

Aplicaciones de vehículos aéreos no tripulados en la logística

Applications of Unmanned Aerial Vehicles in Logistics

*Granillo-Macías Rafael^a, González-Hernández Isidro Jesús^b, Simón-Marmolejo
Isaías^c, Santana-Robles Francisca.^d*

Abstract:

Looking to integrate more efficient modes of transport, one of the areas of research and innovation in logistics is the use of unmanned aerial vehicles (drones) which are a technology present within the industry 4.0.

In this article, we review some of the applications of drones in the supply chain which have been extended to different sectors from studies that combine the use of drones and trucks for the efficient delivery of products to aspects related to monitoring and analysis. of sectors such as agro-industry.

The use of drones for the delivery of the last mile in humanitarian logistics is another area of application of these technologies that are being addressed at present. The application of drones is undoubtedly one of the main innovations present that will revolutionize the future of logistics throughout the supply chain. In addition, through of unmanned aerial vehicles it is possible to quickly deliver products to customers, eliminating waiting times and operating costs compared to the traditional use of modes of transport, mainly those that are made by land.

Keywords:

Drones, unmanned aerial vehicles, logistics, supply chain management

Resumen:

Buscando integrar modos de transporte más eficientes, una de las áreas de investigación e innovación en la logística es el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones) los cuales son una tecnología presente dentro de la industria 4.0.

En este artículo, se revisan algunas de las aplicaciones de los drones en la cadena de suministro las cuales se han extendido a diferentes sectores desde estudios que combinan el uso de drones y camiones para la entrega eficiente de productos hasta aspectos relacionados con el monitoreo y análisis de sectores como la agroindustria.

El uso de drones para la entrega de la última milla en la logística humanitaria es otra área de aplicación de estas tecnologías que están siendo abordadas en la actualidad.

La aplicación de drones es sin duda una de las principales innovación presente que revolucionara el futuro de la logística a lo largo de la cadena de suministro. Además, mediante vehículos aéreos no tripulados es posible entregar de forma rápida productos a los clientes, eliminando los tiempos de espera y los costos de operación comparados con el uso tradicional de los modos de transporte principalmente los que se realizan vía terrestre.

Palabras Clave:

Drones, vehículos aéreos no tripulados, logística, cadena de suministro

^a Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Cd. Sahagún, <https://orcid.org/0000-0002-1015-667X>, Email: rafaelgm@uaeh.edu.mx

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Cd. Sahagún, <https://orcid.org/0000-0003-2805-6674>, Email: isidrojesus.gonzalez@upaep.edu.mx

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Cd. Sahagún, <https://orcid.org/0000-0003-2116-6192>, Email: isaiaism@uaeh.edu.mx

^d Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Cd. Sahagún, <https://orcid.org/0000-0002-3301-9790>, Email: profe_7739@uaeh.edu.mx

Introducción

El interés por la administración de la cadena de suministro se ha mantenido en constante evolución, prueba de ello es el creciente número de artículos científicos que aparecen en la literatura donde se muestran diversas técnicas y modelos matemáticos que ayudan a la toma de decisiones de los diferentes eslabones de la cadena de suministro que impactan directamente en las operaciones logísticas. Éstos modelos se pueden clasificar en función del nivel de toma de decisiones: desde el nivel estratégico como los problemas de localización, diseño de redes logísticas, análisis de clusters; hasta el nivel táctico-operativo, como técnicas de previsión multi-producto y multi-agente, gestión de inventarios para proveedores de diferentes niveles, gestión de requerimientos de materiales, entre otros. 1

Avances en inteligencia artificial, el procesamiento de imágenes, las aplicaciones en el transporte y la logística con base en vehículos aéreos no tripulados (UAV's) se ha convertido en un área de desarrollo tecnológico con alto potencial de investigación, especialmente útil en las operaciones de entrega de paquetes, comida, medicamentos y otros bienes.

