

CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS GENERADOS POR LA UTILIZACIÓN DE DRONES EN LA ÚLTIMA MILLA: REVISIÓN A LA LITERATURA

Classification and Analysis of Problems Generated by the Use of Drones in Last-Mile Delivery: A Literature Review

Camila Andrea Monroy Hernández¹
camila.monroy.2018@upb.edu.co
Karol Daniela Serrano Arciniegas¹
karol.serrano.2018@upb.edu.co
Jairo Núñez Rodríguez¹
jairo.nunez@upb.edu.co

¹Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia.

Recibido: agosto 03 de 2025 – Aceptado: noviembre 25 de 2025

Resumen

El auge del e-Business ha propiciado un incremento en la demanda de servicios de entrega de última milla al cliente final, lo que ha llevado a esta fase a ser la más costosa en la cadena de suministro. Para mantener la competitividad, las empresas están explorando el uso de tecnologías emergentes de la industria 4.0, con un enfoque particular en la utilización de drones para las entregas de última milla. La principal ventaja de los drones radica en su capacidad para seguir la ruta más directa entre dos puntos, es decir, en línea recta, lo que elimina entregas fallidas al permitir que el producto llegue directamente al cliente en un plazo de minutos. Esto aporta beneficios operativos significativos, como la reducción del tiempo de entrega y el ahorro de costos. Además, esta modalidad de entrega contribuye a la protección del medio ambiente al reducir las emisiones de gases contaminantes, en especial el CO₂. Sin embargo, las operaciones con drones se enfrentan a limitaciones como la capacidad de la batería, el alcance de entrega, los riesgos de privacidad y las restricciones legales. En el presente estudio, realizamos una revisión sistemática de la literatura siguiendo una metodología ampliamente aceptada en el campo. Hemos utilizado el método PRISMA para estructurar la presentación de la información y el método STROBE para sintetizar los datos más relevantes. Analizamos 358 documentos procedentes de las bases de datos Scopus y Web of Science, todos ellos relacionados con la entrega de última milla utilizando drones. Asimismo, hemos creado un panorama bibliométrico mediante las herramientas digitales VantagePoint, VOSviewer y Microsoft Excel. Nuestro análisis bibliométrico indica que el uso de drones para la logística de última milla es un tema relativamente reciente en la comunidad científica. Actualmente, no existen amplias redes de autores, coautores, instituciones y países trabajando en este tema, predominando los trabajos individuales o entre los mismos autores e instituciones. Sin embargo, hemos identificado un creciente interés en este campo de estudio desde 2017, posiblemente motivado por la primera entrega real a una cliente realizada por Amazon en 2016, que solo tardó 13 minutos desde el punto de compra hasta la entrega. Por último, hemos categorizado los problemas derivados del uso de drones en la entrega de paquetes de última milla. Identificamos cuestiones relacionadas con el enrutamiento, la infraestructura, la sostenibilidad, la logística humanitaria, la energía, los permisos legales y las revisiones bibliográficas. La mayoría de los documentos se centran en la optimización del enrutamiento, específicamente en el problema del enrutamiento de vehículos con drones (VRPD) y el problema del vendedor ambulante con drones (TSPD).

Palabras claves: Entrega con drones, logística de última milla, tecnologías industria 4.0.

Abstract

With the rise of e-Business, companies have witnessed an increased demand for last-mile parcel delivery to the final consumer, which has subsequently become the most expensive segment of the supply chain. To maintain competitiveness, firms have pursued research into Industry 4.0 technologies, particularly drone utilization in last-mile deliveries, due to its potential to adopt the shortest path between two points - a straight line. This approach also allows products to be directly delivered to the customers' hands within minutes, thereby eliminating failed deliveries. Consequently, this translates to an operational advantage in reducing delivery times and cost efficiencies. Moreover, this mode of delivery

significantly contributes to environmental preservation by decreasing pollutant emissions, predominantly CO₂. Nevertheless, drone operations are constrained by factors such as battery lifespan, delivery range, privacy risks, and legal norms. We conducted a systematic literature review following a widely accepted methodology in the field. The information presentation was structured using the PRISMA method, while the

STROBE method distilled the most pertinent data. We analyzed 358 papers from the Scopus and Web of Science databases, all focused on last-mile drone delivery. Further, we generated a bibliometric snapshot using digital tools, namely VantagePoint, VOSviewer, and Microsoft Excel. According to the bibliometric analysis, this subject is relatively nascent within the scientific domain. Large networks of authors, co-authors, institutions, and countries are currently lacking, indicating a trend toward individual or same-author/institution collaborations. Nevertheless, there has been an escalating interest in drone-based last-mile logistics research since 2017, possibly triggered by Amazon's inaugural real-life drone delivery to a customer in 2016, which was accomplished in a mere 13 minutes post-purchase. Finally, we classified the challenges drone usage poses in last-mile package deliveries. These encompassed routing, infrastructure, sustainability, humanitarian logistics, energy, legal permissions, and literature reviews. Most papers were concerned with routing optimization, specifically tackling the Vehicle Routing Problem with Drones (VRPD) and the Traveling Salesman Problem with Drones (TSPD).

Keywords: Drone delivery, last-mile logistics, industry 4.0 technologies.

I. INTRODUCCIÓN

La revolución 4.0 y la expansión del comercio electrónico han introducido nuevos desafíos para las empresas en la optimización de la logística de distribución [1], particularmente en la fase de entrega de última milla, que es la más costosa de la cadena de suministro, representando entre el 20% y el 50% del costo total de entrega, tal como se ilustra en la referencia [2].

Entre los desarrollos tecnológicos más relevantes, el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV), comúnmente conocidos como drones, para realizar entregas a los clientes finales, ha adquirido un creciente reconocimiento. Este reconocimiento se atribuye en gran medida a la incursión de empresas prominentes en línea como Amazon, Google, DHL y Walmart en la investigación de implementaciones de drones para mejorar sus tiempos de servicio, como se informa en [3].

En 2013, Amazon, un pionero en esta área, decidió globalizar su experiencia logística interna y en la entrega de última milla a través de un programa llamado "Amazon Prime Air", que promete entregas en 30 minutos, como se detalla en [4]. Sin embargo, aunque se esperaba que el servicio de drones se lanzara en un lapso de 5 años, el progreso se ha retrasado debido al nivel de madurez de la tecnología [5], con desafíos como las limitaciones de la batería del dron y los problemas de seguridad y aprobación regulatoria, tal como se discute en [6].

Debido a sus ventajas, aplicaciones y limitaciones operativas, la investigación científica en el uso de drones para la entrega de última milla ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, generando grandes volúmenes de información con enfoques diversos sobre el tema. Por lo tanto, este estudio ofrece una revisión de la literatura centrada en la identificación, clasificación y descripción de los problemas derivados del uso de drones en la última milla. El documento se estructura de la siguiente manera: en primer lugar, se describe la metodología empleada; en segundo lugar, se presentan los resultados, que incluyen un panorama bibliométrico y la clasificación y análisis de los problemas identificados; y, por último, se discuten las conclusiones.

II. METODOLOGÍA

Esta investigación implementó una revisión exhaustiva de la literatura, siguiendo el enfoque metodológico recomendado por Tranfield [7]. Para una estructuración y presentación coherente y clara de la información recopilada, se incorporaron las metodologías PRISMA y STROBE.

La información científica fue recopilada a través de las bases de datos Scopus y Web Of Science. Dentro de ambas bases de datos, se aplicó una estrategia de búsqueda utilizando las palabras clave siguientes: última milla, distribución capilar, logística, cadena de suministro, entrega, dron, vehículo aéreo no tripulado, y UAV.

