente tramitado ante la UAEAC.
- Deberá notificar su salida a la torre de control El Dorado Norte o Sur según corresponda, con el fin de obtener autorización de despegue.
- Es responsabilidad de la tripulación de vuelo, mantener la referencia visual con el terreno y los obstáculos circundantes en la trayectoria siguiendo el corredor autorizado con la altura establecida.

- Abandonar el corredor autorizado siguiendo el procedimiento aprobado por la UAEAC para la llegada al helipuerto.(UAEAC 2021).

Consideraciones para la utilización de las rutas KOPTER para el Drone Delivery.

Con una avanzada en el análisis del espacio aéreo de la ciudad de Bogotá, realizada por la UAEAC muchos años atrás, y que en nuestra opinión se encuentra subutilizada, ya que en Bogotá el uso de helicópteros para el transporte dentro de la ciudad es prácticamente nulo, el aprovechamiento de estas aerovías para el movimiento de aeronaves no tripuladas que cuenten con la capacidad de realizar vuelos EVLOS (Operaciones en línea de vista extendida, por sus siglas en inglés) o vuelos BVLOS (Operaciones más allá de la línea de vista, por sus siglas en inglés), es una alternativa viable para el transporte de insumos médicos y tejidos humanos, debido a que estas rutas ofrecen una garantía de operatividad, teniendo en cuenta que previamente se encuentran determinadas las alturas mínimas de vuelo y los corredores identificados donde no encontrarían obstáculos para la realización del vuelo de manera segura.

Sin embargo y frente a la reglamentación establecida para el uso de estas aerovías, se deberá determinar el manejo de los siguientes ítems:

- Homologación de la altitud de vuelo indicada en el sistema RPAS en su sistema de radiocontrol, el cual en la mayoría de los casos estará determinado por el sistema de posicionamiento global GNSS y referenciación con la altitud de vuelo calibrada por QNH en instrumento de funcionamiento barométrico.
- Será necesario contar con el apoyo de uno o más observadores en tierra que monitoreen la trayectoria de vuelo del sistema RPAS, determinando que el alcance visual de vista y el techo de nubes se encuentran por encima de los mínimos requeridos por la normatividad vigente.
- Para los casos donde se requiera una operación BVLOS el sistema RPAS deberá contar con un sistema de gestión de vuelo UAS como lo dicta la normatividad actual (RAC 100)
- Considerando que la normatividad actual únicamente permite el vuelo posterior a la puesta del sol, únicamente en casos de calamidad pública, desastre o emergencia, el usuario deberá justificar la utilización del RPAS como medio de transporte de los insumos médicos o tejidos humanos, como vuelo humanitario o su similar dentro de la normatividad vigente.
- Teniendo en cuenta que para la utilización de las aerovías, es requerida la presentación de un plan de vuelo, el sistema de gestión de UAS de la aeronave, deberá estar en la capacidad de entregar un documento siguiendo el formato establecido por el documento OACI 4444 (Gestión del Tránsito Aéreo) el cual pueda ser homologado para su inclusión en los sistemas de vigilancia radar o actualmente sistemas de vigilancia aérea basados en verificación mediante ADS-B y MLAT con las que debería contar la aeronave para su identificación.

- La normatividad actual, restringe la operación de un vuelo autónomo a 750 metros medidos horizontalmente desde el punto de despegue; sin embargo, la norma también actúa en función de que si es requerida una operación que supere esta distancia (como lo requeriría este análisis) esta puede ser autorizada por la UAEAC bajo una operación en categoría específica.
- Teniendo en cuenta que la operación se dará dentro de un espacio controlado clase B, el operador del RPAS deberá contar con comunicación en banda aeronáutica, con torre de control El Dorado, ya sea norte o sur, en función de la ubicación de la aeronave en trayectoria de vuelo, con el fin de establecer la limitación al movimiento con respecto a otras aeronaves cercanas o que estén utilizando la misma aerovía.
- El numeral 100.440 RAC 100, establece las condiciones especiales para el transporte de carga “Drone Delivery”, hoy en día, esta normatividad deja abierta la posibilidad del uso de este método de transporte.(UAEAC 2023)

ANÁLISIS DE LAS RUTAS KOPTER QUE PUDIERAN SER IMPLEMENTADAS PARA ESTE TIPO DE DRONE DELIVERY.

Ruta KOPTER 1

Siguiendo la autopista norte desde la calle 193 hasta el monumento de los Héroes (calle 80) y luego siguiendo la avenida caracas hasta la calle 26. Altura mínima de vuelo 1000 pies AGL.