En los últimos años, las tendencias para la innovación en materia de logística se han desarrollado alrededor de tecnologías de la industria 4.0 como los UAV's. Se estima que el desarrollo tecnológico de UAV's crecerá de \$ 2 mil millones en 2016 a casi \$127 mil millones de dólares en 2020. 2

La entrega de la última milla con vehículos aéreos no tripulados es una de las principales innovaciones para la entrega de productos en ubicaciones con excesivo tráfico carretero. El uso de UAV's ha proliferado principalmente por la habilidad que estos tienen para recorrer terrenos de difícil acceso, reduciendo los costos de operaciones y reemplazando los viajes a través de vehículos terrestres que requieren de costosos mantenimientos. 3

Actualmente compañías como Amazon, FedEx, DHL y UPS desarrollan investigaciones sobre la efectividad de UAV's para la entrega de paquetes. 4

Otras industrias en las que se ha dado utilidad al uso de estos vehículos incluyen los sectores de energía, agricultura y silvicultura, cuidados al medio ambiente y la logística humanitaria y de respuesta a emergencias. El

potencial de los UAV's también se ha identificado en fotogrametría y teledetección. 5, 6

Con base en estos antecedentes, el objetivo de este artículo es mostrar algunas de las aplicaciones de los UAV's en aspectos de la logística y en general dentro de la cadena de suministro.

Vehículos aéreos no tripulados (drones)

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV, por sus siglas en inglés) conocidos generalmente como drones tienen una amplia variedad de configuraciones y aplicaciones tanto en cuestiones civiles y militares.

Las aplicaciones con drones cubren una extensa gama de utilidades en los sectores civil y militar. Estos vehículos pueden equiparse con varios sensores y cámaras para realizar misiones de inteligencia, vigilancia, supervisión y monitoreo de terrenos, inspección de infraestructura y filmación. Las aplicaciones de los drones se pueden categorizar en diferentes maneras. Pueden basarse en el tipo de misiones (militares / civiles), el tipo de zonas de vuelo (exteriores / interiores) y el tipo de entornos (submarinos / en el agua / tierra /aire /espacio). 7

El uso de drones para fines logísticos aún no está totalmente extendido, aunque está en crecimiento. Algunas de las ventajas en la logística con el uso de drones es la reducción en los tiempos de entrega de productos que son enviados, reduciendo el lapso de tiempo sobre todo en ciudades, ya que las distancias son cortas y son lugares donde el tráfico es muy denso para un transporte convencional. 8

Además, los drones operan de forma autónoma haciéndolos libres de costos de operación, contando además con un relativo "ilimitado" tiempo de trabajo.

Por el contrario, una de las principales limitantes o desventajas en la logística es que los drones tienen capacidad limitada, lo que les permite solo transportar paquetes o mercancía limitada en peso y dimensiones. Para cargas mayores se requiere de un número considerable de drones para el manejo y traslado de productos. Otra desventaja es la restricción en el rango de vuelo, lo cual limita el alcance que estos vehículos tienen para la entrega de un producto.

En la tabla 1 se muestra un comparativo entre drones y modos de transporte tradicionales como son los camiones.

Modo de transporte	Velocidad de entrega al cliente	Medio de entrega	Capacidad de carga	Rango de entrega (en distancia)	Costo de operación y mantenimiento
Camión	Lento	Terrestre	Muchos productos	Largo	Alto
Dron	Rápido	Aéreo	Limitado a uno	Corto	Bajo

Tabla 1. Comparativo de modos de transporte

Buscando integrar modos de transporte más eficientes, una de las áreas de investigación e innovación en la logística es el uso combinado de drones y camiones para la entrega eficiente de productos, con el fin de aprovechar las características favorables de cada uno de estos.

Aplicaciones en la logística

1.1 Distribución

En un primer análisis de la aplicación de drones, algunos autores considera un modelo basado en el problema clásico del agente viajero (TSP, por sus siglas en inglés) con acompañante de vuelo denominado FSTPS, el cual supone un conjunto de c clientes los cuales reciben exactamente un servicio ya sea de un camión o de un dron que opera en coordinación con el camión. 9

En el FSTPS se considera que los camiones y el dron deben partir y retornar de un solo deposito o centro de distribución, otros supuestos de este modelo son: (1) a pesar de que los drones puede visitar únicamente un cliente por entrega, los camiones puede visitar múltiples clientes mientras los drones están en vuelo, (2) si el camión recolecta el dron en algún nodo del cliente i , el dron se puede reiniciar desde i , sin embargo, si el dron es lanzado desde i , no puede regresar al camión en el nodo i , (3) la recolección de un dron debe realizarse en una ubicación de un cliente que visita en ruta un camión, (4) ni el dron ni el camión pueden visitar nodos que no sean clientes y (5) en el caso de que una salida de un dron finalice en el deposito o centro de distribución, el dron se deja fuera de servicio.