A partir de esta búsqueda, se obtuvieron 207 documentos en Scopus y 151 en Web of Science, resultando en un corpus preliminar de 358 documentos. De este conjunto, 126 documentos resultaron ser duplicados, es decir, estaban presentes en ambas bases de datos. Estos duplicados fueron eliminados, dejando un total de 232 documentos únicos. Posteriormente, se efectuó un proceso de inclusión/exclusión para identificar los documentos que abordaban específicamente la logística de última milla basada en drones. Como resultado de este filtro, se seleccionaron 108 documentos como relevantes para el objetivo de estudio de la investigación.

Para el procesamiento, visualización y análisis de los datos, se empleó un conjunto de aplicaciones de escritorio, incluyendo VOSviewer, VantagePoint y Microsoft Excel, con el fin de construir un mapeo bibliométrico. El uso de estas herramientas permitió realizar un análisis visual y extraer información valiosa acerca de las características de los documentos seleccionados.

III. RESULTADOS

Panorama bibliométrico

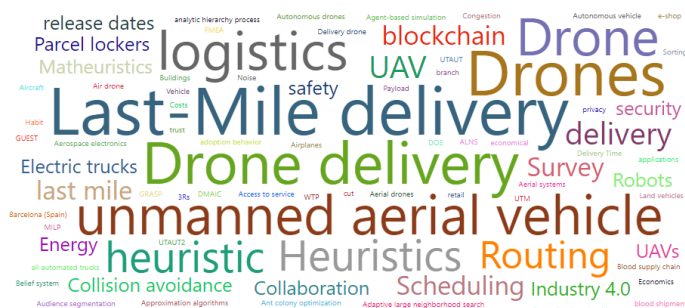
A partir del análisis de los 108 artículos seleccionados, se ofrece una perspectiva bibliométrica sobre el estado actual de la actividad científica vinculada a la logística de última milla con drones. A continuación, se destacan aspectos relacionados con palabras clave, tendencias de publicación anual y contribuciones por país.

En la Figura 1, se presenta la red de palabras clave derivadas de las dos bases de datos consultadas (Scopus y Web Of Science)

Las palabras más prominentes son aquellas que los autores han empleado con mayor frecuencia en sus investigaciones. Entre ellas se destacan "entrega de última milla" (last-mile delivery) con 33 apariciones, "drones" con 27, "entrega de drones" (drone delivery) con 20, "vehículo aéreo no tripulado" (unmanned aerial vehicle) con 16 y "logística" (logistics) con 15. Se destaca también la relevancia de la palabra "heurística" (heuristic) con 8 apariciones, lo que indica que ha sido uno de los métodos más utilizados para resolver problemas logísticos de última milla con drones.

Las palabras clave reflejan los temas centrales y críticos de las investigaciones. Por lo tanto, si se desea profundizar en el estudio de la entrega de última milla mediante drones, la comunidad científica debería considerar temas como seguridad (security), energía (energy), planificación (scheduling), cadena de bloques (blockchain), y casilleros para paquetes (package lockers).

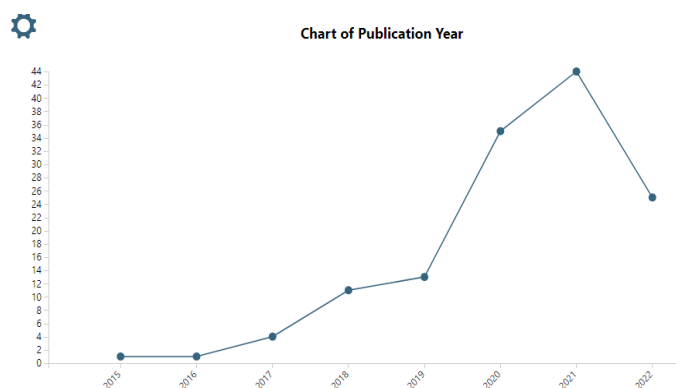
Figura 1. Red de palabras claves en la literatura sobre logística de última milla con drones.



Fuente: Elaboración propia en VOSviewer.

La Figura 2 muestra la tendencia anual de publicación en logística de última milla con drones, que se manifiesta desde 2015. Se aprecia un crecimiento en las publicaciones desde 2017, posiblemente influenciado por el primer envío real realizado con un dron a un cliente por Amazon en 2016, el cual solo tardó 13 minutos desde la compra hasta la entrega [8], hecho que atrajo la atención de otras empresas logísticas y de la comunidad científica.

Figura 2. Tendencias anuales de publicaciones sobre logística de última milla con drones.



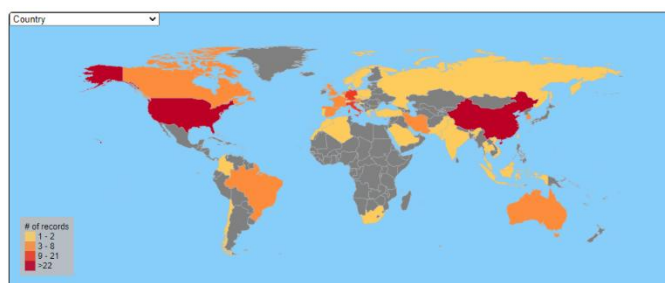
Fuente: Elaboración propia en VantagePoint.

El mayor incremento en publicaciones se evidenció entre 2019 y 2020, seguramente debido a las medidas preventivas que los gobiernos tuvieron que implementar contra la propagación del COVID-19, como el cierre de fronteras y el distanciamiento social, afectando los sistemas de transporte. A partir de ello, surgieron mayores intereses en métodos de transporte y entrega sin contacto, como los vehículos aéreos no tripulados (drones) [9].

De acuerdo con la Figura 3, los países con mayor actividad de publicación en artículos relacionados con la entrega de última

milla basada en drones son Estados Unidos, China, Alemania e Italia, que juntos representan el 71% del total de publicaciones estudiadas. Se destaca que la mayoría de investigaciones se concentran en Estados Unidos, el país con el mayor número de publicaciones (30,71%, correspondiente a 43 documentos). A pesar de tener una regulación aérea estricta, su interés en explorar nuevas tecnologías innovadoras permite a su economía aprovechar las ventajas del acelerado cambio tecnológico [10]. Por otro lado, los países de América Latina (Brasil, Chile y Colombia) solo representan el 6%.

Figura 3. Distribución geográfica de publicaciones sobre logística de última milla con drones.



Fuente: Elaboración propia en VOSviewer.

Clasificación y Análisis de los Problemas Generados por la Utilización de Drones en la Última Milla.

Se realizó la revisión a la literatura por medio de la metodología STROBE. A través de este análisis, se logró desarrollar una clasificación de los principales problemas que surgen al implementar el uso de drones en la última milla (Ver tabla 1). A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de ellos.

Tabla 1. Clasificación de los problemas generados por la utilización de drones en la última milla.

Clasificación de los Problemas		
Tipo de problema	Subproblema	No. del Artículo
Infraestructura		6,16,22,33,42,44,60,62,68,81
Enrutamiento	VRPD	1,8,9,10,12,14,20,23,25,26,53,56,57,63,87,100,106,107
	TSPD	2,3,4,13,17,19,21,24,28,40,51,52,70,72,73,75,85,88,89,90,94,95,96,102
	Sin clasificación	5,7,15,38,39,46,47,55,58,69,74,77,79,80,84,86,91,98,99,103,105
Sostenibilidad	Ambiental	32,39,49,71,76,93,105
	Económico	59,61,78,91,97
	Social	22,30,33,35,37,45,50,64,67,82,83,93,97,101,108
Logística humanitaria		7,55,66
Energía		34,36,41,46,47
Régimen legal		27,104
Otros Tipos de Documentos		
Revisión de la literatura		11,18,29,31,43,48,54,65,92