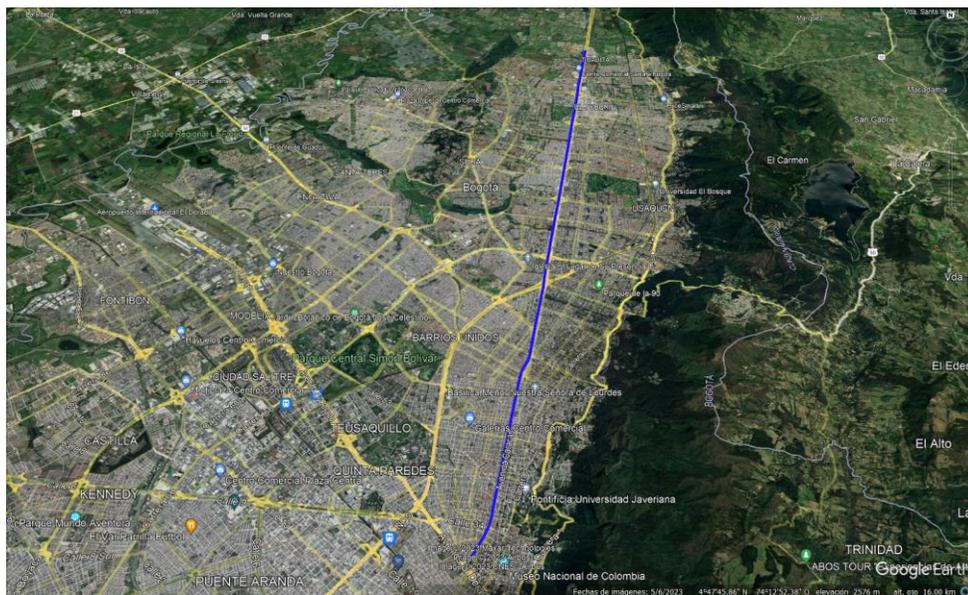


Ilustración 2 Ruta KOPTER 1

Ruta KOPTER 2

Siguiendo la carrera 9ª desde la calle 193 hasta la intersección con la Autopista Norte, luego siguiendo la carrera 30 (Avenida Norte Quito Sur “NQS”), hasta interceptar y seguir la Autopista Sur hacia el municipio de Soacha Cundinamarca. Altura 1: 1000 pies AGL desde la calle 193 hasta las intersecciones con la autopista norte-NQS.

Altura 2: 500 pies AGL desde la intersección con la autopista norte -NQS hasta el municipio de Soacha.

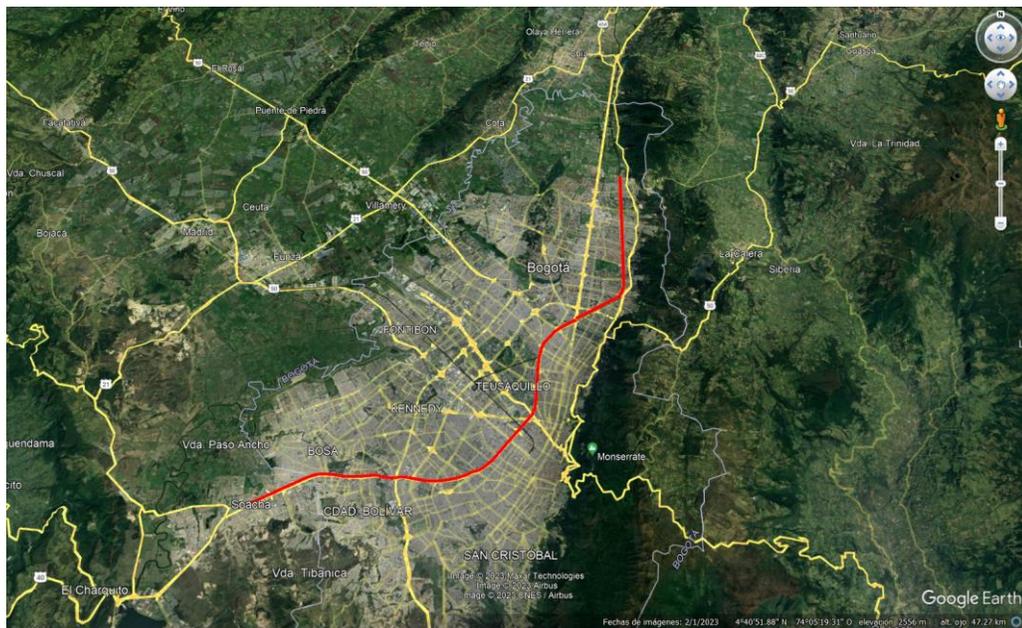


Ilustración 3 Ruta KOPTER 2

CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS.