El modelo FSTPS se basa también en programación lineal entera mixta cuya función objetivo es minimizar el tiempo en el que el camión o el dron vuelve al depósito o centro de distribución. 9

Por otra parte, otros autores proponen un problema de programación de drones (DSP, por sus siglas en inglés) basados en rutas de vehículos terrestres (camiones). Este modelo incluye un conjunto de paradas del camión $R = \{1, \dots, K\}$ y un conjunto $C = \{K + 1, \dots, K + n\}$ de n clientes los cuales se les deben entregar un producto mediante un dron el cual se encuentra en el mismo camión. Los

camiones tienen un conjunto $D = \{1, \dots, m\}$ de drones abordo, los cuales debido a limitantes de capacidad solo puede entregar un producto a un cliente a la vez. Los camiones tienen una ruta fija predeterminada basada en $k = 1, \dots, K$ paradas que se deben visitar de forma sucesiva como en el caso del TSP. La figura 1 muestra de forma gráfica este problema.

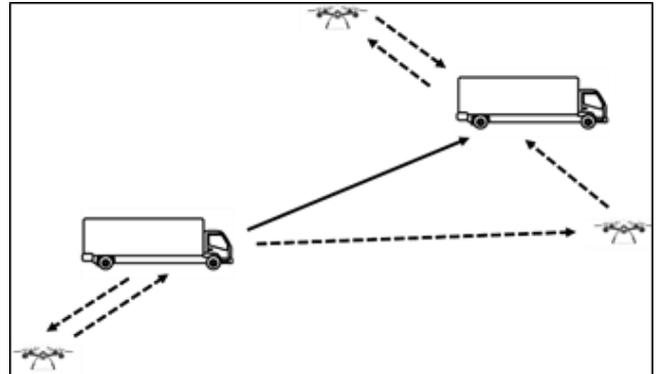


Figura 1. Ruteo de drones considerando plataforma de vehículos

Otros trabajos de investigación consideran el uso de drones como un complemento a los modos de transporte de la logística, principalmente debido al costo-eficiencia y la habilidad para acceder a terrenos difíciles y viajar sin exponerse a condiciones de congestión. Mediante modelos en dos etapas basados en programación lineal entera mixta se proponen una solución a un problema de TSP-D ("Traveling Salesman Problem with Drones") para optimizar el diseño de una ruta basado en drones que se utilizan para la entrega final de productos que son transportados mediante camiones. 10

El problema de TSP-D tiene como objetivo el minimizar el tiempo de entrega y los costos de operación incluyendo los costos totales que se incurren en la transportación principalmente asociados con pérdidas en tiempos de espera. 11

Una variante del problema TSP-D se basa en determinar la eficiencia de un sistema de entregas en la cual un UAV proporciona un servicio a un cliente basado en retornos a un transporte que se encuentra en movimiento realizando una ruta de entregas. En esta propuesta, los autores se basan en problemas combinatorios, tales como el TSP. 5

Otro caso particular es el problema de PDSTPS ("Parallel drone scheduling traveling salesman problem") propuesto considera un escenario en donde converge el uso de drones en conjunto con las entregas tradicionales de camiones. De forma particular, en este problema se consideran dos tipos diferentes de actividades que

realizan los drones: entregas y recolecciones. Es decir, cuando un dron completa una entrega este puede regresar al camión para realizar una nueva entrega o pueda dirigirse directamente a otro cliente para una recolección. 12

En este caso se aplica un modelado para este problema basado en la programación paralela de maquinarias con secuencias de preparación dependientes, relaciones de precedencia y reentradas (ciclos). En este tipo de problemas se consideran diferentes instancias formadas por m – camiones, m – drones, m – depósitos y cientos de clientes distribuidos en una región geográfica delimitada. Formalmente, el problema se define con c – número de tareas, T – que representa un conjunto de camiones $\{1, \dots, m^t\}$, U que representa un conjunto de drones $\{m^t + 1, \dots, m^t + m^d\}$, T que representa el conjunto de vehículos $\{1, \dots, m^t, m^t + 1, \dots, m^t + m^d\}$, donde m^t y m^d representan respectivamente el número de camiones y drones en paralelo. Además de que l^d y l^t son variables en este modelo que representan respectivamente la última ubicación conocida de cada camión t y de dron d .