Problemas de Infraestructura

La implementación de un sistema de entrega con drones demanda la creación de una nueva infraestructura para adaptar las ciudades a esta tecnología [11]. Según la tabla 1, entre los artículos de infraestructura, no se identifican agrupaciones. Se realiza el siguiente análisis: Título 6: marco informático de autenticación del consumidor, a través de contraseña y reconocimiento facial; título 16: controlador de seguimiento para la ruta del camión-dron que permite guiar al dron para aterrizar en el camión indicándole los obstáculos en el camino; título 22: diseño de torre de carga para varios drones; título 33: diseño de un aeropuerto para varios drones; título 42: sistema de entrega de drones escalable basado en contract net y planificador híbrido ROS (RHBP) para asignación y ejecución de tareas: obligatorias, subasta previa y regulares; título 44: el uso de vehículos de transporte público (trenes, tranvías, autobuses) como método de transporte intermediario para la entrega, los drones recogen paquete en tienda, se suben al transporte público hasta parada cercana al destino y vuelan el resto del trayecto; título 60: diseño de un centro de distribución con una colmena de drones; título 62: Dronistics: aplicación web para rastrear y controlar el dron en tiempo real; título 68: sistema de posicionamiento y aterrizaje para piezas ligeras dentro de una planta de producción; título 81: sistema de localización de puntos de despegue del dron. Por lo tanto, se determina que construir una infraestructura completa, incluyendo aeropuertos, zonas de carga y adaptaciones logísticas sería un

proceso costoso y lento.

Al final de este documento se presenta un apéndice en el que se recopilan las referencias correspondientes a los títulos mencionados a lo largo del texto, con el fin de facilitar la consulta.

Problemas de Enrutamiento

Son problemas matemáticos y de optimización que plantean la asignación adecuada de rutas para la distribución de mercancía desde un punto de origen a diferentes clientes utilizando una flota de vehículos, generalmente camiones y drones [12]. Los cuales se dividen en:

Título 1, 12, 23, 26, 53, 56, 106: problema de enrutamiento de vehículos con drones (VRPD), donde asume una flota de vehículos compuesta por camiones homogéneos (operados por conductores, cada uno de ellos con la misma cantidad de drones homogéneos. La tarea es entregar paquetes a un conjunto de clientes con demandas uniformes y ubicaciones diferentes, donde cada cliente es atendido exactamente una vez, ya sea por un dron o un camión.

Además, se presentan problemas VRPD con pequeñas variaciones: título 8: problema de enrutamiento camión-dron-atv (vehículo todo terreno); título 9 y 107: problema de enrutamiento de vehículos con drones con múltiples visitas; título 10: problema de enrutamiento de vehículos con drones y operaciones en ruta; título 14: problema de localización y ruteo de camiones y drones; título 20: problema de enrutamiento de ubicación de dos escalones; título 25: problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo y robots de reparto; título 57: problema de enrutamiento de drones con el intercambio de flotas habilitado por blockchain; título 63: problema de enrutamiento de vehículos y drones con ventanas de tiempo; título 87: problema de enrutamiento de vehículos de programación paralela de drones; título 100: problemas de ruteo de vehículos escalonados con drones.

Título 2, 3, 17, 21, 24, 28, 51, 73, 75, 96, 98, 85: problema del viajante de comercio con dron (TSPD) es un problema introducido por [3], el cual está basado en un sistema de ruta asistido por un solo camión y dron que atienden un conjunto de clientes. El dron debe seguir la misma red de carretera que el camión. Sin embargo, el lugar de inicio y final de una entrega debe ser diferente y puede darse en el camión o en el depósito.

Su subclasificación se divide en: título 4 y 40: problema del reparador itinerante multiviaje con drones; título 13: problema del vendedor ambulante con drones y estacionamiento; título 19: problema del viaje simultáneo con drones; título 52, 70 y 90: problema del vendedor ambulante con múltiples drones; título 72: problema de varios vendedores ambulantes multimodo; título 88: problema de viajero de múltiples visitas con múltiples drones; título 89: problema del vendedor

ambulante con múltiples compañeros voladores con velocidades variables de drones; título 94 y 95: problema de ubicación de la estación de drones del vendedor ambulante; título 102: problema del viajante de comercio con compañero volador con entregas backhaul.

Por otra parte, se encuentran los problemas sin clasificar los cuales no están dentro de la categoría del VRPD y TSPD. Se analizan los siguientes temas: título 5: sistema de distribución de doble canal; título 7: modelos de optimización para entregar paquetes de socorro; título 15: formulación matemática para investigar el enrutamiento óptimo entre varios tipos de nodos; título 38: sistema combinado de camiones y drones de reparto, basado en un área de multitud y tecnología; título 39: modelo de optimización para entregas de última milla en zonas urbanas; título 46: modelo de problema de enrutamiento con transporte público como estaciones; título 47, 86 y 98: problema de optimización con énfasis en la energía del dron; título 55: sistema colaborativo de camiones y drones; título 58: optimización conjunta del agrupamiento de ubicaciones de clientes y enrutamiento; título 69: diseño de trayectorias del dron que realice múltiples tareas; título 74: problema de puntos de transferencia en la ruta; título 77: diseño de red para estaciones de carga y distancias recorridas; título 79: planificación de la ruta del dron en entornos ambientales altamente dinámicos e impredecibles; título 80 y 103: problema de planificación, donde los clientes están ubicados uniformemente en el mercado; título 84: cooperación simultánea entre drones y vehículos terrestres refrigerados; título 91: problema del transporte a cuevas; título 99: logística camión-dron con rutas multipunto; título 105: formulaciones para resolver instancias determinadas en la literatura del VRPD y RPD.

Problemas de Sostenibilidad

De acuerdo con [13] el desafío clave en la implementación de tecnologías en la logística sostenible es garantizar un servicio de última milla eficiente y sostenible, convirtiéndose en una prioridad para las empresas del sector. Por dicha razón se investigan los problemas ambientales, económicos y sociales. Para los cuales se realiza el siguiente análisis:

Problemas ambientales. título 32: estudio de tres tipos de vehículos autónomos: drones o vehículos aéreos no tripulados (UAV), robots autónomos de entrega en la acera y robots autónomos de entrega en la carretera en términos de millas-vehículo, consumo de energía y emisiones de CO₂; título 39: enfoque híbrido para un sistema sostenible donde se incluya la mayor cantidad de indicadores de sostenibilidad; título 49 y 93: estudio de tráfico de drones en el aire a baja altitud; título 71: diseño de trayectorias conscientes del ruido para disminuir la contaminación acústica; título 76 y 105: combinación de vehículos tradicionales y verdes que mejoran las emisiones de CO₂.

Problemas económicos: título 59: comparación técnica económica entre un dron y una motocicleta; título 61: desarrollo de una metodología estandarizada donde se presentan una lista de factores económicos para seleccionar el mejor dron; título 78: estimación de costos operacionales en diferentes modos de entrega; título 91: proceso para asignar de forma eficiente las inversiones tanto en camiones como en drones; título 97: análisis financiero de una empresa para evaluar los beneficios de implementar drones.

Problemas Sociales: título 30, 35, 37, 64, 67, 82, 97, 101 y 108: Estudio de los factores que influyen en la aceptación de drones como una nueva forma de entrega en el futuro, el objetivo principal es identificar los principales factores y evaluar sus efectos; asociando la intención de utilizar drones como método de entrega; título 45 y 50: estimación del número de entregas mediante drones; título 22: estudio de viabilidad a partir de dos modelos de entrega: flota camión-dron y solo dron; título 83: proceso de jerarquía analítica (AHP) para seleccionar el mejor método de transporte y ruta en la última milla teniendo en cuenta la percepción de la población; título 93: estudio de la evolución de los drones con un enfoque en el internet de las cosas.