Analizando el recorrido realizado mediante la utilización de la información contenida en el AIP del Aeropuerto Internacional El Dorado y con el apoyo de las imágenes obtenidas desde Google Earth, es posible evidenciar que existen actualmente construcciones a lo largo del recorrido que pueden catalogarse como posibles obstáculos que requieran el aumento del nivel de vuelo de las aeronaves que realicen el recorrido, esto teniendo en cuenta los límites verticales previamente establecidos por la autoridad de aviación civil.

Adicional a esto, dentro del recorrido se encuentran sitios en los cuales en el caso de ser requerido un aterrizaje de emergencia la aeronave y carga pueden mantenerse seguros, ya que son ubicaciones en las cuales, como primera medida y teniendo en cuenta la seguridad operacional no representan un peligro potencial de un daño a terceros y se

conserva la seguridad de la aeronave y su carga. Estos sitios deberán ser delimitados por el operador aéreo certificado para estas labores y se deberá llegar a un acuerdo previo a la operación con el poseedor de estos terrenos en miras de no violar la propiedad privada. Los lugares deberán indicarse dentro del plan de vuelo de la aeronave y en caso de ser requerido, el operador deberá tener dentro de su manual de operaciones de vuelo, el procedimiento para la recuperación del equipo y la carga.

Se observó dentro del análisis de la ruta, que los principales centros médicos de media y alta complejidad de la ciudad se encuentran sobre o cercanos a estas rutas, por lo cual, la utilización del Drone Delivery para el transporte de insumos médicos y tejidos humanos, sería altamente rentable y disminuiría considerablemente los tiempos de movilidad de la carga en comparación con su transporte en tierra. El operador aéreo certificado para esta labor deberá establecer una serie de acuerdos con las distintas instituciones de salud, para en primera medida autorizar el transporte de este tipo de cargas por este medio y como segunda instancia, la autorización para crear y operar zonas de aterrizaje seguras (vertipuertos o helipuertos) dentro o cercano a las instalaciones de salud. Se sugiere que dentro de las pruebas iniciales y las primeras entregas operadas por medio de dron Delivery sean ajustadas a insumos médicos que no tengan un tiempo de espera corto, con el fin de demostrar mediante el uso prolongado de este medio de transporte, su efectividad y el ahorro en costos operacionales que también podrá ser comparable a su poco o mínimo daño al medio ambiente, en comparación con los medios de transporte actualmente utilizados.

Se sugiere que, en una etapa avanzada de la investigación, se analicen más al detalle los obstáculos y se creen iniciativas en las cuales se combine con el plan de ordenamiento territorial, con el fin de que estos obstáculos cuando ya el sistema de Drone Delivery Medico este a su plena operación, no se llegue a restringir por la ubicación o los posibles desarrollos de infraestructura futura.

BIBLIOGRAFÍA

CAPITÁN, CARLOS ET AL. 2021. "UNMANNED AERIAL TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM ARCHITECTURE FOR U-SPACE IN-FLIGHT SERVICES". *APPLIED SCIENCES (SWITZERLAND)* 11(9).

OPS. 2006. "GUÍA PRÁCTICA PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL SUMINISTRO DE INSUMOS ESTRATÉGICOS". *MANAGEMENT SCIENCES FOR HEALTH*: 74. [HTTP://WWW.PAHO.ORG](http://www.paho.org).

PALAU, JAVIER JOLONCH. 2013. "ANÁLISIS DEL TRANSPORTE MASIVO Y LA MOVILIDAD EN BOGOTÁ ANALYSIS OF MASS TRANSPORT AND MOBILITY IN BOGOTÁ ANÁLISE DO TRANSPORTE MASSIVO E A MOBILIDADE". *UNIVERSIDAD & EMPRESA* (48): 15–23.

UAEAC. 2021. "1 AUTORIDAD AEROPORTUARIA AD 1 . 1 AERODROME / AVAILABILITY 1 AIRPORT AUTHORITY".

———. 2023. "RAC 100 OPERACIÓN DE SISTEMAS DE AERONAVES NO TRIPULADAS UAS". : 56.