Esta propuesta considera principalmente el caso en el que una significativa proporción de clientes se encuentra localizados dentro del rango de vuelo de un dron tomando como base un centro de distribución o depósito, además en el PDSTPS se asumen las siguientes condiciones:

Existe un solo depósito o centro de distribución, desde el cual los m – camiones y los m – drones deben partir y regresar. Además, el camión sirve a múltiples clientes a lo largo de una ruta basada en el TSP. 12

Un dron tiene una capacidad de una unidad por viaje. Después de que el dron completa su entrega, se tienen dos posibles opciones: (1) volar directamente al siguiente cliente para realizar una recolección o (2) volar de regreso al depósito o centro de distribución para empezar un nuevo tour de entrega.

Los clientes pueden ordenar múltiples productos con diferentes prioridades de entrega (ventanas de tiempo). Se requiere un tiempo de recarga de batería.

Otro modelo analiza también el problema de PDSTPS considerando un modelo de programación lineal entera mixta, el cual tiene como objetivo el minimizar el tiempo de entrega de un producto, considerando restricciones relacionadas con la asignaciones de drones y camiones que entregan el servicio a los clientes, además de que se cumpla una ruta basada en el problema del agente viajero. 13

En el estudio se combina el uso de camiones y drones para la entrega de paquetes, bajo un enfoque de no

sincronización entre los camiones y los drones. Se proponen una heurística de dos etapas que usa la programación dinámica para lograr una eficiente distribución de clientes entre los camiones y los drones.

Distintos autores han propuesto el análisis de instalaciones (infraestructura) para drones, la cual consiste en definir una estación la cual se vuelve una ubicación donde se almacenan los dispositivos de carga y los mismos drones. En este caso, el problema se denomina TSP-DS (Traveling salesman problem with a drone station). Las características principales del TSP-DS son: (1) se pueden utilizar muchos drones, (2) los anteriores están localizados lejos de los centros de distribución y (3) son activados para la entrega después de que un camión llega con los productos a entregar. 14 Como se muestra en la figura 2, la principal diferencia entre el PDSTSP Y TSP-DS, es que en el primer caso la entrega de productos por parte de un dron se encuentra limitado a un rango de operación alrededor de un centro de distribución, por lo que si un cliente se encuentra fuera de este alcance, las entregas se restringen. En el TSP-DS la estación de drones se localiza cerca de los clientes y alejada del centro de distribución. El problema asume como conocidas las localizaciones de los clientes, la estación de drones y los centros de distribución, destacando como factor importante la distancia entre estos dos últimos.

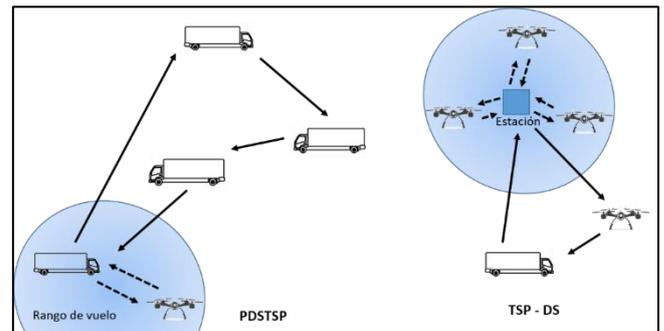


Figura 2. Comparación en PDSTSP y TSP-DS

La propuesta de TSP-DS se basa en evaluar la conveniencia económica de operar una estación de drones en comparación del alto costo que representa la construcción de centros de distribución cercanos a los clientes. El objetivo del TSP-DS es minimizar mediante un modelo de programación lineal entera mixta, el último tiempo de entrega considerando una red logística con $N = \{1, \dots, c\}$ donde c representa el número de clientes incluidos en un nodo y $s \in N$ como un índice de nodo de una s estación de drones. Se definen también en la propuesta de Kim y Moon un conjunto de orígenes $N_0 = \{0, 1, \dots, c\}$, un conjunto de destinos $N_1 = \{1, 2, \dots, c + 1\}$ y

un conjunto de drones $V = \{1, 2, \dots, v\}$ que son localizados en una estación de drones. 14

1.2 Logística humanitaria

La logística relacionada con actividades que responden a desastres (inundaciones, sismos, incendios, entre otros) es conocida generalmente como logística humanitaria.