Problemas de Logística Humanitaria

Desarrollo de herramientas para las operaciones de socorro en casos de desastres naturales, con el objetivo de planificar e implementar de manera eficiente la entrega de productos de carácter urgente, como kits medicinales [14] De los artículos estudiados se identificaron los siguientes temas de investigación: título 7: entrega de múltiples paquetes de artículos de socorro livianos a través de drones a una cierta cantidad de ubicaciones remotas dentro de una zona propensa a desastres; título 55: sistema colaborativo de camiones y drones como una herramienta de evaluación posterior al desastre para uso de las redes de ayuda humanitaria; título 66: apoyo logístico en la fase de gestión de sistemas de transporte de vehículos aéreos no tripulado para la toma de decisiones en las operaciones y misiones de socorro. Se observa que los drones son una excelente solución para entregar productos en lugares de difícil acceso en comparación con los medios de transporte tradicionales.

Problemas de Energía

La batería del dron es una de sus limitaciones más significativas, tanto en términos de tiempo de vuelo como en relación con la forma de recarga. Debido a que a medida que la carga disminuye, el tiempo de vuelo se reduce, afectando la autonomía del dron [15]. En los artículos estudiados se encuentran las siguientes ideas para encontrar una solución: título 34: diseño de un modelo de consumo de energía en función de las condiciones ambientales, el patrón de vuelo y las distancias; título 36: modelo de cooperación entre un camión y una flota de drones, donde se busca maximizar el beneficio considerando la limitación de

energía del dron; título 41: máquinas automáticas de intercambio de baterías (ABSM) para ampliar los rangos de vuelo; título 46: uso de vehículos de transporte público tanto como sea posible para acercarse a los clientes y para cargar su batería; título 47: modelo no lineal de consumo de energía de drones donde se consideran las restricciones de carga útil y consumo de energía de acuerdo a la distancia del viaje. Además, se considera importante estudiar el consumo energético del dron en caso de eventos atmosféricos adversos, por ejemplo: viento fuerte.

Problemas de Régimen Legal

Es el régimen jurídico aplicable al sobrevuelo de drones, en el cual se abarcan todos los tipos y propósitos de vuelo de estas aeronaves no tripuladas. [16]. Se realiza el siguiente análisis: título 27: los modelos de permiso negociable (Ejemplo: considerando la tasa de llegada) para uso del espacio aéreo; título 104: el estudio de la regulación de entrega de última milla en Croacia y posibles problemas. Cabe resaltar que a pesar de los intentos de elaborar un régimen legal que permita sobrevolar los drones en el espacio aéreo, aún es una dinámica prohibida.

Revisiones a la Literatura

Hace referencia al resumen de las diferentes investigaciones y artículos que brindan una idea sobre cuál es el estado actual [17] de la logística de última milla mediante drones. Se encuentran las siguientes revisiones a la literatura. Clasificación de: título 11: problemas en términos de problemas de enrutamiento de vehículos, despliegue de estaciones de recarga, problemas de aterrizaje, dimensionamiento de flotas y problemas de asignación de tarea; título 29: variedad de sistemas de entrega con drones y sus problemas de planificación operativa; título 43: drones multicóptero disponibles en el mercado y su análisis en términos de potencial y limitaciones para entregas; título 48: técnicas de investigación de operaciones para resolver problemas de enrutamiento con drones; título 54: problemas de enrutamiento de dos escalones (drones + camiones) con sus diferentes formulaciones. También se encuentran estudios de: título 18: problema de enrutamiento de camiones y drones (VRPD); título 31: desafíos y oportunidades para la introducción de la automatización, la electrificación y la movilidad, denominadas como las 3 revoluciones (3R), en la última milla; título 65: problemas de enrutamiento de dos escalones (drones + camiones) con sus diferentes formulaciones y título 92: transformación en sistemas de carga en las áreas urbanas de la última milla, específicamente con drones e impresión 3D.

IV. CONCLUSIONES

A través del análisis bibliométrico, se ha determinado que la investigación en torno a la logística de última milla mediante drones es una disciplina emergente. Aunque todavía se

encuentra en sus primeras etapas con un número limitado de publicaciones, es notorio un incremento en la tendencia anual de publicaciones en este ámbito.

Los desafíos que surgen de la implementación de drones para la entrega de última milla se pueden categorizar en varias áreas: infraestructura, optimización de rutas (problemas del vendedor viajante con drones - TSPD y problemas de ruteo de vehículos con drones - VRPD), sostenibilidad (que engloba aspectos ambientales, económicos y sociales), logística humanitaria, energía y normativas legales. Es importante destacar que, dentro de estos, los problemas de optimización de rutas (TSPD y VRPD) han sido el área de enfoque principal para la comunidad científica, representando el 38% de los artículos analizados en este estudio. Esta tendencia subraya la importancia de la eficiencia en la entrega como un factor crítico en la aplicación de la tecnología de drones en la logística de última milla.

REFERENCIAS

- [1] E. Huartos, "Logística 4.0: importancia en el proceso logístico de distribución de última milla," Universidad Militar Nueva Granada, 2019.
- [2] O. Houda, "Soluciones logísticas en la última milla," Universidad de Valladolid, 2020.
- [3] C. C. Murray and A. G. Chu, "The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery," *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 54, pp. 86–109, May 2015, doi: 10.1016/J.TRC.2015.03.005.
- [4] Amazon, "Taking technology to new heights." [Online]. Available: <https://www.amazon.jobs/en/teams/prime-air>
- [5] M. Héder, "From NASA to EU: the evolution of the TRL scale in Public Sector Innovation," *Innov J*, vol. 22, no. 2, p. 3.
- [6] R. Morales, "Entregas de pedidos de Amazon con drones: este es el estado actual del servicio Prime Air, que sigue retrasándose por accidentes y problemas regulatorios," Business Insider España. Accessed: Apr. 25, 2023. [Online]. Available: <https://www.businessinsider.es/estado-actual-prime-air-amazon-envio-paquetes-drones-1043129>
- [7] D. Tranfield, D. Denyer, and P. Smart, "Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review," *British Journal of Management*, vol. 14, no. 3, pp. 207–222, 2003, doi: 10.1111/1467-8551.00375.
- [8] Teknautas, "La entrega con drones de Amazon es real: así fue el primer envío a un cliente." Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2016-12-14/amazon-drones-entregas-envios_1303960/
- [9] M. Kunovjanek and C. Wankmüller, "Containing the COVID-19 pandemic with drones - Feasibility of a drone enabled back-up transport system," *Transp Policy (Oxf)*, vol. 106, pp. 141–152, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.tranpol.2021.03.015.

- [10] Cepal, “La Inversión Extranjera Directa en América Latina y el Caribe | Comisión Económica para América Latina y el Caribe.” Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.cepal.org/es/tipo-de-publicacion/la-inversion-extranjera-directa-america-latina-caribe>
- [11] D. Ceña Arévalo, “Reparto de mercancías a través de drones: estudio y viabilidad,” Jun. 08, 2017, *Universitat Politècnica de Catalunya*. Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/2117/107148>
- [12] M. E. López, R. Andrés, and F. Puyo Bazallo, “SOLUCIÓN DE PROBLEMA DE RUTEO CON FLOTA HETEROGENEA DE UNA EMPRESA DEL SECTOR AVÍCOLA USANDO EL ALGORITMO DE CLARKE & WRIGHT”.
- [13] J. Vicente, “Última Milla Sostenible y Verde: la prioridad actual de los proveedores de logística.” Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: <https://es.linkedin.com/pulse/%C3%BAltima-milla-sostenible-y-verde-la-prioridad-actual-vicente-mart%C3%ADn>
- [14] TheLogisticsWorld, “Prueban dron para entregas comerciales urgentes.” [Online]. Available: <https://thelogisticsworld.com/historico/prueban-dron-para-entregas-comerciales-urgentes/>
- [15] Dronair, “El gran problema de los drones siguen siendo las baterías Dronair.” Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.dronair.es/el-gran-problema-de-los-drones-siguen-siendo-las-baterias>
- [16] Administración Federal de Aviación, “Restricciones del espacio aéreo | Administración Federal de Aviación.” Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: https://www.faa.gov/uas/espanol/restricciones_del_espacio_aereo
- [17] S. J. A. Guirao Goris, “Utilidad y tipos de revisión de literatura,” *Ene*, vol. 9, no. 2, pp. 0–0, 2015, doi: 10.4321/S1988-348X2015000200002.
- [18] A. Eder and A. H. Carranza, “Logística 4.0: importancia en el proceso logístico de distribución de última milla,” Jun. 28, 2019, *Universidad Militar Nueva Granada*. Accessed: Sep. 10, 2025. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/10654/31727>
- [19] H. Ousaid, “Soluciones logísticas en la última milla,” 2020, Accessed: Sep. 10, 2025. [Online]. Available: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/41721>
- [20] “Prime Air.” Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.amazon.jobs/content/en/teams/e-commerce-foundation/prime-air>
- [21] M. Héder, “(PDF) De la NASA a la UE: la evolución de la escala TRL en la innovación del sector público.” Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/350942366_From_NASA_to_EU_the_evolution_of_the_TRL_scale_in_Public_Sector_Innovation
- [22] R. Corrales, “Entregas de pedidos de Amazon con drones: este es el estado actual del servicio Prime Air, que sigue retrasándose por accidentes y problemas regulatorios.” Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.businessinsider.es/tecnologia/estado-actual-prime-air-amazon-envio-paquetes-drones-1043129>
- [23] The logistics world, “Prueban dron para entregas comerciales urgentes – THE LOGISTICS WORLD | Conéctate e inspírate.” Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: <https://thelogisticsworld.com/historico/prueban-dron-para-entregas-comerciales-urgentes/>
- [24] J. de Freitas, P. P.-E. N. in D. Mathematics, and undefined 2018, “A randomized variable neighborhood descent heuristic to solve the flying sidekick traveling salesman problem,” *Elsevier*, vol. 66, pp. 95–102, 2018, doi: 10.1016/j.endm.2018.03.013.
- [25] F. Tamke and U. Buscher, “A branch-and-cut algorithm for the vehicle routing problem with drones,” *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 144, pp. 174–203, Feb. 2021, doi: 10.1016/J.TRB.2020.11.011.
- [26] D. Schermer, M. Moeini, and O. Wendt, “A branch-and-cut approach and alternative formulations for the traveling salesman problem with drone,” *Networks*, vol. 76, no. 2, pp. 164–186, Sep. 2020, doi: 10.1002/NET.21958.
- [27] M. Boccia, A. Masone, A. Sforza, and C. Sterle, “A column-and-row generation approach for the flying sidekick travelling salesman problem,” *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 124, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.TRC.2020.102913.
- [28] M. Moshref-Javadi, A. Hemmati, and M. Winkenbach, “A comparative analysis of synchronized truck-and-drone delivery models,” *Comput Ind Eng*, vol. 162, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.CIE.2021.107648.
- [29] M. F. Chen, Y. Q. Liu, Y. Song, and Q. Sun, “A contract coordination model of dual-channel delivery between uavs and couriers considering the uncertainty of delivery for last mile,” *Discrete Dyn Nat Soc*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/6214359.
- [30] A. Hannan *et al.*, “A decentralized hybrid computing consumer authentication framework for a reliable drone delivery as a service,” *PLoS One*, vol. 16, no. 4, p. e0250737, Apr. 2021, doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0250737.
- [31] B. Rabta, C. Wankmüller, and G. Reiner, “A drone fleet model for last-mile distribution in disaster relief operations,” *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 28, pp. 107–112, Jun. 2018, doi: 10.1016/J.IJDRR.2018.02.020.
- [32] M. Moeini and H. Salewski, “A Genetic Algorithm for Solving the Truck-Drone-ATV Routing Problem,” *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 991, pp. 1023–1032, Jan. 2020, doi: 10.1007/978-3-030-21803-4_101.

- [33] R. Gu, M. Poon, Z. Luo, Y. Liu, and Z. Liu, "A hierarchical solution evaluation method and a hybrid algorithm for the vehicle routing problem with drones and multiple visits," *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 141, Aug. 2022, doi: 10.1016/J.TRC.2022.103733.
- [34] D. Schermer, M. Moeini, and O. Wendt, "A hybrid VNS/Tabu search algorithm for solving the vehicle routing problem with drones and en route operations," *Comput Oper Res*, vol. 109, pp. 134–158, Sep. 2019, doi: 10.1016/J.COR.2019.04.021.
- [35] T. Benarbia and K. Kyamakya, "A Literature Review of Drone-Based Package Delivery Logistics Systems and Their Implementation Feasibility," *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 360, vol. 14, no. 1, p. 360, Dec. 2021, doi: 10.3390/SU14010360.
- [36] D. Schermer, M. Moeini, and O. Wendt, "A matheuristic for the vehicle routing problem with drones and its variants," *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 106, pp. 166–204, Sep. 2019, doi: 10.1016/J.TRC.2019.06.016.
- [37] J. Gomez-Lagos, A. Candia-Vejar, and F. Encina, "A New Truck-Drone Routing Problem for Parcel Delivery Services Aided by Parking Lots," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 11091–11108, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3050658.
- [38] L. C. Montaña, L. Malagon-Alvarado, P. A. Miranda, M. M. Arboleda, E. L. Solano-Charris, and C. A. Vega-Mejía, "A novel mathematical approach for the Truck-and-Drone Location-Routing Problem," *Procedia Comput Sci*, vol. 200, pp. 1378–1391, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.PROCS.2022.01.339.
- [39] F. Farajzadeh, A. Moadab, O. F. Valilai, M. Houshmand, and O. Fatahi Valilai, "A Novel Mathematical Model for a Cloud-Based Drone Enabled Vehicle Routing Problem considering Multi-Echelon Supply Chain," 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.18745.39522.
- [40] V. P. Bacheti, A. S. Brandao, and M. Sarcinelli-Filho, "A Path-Following Controller for a UAV-UGV Formation Performing the Final Step of Last-Mile-Delivery," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 142218–142231, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3120347.
- [41] J. C. de Freitas and P. H. V. Penna, "A Randomized Variable Neighborhood Descent Heuristic to Solve the Flying Sidekick Traveling Salesman Problem," *Electron Notes Discrete Math*, vol. 66, pp. 95–102, Apr. 2018, doi: 10.1016/J.ENDM.2018.03.013.
- [42] Y. J. Liang and Z. X. Luo, "A Survey of Truck-Drone Routing Problem: Literature Review and Research Prospects," *Journal of the Operations Research Society of China*, vol. 10, no. 2, pp. 343–377, Jun. 2022, doi: 10.1007/S40305-021-00383-4.
- [43] M. Moshref-Javadi, A. Hemmati, and M. Winkenbach, "A truck and drones model for last-mile delivery: A mathematical model and heuristic approach," *Appl Math Model*, vol. 80, pp. 290–318, Apr. 2020, doi: 10.1016/J.APM.2019.11.020.
- [44] M. Boccia, A. Mancuso, A. Masone, A. Sforza, and C. Sterle, "A Two-Echelon Truck-and-Drone Distribution System: Formulation and Heuristic Approach," *AIRO Springer Series*, vol. 7, pp. 153–163, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-86841-3_13.
- [45] J. C. de Freitas and P. H. V. Penna, "A Variable Neighborhood Search for Flying Sidekick Traveling Salesman Problem," *International Transactions in Operational Research*, vol. 27, no. 1, pp. 267–290, Apr. 2018, doi: 10.1111/itor.12671.
- [46] P. R. Gabani, U. B. Gala, V. S. Narwane, R. D. Raut, U. H. Govindarajan, and B. E. Narkhede, "A viability study using conceptual models for last mile drone logistics operations in populated urban cities of India," *IET Collaborative Intelligent Manufacturing*, vol. 3, no. 3, pp. 262–272, Sep. 2021, doi: 10.1049/CIM2.12006.
- [47] D. Schermer, M. Moeini, and O. Wendt, "Algorithms for Solving the Vehicle Routing Problem with Drones," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 10751 LNAI, pp. 352–361, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-75417-8_33.
- [48] S. T. Windras Mara, A. P. Rifai, and B. M. Sopha, "An adaptive large neighborhood search heuristic for the flying sidekick traveling salesman problem with multiple drops," *Expert Syst Appl*, vol. 205, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.ESWA.2022.117647.
- [49] C. Chen, E. Demir, and Y. Huang, "An adaptive large neighborhood search heuristic for the vehicle routing problem with time windows and delivery robots," *Eur J Oper Res*, vol. 294, no. 3, pp. 1164–1180, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.EJOR.2021.02.027.
- [50] D. Sacramento, D. Pisinger, and S. Ropke, "An adaptive large neighborhood search metaheuristic for the vehicle routing problem with drones," *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 102, pp. 289–315, May 2019, doi: 10.1016/J.TRC.2019.02.018.
- [51] F. A. N. Verri *et al.*, "An analysis on tradable permit models for last-mile delivery drones," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 186279–186290, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3030612.
- [52] F. Focacci, A. Lodi, and M. Milano, "A Hybrid Exact Algorithm for the TSPTW," *INFORMS J Comput*, vol. 14, no. 4, pp. 403–417, Nov. 2002, doi: 10.1287/IJOC.14.4.403.2827.
- [53] M. Moshref-Javadi and M. Winkenbach, "Applications and Research avenues for drone-based models in logistics: A classification and review," *Expert Syst Appl*, vol. 177, p. 114854, Sep. 2021, doi: 10.1016/J.ESWA.2021.114854.
- [54] H. Ganjipour and A. Edrisi, "Applying the integrated model to understanding online buyers' intention to adopt delivery drones in Iran," *Transportation Letters*, vol. 15, no. 2, pp. 98–110, Feb. 2023, doi: 10.1080/19427867.2022.2035130.
- [55] M. Jaller, C. Otero-Palencia, and A. Pahwa,