El objetivo de la logística humanitaria es el de entregar el bien correcto, en el lugar correcto y a la persona correcta. 15.

La asistencia humanitaria que ofrece la logística debe funcionar incluso en condiciones caracterizadas por el colapso de las instalaciones de salud y la interrupción de los sistemas de salud. En condiciones de desastres donde las vías de comunicación son afectadas y se dificulta el envío de suministros vía terrestre, por lo que los drones han recibido importante atención por organizaciones humanitarias que desean realizar operaciones de entrega de la última milla. 16

En el tema de la logística humanitaria, diversos autores han desarrollado un modelo matemático integral de una red logística para una región afectada por desastres naturales empleando drones y camiones como modos potenciales de transporte para el envío de suministros de emergencia desde múltiples puntos de orígenes hacia diferentes puntos de destino. El objetivo de este modelo es minimizar los costos totales asociados con la ubicación, los inventarios, así como el transporte de los suministros de emergencia usando camiones y drones. 15

Por otra parte, otros autores evalúan mediante un modelo de simulación el uso de drones en rutas de entrega de vacunas medicas considerando diferentes aspectos como variaciones geográficas, población, condiciones de las rutas terrestres y los planes de entrega de las vacunas. 3

Los resultados de este modelo señalan que existe una ventaja favorable para reducir en tiempo y costos de entrega de las vacunas mediante el uso de drones comparado con los sistemas y modos de transporte tradicionales, además de mejorar la disponibilidad.

Otros autores consideran también la aplicación de drones para la entrega de la última milla en la logística humanitaria basándose un modelo de optimización para entrega de paquetes de peso ligero. El objetivo es minimizar una función de costo f la cual representa la distancia de viaje total del dron. La función objetivo se presenta de forma lineal como: $\text{Min } \sum_{i,j \in V} \alpha_{ij} x_{ij}$ donde $\alpha_{ij}, ij \in V$ son coeficientes que expresan el costo en que se incurre por mover un dron entre diferentes ubicaciones. 16

1.3 Agro logística

En la cadena de suministro agro alimentaria, la logística incluye actividades orientadas a preservar la calidad de los productos agrícolas. 17

La agricultura de precisión y las granjas inteligentes son prácticas innovadoras aplicadas al mejoramiento de recurso y productividad del sector agro alimentario. Tecnología basada en los sistemas de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) son también aplicaciones novedosas para la agricultura de precisión.

GIS es una tecnología basada en sistemas de información que tiene la robustez para hacer frente a gran cantidad de datos. Proporciona también las herramientas que se pueden utilizar para manipular, analizar y presentar big data. La información espacial almacenada en GIS ilustra las relaciones geométricas y topológicas de objetos o características que existen dentro de un espacio geográfico. Las propiedades geométricas incluyen el posicionamiento (es decir, latitud, longitud), tamaño (es decir, ancho, largo y perímetro) y forma y estructura de las características; mientras que las propiedades topológica representan adyacencia, conectividad, proximidad y contención. 18

GIS permite también la integración de información espacial con datos de atributos geográficos con aplicaciones en una gran variedad de campos del conocimiento para ayudar a la toma de decisiones tanto a nivel estratégico como niveles operativos. 19

El marco de referencia de los sistemas de información geográfica se basa en convertir datos en información útil mediante análisis. Para lograr esto se requiere almacenar en algún lugar y de algún modo los datos espaciales vinculados lógicamente, y que a su vez cuentan con atributos, a los cuales se les aplican diversos tipos de análisis con el fin de generar los productos que se requieren por el usuario.

Una tendencia actual en la adquisición de datos para procesar en GIS es el big data, el cual se basa en diferentes fuentes de datos que pueden ser de muchos tipos, en diversos formatos y con distintas finalidades, lo mismo pueden ser en papel, obtenidos de una institución o en su caso por medio de internet, o mediante levantamientos en campo utilizando dispositivos de medición, entre los cuales se cuentan los receptores de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), las imágenes satelitales, los datos fotogramétricos y de instrumentos geofísicos, fotos y nubes de puntos generadas mediante drones, entre otros.