- “Automation, electrification, and shared mobility in urban freight: Opportunities and challenges,” *Transportation Research Procedia*, vol. 46, pp. 13–20, 2020, doi: 10.1016/J.TRPRO.2020.03.158.
- [56] M. A. Figliozzi, “Carbon emissions reductions in last mile and grocery deliveries utilizing air and ground autonomous vehicles,” *Transp Res D Transp Environ*, vol. 85, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.trd.2020.102443.
- [57] H. Jiang and X. Ren, “Comparative Analysis of Drones and Riders in On-Demand Meal Delivery Based on Prospect Theory,” *Discrete Dyn Nat Soc*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/9237689.
- [58] T. Kirschstein, “Comparison of energy demands of drone-based and ground-based parcel delivery services,” *Transp Res D Transp Environ*, vol. 78, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.TRD.2019.102209.
- [59] L. Cai, K. F. Yuen, D. Xie, M. Fang, and X. Wang, “Consumer’s usage of logistics technologies: Integration of habit into the unified theory of acceptance and use of technology,” *Technol Soc*, vol. 67, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.TECHSOC.2021.101789.
- [60] F. B. Sorbelli, F. Corò, S. K. Das, L. Palazzetti, and C. M. Pinotti, “Cooperative Truck-Drone Scheduling Approach for Last-Mile Deliveries (Extended Abstract),” 2021.
- [61] C. N. Osakwe, M. Hudik, D. Říha, M. Stros, and T. Ramayah, “Critical factors characterizing consumers’ intentions to use drones for last-mile delivery: Does delivery risk matter?,” *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 65, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.JRETCONSER.2021.102865.
- [62] M. Behroozi and D. Ma, “Crowdsourced delivery with drones in last mile logistics,” *OpenAccess Series in Informatics*, vol. 85, pp. 17:1-17:12, Nov. 2020, doi: 10.4230/OASICS.ATMOS.2020.17/-/STATS.
- [63] H. G. Resat, “Design and Analysis of Novel Hybrid Multi-Objective Optimization Approach for Data-Driven Sustainable Delivery Systems,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 90280–90293, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2994186.
- [64] M. Moshref-Javadi, S. Lee, and M. Winkenbach, “Design and evaluation of a multi-trip delivery model with truck and drones,” *Transp Res E Logist Transp Rev*, vol. 136, Apr. 2020, doi: 10.1016/J.TRE.2020.101887.
- [65] T. Cokyasar, W. Dong, M. Jin, and İ. Ö. Verbas, “Designing a drone delivery network with automated battery swapping machines,” *Comput Oper Res*, vol. 129, May 2021, doi: 10.1016/J.COR.2020.105177.
- [66] D. Krakowczyk, J. Wolff, A. Ciobanu, D. J. Meyer, and C. E. Hrabia, “Developing a distributed drone delivery system with a hybrid behavior planning system,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 11117 LNAI, pp. 107–114, 2018, doi: 10.1007/978-3-030-00111-7_10/FIGURES/3.
- [67] M. Tucker, C. Polikakhina, P. Lyon, and F. A. Figliozzi, “Logística, de entregas con drones,, eficiencia, seguridad y última hora Compensaciones,” 2018, Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: https://pdxscholar.library.pdx.edu/cengin_fac/553
- [68] R. Khalid and S. M. Chankov, “Drone Delivery Using Public Transport: An Agent-Based Modelling and Simulation Approach,” *Lecture Notes in Logistics*, pp. 374–383, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-44783-0_36.
- [69] A. Moadab, F. Farajzadeh, and O. Fatahi Valilai, “Drone routing problem model for last-mile delivery using the public transportation capacity as moving charging stations,” *Sci Rep*, vol. 12, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1038/S41598-022-10408-4.
- [70] C. Cheng, Y. Adulyasak, and L. M. Rousseau, “Drone routing with energy function: Formulation and exact algorithm,” *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 139, pp. 364–387, Sep. 2020, doi: 10.1016/J.TRB.2020.06.011.
- [71] G. Macrina, L. Di Puglia Pugliese, F. Guerriero, and G. Laporte, “Drone-aided routing: A literature review,” *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 120, p. 102762, Nov. 2020, doi: 10.1016/J.TRC.2020.102762.
- [72] R. She and Y. Ouyang, “Efficiency of UAV-based last-mile delivery under congestion in low-altitude air,” *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 122, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.TRC.2020.102878.
- [73] M. Doole, J. Ellerbroek, and J. Hoekstra, “Estimation of traffic density from drone-based delivery in very low level urban airspace,” *J Air Transp Manag*, vol. 88, Sep. 2020, doi: 10.1016/J.JAIRTRAMAN.2020.101862.
- [74] S. Poikonen, B. Golden, and E. A. Wasil, “A branch-and-bound approach to the traveling salesman problem with a drone,” *INFORMS J Comput*, vol. 31, no. 2, pp. 335–346, 2019, doi: 10.1287/IJOC.2018.0826.
- [75] S. Bansal, R. Goel, and R. Maini, “Ground Vehicle and UAV Collaborative Routing and Scheduling for Humanitarian logistics using Random Walk Based Ant Colony Optimization,” *Scientia Iranica*, vol. 29, no. 2, pp. 632–644, Apr. 2022, doi: 10.24200/SCI.2021.58309.5664.
- [76] H. Li, J. Chen, F. Wang, and M. Bai, “Ground-vehicle and unmanned-aerial-vehicle routing problems from two-echelon scheme perspective: A review,” *Eur J Oper Res*, vol. 294, no. 3, pp. 1078–1095, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.EJOR.2021.02.022.
- [77] G. Zhang, N. Zhu, S. Ma, and J. Xia, “Humanitarian relief network assessment using collaborative truck-and-drone system,” *Transp Res E Logist Transp Rev*, vol. 152, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.tre.2021.102417.
- [78] R. Rich, “Inverting the Truck-Drone Network Problem to Find Best Case Configuration,” *Advances in Operations Research*, vol. 2020, pp. 1–10, 2020, doi: 10.1155/2020/4053983.
- [79] Y. Xia, W. Zeng, X. Xing, Y. Zhan, K. H. Tan, and A. Kumar, “Joint optimisation of drone routing and battery

- wear for sustainable supply chain development: a mixed-integer programming model based on blockchain-enabled fleet sharing,” *Ann Oper Res*, vol. 327, no. 1, pp. 89–127, Aug. 2023, doi: 10.1007/S10479-021-04459-5.
- [80] M. Salama and S. Srinivas, “Joint optimization of customer location clustering and drone-based routing for last-mile deliveries,” *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 114, pp. 620–642, May 2020, doi: 10.1016/J.TRC.2020.01.019.
- [81] E. Filiopoulou, A. Skoufis, C. Michalakelis, E. Skoufi, and A. Skoufis, “Last Mile Delivery by Drone: A Technoeconomic Approach.” [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/355182397>
- [82] J. P. Aurambout, K. Gkoumas, and B. Ciuffo, “Last mile delivery by drones: an estimation of viable market potential and access to citizens across European cities,” *European Transport Research Review*, vol. 11, no. 1, Dec. 2019, doi: 10.1186/S12544-019-0368-2.
- [83] F. Nur, A. Alrahahleh, R. Burch, K. Babski-Reeves, and M. Marufuzzaman, “Last mile delivery drone selection and evaluation using the interval-valued inferential fuzzy TOPSIS,” *J Comput Des Eng*, vol. 7, no. 4, pp. 397–411, Aug. 2020, doi: 10.1093/JCDE/QWAA033.
- [84] P. M. Kornatowski, A. Bhaskaran, G. M. Heitz, S. Mintchev, and D. Floreano, “Last-Centimeter Personal Drone Delivery: Field Deployment and User Interaction,” *IEEE Robot Autom Lett*, vol. 3, no. 4, pp. 3813–3820, Oct. 2018, doi: 10.1109/LRA.2018.2856282.
- [85] L. Di Puglia Pugliese and F. Guerriero, “Last-Mile Deliveries by Using Drones and Classical Vehicles,” *Springer Proceedings in Mathematics and Statistics*, vol. 217, pp. 557–565, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-67308-0_56.
- [86] N. Boysen, S. Fedtke, and S. Schwerdfeger, “Last-mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective,” *OR Spectrum*, vol. 43, no. 1, pp. 1–58, Mar. 2021, doi: 10.1007/S00291-020-00607-8/FIGURES/9.
- [87] S. Sawadsitang, D. Niyato, P. S. Tan, P. Wang, and S. Nutanong, “Multi-objective optimization for drone delivery,” *IEEE Vehicular Technology Conference*, vol. 2019-September, Sep. 2019, doi: 10.1109/VTCFall.2019.8891117.
- [88] A. Troudi, S. A. Addouche, S. Dellagi, and A. El Mhamedi, “Logistics support approach for drone delivery fleet,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 10268 LNCS, pp. 86–96, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-59513-9_9.
- [89] C. Sigari and P. Biberthaler, “Medical drones: Disruptive technology makes the future happen,” *Unfallchirurg*, vol. 124, no. 12, pp. 974–976, Dec. 2021, doi: 10.1007/S00113-021-01095-3.
- [90] P. Orgeira-Crespo, C. Ulloa, G. Rey-Gonzalez, and J. A. P. García, “Methodology for Indoor Positioning and Landing of an Unmanned Aerial Vehicle in a Smart Manufacturing Plant for Light Part Delivery,” *Electronics* 2020, Vol. 9, Page 1680, vol. 9, no. 10, p. 1680, Oct. 2020, doi: 10.3390/ELECTRONICS9101680.
- [91] M. Khosravi, S. Enayati, H. Saeedi, and H. Pishro-Nik, “Multi-Purpose Drones for Coverage and Transport Applications,” *IEEE Trans Wirel Commun*, vol. 20, no. 6, pp. 3974–3987, Jun. 2021, doi: 10.1109/TWC.2021.3054748.
- [92] P. Kitjacharoenchai, M. Ventresca, M. Moshref-Javadi, S. Lee, J. M. A. Tanchoco, and P. A. Brunese, “Multiple traveling salesman problem with drones: Mathematical model and heuristic approach,” *Comput Ind Eng*, vol. 129, pp. 14–30, Mar. 2019, doi: 10.1016/J.CIE.2019.01.020.
- [93] G. Scozzaro, D. Delahaye, and A. E. Vela, “Noise Abatement Trajectories for a UAV Delivery Fleet”.
- [94] Q. M. Ha, Y. Deville, Q. D. Pham, and M. H. Hà, “On the min-cost Traveling Salesman Problem with Drone,” *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 86, pp. 597–621, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.trc.2017.11.015.
- [95] J. A. McDougall and L. D. Otero, “Optimal Transfer Point Locations in Two-Stage Distribution Systems,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 1974–1984, Dec. 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2781187.
- [96] N. Agatz, P. Bouman, and M. Schmidt, “Optimization approaches for the traveling salesman problem with drone,” *Transportation Science*, vol. 52, no. 4, pp. 965–981, Jul. 2018, doi: 10.1287/TRSC.2017.0791.
- [97] G. Perboli and M. Rosano, “Parcel delivery in urban areas: Opportunities and threats for the mix of traditional and green business models,” *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 99, pp. 19–36, Feb. 2019, doi: 10.1016/J.TRC.2019.01.006.
- [98] R. Pinto and A. Lagorio, “Point-to-point drone-based delivery network design with intermediate charging stations,” *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 135, Feb. 2022, doi: 10.1016/J.TRC.2021.103506.
- [99] C. Lemardelé, M. Estrada, L. Pagès, and M. Bachofner, “Potentialities of drones and ground autonomous delivery devices for last-mile logistics,” *Transp Res E Logist Transp Rev*, vol. 149, May 2021, doi: 10.1016/J.TRE.2021.102325.
- [100] G. Radzki, I. Nielsen, P. Golińska-dawson, G. Bocewicz, and Z. Banaszak, “Reactive UAV Fleet’s Mission Planning in Highly Dynamic and Unpredictable Environments,” *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 5228, vol. 13, no. 9, p. 5228, May 2021, doi: 10.3390/SU13095228.
- [101] S. Perera, M. Dawande, G. Janakiraman, and V. Mookerjee, “Retail Deliveries by Drones: How Will Logistics Networks Change?,” *Prod Oper Manag*, vol. 29, no. 9, pp. 2019–2034, Sep. 2020, doi: 10.1111/POMS.13217.