Otros autores identifican mediante un análisis de artículos científicos publicados en bases de datos internacionales,

las tendencias actuales en la aplicación de Big data GIS en la agricultura, concluyendo que la “robótica agrícola” es una área que requiere de mayor atención para los investigadores. 20

Además, el potencial de los drones como apoyo a la recolección de datos geoespaciales necesarios para reducir las complejidades involucradas en la captura de datos de campo. Los drones también tienen potenciales aplicaciones para el muestreo del suelo, análisis de cultivo, datos de crecimiento, entre otros. Conjuntamente, los datos recopilados a través de drones combinados con otras fuentes de datos y soluciones analíticas proporcionan información procesable y útil para la toma de decisiones.

Las características comunes para la implementación de soluciones de drones en la agricultura se basan en las siguientes etapas:

- Recopilación de datos, que incluye copiar y almacenar imágenes y videos directamente tomados de drones.
- Análisis e informes, en esta etapa las aplicaciones de software que son interfaces entre los datos obtenidos y su procesamiento, analizan datos y producen información útil como tipos de cultivos y evaluación del suelo. Estos datos son de relevancia para los tomadores de decisiones ya que ayudan a evaluar las características de un suelo: humedad, temperatura, predicción del rendimiento mediante diferentes técnicas como la generación de mapas en alta resolución o incluso modelos 3D relacionados con un campo de cultivo. 21

Particularmente, el uso de drones en la agricultura se ha extendido de forma creciente principalmente como apoyo a la producción de cultivos. Sistemas como: alertas tempranas, la reducción del riesgo de desastres, la conservación de vida silvestre entre otros, son ejemplos de las aplicaciones potenciales de estos. 22

Conclusiones

Dentro de las áreas en las que los drones tienen un gran potencial para contribuir es dentro del concepto de ciudades inteligentes. Los desafíos con las aplicaciones de estos vehículos consideran también la complejidad de los problemas a los que se enfrentan, los tipos de aplicaciones, la integración a redes cooperativas y a las propias ciudades inteligentes. El futuro del uso de los drones para el transporte en la logística estará dominado por algoritmos y herramientas avanzadas para asegurar:

- La navegación segura y efectiva por encima de la infraestructura del transporte.

- El uso eficiente de la energía.
- La minería de datos basada en el análisis predictivo
- El uso de técnicas de visión por computadora que incluye aspectos de fotogramétrica y telemetría. 6

Adicionalmente, en el tema de transporte las empresas de logística visualizan una gran oportunidad de los drones aplicados a la entrega y distribución de grandes cargas, lo que conllevaría a crear un nuevo mercado para la carga directa.

Esta tecnología que aún se encuentra en desarrollo, se considera actualmente como una herramienta complementaria para las operaciones logísticas de las empresas y de los diferentes sectores sociales como es la logística humanitaria y la agrológica, sin embargo no sustituye de manera alguna el servicio que se realiza mediante los modos tradicionales de envío considerando que en estos se encuentra presente el factor humano.

El impacto al medio ambiente y la sostenibilidad es otro elemento favorable para la implementación y desarrollo de transporte de carga principalmente en áreas urbanas basado en vehículos eléctricos como los drones. Los beneficios de vehículos y la logística con alto impacto ambiental en términos de reducción de contaminantes (CO₂) y que además contribuyan a mejorar el nivel de calidad requerido por servicios sensibles al tiempo es uno de los objetivos que se plantea con la implementación de esta tecnología.

El uso de drones es sin duda la innovación presente en el futuro de la logística, ya que permite entregar de forma rápida productos, eliminando los tiempos de espera y los costos de operación comparado con el uso tradicional de los modos de transporte principalmente los que se realizan vía terrestre. La tecnología de drones promete fomentar las innovaciones en diversos sectores industriales y sociales.

El desarrollo de los factores tecnológicos que intervienen en la implementación de soluciones basadas en drones jugará un papel trascendente para la aplicación de estos de manera cotidiana en los diferentes eslabones y operaciones que conforman las cadenas de suministros.

Agradecimientos

Los autores expresan su reconocimiento al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) y al Dr. Jorge Zuno Silva Director de la Escuela Superior de Ciudad Sahagún por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación.