- [102] Q. Gu and T. Fan, "Route Planning for Vehicles with UAVs Based on Set Covering," *Springer Proceedings in Business and Economics*, pp. 275–281, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-30967-1_25.
- [103] X. Zhu, "Segmenting the public's risk beliefs about drone delivery: A belief system approach," *Telematics and Informatics*, vol. 40, pp. 27–40, Jul. 2019, doi: 10.1016/J.TELE.2019.05.007.
- [104] A. Serrano-Hernandez, A. Ballano, and J. Faulin, "Selecting Freight Transportation Modes in Last-Mile Urban Distribution in Pamplona (Spain): An Option for Drone Delivery in Smart Cities," *Energies* 2021, Vol. 14, Page 4748, vol. 14, no. 16, p. 4748, Aug. 2021, doi: 10.3390/EN14164748.
- [105] S. Y. Lee, S. R. Han, and B. D. Song, "Simultaneous cooperation of Refrigerated Ground Vehicle (RGV) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for rapid delivery with perishable food," *Appl Math Model*, vol. 106, pp. 844–866, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.APM.2022.02.024.
- [106] L. Di Puglia Pugliese, F. Guerriero, and M. G. Scutellá, "The Last-Mile Delivery Process with Trucks and Drones Under Uncertain Energy Consumption," *J Optim Theory Appl*, vol. 191, no. 1, pp. 31–67, Oct. 2021, doi: 10.1007/S10957-021-01918-8.
- [107] M. A. Nguyen, G. T. H. Dang, M. H. Hà, and M. T. Pham, "The min-cost parallel drone scheduling vehicle routing problem," *Eur J Oper Res*, vol. 299, no. 3, pp. 910–930, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.EJOR.2021.07.008.
- [108] Z. Luo, M. Poon, Z. Zhang, Z. Liu, and A. Lim, "The Multi-visit Traveling Salesman Problem with Multi-Drones," *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 128, Jul. 2021, doi: 10.1016/J.TRC.2021.103172.
- [109] C. C. Murray and R. Raj, "The multiple flying sidekicks traveling salesman problem: Parcel delivery with multiple drones," *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 110, pp. 368–398, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.trc.2019.11.003.
- [110] C. Murray and R. Raj, "The Multiple Flying Sidekicks Traveling Salesman Problem: Parcel Delivery with Multiple Drones," *SSRN Electronic Journal*, Mar. 2019, doi: 10.2139/SSRN.3338436.
- [111] K. Wang, E. Pesch, D. Kress, I. Fridman, and N. Boysen, "The Piggyback Transportation Problem: Transporting drones launched from a flying warehouse," *Eur J Oper Res*, vol. 296, no. 2, pp. 504–519, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.EJOR.2021.03.064.
- [112] A. C. Mckinnon, "The possible impact of 3D printing and drones on last-mile logistics: An exploratory study," *Built Environ*, vol. 42, no. 4, pp. 617–629, 2016, doi: 10.2148/BENV.42.4.617.
- [113] N. S. Labib, M. R. Brust, G. Danoy, and P. Bouvry, "The Rise of Drones in Internet of Things: A Survey on the Evolution, Prospects and Challenges of Unmanned Aerial Vehicles," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 115466–115487, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3104963.
- [114] D. Schermer, M. Moeini, and O. Wendt, "The Traveling Salesman Drone Station Location Problem," *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 991, pp. 1129–1138, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-21803-4_111.
- [115] M. Dienstknecht, N. Boysen, and D. Briskorn, "The traveling salesman problem with drone resupply," *OR Spectrum*, vol. 44, no. 4, pp. 1045–1086, Dec. 2022, doi: 10.1007/S00291-022-00680-1.
- [116] J. C. Pina-Pardo, D. F. Silva, and A. E. Smith, "The traveling salesman problem with release dates and drone resupply," *Comput Oper Res*, vol. 129, May 2021, doi: 10.1016/J.COR.2020.105170.
- [117] F. Borghetti, C. Caballini, A. Carboni, G. Grossato, R. Maja, and B. Barabino, "The Use of Drones for Last-Mile Delivery: A Numerical Case Study in Milan, Italy," *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 1766, vol. 14, no. 3, p. 1766, Feb. 2022, doi: 10.3390/SU14031766.
- [118] E. Es Yurek and H. C. Ozmutlu, "Traveling salesman problem with drone under recharging policy," *Comput Commun*, vol. 179, pp. 35–49, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.COMCOM.2021.07.013.
- [119] P. L. Gonzalez-R, D. Canca, J. L. Andrade-Pineda, M. Calle, and J. M. Leon-Blanco, "Truck-drone team logistics: A heuristic approach to multi-drop route planning," *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 114, pp. 657–680, May 2020, doi: 10.1016/J.TRC.2020.02.030.
- [120] P. Kitjacharoenchai, B. C. Min, and S. Lee, "Two echelon vehicle routing problem with drones in last mile delivery," *Int J Prod Econ*, vol. 225, Jul. 2020, doi: 10.1016/J.IJPE.2019.107598.
- [121] X. Zhu, T. J. Pasch, and A. Bergstrom, "Understanding the structure of risk belief systems concerning drone delivery: A network analysis," *Technol Soc*, vol. 62, p. 101262, Aug. 2020, doi: 10.1016/J.TECHSOC.2020.101262.
- [122] A. Jeon, J. Kang, B. Choi, N. Kim, J. Eun, and T. Cheong, "Unmanned Aerial Vehicle Last-Mile Delivery Considering Backhauls," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 85017–85033, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3087751.
- [123] M. Khosravi and H. Pishro-Nik, "Unmanned Aerial Vehicles for Package Delivery and Network Coverage," *IEEE Vehicular Technology Conference*, vol. 2020-May, May 2020, doi: 10.1109/VTC2020-SPRING48590.2020.9129495.
- [124] A. Erceg, B. Činčurak, E. Josip, J. Strossmayer, A. Vasilj, and J. J. Strossmayer, "Unmanned Aircraft Systems in Logistics-Legal Regulation and Worldwide Examples Toward Use in Croatia," 2017. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/320372713>
- [125] L. Di Puglia Pugliese, F. Guerriero, and G. Macrina, "Using drones for parcels delivery process," *Procedia Manuf*, vol. 42, pp. 488–497, 2020, doi: 10.1016/J.TECHSOC.2020.101262.

- 10.1016/J.PROMFG.2020.02.043.
- [126] P. Kitjacharoenchai and S. Lee, "Vehicle routing problem with drones for last mile delivery," *Procedia Manuf*, vol. 39, pp. 314–324, 2019, doi: 10.1016/J.PROMFG.2020.01.338.
- [127] K. Dorling, J. Heinrichs, G. G. Messier, and S. Magierowski, "Vehicle Routing Problems for Drone Delivery," *IEEE Trans Syst Man Cybern Syst*, vol. 47, no. 1, pp. 70–85, Jan. 2017, doi: 10.1109/TSMC.2016.2582745.
- [128] C. Chen, S. Leon, and P. Ractham, "Will customers adopt last-mile drone delivery service."

Apéndice

No. del Título	Referencia	No. del Título	Referencia	No. del Título	Referencia
1	[18]	2	[19]	3	[3]
4	[20]	5	[21]	6	[22]
7	[7]	8	[8]	9	[9]
10	[10]	11	[11]	12	[12]
13	[13]	14	[23]	15	[15]
16	[16]	17	[24]	18	[25]
19	[26]	20	[27]	21	[28]
22	[29]	23	[30]	24	[31]
25	[32]	26	[33]	27	[34]
28	[35]	29	[36]	30	[37]
31	[38]	32	[39]	33	[40]
34	[41]	35	[42]	36	[43]
37	[44]	38	[45]	39	[46]
40	[47]	41	[48]	42	[49]
43	[50]	44	[51]	45	[52]
46	[53]	47	[54]	48	[55]
49	[56]	50	[57]	51	[58]
52	[59]	53	[60]	54	[61]
55	[62]	56	[63]	57	[64]
58	[65]	59	[66]	60	[67]
61	[68]	62	[68]	63	[69]
64	[70]	65	[71]	66	[72]
67	[73]	68	[74]	69	[74]
70	[75]	71	[76]	72	[77]
73	[78]	74	[79]	75	[80]
76	[81]	77	[82]	78	[83]
79	[84]	80	[85]	81	[86]
82	[87]	83	[88]	84	[89]
85	[90]	86	[91]	87	[92]
88	[93]	89	[94]	90	[94]
91	[95]	92	[96]	93	[97]
94	[98]	95	[99]	96	[100]
97	[101]	98	[102]	99	[103]
100	[104]	101	[105]	102	[106]
103	[107]	104	[108]	105	[109]
106	[110]	107	[111]	108	[112]
109	[113]	110	[114]	111	[115]
112	[116]	113	[117]	114	[118]
115	[119]	116	[120]	117	[121]
118	[122]	119	[123]	120	[124]
121	[125]	122	[126]	123	[127]
124	[128]				