Referencias

- [1] Rodríguez, A y Ruiz, R. (2009). Visualización avanzada de información logística SCM en GIS. 3rd. International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management.
- [2] Giones, F y Brem, A. (2017). From toys to tools: The co-evolution of technological and entrepreneurial developments in the drone industry. *Business Horizons*. 1-10.
- [3] Haidari, L.A., Brown, S.T., Ferguson, M., Bancroft, E., Spiker, M., Wilcox, A., Ambikapathi, R., Sampath, V., Connor, D.L y Lee, B.Y. (2016). The economic and operational value of using drones to transport vaccines. *Vaccine*. 4062-4067.
- [4] Boysen, N., Briskorn, D., Fedtke, S y Schwerdfeger, S. (2018). Drone delivery from trucks: Drone scheduling for given truck routes.
- [5] Gunnar Carlsson, J. y Song, S. (2017). Coordinated Logistics with a Truck and a Drone. *Management Science*. 1 – 18.
- [6] Barmounakis, E, N., Vlahogianni E,I y Golias, J.C. (2016). Unmanned Aerial Aircraft Systems for transportation engineering: Current practice and future challenges. *International Journal of Transportation Science and Technology*. 111-122.
- [7] Hassanalain, M y Abdelkefi A. (2017). Classification, applications, and design challenges of drones: A review. *Progress in Aerospace Sciences*. 99-131.
- [8] González-Torre, A y Gisbert-Soler, V. (2017). Use of drones in urban distribution. *3C Empresa*. 108 – 115.
- [9] Murray, C.C. y Chu, A.G. (2015). The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery. *Transportation Research Part C*. 86-109.
- [10] Es-Yurek, Emine y Cenk-Ozmutlu, H. (2018). A decomposition-based iterative optimization algorithm for traveling salesman problem with drone. *Transportation Research Part C*. 249-262.
- [11] Minh-Ha, Q., Deville, Y., Dung-Pham, Q y Hoang-Ha, M. (2018). On the min-cost Traveling Salesman Problem with Drone. *Transportation Research Part C*. 597-621.
- [12] Ham, A.M. (2018). Integrated scheduling of m-truck, m-drone, and m-depot constrained by time-window, drop-pickup, and m-visit using constraint programming. *Transportation Research Part C*. 1-14.
- [13] Mbiadou-Saleu, R.G., Deroussi, L., Feillet, D., Grangeon, N y Quilliot, A. (2018). An iterative two-step heuristic for the parallel drone scheduling traveling salesman problem. *Networks*. 1-16.
- [14] Kim, S y Moon, I. (2019). Traveling Salesman Problem With a Drone Station. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*. 42-52.
- [15] Chowdhury, S., Emelogu, A., Marufuzzaman, M., Nurre S.G y Bian, L. (2017). Drones for disaster response and relief operations: A continuous approximation model. *International Journal of Production Economics*. 167-184.
- [16] Rabta, B., Wankmuller, C. y Reiner, G. (2018). A drone fleet model for last-mile distribution in disaster relief operations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 107-112.
- [17] Granillo-Macías, R., Olivares-Benítez, E., Martínez-Flores, J y Caballero-Morales, S. (2018). Analysis of logistics cost in contract agriculture: the case of barley supply chain in Hidalgo, Mexico. *Custos e agronegocio on line*. 164-183.
- [18] Chhetri, P., Kam, B., Hung Lau, K., Corbitt, B y Cheong, F. (2017). Improving service responsiveness and delivery efficiency of retail networks: A case study of Melbourne. *International Journal of Retail & Distribution Management*. 45, 271-291
- [19] Trubint, N., Ijubomir, O. and Nebojsa, B. (2006), "Determining an optimal retail location by using GIS", *Yugoslav Journal of Operations Research*, 16, 253-264.
- [20] Sharma, R., Kamble, S.S. y Gunasekaran, A. (2018). Big GIS analytics framework for agricultura supply chains: A literature review identifying the current trends and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*. 103-120.
- [21] Kulbacki, M., Segen, J., Kniec, W., Klempous, R., Kluwak, K., Nikode, J., Kulbacka, J y Serester, A. (2018). Survey of drones for agriculture automation from planting to harvest. *International Conference on Intelligent Engineering Systems*. IEEE. 353-358.
- [22] FAO. (2018). E- agriculture in action: Drones for agriculture. Gerard Sylvester, Editor. Recuperado el (30/03/2019) de <http://www.fao.org/3/i8494en/i8494en.pdf>.